MEMORIAS DEL DECIMOPRIMER SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA

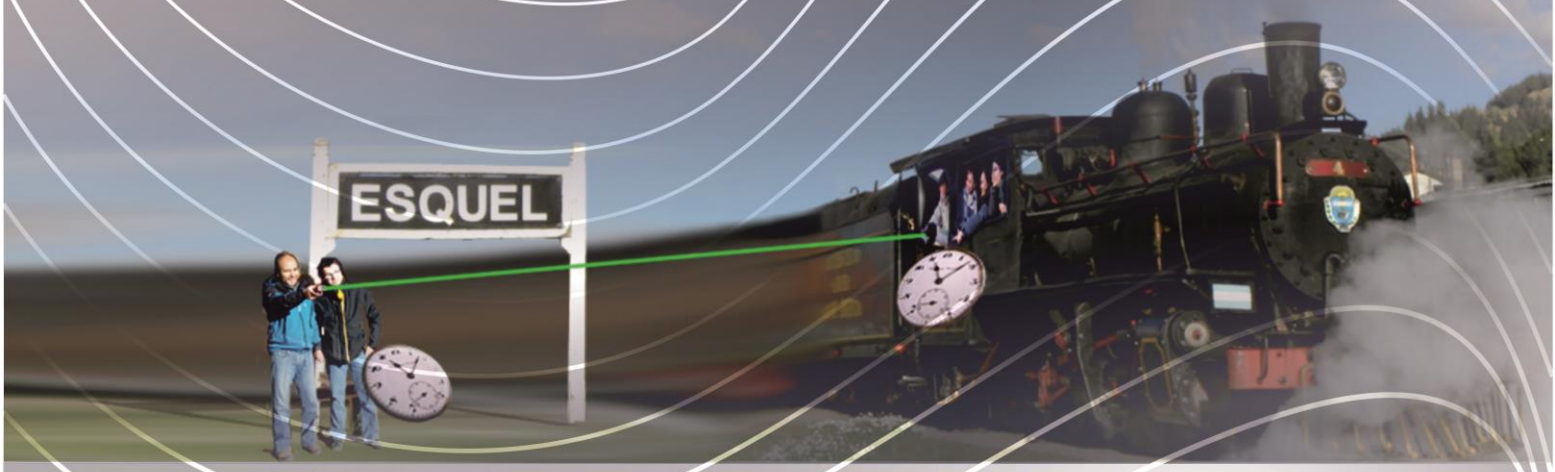
SIEF XI

ESQUEL

CHUBUT - Patagonia Argentina

del 24 al 26 de octubre de 2012

*"**S**igamos **I**nvestigando para **E**nseñar mejor **F**ísica"*



editorial universitaria de la patagonia
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
Facultad de Ingeniería

APFA
Asociación de Profesores de Física de la Argentina

804 ISFD
INSTITUTO SUPERIOR DE FORMACIÓN DOCENTE Nº 804

MEMORIAS

del

DECIMOPRIMER SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA

SIEF XI

"Sigamos Investigando para Enseñar mejor Física"

Esquel, Chubut, Patagonia, Argentina.

24 al 26 de octubre de 2012.

Anónimo
Memorias del Decimoprimer Simposio de Investigación en Educación en Física / coordinado por Juan Manuel Martínez ; Néstor Eduardo Camino ; Mercedes Romana Parietti ; Marianela Zaninetti. - 1a ed. - Comodoro Rivadavia : Universitaria de la Patagonia, 2013.
E-Book.

ISBN 978-987-1937-12-7

1. Física. 2. Enseñanza Universitaria. 3. Actas de Congresos. I. Martínez, Juan Manuel, coord. II. Camino, Néstor Eduardo, coord. III. Parietti, Mercedes Romana, coord. IV. Zaninetti, Marianela, coord. V. Título.
CDD 530.071 1

Fecha de catalogación: 14/05/2013

DECIMOPRIMER SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA

SIEF XI

El Simposio de Investigación en Educación en Física es un evento bienal promovido por la Asociación de Profesores de Física de la Argentina.

Su propósito general es ofrecer un ámbito de comunicación, debate y reflexión sobre la Educación en Física y la Didáctica de las Ciencias Naturales como campo de investigación.

Durante los Simposios, y a través de la presentación y discusión de trabajos, el desarrollo de mesas redondas y conferencias, y la conformación de grupos de discusión, se analizan y debaten cuestiones relevantes que contribuyen a mejorar la educación en Física en todos los niveles educativos y a consolidar el área de investigación en enseñanza de las ciencias naturales.

Los Simposios de Investigación en Educación en Física son oportunidades únicas para el impulso a la investigación y la innovación en educación en Física, y cumplen un papel importantísimo en la comunicación de la actividad desarrollada por distintos investigadores en el campo de la enseñanza y aprendizaje de la Física en el país. Además, son una ocasión invalorable de intercambio y comunicación de experiencias, de conocimiento mutuo y de contacto con especialistas extranjeros. Estos Simposios son los únicos eventos de este tipo en Argentina y junto con su equivalente de Brasil se constituyen en obligados referentes en América Latina.

El Decimoprimer Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF XI) se desarrollará en la ciudad de Esquel, provincia de Chubut, siendo ésta la primera vez que se realiza este evento en una ciudad de la Patagonia.

PALABRAS DE BIENVENIDA

Queridos amigos y compañeros de tanto camino andado en el sendero de la investigación en educación, en esta antigua y querida rama del conocimiento humano: la Física.

Deseamos darles un abrazo de bienvenida desde esta idea de comunidad, tan sentida, tan luchada desde hace ya más de veinte años, en pos de arrojar algo de luz acerca de cómo aprendemos, enseñamos y creamos cultura de generación en generación.

El SIEF XI es la materialización de un viejo sueño compartido entre los que alguna vez decidimos radicarnos en este lugar pequeño, cargado de naturaleza y de gentes diversas, para seguir aportando "desde lejos" al sostenimiento de una ilusión: la promoción de las personas a través de su acceso al conocimiento científico y su pretensión explicativa del universo que nos envuelve.

También externaliza una pasión por indagar, por ahondar la mirada sobre la educación y el aprender con los otros en esta pequeña zona del "espectro" del saber, más allá de los desacuerdos momentáneos o perennes que nos delatan los estilos personales.

El SIEF XI representa la voz argentina de la convicción de que es posible crecer en la Investigación en Educación en la Física y de hacerlo junto con la comunidad de investigadores en Física y en Educación, con otros países además, poniendo en valor los esfuerzos no tan diferentes de mujeres y hombres, quienes formamos esta comunidad tan extendida, tan especial, tan de fusión y con identidad propia.

Es incluso la emoción de ver cómo este encuentro alberga a algunos que nos volvemos mayores y a otros que comienzan, dándonos mutuamente el permiso y el lujo de ser condiscípulos, con la certeza de que lo único constante en este aspecto es el "cambio".

Finalmente, el SIEF XI en Esquel deja a la vista las ganas de seguir debatiendo en un ambiente de Patagonia, ya que conocemos lo difícil que torna la movilidad y las posibilidades de darse unos buenos abrazos los cuales, complementando a la virtualidad, favorecen el nacimiento de ideas específicas en Física y en Educación, las que nos pueblan desde que decidimos poner la mirada en estas ciencias y aventurarnos a mirar la vida a través de ellas.

Esquel, Chubut, Patagonia, 22 de octubre de 2012

OBJETIVOS

- ✓ Favorecer la comunicación y articulación de la comunidad de investigadores en enseñanza de la Física.
- ✓ Difundir y fortalecer la actividad de investigación en Enseñanza de la Física en el contexto de la región patagónica.
- ✓ Promover la cooperación e incremento de relaciones entre diferentes grupos y equipos de trabajo que realizan investigaciones en el área de enseñanza de las ciencias naturales, basados en acuerdos colaborativos de corte democrático y federal.
- ✓ Profundizar la apertura temática, buscando caminos de confluencia en aspectos relacionados con líneas de trabajo, marcos teórico-metodológicos, relaciones con otras disciplinas, impacto de las investigaciones en el sistema educativo, alternativas de difusión y comunicación de resultados, formación de investigadores, posgrados, etc.
- ✓ Difundir resultados de investigaciones recientes en el área.
- ✓ Reflexionar, debatir, generar aportes y elaborar recomendaciones desde la investigación sobre temas relevantes de la enseñanza en Ciencias Naturales como estrategias didácticas, desarrollos curriculares, proyectos de innovación, formación de profesores, etc.
- ✓ Brindar un espacio para la presentación de proyectos, líneas y programas de trabajo cooperativo de investigadores o grupos en formación, informes de avances de tesis de doctorado y maestría, etc.

INSTITUCIONES ORGANIZADORAS

- Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA) – http://www.apfa.org.ar/

- Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – Facultad de Ingeniería – http://www.ing.unp.edu.ar/

- Instituto de Formación Docente N°804 – http://isfd804.chu.infd.edu.ar/

XI SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA

"Sigamos Investigando para Enseñar mejor Física"

Esquel, Chubut, 24, 25 y 26 de octubre de 2012

COMISIÓN ORGANIZADORA DEL SIEF XI

Coordinación General		
Dr. Juan Manuel Martínez y Dr. Néstor Eduardo Camino		
Prof. Mercedes Parietti y Prof. Marianela Zaninetti		
Comisión Local	**Comité Científico**	**Estudiantes colaboradores**
Prof. Mercedes Parietti	Dra. Laura Buteler	Laura Niklitschek
Prof. Marianela Zaninetti	Dr. Néstor Camino	Bruno Russo
Prof. Jorge Piedrabuena	Dra. María Celia Dibar	Federico Murtagh
Mst. Mabel Fernández	Dra. Ana Dumrauf	Magalí Garcilazo
Prof. Cristina Terminiello	Dra. Zulma Estela Gangoso	Mariela Zúñiga
Lic. Beatriz Pérez	Dr. Hugo Hamity	Camila Rodríguez
Lic. Graciela Iguzquiza	Dr. Juan Manuel Martínez	Horacio Pehuén
Ing. Gabriel Saunders		Omar Armada

Colaboradores técnicos

Prof. Sebastián López, Prof. Valeria Alvarado, Prof. María Teresa Bestene y Arq. Raúl Matelo

COORDINADORES DEL COMITÉ DE EVALUACIÓN

Dra. Ana Dumrauf y Dr. Diego Petrucci

Evaluadores

Alberto Jadrón	UN de Rosario	Gloria Alzugaray	UTN Regional Sta. Fe
Beatriz Milicic	UN de Rosario	Hilda D'Amico	UN de Rosario
Consuelo Escudero	UN de San Juan	María Cecilia Pocovi	UN de Salta
Irene Arriassecq	UN del Centro de Bs As	Patricia Fernández	UN de Rosario
Laura Buteler	UN de Córdoba	Susana Cabanellas	UN de Rosario
Lia Zerbino	UN de La Plata	Susana Meza	UN de Corrientes
María Cecilia Gramajo	UN de Salta	Vicente Capuano	UN de Córdoba
María Silvia Stipcich	UN del Centro de Bs As	Beatriz Follari	UN de La Pampa
Osvaldo Cappannini	UN de La Plata	Cristina Cámara	UN del Litoral
Marta Pesa	UN de Tucumán	Susana Marchisio	UN de Rosario
Sonia Concari	UNR - UNL	Silvia Giorgi	UN del Litoral
Hugo Kofman	UN del Litoral	Elena Llonch	UN de Rosario
Leonor Cudmani	UN de Tucumán	Marta Yanitelli	UN de Rosario
Cristina Speltini	UBA	Patricia Sánchez	UN de Rosario
Félix Ortiz	UN de Río Cuarto	Néstor Camino	UN de la Patagonia SJB
Marta Massa	UN de Rosario	Silvina Cordero	UN de La Plata
Cristina Wainmaier	UN de Quilmes	Diego Petrucci	UNLP - UBA
Cristina Leite	UFSP-Brasil	Juan Manuel Martínez	UN de la Patagonia SJB
Ana Dumrauf	UNLP		

INSTITUCIONES QUE AUSPICIAN SIEF XI

- **Asociación de Profesores de Física de la Argentina** (Res. 07/2011, 19 de diciembre de 2011), aprobando la realización del Simposio en Esquel.
- **Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco** (Res. CS N°078/12, 16 de ocubre de 2012), declarando de interés institucional a SIEF XI.
- **Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – Facultad de Ingeniería** (Res. CDFI N°232/12, 14 de agosto de 2012), avalando académicamente el Simposio.
- **Delegación Zonal UNPSJB Sede Esquel.**
- **Instituto Superior de Formación Docente N° 804.**
- **Ministerio de Educación de la provincia del Chubut** (Exp. N° 5703/12)
- **Ministerio de Educación de la Nación** (Res. N°815 SE, 28 de agosto de 2012)
- **Sr. Intendente de la ciudad de Esquel**, (Res. 1544/12, 25 de junio de 2012), declarando de interés municipal, turístico y cultural la realización del Simposio.
- **Honorable Legislatura del Chubut** (Res. 230/12, 4 de octubre de 2012), declarando de interés legislativo al Simposio.
- **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca** (Res FCEyN N° 134-12), dando el Auspicio correspondiente.
- **Asociación de Docentes de Biología de la Argentina (ADBIA).**
- **Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de Argentina (ADEQRA).**
- **Asociación Física Argentina (AFA).**

AGRADECIMIENTOS

INSTITUCIONES, PERSONAS Y EMPRESAS A LAS CUALES AGRADECEMOS PROFUNDAMENTE LAS DISTINTAS COLABORACIONES CON LAS QUE HAN APOYADO LA REALIZACIÓN DE SIEF XI

- FONCYT
- INFOD
- Subsecretaría de Cultura y Educación de la Municipalidad de Esquel
- Personal del Centro Cultural Esquel Melipal
- Secretaría de Turismo de la Municipalidad de Esquel
- Hidroeléctrica Futaleufú
- INVAP
- TecnoEdu
- Esquel Televisora Color ETC4
- Diario El Oeste
- Peña Construcciones
- Ferresur
- Pasquini Construcciones
- Ferretería Argentina
- Banco Patagonia
- Chocolates Fidelina
- La Anónima
- Estación de Servicio Best & Best
- Estación de Servicio Paredes Hnos.
- Estación de Servicio Petrobrás
- Farmacias Patagónicas
- Los Cuencos
- Librería Jumbo
- Librería Pinocho
- Librería Copy 007
- Librería Shopping Manía
- Las Margaritas
- Casino Esquel Trewelyn
- Sra. Diputada Mirhyan Crespo
- Sra. Diputada Elba Willhuber
- Sr. Diputado Héctor Trotta
- Sres. Diputados de la Legislatura del Chubut
- Lotería del Chubut
- Aerolíneas Argentinas (Trasportador oficial de SIEF XI)

Aerolíneas Argentinas
Transportador oficial

Agradecemos especialmente a las docentes María Eugenia Ranfagni y Cynthia Hernández, responsables de las cátedras "Eventos Complementarios" y "Organización de Ferias y Congresos", y a sus estudiantes, de la Tecnicatura Superior en Turismo del ISFD N°804 de Esquel.

EXPOSITORES INVITADOS

- **Dr. Ricardo J. Gómez**
- **Dra. Isabel Martins**
- **Dra. Sonia Krapas Teixeira**
- **Dr. Armando Fernández Guillermet**
- **Dra. Laura Buteler**
- **Dr. Diego Petrucci**
- **Dra. Isabel Brincones Calvo**
- **Dr. Hugo Hamity**
- **Dra. Celia Dibar**
- **Dr. Marco Antonio Moreira**
- **Dr. Enrique Coleoni**
- **Lic. Hugo Tricárico**
- **Dr. Walter Lamberti**
- **Lic. Graciela Favilli**
- **Dr. Eduardo González**
- **Dra. Ana Dumrauf**
- **Dr. Juan Manuel Martínez**
- **Lic. Liliana Calderón**
- **Dra. Marta Pesa**
- **Dra. Marta Massa**
- **Dra. Paula Pogré**

TEMÁTICAS

GRANDES TEMAS		SUB-TEMAS
TEMA 1	**ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA**	Construcción y evolución de conceptos
		Resolución de problemas
		Aspectos emocionales y metacognición
		TICs
		Actividad experimental
		Aspectos lingüísticos
		Otros (especificar)
TEMA 2	**LA INVESTIGACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN DIFERENTES CONTEXTOS**	Educación Inicial y Primaria
		Educación Secundaria
		Educación Superior
		Educación no formal
		Otros (especificar)
TEMA 3	**FORMACIÓN DOCENTE**	Inicial
		Continua
		Otros (carrera docente, postítulos, postgrados, etc.)
TEMA 4	**DESARROLLO CURRICULAR**	Evolución histórica
		Diseños actuales
		Nuevos Diseños
TEMA 5	**FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS Y ASPECTOS SOCIO CULTURALES**	Historia de la Física y de la Enseñanza de la Física
		Epistemología de la Física y de la Enseñanza de la Física
		Aspectos socio culturales
		Otros (especificar)
TEMA 6	**PRODUCCIONES BASADAS EN INVESTIGACIÓN**	Textos (actividades, libros, divulgación, etc.)
		Multimedia (web, simulaciones, etc.)
		Otros (especificar)

CRONOGRAMA GENERAL

WORKSHOP (20 horas reloj)

	Lunes 22/10	Martes 23/10
08:00 a 09:00	ACREDITACIÓN	
09:00 a 13:00	MINICURSO 1 Sonia KRAPAS (4 horas)	MINICURSO 4 Laura BUTELER Enrique COLEONI (4 horas)
13:00 a 14:00	INTERVALO	INTERVALO
14:00 a 18:00	MINICURSO 2 Isabel BRINCONES (4 horas)	MINICURSO 5 Isabel MARTINS (4 horas)
18:00 a 20:00	MINICURSO 3 Ana DUMRAUF (2 horas)	MINICURSO 6 M. A. MOREIRA (2 horas)
20:00 a 22:00		ACREDITACIÓN

SIEF XI

	Miércoles 24/10	Jueves 25/10	Viernes 26/10	Sábado 27/10
08:00 a 09:00	ACREDITACIÓN			EXCURSIÓN LACUSTRE AL ALERZAL MILENARIO (actividad optativa)
09:00 a 10:00	ACTO DE APERTURA	CONF. PLENARIA 1 Isabel MARTÍNS	CONF. PLENARIA 2 Ricardo GÓMEZ	
10:00 a 10:30	ASAMBLEA APFA	Posters (lectura) con CAFÉ		
10:30 a 12:00	MESA REDONDA 1 H. HAMITY – C. DIBAR M.A. MOREIRA	MESA REDONDA 3 I. BRINCONES M. MASSA - P. POGRÉ A. F. GUILLERMET	POSTERS (discusión) Líneas, Proyectos y Tesis con CAFÉ	
12:00 a 13:30	MESA REDONDA 2 E. GONZÁLEZ – M. PESA L. CALDERÓN - J.M. MARTÍNEZ	MESA REDONDA 4 L. BUTELER – G. FAVILLI D. PETRUCCI W. LAMBERTI	RECOMENDACIONES	
13:30 a 15:00	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO	
15:00 a 17:00	COMUNICACIONES ORALES 1 (En el Edificio de Aulas UNPSJB)	COMUNICACIONES ORALES 3	ASAMBLEA APFA con CAFÉ	
17:00 a 18:00	POSTERS (armado) con CAFÉ	POSTERS (discusión) Trabajos con CAFÉ		
18:00 a 20:00	COMUNICACIONES ORALES 2	RECOMENDACIONES	ACTO DE CLAUSURA	
20:00 a 22:00	CONF. ABIERTA 1 Hugo HAMITY	CONF. ABIERTA 2 Hugo TRICÁRICO (En el ISFD N°804)	COMIENZA LA CENA DE CLAUSURA	

Todas las Actividades se desarrollarán en el Centro Cultural Esquel Melipal, excepto los bloques del miércoles al inicio de la tarde (en el Edificio de Aulas de la Sede Esquel de la UNPSJB) y el jueves al final del día (en el ISFD N°804).

CRONOGRAMA DEL WORKSHOP (20 horas reloj)		
	Lunes 22/10	Martes 23/10
08:00 a 09:00	ACREDITACIÓN	
09:00 a 13:00	MINICURSO 1 "Historia, naturaleza de la ciencia y alfabetización científica." Sonia KRAPAS (4 horas)	MINICURSO 4 "Resolución de problemas en Física: qué teoría para qué fenómeno, cuestionando criterios." Laura BUTELER Enrique COLEONI (4 horas)
13:00 a 14:00	INTERVALO	INTERVALO
14:00 a 18:00	MINICURSO 2 "Evaluación de los aprendizajes en ciencias." Isabel BRINCONES (4 horas)	MINICURSO 5 "Análisis de libros de texto de Física. El rol del lenguaje y de las imágenes." Isabel MARTINS (4 horas)
18:00 a 20:00	MINICURSO 3 "Perspectivas críticas e interculturales en la educación en ciencias naturales" Ana DUMRAUF (2 horas)	MINICURSO 6 "Introducción a la investigación en enseñanza: métodos cuantitativos y cualitativos" Marco Antonio MOREIRA (2 horas)
20:00 a 22:00		ACREDITACIÓN

CRONOGRAMA DE SIEF XI			
	Miércoles 24/10	Jueves 25/10	Viernes 26/10
08:00 a 09:00	ACREDITACIÓN		
09:00 a 10:00	ACTO DE APERTURA	CONF. PLENARIA 1 "Alfabetización como metáfora y perspectiva para la Enseñanza de la Física." Isabel MARTÍNS	CONF. PLENARIA 2 "La dimensión valorativa de las prácticas científicas. Desmitificando la neutralidad aséptica de las ciencias." Ricardo GÓMEZ
10:00 a 10:30	ASAMBLEA APFA	Posters (lectura) con CAFÉ	
10:30 a 12:00	MESA REDONDA 1 "El rol de los fundamentos teóricos en el planteo de nuevas investigaciones." H. HAMITY – C. DIBAR M.A. MOREIRA	MESA REDONDA 3 "La actividad de investigación como indicador de calidad en los procesos de acreditación." I. BRINCONES M. MASSA - P. POGRÉ A. F. GUILLERMET	POSTERS (discusión) Trabajos con CAFÉ
12:00 a 13:30	MESA REDONDA 2 "Diversidad y proyección de la Investigación Educativa en Educación en Física en Argentina." E. GONZÁLEZ – M. PESA L. CALDERÓN - J.M. MARTÍNEZ	MESA REDONDA 4 "Características actuales y perspectivas futuras del área de Educación en Física." L. BUTELER – G. FAVILLI D. PETRUCCI W. LAMBERTI	RECOMENDACIONES
13:30 a 15:00	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO
15:00 a 17:00	COMUNICACIONES ORALES 1	COMUNICACIONES ORALES 3	ASAMBLEA APFA con CAFÉ
17:00 a 18:00	POSTERS (armado) con CAFÉ	POSTERS (discusión) Líneas, Proyectos y Tesis con CAFÉ	
18:00 a 20:00	COMUNICACIONES ORALES 2	RECOMENDACIONES	ACTO DE CLAUSURA
20:00 a 22:00	CONF. ABIERTA 1 "Física y la vida diaria." Hugo HAMITY	CONF. ABIERTA 2 "Es necesario renovar la formación de docentes en Argentina." Hugo TRICÁRICO	COMIENZA LA CENA DE CLAUSURA

	COMUNICACIONES ORALES 1 - MIÉRCOLES 24/10 - 15:00 a 17:00 **TEMA 1: Enseñanza-Aprendizaje de la Física. - TEMA 2: La investigación en la enseñanza de la Física en diferentes contextos.** **(en el Edificio de Aulas de la Sede Esquel de la UNPSJB)**		
	CO 1 – BLOQUE A **(en el Aula Magna)**	**CO 1 – BLOQUE B** **(en el Laboratorio de Física)**	**CO 1 – BLOQUE C** **(en el Laboratorio de Ingeniería Forestal)**
15:00 a 15:20	1. **"Matemática y Física: una relación muchas veces olvidada por nuestros alumnos"**. Figueroa, C., Escudero, C. **(Tema 1)**	1. **"Los problemas de Física. Dificultades presentes en los enunciados en la interrelación enseñanza Secundaria-Universidad"**. Brincones, I., Álvarez, F., Blanco, J. J., Blázquez, J., Hidalgo, M. A., Quero, J. M. **(Tema 1)**	1. **"Sobre los recursos cognitivos en pensadores no-newtonianos"**. Badagnani, D., Petrucci, D., Cappannini, O. **(Tema 1)**
15:20 a 15:40	2. **"O papel dos significantes e significados na apreensão do conceito de energia durante a formação de graduandos em física"**. Campos, R. **(Tema 1)**	2. **"Razonamiento científico y rendimiento en Física de estudiantes de 2° año de Ingeniería"**. Palma, N., Benegas, J., Chirino, A. **(Tema 1)**	2. **"Ontología del concepto de aceleración: su comprensión mediante el aprendizaje a partir de textos"**. Ledesma, L., Pocoví, M. C. **(Tema 1)**
15:40 a 16:00	3. **"La enseñanza de la Energía en el Nivel Medio: una estrategia didáctica"**. Dima, G., Follari, B., Lambrecht, C., Perrotta, T., Carola, M. E. **(Tema 1)**	3. **"La importancia de las actividades de laboratorio en la formación en Física de ingenieros"**. Pesa, M., Bravo, S., Pérez, S. **(Tema 1)**	3. **"Comprensión y modelización en la resolución de un problema de Dinámica"**. Llonch, E., Rosolio, A., Sánchez, P. **(Tema 1)**
16:00 a 16:20	4. **"Representaciones de los alumnos de primaria acerca de la estructura de la materia"**. Romagnoli, C., Sebben, V. **(Tema 1)**	4. **"Metodologías para el aprendizaje activo de la Física y retención estudiantil en carreras de Ingeniería"**. Godoy, P., Benegas, J., Pandiella, S. **(Tema 2)**	4. **"Análisis de las dificultades conceptuales del movimiento circular a través de la resolución de problemas y la experimentación"**. Chiabrando, L., Kenig, F., Montino, M., Pérez, S., Petrucci, D., Ure, J. **(Tema 1)**
16:20 a 16:40	5. **"Conceptualizaciones de estudiantes y profesores universitarios de Ciencias de la Salud sobre gráficos"**. Idoyaga, I., Montenegro Busotti, J., Torti, H., Lorenzo, M. G. **(Tema 2)**	5. **"Experiencias "que fallan" reparan huecos conceptuales"**. Weber, F., Prodanoff, F., Zerbino, L., Baade, N. **(Tema 2)**	5. **"Primeras apropiaciones de la Matemática en la Física: resolviendo problemas de Cinemática en el 1er año de la universidad".** Pérez, S., Dibar, C. **(Tema 1)**
16:40 a 17:00	6. **"Estudio de la fuerza elástica en el laboratorio virtual"**. Ré, M., Giubergia, F., Arena, L. **(Tema 1)**	6. **"Orientando el aprendizaje al desarrollo de destrezas y habilidades tecnológicas"**. Zerbino, L., Prodanoff, F., Baade, N., Alustiza, F., Stei, J. **(Tema 1)**	6. **"Explicitación de las Transformaciones de Galileo: el eslabón perdido en los libros de Física Básica"**. Hoyos, E., Pocoví, C. **(Tema 2)**

	COMUNICACIONES ORALES 2 - MIÉRCOLES 24/10 - 18:00 a 20:00 **TEMA 1: Enseñanza-Aprendizaje de la Física. - TEMA 2: La investigación en la enseñanza de la Física en diferentes contextos. - TEMA 3: Formación docente.** **(en el Centro Cultural Esquel MELIPAL)**		
	CO 2 – BLOQUE A **(en la Sala de Conferencias)**	**CO 2 – BLOQUE B** **(en el Aula del Planetario)**	**CO 2 – BLOQUE C** **(en el Hall del Sector Plaza del Cielo)**
18:00 a 18:20	1. **"El aula virtual: NTICs en la enseñanza de las Ciencias"**. Aizicson, B., Moya, M., Colombo, L. **(Tema 1)**	1. **"Actitudes de profesores de Física hacia estrategias de aprendizaje activo: un caso de estudio en un taller de formación de formadores"**. Tecpan, S., Zavala, G., Benegas, J. **(Tema 3)**	1. **"La explicación de las fases de la Luna en docentes de Primaria en formación: aportes para la reflexión"**. Iglesias, M., Dicovskiy, E., Karaseur, F., Cabrera, J., Godoy, E., Gangui, A. **(Tema 3)**
18:20 a 18:40	2. **"Representaciones del movimiento: desde el video al modelado matemático"**. Concari, S., Pérez Sottile, R. **(Tema 1)**	2. **"A formação pós-graduada para professores e o mestrado profissional em ensino: uma defesa"**. Borges, P. **(Tema 3)**	2. **"La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico en acción: sobre el movimiento aparente del Sol"**. Rojas, E. **(Tema 2)**
18:40 a 19:00	3. **"Algunos resultados de la incorporación de las TICs a las prácticas experimentales"**. Capuano, V., Bigliani, J. C. **(Tema 1)**	3. **"La formación docente inicial en Física en la provincia de Santa Fe: un estudio en el contexto nacional"**. Giuliano, M., Giorgi, S., Giacosa, N. **(Tema 3)**	3. **"El día y la noche: dificultades para la comprensión de un fenómeno muy cotidiano"**. Galperin, D., Raviolo, A., Señorans, L., Prieto, L. **(Tema 2)**
19:00 a 19:20	4. **"TIC y estrategias metacognitivas: experiencia didáctica sobre el Movimiento Oscilatorio Armónico"**. Álvarez, M., Raviolo, A. **(Tema 1)**	4. **"Cuando la enseñanza de la Cuántica en la Escuela Media se orienta hacia la comprensión"**. Iglesias, I. **(Tema 3)**	4. **"La gravedad, el magnetismo y la acción a distancia: un estudio de las respuestas a cuestionarios"**. Dibar, C., Montino, M. **(Tema 2)**
19:20 a 19:40	5. **"Integración de TICs en la clase teórico-práctica-laboratorio: Movimiento Armónico"**. Zerbino, L., Del Zotto, R., Devece, E., Attilio, G., Chancel, M, Ronconi, J. **(Tema 1)**	5. **"La flexibilidad epistémica en alumnos secundarios: su potencialidad para el aprendizaje de la Física"**. Coleoni, E., Buteler, L. **(Tema 1)**	5. **"Relatividad Clásica: dificultades de comprensión en el estudio del movimiento"**. Addad, R. **(Tema 2)**
19:40 a 20:00	6. **"Relaciones entre contenidos conceptuales y habilidades cognitivas derivadas del uso de TICs en el laboratorio"**. Yanitelli, M., Scancich, M., Massa, M. **(Tema 1)**	6. **Los docentes universitarios de Matemática y Física y el uso de las TICs: competencias, actitudes y expectativas"**. Ávila, M., Pereyra, N. **(Tema 2)**	6. **"Questões sobre ciência e tecnologia presentes no discurso dos professores das regiões próximas as usinas nucleares brasileiras"**. Gouveia, G., Machado, D., Sanches, C., Oliveira, C. **(Tema 2)**
20:00 a 20:20	7. **"Evaluación del aprendizaje significativo del informe de laboratorio en Biofísica de Medicina".** Aiziczon, B., Cudmani, L. **(Tema 2)**	7. **"La formación de profesores de física como discurso. El caso de las acciones de mejora de la enseñanza de las ciencias en las memorias del CONICET del período 1958 - 1967"**. Luna, V., Concari, S. **(Tema 3)**	

	COMUNICACIONES ORALES 3 - JUEVES 25/10 - 15:00 a 17:00 **TEMA 1: Enseñanza-Aprendizaje de la Física. - TEMA 2: La investigación en la enseñanza de la Física en diferentes contextos.** **TEMA 5: Fundamentos epistemológicos y aspectos socioculturales. - TEMA 6: Producciones basadas en investigación.** **(en el Centro Cultural Esquel MELIPAL)**		
	CO 3 – BLOQUE A **(en la Sala de Conferencias)**	**CO 3 – BLOQUE B** **(en el Aula del Planetario)**	**CO 3 – BLOQUE C** **(en el Hall del Sector Plaza del Cielo)**
15:00 a 15:20	1. **"Modelos mentales de estudiantes universitarios respecto a conceptos de Electrostática: un estudio de caso"**. Giacosa, N., Zang, C., Giorgi, S., Maidana, J., Beck, S., Such, A. **(Tema 1)**	1. **"La evaluación de aprendizajes interdisciplinarios mediante el uso de mapas conceptuales"**. Marino, L., Carreri, R., Alzugaray, G. **(Tema 1)**	1. **"Análisis de la idoneidad de una intervención didáctica para la enseñanza de equilibrio y fluctuaciones en el equilibrio, en el Nivel Universitario Básico"**. Farina, J., Utges, G. **(Tema 1)**
15:20 a 15:40	2. **"Contribución de las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Electrostática"**. García, D., Stipcich, S. **(Tema 1)**	2. **"Aprender significativamente conceptos de Física en condiciones reales de aula"**. Rojas, E. **(Tema 1)**	2. **"Incidencia de algunas cuestiones que afectan la calidad de la investigación educativa en Ciencias"**. Colombo, L., Moya de Ovando, M. **(Tema 2)**
15:40 a 16:00	3. **"Promoviendo el aprendizaje activo en temas de Electrodinámica"**. Reynoso Savio, M., Girelli, M., Glusko, G., Dima, G. **(Tema 1)**	3. **"Argumentación, modelos mentales y estructura conceptual"**. D'Amico, H., Sánchez, P. **(Tema 1)**	3. **"Libro de secuencias de enseñanza de Física, Química, Biología y modelización matemática basadas en la investigación"**. García de Cajén, S., Rocha, A., Domínguez Castiñeiras, J.M., Bravo, B., Cajaraville Pegito, J.M., Fernández Blanco, T., García Barros, S., Martínez Losada, M.A., Pereira García, I. **(Tema 6)**
16:00 a 16:20	4. **"Traducción entre lenguajes simbólicos de distintas áreas del conocimiento: el caso del flujo del campo eléctrico"**. Pocoví, C., Collivadino, C. **(Tema 1)**	4. **"Indicadores de análisis de la competencia comunicativa de los profesores de Física"**. Stipcich, S., Domínguez, A. **(Tema 3)**	4. **"El rol de las analogías matemáticas como generador de teorías físicas"**. Welti, R. **(Tema 5)**
16:20 a 16:40	5. **"Entornos de aprendizaje constructivista. Estudio de un caso en el tema Óptica Geométrica"**. Palma, N., Chirino, S., Elías, S. **(Tema 1)**	5. **"El uso de la Historia de las Ciencias en la enseñanza de la Física: una aplicación para el Electromagnetismo".** Perea, M. A., Buteler, L. **(Tema 5)**	5. **"Cátedra mixta entre dos Facultades como ámbito de evaluación colectiva"**. Petrucci, D., Cabana, F., Cappannini, O., von Reichenbach, C. **(Tema 2)**
16:40 a 17:00	6. **"Repositorio de estrategias para la promoción de aprendizajes significativos en la enseñanza de la Física"**. Elías, S., Palma, N., Chirino, S., **(Tema 6)**	6. **"¿Por qué los mismos alumnos que resuelven bien un problema de empuje resuelven mal otro? Una explicación a partir la teoría de Clases de Coordinación".** Buteler, L. **(Tema 1)**	6. **"Los estados de agregación y las representaciones utilizadas por estudiantes universitarios"**. Cappannini, O., Espíndola, C. **(Tema 1)**

	PRESENTACIONES EN FORMATO POSTERS - JUEVES 25/10 - 17:00 a 18:00 **TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN** **(en el Centro Cultural Esquel MELIPAL)**
	POSTERS – Bloque único **Trabajos de Investigación** **(en el Hall del Sector Plaza del Cielo)**
17:00 a 17:10	1. "**Aprendizaje activo en las clases experimentales de Física en el Nivel Polimodal**". Glusko, C., Dima, G., Girelli, M., Reynoso Savio., F.
17:10 a 17:20	2. "**La Energía como concepto integrador en Mecánica y Calorimetría. Resultados obtenidos en la aplicación de un instrumento utilizado como parte de una estrategia didáctica en Primer y Segundo año del Nivel Polimodal**". Dima, G., Follari, B., Lambrecht, C., Perrotta, T., Carola, M. E..
17:20 a 17:30	3. "**El Movimiento Armónico Simple en el contexto de las Ciencias Básicas**". Torroba, P, Costa, V, Devece, E.
17:30 a 17:40	4. "**De la presencialidad a la semipresencialidad: modelo didáctico basado en el uso de las TIC**". Ávila, M., Saracho, M.
17:40 a 17:50	5. "**Medir segmentos delimitados en el pizarrón: una sencilla actividad de diagnóstico para importantes temas instrumentales y conceptuales**". Kupczewski, M., Rosales, A.
17:50 a 18:00	6. **"¿Cuánto recuerdan los estudiantes, de un año a otro, sobre dos trabajos prácticos de laboratorio?"** Dibar, C., Alemán, M. A.
18:00 a 18:10	7. **"La transdisciplinariedad como estrategia de enseñanza en el Ciclo Básico de la carrera de Ingeniería"**. Cruz, R., Silva, E., Macagna, M., Aranibar, L., Morgada, M. E.

	PRESENTACIONES EN FORMATO POSTER - VIERNES 26/10 - 10:30 a 12:00 **LÍNEAS Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN - TESIS DE POSTGRADO** **(en el Centro Cultural Esquel MELIPAL)**		
	POSTERS 2 – BLOQUE A **SubTema: Líneas de Investigación en curso** **(en el Hall del Sector Plaza del Cielo)**	**POSTERS 2 – BLOQUE B** **SubTema: Proyectos de Investigación finalizados** **(en la Isla Superior al Hall del Sector Pl. del Cielo)**	**POSTERS 2 – BLOQUE C** **SubTema: Tesis de Postgrado** **(en el Hall de Acceso al Sector Plaza del Cielo)**
10:30 a 10:40	1. "**Consolidación de una Red Multidisciplinar de Enseñanza de las Ciencias**". Chaile y otros. FCE-FCN (UNSa).	1. "**Las compuertas lógicas como estrategia didáctica interdisciplinaria".** Knopoff y otros. FI - UNLP.	1. "**Estudio de explicaciones y estrategias para evaluar afirmaciones sobre flotación**". Chiabrando, L.. Maestría. UBA.
10:40 a 10:50	2. "**Laboratorio de Innovación Educativa en Física (LIEF)"**. Palma y otros. FI – UNSJ.	2. "**Promoción de las energías renovables en Educación Formal y en ámbito no formal"**. Chaile y otros. UNSa.	2. "**Modos de intercambio de significados. Procesos de negociación en clases de Física del nivel secundario**". Domínguez, M.A. Doctorado. UNLP.
10:50 a 11:00	3. "**La creación de ambientes de aula para la producción de argumentos científicos"**. Pedrol y otros. GIEC - Escuela de Humanidades – UNSAM.	3. "**Método de análisis curricular de las propuestas de enseñanza en la física escolar a partir de la noción de Praxeología"**. Hernández y otros. U Santiago. Chile.	3. "**Análisis de la idoneidad de una intervención didáctica para la enseñanza de la noción de entropía en el nivel universitario básico**". Farina, J.A. Maestría. UTN-R.
11:00 a 11:10	4. "**Caracterización de competencias que consolidan la Actividad Experimental en los Prof. de Física, Química y Biología"**. Martínez y otros. ISFD N°804.	4. "**Questões de Física para o acesso ao ensino superior"**. Monteiro y otros. UNESP. Brasil.	4. **"Las clases comprensivas de Cuántica en el Nivel escolar Medio**". Iglesias, A.I. Doctorado. USA.
11:10 a 11:20	5. "**Formación docente situada a Nivel Universitario: una experiencia innovadora en la Enseñanza de la Física"**. Cordero y otros. GDCs, IFLISIB (UNLP-CONICET) – FHCE UNLP – UFF.	5. "**Enseñar y aprender Física Cuántica en Secundaria y Universitario Básico"**. Escudero y otros. FONCyT-ANPCyT.	5. "**A forma e os movimentos dos planetas no Sistema Solar: uma proposta para a formação do professor de Ciências em Astronomía**". Ferreira, F. Maestría. USP. Brasil.
11:20 a 11:30	6. "**Programación de la enseñanza en la escuela primaria: ¿qué se enseña de Física?"**. Cordero y otros. GDCs, IFLISIB (UNLP-CONICET) – FHCE UNLP.	6. "**Evaluación del impacto de procesos de popularización en ciencia y tecnología en escenarios de educación formal y no formal"**. González y otros. UNLP.	6. "**La resolución de problemas: una estrategia en la enseñanza y la integración de conocimientos de Electromagnetismo para los estudiantes de Ingeniería**". Roldán, S.N. Maestría. UNL.
11:30 a 11:40	**PREGUNTAS**	**PREGUNTAS**	7. "**La comprensión de problemas de Dinámica Rotacional de un cuerpo rígido en estudiantes de carreras de Ingeniería**". Suárez, C. Maestría. UNL.
11:40 a 11:50	**PREGUNTAS**	**PREGUNTAS**	**PREGUNTAS**
11:50 a 12:00	**PREGUNTAS**	**PREGUNTAS**	**PREGUNTAS**

COMUNICACIONES ORALES 1

BLOQUE A

MATEMÁTICA Y FÍSICA: UNA RELACIÓN MUCHAS VECES OLVIDADA POR NUESTROS ALUMNOS

Claudia Sandra Figueroa [1]

Consuelo Escudero [2,3]

[1] Departamento de Materias Básicas. Facultad de Ingeniería. UNCuyo.

Centro Universitario, Parque General San Martín, Mendoza, Argentina.

cfiguero@uncu.edu.ar

[2] Departamento de Física. Facultad de Ingeniería. UNSJ.

Avda. Libertador 1109 (O). 5400. San Juan. Argentina.

[3]Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNSJ

cescude@unsj.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo es el producto de una investigación exploratoria llevada a cabo con alumnos que cursan la materia Física I en calidad de recursantes, en la carrera de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. En un intento por tratar de desentrañar las razones por las que los estudiantes recursan la asignatura, se analizan las respuestas obtenidas a partir de un test por un grupo de estudiantes que voluntariamente se inscriben a un cursado especial que se realiza de la materia Física I. En especial, esta investigación se centra sobre los conocimientos matemáticos con los que arriban a esta instancia. La metodología de investigación utilizada es del tipo cualitativo, donde los datos se agrupan en categorías que no son provistas a priori por el marco teórico, una forma compatible con la propuesta de las teorías de los campos conceptuales (TCC) de Vergnaud que orienta el análisis y la formulación de algunas hipótesis preliminares. Ha permitido analizar las concepciones implícitas de los estudiantes, más precisamente los aspectos ignorados por ellos, u objeto de imprecisiones, tales como magnitudes escalares y vectoriales, constantes y variables, error en las mediciones. Todo ello, se constituye en reflejo de la complejidad de la construcción del significado de las distintas magnitudes involucradas en los conceptos físicos y la necesidad del planteo de intervenciones que trabajen con ellas específicamente.

Palabras-clave: Ecuaciones matemáticas; Conocimiento-en-acción; Representaciones internas; alumnos universitarios recursantes

ABSTRACT

This presentation is the result of an research carried out with students taking Physical I under the retaken students´ quality at the Engineering´s career of the National University of Cuyo. Attemptingto try to unravel the reasons why the students retake the subject, all the responses obtained from a test taken to a group of students who voluntary registered to a special course on Physical I, are analyzed. This research focuses on mathematical knowledge the ones that arrive to this instance. The research methodology used is the qualitative type, where data are grouped into categories that are not provided a priori by the theoretical framework, a compatible form with the proposal theories of Vergnaud´s conceptual fields (TCC) that guides the analysis and development of some preliminary hypotheses. It also has allowed to analyze the students ` implicit conceptions , more precisely the aspects ignored by them or subject to inaccuracies, such as magnitudes scalar and vector, constants and variables, error in the measurements. All this constitutes the construction's complexity reflection of the meaning from different magnitudes involved in the physical concepts and the need for the inquire of interventions that work with them specifically.

Key words: Mathematical equations, Knowledge-in-action; Internal representations; Retaken course University students.

"La filosofía está escrita en ese inmenso libro siempre abierto ante nuestros ojos (el Universo), pero no se la puede comprender si no se aprende primeramente a conocer la lengua y los caracteres en que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas sin cuya mediación es humanamente imposible comprender ni una palabra."

(Galileo)

Y más recientemente, podemos encontrar frases como:

"Todas las leyes se extraen de la experiencia, pero para enunciarlas se precisa de una lengua especial; el lenguaje ordinario es demasiado pobre, y es además demasiado vago, para expresar relaciones tan delicadas, tan ricas y tan precisas. Esta es la razón por la que el físico no puede prescindir de las matemáticas; éstas le proporcionan la única lengua en la que puede hablar"

(H. Poincaré).

INTRODUCCION

Para la mayoría de los docentes de Física, la comprensión de los conceptos como la habilidad de aplicar ese conocimiento en forma cuantitativa, es muestra que el alumno alcanzó el objetivo del curso.

Siguiendo esa línea de pensamiento, proponemos como bibliografía textos que expliquen el comportamiento físico, a través del lenguaje matemático, con ejercicios y problemas que van determinando el nivel de conocimiento alcanzado en cada etapa, aunque he conocido algunos que prefieren la física "conceptual", sin tener en cuenta que la comprensión acabada de un concepto va de la mano de la ecuación matemática que lo sustenta.

"(…) Las fórmulas o expresiones matemáticas son usadas (por libros y profesores) como modelos conceptuales que tienden a expresar los conceptos físicos y su fenomenología de contenidos estudiados. Las ecuaciones matemáticas se presentan como una síntesis de contenidos, al tiempo en que se muestra como instrumento capaz de responder cuestiones, resolver situaciones problemáticas y así dilucidar el fenómeno en estudio" (Sena y otros, 2010: pág. 323)

En un editorial de la Revista Enseñanza de las Ciencias (2011), se hace mención a la (olvidada) relación entre las ciencias y las matemáticas, expresando si parte de las dificultades de aprender ambas disciplinas, se deriva de la relación perdida entre ellas, expresándose en el aula, al advertir que un gran número de estudiantes universitarios suspenden las matemáticas de los primeros cursos, y a pesar de ello, van superando cursos en sus disciplinas, cuando éstas son frutos de la transformación que debería haber provocado el pensamiento matemático en aquel dominio particular.

Este "divorcio" puede deberse, en parte, sobre cómo siente el estudiante las matemáticas. Actualmente existen muchos estudios sobre lo que se denomina la "ansiedad matemática", entendiéndose como tal, "la respuesta afectiva que se genera en un estudiante ante una tarea matemática generando una actitud positiva o negativa de gran influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje" (Perez-Tyteca y otros, 2011, pág. 237) o "la ausencia de confort que alguien podría experimentar cuando se le exige rendir en matemáticas" (Wood, 2003: pág. 12). Aunque plantea un tema interesante para tratar, no es el objetivo de este trabajo.

Pero ¿con qué nivel de conocimiento matemático arriban a nuestras aulas? ¿Son suficientes para *aprender ciencias*?

Estamos frente al desafío de enseñar ciencias, hacer que el alumno venga a compartir significados en el contexto de las ciencias, o sea, interpretar el mundo desde el punto de vista de las ciencias, manejar algunos conceptos, leyes y teorías científicas, abordar problemas razonando científicamente, identificar aspectos históricos, sociales y culturales de las ciencias (Moreira, 2010).

Mucho se ha hablado, investigado y escrito sobre: ¿Cómo aprenden Ciencias los alumnos?, ¿cómo expresan sus conocimientos?, ¿qué dificultades surgen en este proceso?

Nos encontramos, muy probablemente, con problemas de aprendizaje que tengan que ver, por una parte, con la forma de presentación del contenido, lo que nos lleva a la necesidad de desarrollar, como docentes, tareas serias de análisis del mismo; y, por otro lado, a los modos de representación que los estudiantes construyen sobre dichos contenidos. En los mismos, se están dando –al parecer– lagunas que les impiden producir o elaborar modelos, conocimientos, formalmente estructurados, contextual y científicamente aceptados.

Cuestionamos a nuestros alumnos sobre situaciones problemáticas y en el análisis pormenorizado de estas puede llegar a inferirse la presencia de algunos conocimientos implícitos, tradicionalmente difíciles de detectar, cuya calidad y organización influyen notablemente en los procedimientos que desarrollan las personas al intentar resolverlas.

La construcción de estas representaciones (internas y externas), en tanto, no es una tarea fácil, en gran parte por fundarse en ciertos conocimientos básicos. Y es en esos conocimientos básicos donde una gran cantidad de alumnos fallan.

LA TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE GÉRARD VERGNAUD

La teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud (TCC) es una teoría cognitivista para el estudio del desarrollo y aprendizaje de competencias complejas, una teoría cognitivista del proceso de conceptualización de lo real. Su objetivo es brindar un referencial teórico que permite comprender y explicar las continuidades y rupturas entre conocimientos durante el proceso de aprendizaje, propiciar una estructura de las investigaciones sobre actividades cognitivas complejas, en especial con referencia a los aprendizajes científico y técnico. Se trata de una teoría pragmática en el sentido que considera que uno de los problemas de la enseñanza es desarrollar al mismo tiempo la forma operatoria del conocimiento, lo que llamaríamos el saber hacer, y la forma predictiva del mismo, o sea, saber explicar el objeto y las propiedades que tiene (Vergnaud, 1996:pág. 206). Permite analizar cómo se organizan los conceptos y representaciones que el individuo hace de un fenómeno.

Vergnaud (1982: pág. 40) toma como premisa que el conocimiento está organizado en campos conceptuales cuyo dominio, por parte del sujeto, ocurre a lo largo de un extenso período de tiempo, a través de experiencia, madurez y aprendizaje: un campo conceptual es un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición del mismo (Moreira 2002: pág. 7).

Los conceptos claves de la TCC son, además de *campo conceptual*, los conceptos de *esquema, situación, invariante operatorio* (teorema-en-acción, concepto-en-acción) y su propia concepción de *concepto*.

Vergnaud considera al campo conceptual como una unidad de estudio para dar sentido a dificultades observadas en la conceptualización de lo real y, es esta conceptualización la esencia del desarrollo cognitivo. Para él, concepto es un triplete de tres conjuntos (Franchi, 1999: pág.160; Vergnaud, 1998: pág. 181): C = (S, I, L) donde:

S: conjunto de situaciones físicas y cuestiones (que se reconoce, manipula, controla, opera y que da sentido a los conceptos físicos y matemáticos), (*el referente*)

I: conjunto de invariantes operatorias asociados al concepto (*el significado*);

L: conjunto de representaciones lingüísticas y no lingüísticas que permiten representar simbólicamente el concepto, sus propiedades, las situaciones a las que él se aplica y los procedimientos que de él se nutren (*el significante*).

Los procesos cognitivos y las respuestas dependen de las situaciones a las que se confronta el sujeto. Y el comportamiento ante una dada situación está dirigido por esquemas, entendiéndose como tal a la "organización invariante del comportamiento para una determinada clase de situaciones". Desde el punto de vista teórico, este concepto proporciona el vínculo indispensable entre la conducta, en cierta forma, automatizada, que el sujeto activa ante una determinada situación y la representación y, por lo tanto, de la conceptualización, con el que el sujeto responde o externaliza ante la misma. Los esquemas tienen como ingredientes necesarios lo que Vergnaud (1990: pág. 133) llama los invariantes operatorios, es decir, los conocimientos contenidos en los esquemas: los conceptos-en-acción disponibles para el sujeto (objetos, atributos, relaciones, condiciones, circunstancias, etc.) y teoremas-en-acción (proposición considerada como verdadera sobre lo real).

La teoría de los campos conceptuales se constituye en un referencial muy rico para comprender, explicar e investigar el proceso de aprendizaje significativo: al rescatar y enriquecer el concepto de esquema (*schème)* introduciendo los conceptos de *teorema-en-acción* y *concepto-en-acción*; al colocar la conceptualización en el centro del desarrollo cognitivo; al definir campo conceptual; al priorizar la interacción sujeto-situaciones (Escudero y Jaime, 2009: pág.118).

En general, los estudiantes son incapaces de explicar y de expresar en forma natural sus teoremas y conceptos-en-acción ante una determinada situación. Estos permanecen implícitos en el proceso en el abordaje de tal situación. Es tarea de la enseñanza, pues, ayudar al alumno a construir conceptos y teoremas explícitos, que le permitan generar conceptos científicamente aceptados. "El proceso de explicitación es difícil, pero los conceptos explícitos y los teoremas explícitos capacitan a los estudiantes para objetivar el conocimiento y discutir su idoneidad y validez" (Vergnaud, 1994: pág. 41)

Las fuentes originales de Vergnaud son los estudios de Piaget, fundamentalmente con las nociones de esquema y de invariantes operatorias, y los trabajos de Vygotsky. Pero considera que: "Ni Piaget ni Vygotsky se dieron cuenta de cuánto depende el desarrollo cognitivo de las situaciones y de las conceptuaciones que se requieren para tratar con ellas. La teoría de los estadios no es por si misma útil para los profesores porque no les ofrece directrices concretas para la enseñanza. Esta es la razón principal por la que he desarrollado la Teoría de los Campos Conceptuales basada en los legados de Piaget y Vygotsky" (Vergnaud, 1998: pág 181).

LA PROPUESTA DE TRABAJO

Reflexionar sobre las estrategias a utilizar con los estudiantes para favorecer en ellos aprendizajes acordes al conocimiento científico es una de las debilidades con las que contamos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, ya que por más esfuerzo que realicemos en nuestra tarea docente, todo el conocimiento producido a través de investigaciones en ese campo, tiene poco impacto en el aula (Moreira, 2010). Como parte principal de esas estrategias, nuestra inquietud fue incorporar eficazmente la experimentación en el laboratorio.

Como se expresó en un trabajo anterior (Figueroa y Escudero, 2007) en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo se lleva a cabo, desde el año 2002, un "cursado característico" para alumnos que recursan la materia Física I que, bajo condiciones especiales, se muestra al laboratorio experimental como principal herramienta utilizada para entender conceptos físicos que han sido aprendidos en forma inadecuada. Las publicaciones existentes sobre el trabajo con alumnos recursantes en las distintas asignaturas son escasas. El peso de la tradición en las prácticas educativas suele ser importante.

Buscamos analizar, mediante un test exploratorio, algunas de las razones por las que el estudiante no alcanzó a regularizar la asignatura Física I, centrándonos en las dificultades matemáticas que presentan, lo que lleva a vanos intentos por rendir el examen final en calidad de libre, evidenciando claras dificultades conceptuales que no son capaces de reconocer. No es nuestra intención generalizar conocimiento y responder a la pregunta *¿por qué nuestros alumnos recursan la materia Física I?*. Apenas se busca una aproximación.

Por este motivo, realizamos una indagación exploratoria a través de un primer test que ha permitido un relevamiento de los conocimientos que los alumnos poseían sobre los diferentes temas que componen el programa analítico de la asignatura y, especialmente sobre los que se focalizaría en las futuras experiencias.

En base a esta información se confeccionaron guías de laboratorio para esta nueva intervención, que eran introducidas con una revisión sobre los contenidos teóricos necesarios para el desarrollo de las mismas, llevadas a cabo a través de preguntas, frases abiertas y problemas de lápiz y papel. Las prácticas llevadas a cabo fueron ocho: Errores Experimentales, Dinámica de la Partícula, Colisiones, Rotaciones, Oscilaciones, Fluidos, Ondas y Óptica Geométrica.

Para el desarrollo de las experiencias se contaba con el equipamiento de *Pasco* (material de laboratorio asistido por computadora, disponible para realizar experiencias de Dinámica de la partícula, Colisiones, Rotaciones, Ondas y Óptica), videos educativos, el programa de simulación IP25 y material existente en el laboratorio, que fueron utilizados de acuerdo a la práctica realizada de forma más integral. Para un mejor desarrollo de las experiencias, se realizaron dos turnos de trabajo, dentro de los cuales los alumnos se agrupaban de acuerdo a la afinidad entre ellos, grupos que no superaban cuatro integrantes.

La propuesta de trabajo se encuentra en una publicación anterior (Figueroa y Escudero, 2007). En otra publicación ahondamos en el primer análisis que se llevó a cabo al comienzo del cursado, (Figueroa y Escudero, 2010). En el mismo se hacía mención sobre una primera mirada sobre por qué recursan nuestros estudiantes, encontrándose que las dificultades presentadas eran causadas por:

- *El modelo*: los estudiantes no identifican el modelo que subyace a una determinada situación. Basta con solicitarle que resuelva que encuentre el trabajo de una fuerza, y si es variable o no, no importa, utilizan fórmulas como W=FD
- *Dificultades matemáticas*: la herramienta matemática representa un gran escollo en el proceso de enseñanza de las ciencias. Es muy frecuente encontrar problemas como: falta de conceptualización de una función, variación de la misma, falta de identificación entre variables vectoriales y escalares, confusión entre productos de magnitudes, mal cálculo de integrales y derivadas y desconocimiento de sus aplicaciones, sin entrar en terrenos muchos más alarmantes como un simple despeje de variables.
- *Dificultades conceptuales*: que se traducen en la falta de entendimiento del concepto físico presente y sus potencialidades: *"…el teorema del trabajo y la energía se utiliza solo si la fuerza es conservativa…"*

La experiencia ha sido favorable en varios sentidos, y se puede mejorar en otros aspectos. Nuestra investigación ahora se basa en determinar con qué dificultades matemáticas arribaron a esta instancia, para poder dar un paso adelante en el proceso de aprendizaje de la Física.

En este nuevo curso, participaron 26 estudiantes, en carácter de voluntarios, ya que se encuentran en libertad de hacer o no este cursado. Cabe aclarar que el test se toma todos los años, al inicio del cursado especial y que si bien en esta investigación se analizaron solo estos alumnos, se ha podido apreciar que los mismos errores cometen los diferentes estudiantes cada año.

Cabe aclarar que el objetivo primario de este test es tener una primera mirada sobre qué dificultades traen nuestros alumnos a las aulas cuando recursan la materia. Por lo que considero que estos problemas son relevantes (aunque escasos) a la hora de analizar las dificultades matemáticas detectadas.

Se actuó también, como observador participante. El análisis que aquí se releva se centró en resoluciones escritas y lo consideraremos a través de lo que creemos son las partes más relevantes del test.

Problema 1:

Una industria produce piezas con diámetros distribuidos sobre una normal de media 0,75 cm y una desviación estándar (error cuadrático medio σ) de 0,002 cm. Supongamos que el control de calidad exige que las piezas tengan un diámetro entre 0,745 y 0,755 cm; cualquier pieza fuera de ese rango es rechazada. Si se examina una muestra de 1000 piezas. ¿Cuántas cabe esperar que se rechacen? Dé una estimación de ello.

Teoremas en acción:

- La media aritmética es el promedio aritmético de los valores medidos. (90%)

Esta afirmación la asocian directamente a cómo encuentran el promedio de sus notas, no del hecho que proviene de una teoría matemática mucho más compleja. Los conocimientos estadísticos son limitados y no saben qué representa la desviación estándar, o por qué se exige diámetros entre valores, etc.

Como lamentablemente no se puede rescatar más información, se decidió cambiar de problema.

Problema 2:

Con un calibre de 0,02 mm de aproximación se ha medido el alto de una pieza, obteniéndose un valor promedio de 2,06 mm y un error absoluto de 0,01 mm

a) Dé la expresión del valor acotado de la medición.

b) ¿Cuál es el valor verdadero de la pieza?

c) Si la pieza es un cilindro de diámetro igual a (1,21±0,07) mm, obtenga el valor acotado del volumen de la misma.

Teoremas en acción:

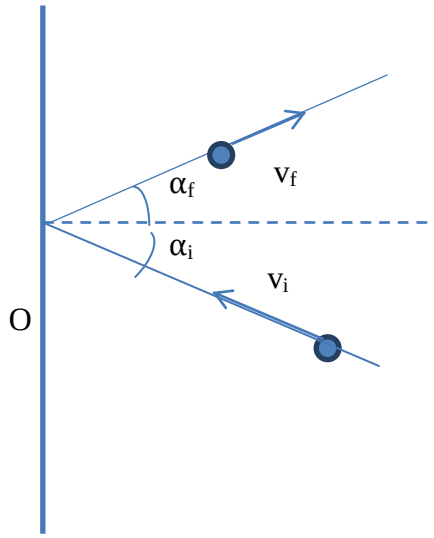
- El valor verdadero de la medición se encuentra dentro de un intervalo: *"el valor acotado de la medición es (2,06±0,01) mm, dentro se puede encontrar el valor verdadero" (11%)*
- El valor verdadero de la medición es único: *"…encontrándose el valor verdadero al sumar el valor promedio con el error…" (54%)*
- El volumen de la pieza y el error se obtiene a través de la fórmula geométrica conocida del cilindro: "… $V \pm E_V = \pi \frac{(1{,}21 \pm 0{,}07)^2}{4} (2{,}06 \pm 0{,}01)$ …" *(80%)*

Los conceptos en acción son: "el valor verdadero de la medición no es posible encontrarlo", "existe el valor verdadero de una medición", "no sé qué utilidad se da a la apreciación del instrumento", "el volumen no tiene error", "si tiene error, lo calculo incluyéndolo dentro de la fórmula geométrica".

En el análisis de los teoremas que activan los alumnos, los conceptos, así como en las preguntas que formulan mientras se encuentran resolviendo el problema, se evidencia una falta total de conocimientos estadísticos. Conceptos como desviación estándar (error cuadrático medio), error absoluto (error cuadrático medio del promedio), propagación de errores, campana de Gauss…son prácticamente desconocidos. Tampoco le encuentran sentido al estudio de errores en las mediciones. Mantienen firmemente la idea que mientras más cifras se obtenga al calcular el valor de una magnitud (los diez o doce dígitos con lo que cuenta la calculadora), más exacto es.

Problema 3:

En el siguiente diagrama, se muestra un choque producido por una pelota sobre una pared, se dan las velocidades inicial y final del movimiento. Indique la dirección de la fuerza, de la cantidad de movimiento y del impulso.



Teoremas en acción:

- La cantidad de movimiento y el impulso son magnitudes escalares (43%)
- La cantidad de movimiento y el impulso son magnitudes vectoriales (52%)

En ambos teoremas tienen en claro que la velocidad es un vector, pero en el primer teorema, se activan conceptos como que la cantidad de movimiento es el producto de la masa por la velocidad (olvidándola como vector), y el impulso es la variación del mismo, no sabiendo en qué dirección se encuentra la fuerza, por lo que en ocasiones no la nombran en la solución. En cambio en el segundo teorema el concepto que ponen en acción es que al ser la velocidad un vector, la descomponen en direcciones x e y, encontrando así la cantidad de movimiento y el impulso, aunque en la mayoría de los casos, siguen sin responder cuál es la dirección de la fuerza que provoca el cambio de movimiento.

Los problemas sobre magnitudes son bastante generalizados entre los alumnos. Es muy común la confusión entre magnitudes escalares y vectoriales y cuando se los cuestiona sobre una magnitud expresan frases como *"…ah, es un vector…"* y le colocan flechas a cuantas magnitudes aparecen allí, sin tener en cuenta si era el resultado, por ejemplo, de un producto escalar o vectorial, lo que le quita la posibilidad de discernir entre el tipo de magnitud que se obtiene y la consecuencia de la misma en el movimiento, dificultando así el entendimiento del concepto físico puesto en juego.

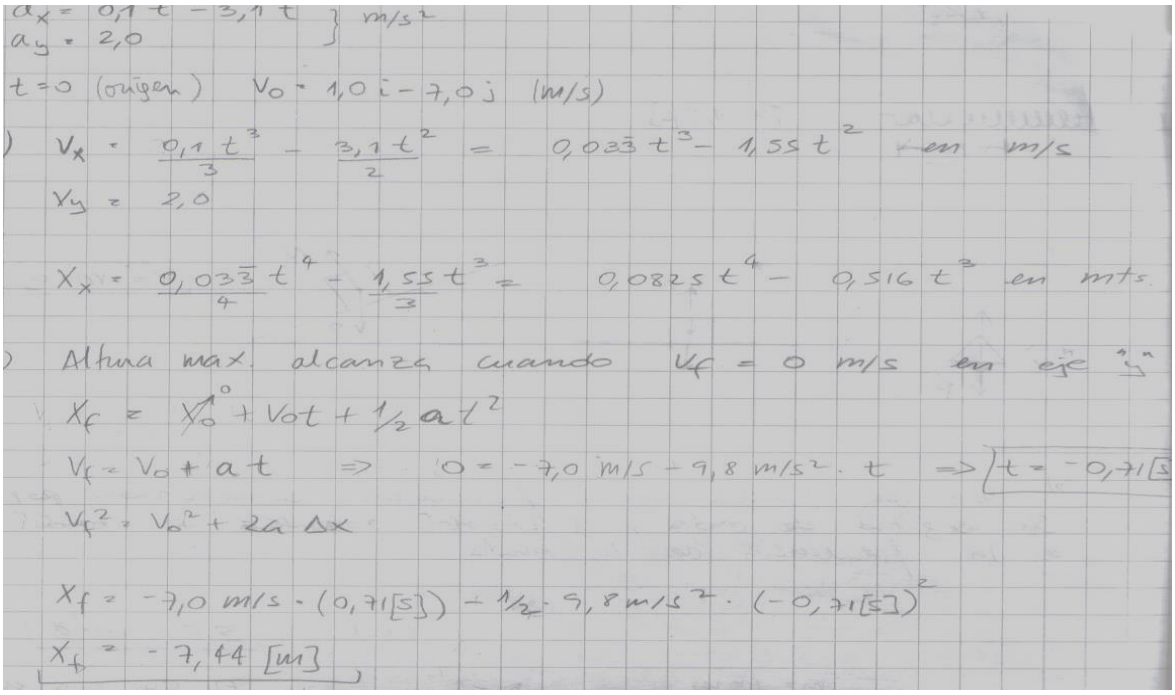
Problema 4:

> *Un móvil se mueve en el plano x-y. Su aceleración (en m/s^2) tiene las componentes dadas por: a_x= 0,1 t^2 – 3,1 t y a_y= 2,0. En t=0 el móvil está en el origen y tiene una velocidad inicial v_0= 1,0 i – 7,0 j (medida en m/s). a) Calcule los vectores velocidad y posición para un t=2 b) ¿Qué altura máxima alcanza el móvil? y c) ¿qué desplazamiento horizontal tiene el móvil al volver a y=0? d)¿ puede precisar la trayectoria seguida por el cuerpo?*

En la resolución se puede apreciar que los teoremas en acción que ponen en práctica son:

- El móvil se desplaza con MRUV. (15%)
- El móvil se desplaza con MUV. (45%)
- El móvil de desplaza con aceleración variable.(40%)

En los primeros teoremas consideran que la aceleración del móvil es constante, por lo que pueden utilizarse las ecuaciones del movimiento uniformemente acelerado para hallar el valor de velocidad y desplazamiento en el tiempo pedido. El concepto en acción es que la aceleración es constante, y no función del tiempo.



Ej: Alumno 1

En la resolución del alumno 1 puede apreciarse que ha realizado un intento de encontrar tanto la velocidad como la posición del móvil integrando magnitudes, en el inciso b) donde se pedía hallar la altura máxima, surge la contradicción de utilizar fórmulas correspondientes a un MRUV.

En el caso del tercer teorema, si bien tienen en cuenta que al ser la aceleración variable en el plano deben hacer uso de la integral, un porcentaje de estos alumnos (35%) posee el concepto en acción que todo cuerpo parte del reposo por lo que la constante que acompaña a la resolución la consideran nula y no toman en cuenta las condiciones iniciales del movimiento.

En anteriores estudios e intervenciones, incluso en la escuela media, se documentaba:

Pareciera que en la mente del alumno está claro que hay nociones que expresan la cuantitatividad en el movimiento. Algunos de ellos siguen aferrados todavía a la indiferenciación de nociones como rapidez adquirida y distancia recorrida y/o a que todo movimiento debe comenzar desde el reposo, aún cuando un mismo móvil tenga varios movimientos distintos sucesivos. En esos alumnos no hubo una re-organización que cambie los significados en el tiempo breve de la intervención. No se produjo la única explicitación posible: por categorías (y no por similitudes). (…) Estos alumnos siguen sosteniendo que las diferencias vienen dadas por la idea de adelantamiento y no porque el movimiento se describa por nociones que son razones de cambio. Mientras se mantengan como centrales estos conocimientos-en-acción y no ocupen ese lugar conocimientos más fundacionales no se logrará la conceptualización buscada (Escudero, 2005: pág.306)

La integral definida también carece de sentido cuando quiere obtenerse el trabajo o el impulso de una fuerza, donde no importa si ésta es constante o variable (dependiente del tiempo o de la posición), en la mayoría de los casos el problema lo resuelve al aplicar las fórmulas:

$W = Fd$ y $I = Ft$

ALGUNAS HIPÓTESIS PARCIALES

Derivadas, integrales, vectores, trayectorias son conceptos que no han alcanzado a internalizar y la utilización de los mismos suele ser superfluo y errado. No pasemos a terrenos más complicados como el de flujo, campos, distribución estadística, ecuaciones diferenciales, tensores, etc.

En realidad, muchas de las concepciones aquí documentadas son firmemente mantenidas por algunos docentes, al afirmar que es una pérdida de tiempo y exageración de cálculos el hecho de hacer trabajar a los alumnos en el laboratorio experimental con valores acotados y sólo consideran una primera práctica donde hacen uso de estos cálculos para dejarlos de lado en las prácticas siguientes. ¿Cómo explicamos, entonces, que las expresiones matemáticas que las consideramos válidas para entes ideales (masa puntual, hilo inextensible, velocidades bajas…) se pueden aplicar correctamente a problemas reales?

Investigar las razones que llevan a los alumnos a recursar una asignatura es una prioridad en esta investigación. Las razones pueden encuadrarse tanto en motivos personales, sociales, pedagógicos… Pero el escenario instruccional que el docente presente para hacer explícitos los modelos mentales que subyacen a su estructura de conocimiento y favorezca el cambio conceptual requerido, con énfasis en "*desocultar el problema matemático que comúnmente enmascara al problema físico"* (Escudero, 2005: pág. 216), considerando no solo la falta de entendimiento de conceptos propios de la física, sino también las representaciones que utiliza la física para ordenar, modelizar, traducir, entender…la física. La matemática es más que lenguaje!

Pareciera ser que en el ambiente de las instituciones educativas se sigue pensando que sabiendo "matemática" o "lógica" se sabe la suficiente física básica para resolver problemas, lo cual muchas veces paraliza las acciones subsiguientes del docente porque enmascara en las primeras, diversas dificultades que conciernen a la enseñanza y el aprendizaje de la Física (Escudero, 2005: pág. 311).

El concepto de teorema-en-acción habilita el análisis de la intuición en términos físicos y matemáticos. Vergnaud hipotetiza que los esquemas trabajan principalmente a nivel de teoremas-en-acción. Resultados nuestros avalan que muchas de las competencias necesarias para resolver situaciones problemáticas se manifiestan a través de la selección de los datos adecuados y de las operaciones, sin haber hecho explícito razonamiento o explicación, alguno. La hipótesis de la presencia de teoremas-en-acción se torna plausible.

Que los problemas persistan a pesar de la instrucción impartida es, en parte producida por las políticas educativas, cada vez más laxas, que permiten que el alumno vaya promocionando cursos (desde la instrucción primaria) sin que alcance el objetivo primordial que representa la educación. Y por otro lado, la permisividad con que muchas veces evaluamos a nuestros alumnos.

Heisenberg expresó que: "*Las fórmulas matemáticas ya no representan la naturaleza, sino el conocimiento que de ella poseemos*", y si carecemos de conocimientos sólidos matemáticos, ¿podremos entender la física?

REFERENCIAS

Escudero, C. (2005) Inferencias y modelos mentales: un estudio de resolución de problemas acerca de los primeros contenidos de Física abordados en el aula por estudiantes de nivel medio *Tesis Doctoral – Universidad de Burgos (España).*

Escudero, C.; Jaime, E. (2009) Conocimientos–en–acción: un estudio acerca de la integración de las fuerzas y la energía en cuerpo rígido. *Rev. Investigações em Ensino de Ciências – V14(1), pp. 115-133.*

Figueroa, C.; Escudero, C. (2007) ¿Qué estrategias didácticas utilizar cuando trabajamos con alumnos recursantes en ciencias? *Memoria REF XV – Merlo, San Luis, Argentina.*

Figueroa, C.; Escudero, C. (2010) Una primera mirada sobre por qué nuestros alumnos recursan la asignatura Física I, Memorias del X Simposio de Investigación en Educación en Física- *Posadas, Misiones, Argentina*

Franchi, A. (1999) Consideraçoes sobre a teoria dos campos conceituais*, Educaçao Matemática: uma introduçao (pp.155-195). San Pablo: EDUC*

Moreira, M.A. (2002) A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciencias e a pesquisa nesta área. Investigaçóes em Ensino de Ciencias. *Brasil, Vol. 7(1)*

Moreira, M.A. (2010) Investigación Básica y Aplicada en enseñanza de las ciencias: Una visión personal *Memorias del III Encuentro Internacional sobre Investigación en Enseñanza en Ciencias – Burgos, España.*

Nota Editorial de la *Revista Enseñanza de las Ciencias, vol. 29 Nº1, Marzo 2011.*

Pérez-Tyteca, Patricia; Castro Martínez, Enrique; Rico Romero, Luis; Castro Martínez, Encarnación Ansiedad matemática, género y ramas de conocimiento de alumnos universitarios *Rev. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 29, Nº2, Marzo 2011., pág. 237. España.*

Sena, A. J.; Caballero, C. y Moreira, M. A. (2010) A aprendizagem em física sob o ponto de vista do significado atribuído pelos estudantes às equaçoes matemáticas *Memorias del III Encuentro Internacional sobre Investigación en Enseñanza en Ciencias – Burgos, España.*

Vergnaud, G. (1996) Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. *Perspectivas, 26(10), 195-207.*

Vergnaud, G. (1982) Multiplicative structures. Acquisition of Mathematic Concepts and Processes. *New York: Academic Press Inc.*

Vergnaud, G. (1998) A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior, 17(2), 167-181*

Vergnaud, G. (1990). La theorie del champs conceptúales. *Recherches en Didactique des Mathematiques. 10(23)*

Vergnaud, G. (1994). Multiplicative conceptual field: what and why? *Albany, N.Y.: State University of New York Press*

Wood, E.F., (2003) Math anxiety and elementary teachers: what does research tell us? *For the learning of Mathematics, 8(1).*

LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA EN EL NIVEL MEDIO: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Dima, Gilda Noemí[1]; Follari, Beatriz del Rosario[1]; Lambrecht, Carmen[1], Perrotta, Teresa[1]; Carola, María Eugenia[2]

[1]Facultad de ciencias Exactas y Naturales, UNLPam.

Avda, Uruguay nº 151, (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

[2]Colegio Secundario María Auxiliadora,

Avda Roca nº (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina

RESUMEN

La enseñanza del concepto de energía presenta algunas dificultades y se observa la reiteración de ciertos errores como plantean numerosos autores. Se elaboró una estrategia de enseñanza de la energía, basada en el Aprendizaje Activo de la Física, para primero y segundo año del nivel polimodal. Comienza en primer año, en el marco de la Mecánica y continúa en segundo año con el estudio de los fenómenos térmicos, abordando todos los temas con la misma concepción de la energía. Se presenta una reseña de la aplicación de la estrategia en los años 2010 y 2011 y una primera evaluación de sus resultados. Se resumen las actividades planteadas a los alumnos en ambos cursos, tanto analíticas como experimentales y los instrumentos de evaluación para la acreditación y para conocer los aspectos exitosos y las debilidades de la estrategia a fin de incorporar las correcciones necesarias para una nueva aplicación. Actualmente nos encontramos repitiendo la estrategia, implementando algunas modificaciones en aquellos aspectos débiles que mostró el postest.

Palabras Clave: Estrategia didáctica; Energía; nivel polimodal; aprendizaje activo

ABSTRACT

Teaching the concept of energy presents some difficulties and, as numerous authors have already stated, the reiteration of certain mistakes can be observed. A strategy of how to teach energy was elaborated based on Active Learning of Physics aimed at first and second grade at Polimodal level. It starts at the first year of Polimodal, during which period the concept of Mechanics is studied, and it continues during the second year with the study of thermal phenomenon; every topic is dealt with the same conception of energy. A summary of the strategy application during the years 2010 and 2011 and a first evaluation of the results are presented. Analytical as well as experimental activities given to students of both courses, the instruments of evaluation so as to prove and know the strategy successful aspects and its weaknesses in order to incorporate the necessary corrections for a new application, are summarized. Currently, we find ourselves repeating the strategy, implementing some modifications as regards those weak aspects shown by the postest.

Keywords: Didactic strategy; Energy; Polimodal Level, Active Learning.

REPRESENTACIONES DE LOS ALUMNOS DE PRIMARIA ACERCA DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Romagnoli, Claudia María; Sebben, Viviana

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario

clau_romag@yahoo.com; viv_sebben@yahoo.com.ar

RESUMEN

El trabajo muestra una investigación acerca de las representaciones sobre la estructura de la materia de los alumnos de sexto y séptimo grados de la Escuela Primaria.
Un cuestionario escrito es utilizado para el sondeo de ideas que los alumnos tienen acerca de la estructura de la materia, previas a la enseñanza del tema. En el cuestionario aparecen situaciones en las que los alumnos responden dibujando, eligiendo opciones, realizando diagramas y descripciones relacionados con las representaciones que ellos tienen sobre la estructura de la materia.
En los modelos de partículas que tienen los alumnos prevalecen las nociones de continuidad de la materia, la ausencia de la idea de vacío y, en general, predomina un punto de vista ingenuo en las representaciones con un rasgo macroscópico en la descripción de la estructura de las partículas.
Palabras claves: *estructura de la materia – nociones previas – continuidad – ausencia de vacío.*

ABSTRACT

This work shows an investigation about the representations the students of sixth and seventh grade of Primary School have about the structure of the matter.
A written questionnaire is used to survey the ideas the students have about the structure of the matter before teaching this subject. To answer this questionnaire the students can draw, choose different options or make diagrams and descriptions related to the representations they have about the structure of the matter.
In the ideas the students show about the models of the particles, the notions of continuity of the matter and the idea of absence of vacuum prevail, predominating, in general, a naïve point of view on the representations, with a macroscopic feature in the description of the structure of the particles.
Key words: structure of matter – previous notions – continuity – absence of vacuum

CONCEPTUALIZACIONES DE ESTUDIANTES Y PROFESORES UNIVERSITARIOS DE CIENCIAS DE LA SALUD SOBRE GRÁFICOS

Idoyaga, Ignacio[1,3]; Montenegro Busotti, Judith[3]; Torti, Horacio[3]; Lorenzo, María Gabriela[1, 2]

[1]Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires. [2]Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Cátedra de Física, Facultad de Farmacia y Bioquómoca, Universidad de Buenos Aires.
iidoyaga@ffyb.uba.ar

RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio comparativo sobre las diversas conceptualizaciones de estudiantes y profesores universitarios sobre gráficos como un tipo particular de representación externa. Veintisiete estudiantes de primer año de Farmacia y Bioquímica y ocho docentes de Física respondieron un cuestionario de siete preguntas. Los resultados mostraron que las principales conceptualizaciones sobre gráficos fueron, para ambos grupos, las representaciones, los gráficos cartesianos y las ilustraciones aunque persisten algunas dificultades en su definición. Los participantes suelen considerar los gráficos como un tema importante en el contexto universitario. Por último, es necesario aumentar la investigación sobre los gráficos para aprender acerca de las conceptualizaciones de los estudiantes y profesores y su impacto en el aprendizaje para lograr la competencia profesional.

Palabras clave: *Gráficos, Universidad, aprendizaje de las ciencias de la salud, graficacia.*

ABSTRACT

A comparative study on students' and teachers' conceptualizations about graphs as a particular type of external representation is presented. Twenty-seven freshmen of Pharmacy and Biochemistry and Physics eight teachers answered a questionnaire of seven questions. The results showed that the major conceptualizations of graphics were representations, Cartesian graphs and illustrations for both groups; although some difficulties for its definition remain. Graphics was considered as an important issue in the university context for all participants. Finally, to increase research on graphics is necessary in order to learn about the conceptualizations of students and teachers and its impact on learning to achieve professional competence. Keywords: *Graph, university, learning health sciences, graphicacy.*

INTRODUCCIÓN

Nuestra vida cotidiana está atravesada por diferentes tipos de información gráfica: dibujos, fotografías, tablas, gráficos, esquemas y mapas (Postigo y Pozo, 2000). Continuamente y con objetivos diferentes recurrimos a una gran variedad de representaciones externas, por ello resulta necesario poder comprender y procesar esta información para un desempeño social y cultural adecuado. Consecuentemente, el proceso de alfabetización gráfica (*graphicacy*) resulta imprescindible como complemento de la alfabetización literaria, para "descifrar" los mensajes gráficos (Núñez y col., 2009; Postigo y Pozo, 2000).

Pueden distinguirse distintos tipos de representaciones gráficas según la forma en que se presenta la información y su relación con el objeto o fenómeno representado. En la clasificación propuesta por Postigo y Pozo (1999) se encuentran:

- Los *diagramas*: representan espacialmente relaciones conceptuales (por ejemplo: cuadros sinópticos y redes conceptuales).
- Los *gráficos*: representan en el espacio relaciones numéricas o cuantitativas entre variables (histogramas y gráficos de torta, entre otros).
- Los *mapas, planos y croquis*: representan relaciones espaciales selectivas, en general respetando una escala.
- Las *ilustraciones*: intentan representar una imagen reproductiva semejante al objeto de referencia.

Si se pretende que los gráficos les sirvan a los estudiantes no sólo para analizar datos (Kosslyn, 2006) y como herramienta de comunicación (Leinhardt, y col., 1990) sino también para aprender por medio de ellos (Pérez Echeverría, y col., 2009) es necesario enseñar y aprender los elementos sintácticos, semánticos y estructurales, que como todo sistema de representación externa posee este tipo particular de información (Lorenzo y Pozo, 2010). La sintaxis y las restricciones que poseen estos sistemas tienen que ser compartidas tanto por los lectores como por los constructores de gráficos para que la información sea entendida y correctamente transmitida (Pérez Echeverria y col., 2009).

El aprendizaje a partir de información gráfica requiere entonces ser capaces de procesar la información aportada por el gráfico en pos de construir conocimiento a partir de ella. En este sentido, los gráficos pueden ser procesados en tres niveles diferentes según el tipo información de que se trate (Postigo y Pozo, 2000):

a) La *información explícita* es el nivel más superficial de lectura del gráfico. Se trata de identificar los elementos presentes en el gráfico (el título, número, nombre, tipo y los distintos valores de las variables).

b) La *información implícita* requiere encontrar patrones y tendencias identificando relaciones entre las variables involucradas. Este nivel exige que el gráfico sea interpretado globalmente y supone un cierto conocimiento y manejo de los diversos tipos de gráficos (determinar la pendiente de una recta sería uno estos procesos).

c) *La información conceptual* requiere en gran medida de los niveles anteriores y está centrada en el establecimiento de relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura del gráfico, lo que hace necesario ir más allá de la información contenida de modo explícito e implícito en el gráfico y recuperar otros conocimientos disponibles en la memoria a largo plazo, relacionados con el contenido representado para realizar interpretaciones, explicaciones o predicciones sobre el fenómeno representado en el gráfico. Desde nuestro punto de vista, este nivel, resulta una instancia de reconstrucción intrínseca de la representación para resignificarla.

La capacidades relacionadas con los dos primeros niveles de procesamiento de la información gráfica suelen alcanzarse en la escuela secundaria (Nuñez, y col., 2009) y quedaría para la universidad, la tarea de alcanzar las herramientas que posibiliten un procesamiento al nivel de *la información conceptual.* Sin embargo, nuestros estudios (Idoyaga y Lorenzo, 2012) muestran un interés del profesorado orientado a que los alumnos alcancen otras competencias, lo que no permitiría lograr en los estudiantes un desempeño adecuado en sus carreras universitarias aumentando el riesgo de deserción. Para promover un mayor conocimiento sobre los gráficos resulta necesario conocer el procesamiento conceptual que realizan los estudiantes y profesores sobre ellos y las creencias y opiniones (Kloosterman, 2002) que moldean sus esquemas mentales durante el aprendizaje.

Desde el punto de vista formal, los gráficos, como todo concepto abstracto, está constituido por cuatro elementos: un nombre o etiqueta, una descripción, una explicación y la ejemplificación. La descripción presenta las características del objeto; en cambio, la explicación plantea cómo o por qué se genera o se comporta un objeto (Campos Hernández, 2005). El elemento denominativo (etiqueta) es importante por la experiencia cognoscitiva y la claridad comunicativa, su contenido se expresa mediante los otros tres elementos (descripción, explicación y ejemplos). Las confusiones ocurren cuando estos elementos se usan en forma incoherente o incompleta, aspecto que ha sido objeto de esta investigación.

A pesar de la profusa aplicación de los gráficos en las ciencias, y por tanto en su enseñanza y aprendizaje, la investigación sobre su utilización, comprensión e interpretación resulta bastante limitada y heterogénea. Por lo tanto, en este trabajo se planteó un estudio comparativo entre estudiantes y profesores universitarios de ciencias de la salud sobre las interpretaciones y diferentes conceptualización que realiza cada grupo sobre el concepto de gráficos para poder avanzar en estrategias para un mejor desempeño en la utilización de los gráficos en el aprendizaje de las ciencias.

METODOLOGÍA

Se plantea una investigación en contexto que mantenga conexiones muy estrechas entre la investigación didáctica, la innovación pedagógica y la formación docente (de Jong, 1996). En este trabajo en particular entendemos por contexto los escenarios reales de actuación de los docentes y sus alumnos del curso de Física que forma parte del segundo año del Ciclo Común de las Carreras de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Durante las dieciseis semanas de duración del curso se realizan catorce trabajos prácticos para los cuales se confeccionan informes que, sin excepción, incluyen gráficos. En todas las instancias de acreditación de la materia los estudiantes deben construir gráficos que son evaluados conforme a los criterios explicados en una clase con tiempo específicamente dedicado a este fin. Dada la importancia concedida por el currículum de la asignatura al tema de gráficos se comprende la necesidad de profundizar sobre su conocimiento para lograr mejores estrategias de enseñanza que promuevan un aprendizaje más significativo.

Participantes

Los participantes fueron estudiantes y profesores de un curso de Física del Ciclo Común de las Carreras de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires.

Grupo Estudiantes (GE): Quedó conformado por 27 estudiantes seleccionados aleatoriamente de un total de 100 a través de un muestreo por conglomerados de grupos completos antes del inicio de clases presenciales. El 15% eran varones y el 85% mujeres. La edad promedio fue de 22 años. La figura 1 muestra la ficha técnica de la encuesta. Para este grupo el cuestionario se aplicó en el contexto de aula, con una duración de alrededor de 20 minutos.

Ámbito	Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina
Universo	Estudiantes de la Facultad de Farmacia y Bioquímica (FYB)
Tamaño	27 voluntarios seleccionados
Edad promedio	22 años
Afijación	Proporcional
Puntos de muestreo	Cursos obligatorios de la Facultad de Farmacia y Bioquímica
Error maestral	No considerado
Fecha de realización	Abril de 2012

Figura 1. Ficha técnica de la encuesta

Grupo Docentes (GD): Participaron voluntariamente ocho docentes (figura 2), en su mayoría nóveles con título de grado farmacéutico y/o bioquímico que dictan sus clases en la Cátedra de Física. La formación pedagógica corresponde únicamente al Curso de Formación y Capacitación Docente recibido en la propia Cátedra. La aplicación del cuestionario fue bajo la modalidad presencial en forma personal e individual a cargo de un entrevistador.

Docente Nº	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Antigüedad en el cargo (años)	12	5	8	4	4	3	3	5
Edad	37	27	33	26	26	26	25	26

Figura 2. Característica de los docentes participantes

Tarea

Con el objeto de recabar información que facilitara la elaboración de un cuestionario cerrado aplicable a grupos masivos, se diseñó un cuestionario exploratorio de respuesta abierta de lápiz y papel conformado por siete preguntas (Figura 3).

P1	¿Qué son los gráficos?
P2	¿Para qué sirven los gráficos?
P3	¿Conocés distintos tipos de gráficos? ¿Cuáles?
P4	¿Cuándo y para qué vos usás los gráficos?
P5	¿Tiene alguna importancia para vos saber construir y leer gráficos? ¿Por qué?
P6	En tu carrera universitaria ¿Se usan gráficos en alguna materia? ¿En cuántas? ¿En cuáles?
P7	En tu opinión, para las personas en su vida cotidiana ¿Tiene alguna importancia saber construir y leer gráficos? ¿Por qué?

Figura 3. Cuestionario aplicado

P1 a P3 indagaban la capacidad de los estudiantes para explicar el concepto de gráfico (elemento descriptivo, componente explicativo y ejemplos). P4 a P7 examinaban las creencias de los estudiantes sobre la utilidad, importancia y transversalidad del concepto. P7 incorporaba la dimensión social de este tipo de representación.

Diseño y Análisis de datos

Teniendo en cuenta los diferentes tamaños de las muestras se decidió optar por dos tipos de análisis diferentes. Por un lado, las respuestas del GE fueron analizadas cuali-cuantitavivamente aplicando cálculo de porcentajes. Por otro, para las respuestas del GD se optó por el análisis de casos.

Para ambos grupos los criterios de análisis incluyeron las siguientes categorías:

- P1: a) Representación (R), describen los gráficos como un tipo de representación externa y de las que se desprende la existencia de una sintaxis, semántica y restricciones propias.

  b) Herramienta (H), describen los gráficos como instrumentos de cualquier índole.

  c) Ilustración (I), sugieren que los gráficos tienen finalidades estrictamente informativas o estéticas.

  d) Ejemplo Cartesiano (x/y), lo utilizan como ejemplo particular para la descripción del concepto de gráficos.

- P2: Según los verbos empleados en la respuestas que guardan cierta relación con la taxonomía propuesta por Bloom (Katz, 1996):

  a) Nivel Informativo (NI) ilustrar o indicar.

  b) Nivel Operativo (NO) organizar, clasificar, diferenciar, ordenar, comparar, medir correspondientes al nivel de pensamiento analítico.

  c) Nivel Explicativo (NE) demostrar, plantear, evaluar o interpretar vinculados al nivel del pensamiento relacional.

  d) Nivel Predictivo (NP) emplea términos de procesamiento de orden superior como predecir u obtener nueva información, más relacionado con el pensamiento sintético.

  e) Ejemplo Cartesiano (x/y) Por fuera de estos niveles se destaca las respuestas que señalaban específicamente este particular tipo de gráfico.

- P3: Los ejemplos se cuantificaron según su presencia en las respuestas. Entre los mencionados aparecen: Gráfico cartesiano (x/y), Gráfico de torta (T), Gráfico de barras (B).

- P4 (uso de los gráficos):

  a) Herramienta Cognitiva (HC), cuando los gráficos son usados para llevar adelante procesos de construcción de un concepto y se utilizan verbos como: comprender, analizar, recordar, sintetizar, aprender, explicar, evaluar y estudiar entre otros.

  b) Herramienta Operativa (HO), cuando se emplean para organizar información externa al sujeto de un modo visualmente accesible expresada en términos como: organizar, ordenar, editar, diseñar y calcular.

  c) Ilustración (I), cuando los gráficos son usados como complemento estético o con fines estrictamente informativos.

- P5, P6 y P7: Se valoró en una escala relativa de cinco niveles teniendo en cuenta el uso de subjetivemas (Baja-B, Media-M, Alta-A, Relativa-R y L>C). R correspondió aquellas respuestas que consideraron expresamente una importancia particular para ciertos casos. L>C aparece en P7 donde los estudiantes valoraron de forma diferente la importancia de leer y/o construir gráficos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grupo de Estudiantes

Para describir el concepto de gráficos (P1) el 37% de los estudiantes utilizó la categoría conceptual *Representación*, el 15%, *Ilustración* y sólo un 7%, *Herramienta*. El 33% describieron gráficos cartesianos específicamente en lugar de describir el concepto de gráfico en sentido amplio de representación externa.

Con respecto al componente explicativo (P2) predominó una explicación a Nivel Operativo (48%), seguida de una a Nivel Informativo (15%). Sólo hubo dos referencias al Nivel Explicativo y una para el Nivel Predictivo. Los ejemplos de gráficos mayormente mencionados por estudiantes fueron Tortas (59%), Barras (67%) y los Cartesianos (63%). Ninguno de los voluntarios ejemplificó con Otros tipos de gráficos (Fig. 4). Es decir que el 56% de los participantes no logró explicitar el concepto de gráfico utilizando los tres elementos requeridos. El 26% no brindó ejemplos de gráficos.

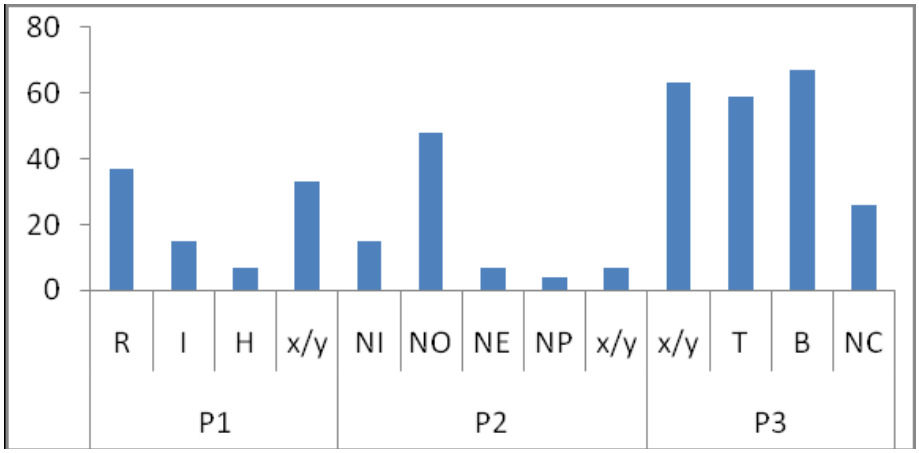


Figura 4. Porcentaje de las respuestas a las preguntas 1 a 3

Por otra parte, con respecto al uso que dan a los gráficos (P4) reportaron un uso como Herramienta Operativa del 70% y como Herramienta Cognitiva del 19%. En P5, el 11% consideró que los gráficos tienen Baja importancia, el 30%, Media y el 59%, Alta. Con respecto al uso en la carrera (P6) el 78% de los estudiantes respondió a un nivel Alto y el 22% a nivel Medio. En relación a la importancia del tópico en cuestión para el desempeño social (P7) el 22% de los participantes la consideró Baja y 22% Media, y el 26% Alta (Fig. 5).

Haciendo un análisis general se observa que en el 33% de los casos estudiados los participantes se limitaron a interpretarlo como ejes cartesianos de dos variables y en una sola dimensión, probablemente porque ese tipo particular de gráficos sean los que predominen en las asignaturas de sus carreras. Además, fue muy baja la concepción sobre las potencialidades de los gráficos a niveles Explicativos y Predictivos.

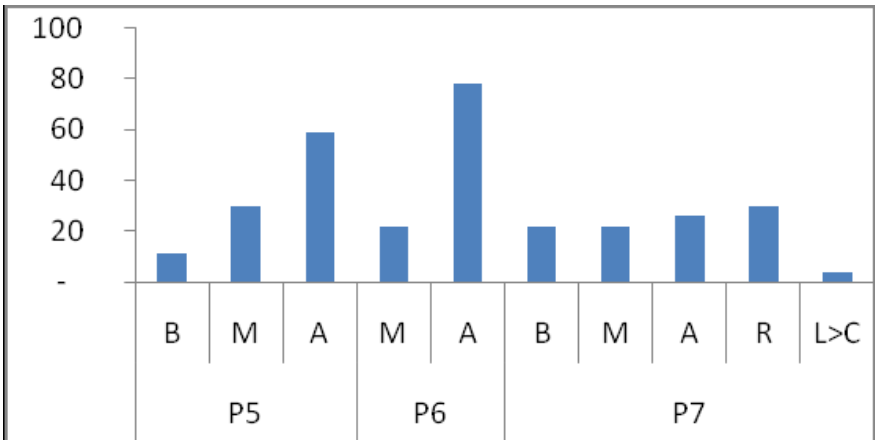


Figura 5. Porcentaje de respuestas a las preguntas 5 a 7

Teniendo en cuenta que P6 fue respondida por la totalidad de los estudiantes en las categorías Medio o Alto, muestra que este tópico tiene un notable nivel de transversalidad, al menos en estas carreras. Aunque es relativa la importancia otorgada al uso de gráficos fuera del contexto universitario.

Grupo de Docentes

A la hora de categorizar las repuestas de los docentes a P1 encontramos que todos ellos se refirieron a los gráficos como representaciones. Sin embargo, un análisis más detenido muestra que hay una gran heterogeneidad en la forma que conciben el concepto de representación. Por ejemplo D1 respondió: "*los gráficos son representaciones (…) de la relación matemática de las variables involucradas*" lo que concordaría con la definición de Postigo y Pozo (2000), en cambio D2 respondió: "*Son representaciones de distintas cosas. Son dibujos o esquemas*…" lo que se ajustaría a otro tipo de representación.

El Nivel informativo es la respuesta a P2 que predominó en este grupo (con una única excepción, D4). Los docentes destacan que el acceso a la información se ve facilitado por los gráficos. Por otra parte, en algunos casos se respondió asignándole un rol estético a los gráficos, por ejemplo D8 respondió: "…*Sirven para ejemplificar y decorar*,…". Con la excepción de D5, ninguna respuesta pudo ser categorizada como Nivel explicativo o predictivo.

Con respecto a los ejemplos (P3) no hay diferencias con los que indicaron los estudiantes. Tortas, barras y ejes cartesianos aparecieron en todas las respuestas de este grupo.

En el uso que dan a los gráficos (P4) encontramos que al menos tres de los docentes participantes reportaron un uso como Ilustración, destacando esta aplicación para su práctica áulica. Los dos profesores de mayor antigüedad remarcaron la posibilidad de usar los gráficos como Herramienta Operativa. Ninguno de los entrevistados hizo alguna referencia a un uso cognitivo de este tipo particular de representación. Al ser consultados sobre la importancia de los gráficos (P5) la totalidad de los participantes de este grupo respondió en la categoría alta, lo mismo sucedió con P6. En relación a la importancia del tópico en cuestión para el desempeño social (P7) este grupo mostró una clara predisposición indicar que el conocimiento de este tipo de representación es muy necesario.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Si bien los gráficos suelen ser ampliamente utilizados en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales, y especialmente en física, nuestros resultados llevan a pensar que muchas veces pareciera que se emplean de una manera mecanicista y acrítica.

Ante una misma etiqueta, los resultados obtenidos muestran que existen diferentes conceptualizaciones sobre el tópico de gráficos a pesar de ser un conocimiento extendido entre los estudiantes y profesores. Si bien la mayoría lo considera como una forma de representación compleja de variables y de datos experimentales, otros los visualizan desde un pisto de vista estético como ilustraciones. Además, entre los estudiantes, persisten ciertas dificultades a la hora de definir el concepto utilizando los elementos descriptivo, explicativo y ejemplificativo simultáneamente y de forma conjunta. También, la claridad comunicativa del elemento declarativo resultó menor a la esperada. Para un gran número de estudiantes, la etiqueta "gráficos" evoca a representaciones en las que se exponen relaciones numéricas, aunque predomina la conceptualización de gráfico principalmente como al de tipo cartesiano, presumiblemente debido a su formación específica.

Dado el alto grado de transversalidad del contenido, los estudiantes y docentes le otorgaron una gran importancia dentro del contexto de las carreras, especialmente en su necesidad de saber leer y construir gráficos, aunque esa relevancia parece decaer en la vida cotidiana.

Resulta interesante destacar que los docentes participantes conciben los gráficos como herramientas operativas o ilustraciones que permiten un uso a Nivel Informativo u Operativo, quedando ignorado su potencial uso cognitivo. El uso a Nivel Explicativo y a Nivel Predictivo conjuntamente con la identificación de las posibilidades cognitivas de los gráficos por parte de los profesores facilitaría la adquisición por parte del estudiantado de las competencias que permiten un procesamiento conceptual de estas representaciones. Generar instancias de capacitación y reflexión docente al respecto podría constituirse en un inicio para afrontar estas dificultades.

Finalmente, queda planteada la necesidad de aumentar las investigaciones sobre gráficos, las conceptualizaciones y creencias que los estudiantes y docentes tienen sobre ellos y el impacto que éstas puedan tener en su aprendizaje y enseñanza. La información gráfica requiere de una planificación de contenidos de enseñanza y una secuenciación explícita que permita desarrollar la competencia específica en una determinada área y del establecimiento de condiciones para que su carácter transversal pueda ser evidenciado y aplicado exitosamente por los estudiantes.

Para promover un mayor conocimiento sobre los gráficos resulta necesario conocer el procesamiento conceptual que realizan los estudiantes y profesores sobre ellos y las creencias y opiniones (Kloosterman, 1996 y 2002) que moldean sus esquemas mentales durante el aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de los Proyectos UBACYT B-20020100100010; CONICET- PIP (2010-2012): 11220090100028.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos Hernández, M. A. *Construcción del conocimiento en el proceso educativo*. México D. F.: Plaza y Valdés (2005).

de Jong, O. (1996) La investigación activa como herramienta para mejorar la enseñanza de la química: nuevos enfoques. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 279-288.

Escudero-Muñoz, J. M. Las competencias profesionales y la formación universitaria: posibilidades y riesgos, Revista de Docencia Universitaria, Nº Extra 2, (2008).

Idoyaga, I. y Lorenzo, M. G. Concepciones de Alumnos Universitarios sobre Gráficos. *XII Seminario Internacional de Epistemología, Cognición, Enseñanza y Conocimiento.* UNAM, México. (2012).

Katz, M. (1996) Teaching Organic Chemistry via student-directed learning. *J. Che. Educ.* 73 (5), 440-445.)

Kloosterman, P. Beliefs about Mathematics and Mathematics Learning in the Secondary School: Measurement and Implications for Motivation, en Leder, G.C., Pehkonen, E. y Törner, G. (eds.). *Beliefs: A hidden variable in mathematics education?* Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers. (2002) 247-269.

Kosslyn, S.M. *Graph design for the eye and mind*. New York: Oxford University Press (2006).

Leinhardt, G., Zaslavsky, O. y Stein, M. K.. Functions, graphs and graphing: Tasks, learning and teaching. *Review of Educational research*, 60 (1), (1990) 1-64.

Lorenzo, M. G. y Pozo, J. I.. La representación gráfica de *la* estructura espacial de las moléculas: eligiendo entre múltiples sistemas de notación. *Cultura y Educación*, 22 (2), (2010) 231-246.

Núñez, F., Banet Hernández, E. y Cordón Aranda, R. Capacidades de Alumnos de ESO para la elaboración e interpretación de gráficas. *Enseñanza de las Ciencias,* 27(3), (2009) 447-462

Pérez Echeverría, M. P., Postigo, Y., López, A. y Marín, C.. Aprender con imágenes y representación gráfica. En Pozo y Pérez Echeverría (coords.). *La sicología del aprendizaje universitario: De la formación de contenidos a la formación de competencias*. Madrid: Morata. (2009).

Postigo, Y. y Pozo, J. I. Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de información gráfica. En J. I. Pozo y C. Monereo (Coords.), *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo* (1999) 251-267.

Postigo, Y. y Pozo, J. I. Cuando una Gráfica vale más que 1000 datos: La interpretación de gráficos por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje,* 90, (2000) 89-110.

COMUNICACIONES ORALES 1

BLOQUE B

LOS PROBLEMAS DE FÍSICA. DIFICULTADES PRESENTES EN LOS ENUNCIADOS EN LA INTERRELACIÓN ENSEÑANZA SECUNDARIA-UNIVERSIDAD[1]

Isabel, Brincones[1]; Francisco, Álvarez[1]; Juan José, Blanco[1]; José, Blázquez[1]; Miguel Ángel, Hidalgo[1]; José Martín, Quero[2]

[1]Departamento de Física, Universidad de Alcalá; Isabel.brincones@uah.es.
[2]IES Castilla. Guadalajara

RESUMEN
El procedimiento de evaluación más comúnmente aplicado en las asignaturas de Física consiste, básicamente, en una serie de problemas para cuya resolución se supone que el alumno debe dominar los fundamentos físicos relativos a los temas evaluados. Pese a utilizar un procedimiento de evaluación semejante y temas similares, se observa que se obtienen resultados muy diferentes en Bachillerato, en las Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU) y en las asignaturas de Física en los primeros cursos de Universidad. Este trabajo analiza las características de los enunciados de los problemas de Física que forman parte de pruebas de evaluación de los tres niveles. Se define un conjunto de indicadores de dificultad, se validan por comparación con las puntuaciones obtenidas en tres exámenes y se analizan 485 enunciados de problemas procedentes los niveles considerados. Del análisis se desprende que los problemas de las PAU presentan mayor grado de dificultad en todos tópicos y que la mayor dificultad observada en los problemas propuestos en la Universidad con respecto a Bachillerato reside en la forma de representación de la información, las exigencias matemáticas o la necesidad de utilizar estrategias más elaboradas para la resolución de problemas, pero no reside en la aparición y/o dificultad de nuevos conceptos.
Palabras clave: resolución de problemas; dificultades de los alumnos, interrelación Educación Secundaria-Universidad

ABSTRACT
The evaluation procedure more commonly applied in the subjects of Physics is basically a series of problems whose solution is assumed that students must master the physical foundations on items evaluated. Despite using a similar assessment procedure and related issues, we see that the results are very different in high school, in the entrance examinations to the University (PAU) and in the subjects of Physics in the first years of University. This paper analyzes the characteristics of the problem statements of Physics as part of evaluation tests of the three levels. It defines a set of indicators of difficulty, are validated by comparison with scores on three exams and analyzed 485 problem statements from levels considered. The analysis shows that the problems of the PAU have greater difficulty in all subjects and observed that the greatest difficulty in the proposed problems regarding University Bachelor resides in the form of representation of information, or math requirements need for more elaborate strategies for problem solving, but not in the onset and / or shortness of new concepts
Key words: problem solving; pupil´s difficulties, interrelationship Secondary Education University

INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas es un proceso cognitivo de gran complejidad. Existe una amplia variedad de trabajos que analizan alguna parte del proceso, y como resultado, como señala Gangoso (1997), es difícil encontrar estrategias didácticas, orientadas por los resultados de la investigación, que favorezcan la enseñanza del proceso más allá de las recomendaciones generales y "de sentido común". Sin embargo, cualquier trabajo centrado en la resolución de problemas debe contar con algún modelo de comprensión de problemas sustentado en la estructura de la disciplina, en los avances en psicología cognitiva y en la estructura epistemológica del conocimiento físico.

[1] El trabajo a que se refiere forma parte de una investigación subvencionada por la Consejería de Educación de la Comunidad de Castilla La Mancha (España). Otros aspectos de la misma investigación han sido presentados en la Bienal de Física celebrada en Septiembre de 2011 en Santander (España), y un informe de resultados más extenso está en prensa en la revista Tarbiya

Uno de los obstáculos para asimilar estos modelos ha sido que la mayoría de ellos se han desarrollado en ámbitos no instruccionales, sin embargo los problemas que se plantean en clase implican el manejo de conocimiento específico de la disciplina. Las líneas de investigación que se realizan en el ámbito de la Física, tienen sus inicios en la década del setenta con los trabajos de expertos y novatos (Simon y Simon, 1978, Larkin, 1983), y los estudios posteriores en esta línea muestran de manera concurrente, que un aspecto relevante del comportamiento de un "experto" consiste en que éste intenta comprender la situación, elabora una discusión y realiza predicciones cualitativas y, sobre esa base, construye una representación formal del problema (Chi et al. 1981).

En resumen y simplificando, se puede afirmar que prácticamente todos los modelos empleados actualmente para describir el proceso de resolución de problemas considera necesario: 1) la construcción de una representación de la situación, que según van Dijk y Kintsch (1983) consiste en "la representación cognitiva de los acontecimientos, acciones, personas, y, en general, de la situación sobre la que trata el texto", y se realiza a partir de una interpretación del enunciado y un reconocimiento de los elementos presentes en la situación, lo cual supone incorporar conocimiento general a la base del texto; y 2) la recuperación de los conocimientos sobre la materia y la recuperación de los significados de los conceptos y las relaciones entre ellos. Acciones que permiten caracterizar la situación desde el punto de vista de la disciplina de que se trate y buscar la posible solución dentro del marco teórico de la misma.

De los planteamientos anteriores se deduce que la primera condición para poder resolver correctamente un problema es comprender la situación descrita en el enunciado. En el caso de los problemas en física la comprensión depende de diversos factores, algunos debidos al propio enunciado del problema, y otros a la necesidad de que los estudiantes utilicen habilidades cognitivas específicas.

Este trabajo se centra en analizar las características de los enunciados de los problemas de física que suponen dificultades de los alumnos en el proceso de resolución. La formulación de las características generadoras de dificultades permitirá proporcionar, tanto a los alumnos como a los profesores tanto de Bachillerato y de los primeros cursos universitarios, recomendaciones sobre los distintos aspectos de la formulación de problemas, que disminuyan las dificultades detectadas.

OBJETIVOS

Se proponen los siguientes objetivos:

Estudiar las características fenomenológicas, físicas y formales de enunciados de problemas de física que se presentan a los estudiantes y que se consideran fuentes de dificultad en el proceso de resolución.

Analizar si existe variación en la presencia de estas dificultades en la transición entre la enseñanza secundaria y la universitaria en carreras en donde las asignaturas de física son una parte importante de la formación.

INDICADORES

Dado que los factores que influyen en el proceso de resolución que realizan los alumnos son múltiples, se ha optado por aislar aquellos que pueden ser identificados en los enunciados de los problemas. Para su identificación inicial se partió, por una parte de planteamientos teóricos basados en modelos de resolución y los resultados de otras investigaciones (Buteler y Gangoso, 2001, 2003; Carcavilla y Escudero Escorza, 2004; Truyol, 2006; Drudi, 2010), y por otra parte de la opinión de profesores y alumnos de las distintas asignaturas de Física de los primeros cursos de la Universidad de Alcalá y de de los Centros de Educación Secundaria de su influencia. El conjunto obtenido es por obligación parcial, puesto que es casi imposible tener en cuenta todas las fuentes de dificultad, si bien se ha procurado que cada una de las dificultades que se han tenido en cuenta, se encuentre solamente reflejada en uno de estos indicadores. Por otra parte, se ha procurado incluir en cada indicador todos los aspectos relacionados con la misma dificultad.

Dentro de los planteamientos teóricos utilizados cabe citar los procedentes de estudios sobre los conocimientos implicados en el proceso de resolución. En esta línea, De Jong y Fergusson-Hessler (1996), han identificado cuatro tipos de conocimientos involucrados en la tarea de resolución de problemas en Física: conocimiento conceptual, conocimiento situacional, conocimiento procedimental y conocimiento estratégico. Además establecen que el conocimiento conceptual presenta diferentes formas, de manera que puede caracterizarse en función de: el nivel de procesamiento (profundo vs superficial), la estructura con la que está almacenado (jerárquico vs desorganizado), el grado de automaticidad con el que se recupera (compilado vs desautomatizado), la modalidad del conocimiento (verbal vs diagramático), y la especificidad del conocimiento (específico vs general).

Por otra parte, es el conocimiento situacional (conocimiento de rasgos de situaciones típicamente presentadas en un dominio particular) el que permite al sujeto dirigir su atención hacia rasgos relevantes del problema y, si es necesario, suplementar la información contenida en el enunciado del problema. Este conocimiento puede servir para construir una representación inicial del problema desde la cual se puede recuperar conocimiento adicional (conceptual y procedimental) requerido para resolver el problema.

Leonard, Gerace y Dufresne (2002) también han identificado estos mismos cuatro tipos de conocimiento y han propuesto una estructura interna entre ellos de manera que una de las características distintivas entre el experto y el novato en Física es precisamente las relaciones entre estos tipos de conocimiento. Así, cada vez que el experto resuelve un problema activa parcialmente el conocimiento situacional, ligado a su conocimiento conceptual y procedimental, que conjuntamente originan el conocimiento estratégico, y es este último el que permite organizar y controlar el proceso de solución.

En efecto, la mayoría de los autores establece que es el conocimiento situacional el que puede servir para construir una representación inicial del problema desde la cual se puede recuperar conocimiento adicional (conceptual y procedimental) requerido para resolver el problema.

En cuanto al control del proceso, en trabajos previos se ha encontrado que los errores cometidos en la resolución de un problema pueden categorizarse teniendo en cuenta fallas en diferentes etapas de la construcción de la representación interna del sujeto que resuelve. (Coleoni y otros, 2001).

El conjunto de indicadores establecidos se consideran, en principio, como independientes entre sí, de forma que cada uno de ellos pueda considerase una variable independiente. Esto no significa que realmente no exista relación entre ellos, si bien al menos los profesores y alumnos consideran ambos que son fuente de nuevas dificultades.

Por otra parte, las dificultades detectadas no son comparables entre sí, por lo que, hasta el momento no se ha optado por un "índice de dificultad" único. Sin embargo, para dar idea del conjunto de dificultades se ha considerado dos indicadores parciales: "***el número de indicadores en los que se encuentra dificultad*** **(NID)** y, dado que las dificultades consideradas pueden presentarse en mayor o menor grado, se ha establecido un sistema de baremación de las dificultades, de forma que, de alguna forma establezca un valor de ***"cantidad de dificultad" (CD) de cada problema,*** como suma de los grados de dificultad de cada indicador. El conjunto de ambos indicadores da idea de la dificultad total del problema, si bien no proporcionan un único valor numérico.

De esta forma se han definido los siguientes ***indicadores y baremación***:

a) Cantidad de conceptos implicados.

Se consideran conceptos implicados aquellos que: se necesita conocer la definición para aplicarla a la resolución o intervienen como variables en la resolución bien como datos o como incógnitas. Se considera el concepto y no la palabra utilizada. En este sentido consideramos concepto longitud cuando aparecen datos correspondientes a distancia, radio, etc.

Baremo: Se cuenta el número de conceptos que aparecen en el bloque temático. Se calcula la media correspondiente al bloque en el conjunto de los problemas considerados en todos los niveles y se considera: 0 grados de dificultad cuando el número de conceptos es inferior al valor medio (entero inferior); 1 grado de dificultad si esta contenido entre el valor medio (entero inferior) y su doble, 2 grados de dificultad si está contenido entre el doble del valor medio y el triple del valor medio (entero inferior), 3 grados de dificultad si es superior al triple (entero inferior).

b) Objetos presentes en el enunciado.

Son objetos de la vida real conocidos por los alumnos. En este sentido no se tienen en cuenta expresiones como "espira", "muelle", "partícula", "móvil", "masa puntual", que son expresiones utilizadas en clase, pero no son de la vida real de los alumnos, lo mismo ocurre con otras expresiones como "satélite artificial" que la mayor parte de los alumnos no se representan de manera real y que se considera equivale a decir "un objeto". Se considera que ayudan a hacerse una mejor representación de la situación, lo que ayuda a resolver el problema. En este mismo sentido no se tienen en cuenta otras ayudas como figuras geométricas, ya que se analizan en el indicador correspondiente a los sistemas de representación.

Baremo: Según el modelo propuesto se considera que ayudan a hacerse una mejor representación de la situación, lo que ayuda a resolver el problema. Por tanto se considera: 1 grado de dificultad negativo (-1) si existen objetos familiares.

c) Cantidad de preguntas (o de variables cuyo valor pide el enunciado que se calculen).

Se tiene en cuenta el número de variables a calcular, de forma que en una misma pregunta del problema es posible tener que buscar el valor o las características de distintas variables, o bien una misma variable en distintas condiciones.

Baremo: Se cuenta el número de variables a calcular y se calcula la media correspondiente al bloque temático en el conjunto de los problemas considerados en todos los niveles y se considera que no existe grado de dificultad (0) si solo aparece una pregunta, 1 grado de dificultad si el número de preguntas se encuentra entre una pregunta y el valor medio (entero inferior); 2 grados de dificultad entre el valor medio y el doble; 3 grados de dificultad entre el doble y el triple a la media (entero inferior). Si existe algún valor superior al triple (entero inferior) se considera 4 grados de dificultad.

d) Forma de expresión de las variables.

Los alumnos consideran que las variables están siempre expresadas numéricamente, por lo que consideran un grado de dificultad añadido tener que trabajar con expresiones alfanuméricas. Igualmente una dificultad añadida es que una magnitud presente valor variable dado mediante una función. Por tanto se ha tenido en cuenta que la variable esté expresada mediante: números, letras o funciones.

Baremo: Las variables numéricas no implican dificultad y se considera 1 grado de dificultad si son alfabéticas, y 2 si aparecen como funciones. Estos valores son acumulables en el caso en el que además de presentarse como función los coeficientes de las variables sean letras.

e) Dimensiones de la situación física representada.

La elaboración de una representación de la situación (modelo situacional) presenta una dificultad añadida cuando se consideran situaciones con mayor número de dimensiones. En este sentido, la dificultad aparecerá al elaborar la representación, por tanto se considera el número de dimensiones con las que trabajan los alumnos al resolver el problema: lineal, superficial o espacial. Así por ejemplo hay problemas en los que existe un campo gravitatorio o eléctrico con lo que la situación es tridimensional, pero los alumnos la resuelven considerando una sola dimensión en la que consideran los elementos de la situación que intervienen en la resolución del problema.

Baremo: No se considera dificultad en el caso de utilizarse representación lineal, incluido el caso en que se resuelva solo con datos numéricos sin tener en cuenta las dimensiones de la situación descrita aunque esta tenga tres dimensiones. En el caso de requerir una representación superficial o bien los datos describen o se sitúan en una superficie se considera 1 grado de dificultad y 2 grados de dificultad si se requieren tres dimensiones o los datos describen o se sitúan en el espacio.

f) Sistemas de representación empleados.

El enunciado de un problema describe una situación empleando distinto tipo de lenguaje o sistemas de representación. Habitualmente el enunciado es una representación verbal natural de la situación, pero en ocasiones se emplean otras representaciones como la verbal formal (en nuestro caso fórmulas), o representaciones no verbales entre las que se incluyen diagramas, esquemas o imágenes. En el caso de los enunciados de los problemas de física la información suele aparecer también en forma de tablas o gráficas que es preciso interpretar para obtener la información que contienen.

Algunas de estas formas de representación presentan información redundante, o bien ayudan a los alumnos a hacerse la representación de la situación (el modelo situacional), por lo que las consideraremos como ayuda (figuras y esquemas que incluyen información redundante con la incluida en la representación verbal, bien sea natural o formal). Sin embargo cuando los alumnos encuentran la información en forma no verbal natural suelen encontrar dificultades para reconocer y extraer la información que contienen, es el caso de la representación verbal formal, las tablas, gráficas y esquemas que contienen nueva información.

Los valores de este indicador serán: ayuda, esquema con nueva información, datos en tabla, datos en gráficas.

Baremo: La existencia de imágenes o esquemas que representan la situación descrita se considera ayuda a la construcción del modelo situacional, por tanto resta dificultad y se considera grado de dificultad negativo (-1). Si aparecen esquemas, diagramas o tablas que hay que interpretar se considera un grado de dificultad; y si aparecen gráficas que contienen información añadida se consideran 2 grados de dificultad.

g) Cambios de representación solicitados.

En el indicador anterior se ha considerado la dificultad que encuentran los alumnos para interpretar y extraer la información presentada en forma de ecuaciones, tablas, y gráficas. En este caso se considera la mayor dificultad existente para construir estas representaciones a partir de otra forma de representación.

Se considera por tanto dificultad añadida la solicitud por parte del enunciado de construir estos tipos de representación.

No se tiene en cuenta en este momento la necesidad de realizar estos cambios durante el proceso de resolución si no está expresamente solicitado en el enunciado. Esta dificultad se considerará en otro momento de la investigación y no se refleja en esta comunicación.

Baremo: Se considera 1 grado de dificultad por cada cambio solicitado.

h) Grado de dificultad matemática.

De entre las señaladas por los alumnos, se ha considerado dificultad derivada de la aplicación de operadores matemáticos el uso de trigonometría, derivadas, integrales o cálculo vectorial. También se considera dificultad la necesidad de cambiar de unidades, bien porque se solicite o porque las magnitudes presentes estén expresadas en distintos sistemas, y la necesidad de trabajar con potencias de 10.

Baremo: Se considera 1 grado de dificultad por cada uno de los siguientes tipos de operaciones, independientemente de realizar posteriormente un análisis más detallado:

- Incorporación de funciones trigonométricas (T),
- Realizar derivadas (D)
- Realizar integrales (I)
- Cálculo vectorial (V)
- Cambio de unidades (U)
- Operar con potencias de 10 (P)

i) Tipo de tarea.

En otro momento de la investigación se trabajará sobre el proceso de resolución de los problemas y por consiguiente de las dificultades que encuentran los alumnos durante este proceso. En esta primera parte se ha considerado solamente una parte de estas dificultades que están derivadas del planteamiento de la situación y las preguntas establecidas en el enunciado.

En este sentido se ha considerado como dificultad:

- Necesidad de planificar el proceso de resolución. Es decir, no es suficiente con recordar y usar una fórmula que relaciona directamente las variables de las que se proporcionan los datos. Hay que determinar qué tipo de fórmula se puede aplicar, ejemplo: para resolver el problema es preciso aplicar el teorema de Gauss, un principio de conservación…..
- Necesidad de varios pasos para llegar a la solución solicitada. Estos pasos no deben estar señalados en las preguntas que aparecen en el propio enunciado.
- El problema solicita comparar dos o más situaciones, o los resultados, buscar la razón entre dos magnitudes……
- Se requiere explícitamente un razonamiento o justificación de las respuestas solicitadas.
- Las preguntas se refieren a magnitudes que se estudian en otro tema, bien sea o no del programa del curso.

Baremo: Se considera 1 grado de dificultad por cada una de las siguientes situaciones descritas anteriormente:

- Necesidad de planificar el proceso de resolución. (N)
- Necesidad de varios pasos para llegar a la solución solicitada. (P)
- Establecer comparación (C)
- Realizar un razonamiento o justificación (R)
- Varios temas (T)

Validación de los indicadores.

La validación de los indicadores se ha realizado mediante los resultados de tres exámenes, dos correspondientes a la titulación de Ingeniería de Telecomunicación y otro correspondiente a segundo de Bachillerato. A tal efecto, se han buscado correlaciones entre cada una de las dificultades detectadas en los enunciados de los problemas con los indicadores anteriores y el grado de dificultad de los problemas obtenido a partir del análisis de los resultados de los exámenes. Para el cáclulo de este índice se califican los exámenes, se ordenan por calificación, se dividen en tres tercios, se deshecha el tercio medio y se calcula el índice como la relación entre el número de aciertos del tercio superior dividido por el numero de aciertos del tercio superior mas el tercio inferior. (Lafourcade, 1977).

Por ejemplo, en el primer examen correspondiente a la Ingeniería de Telecomunicación se han analizado 3 problemas que han permitido buscar diferencias entre los indicadores relativos a cantidad de conceptos, tipo de variable, dimensiones y el bloque de dificultades de resolución presentes en los enunciados.

Problema	Cantidad conceptos	Cantidad preguntas	Variables	Dimensiones	Dificultad matemática	Tipo tarea	Nota media del grupo	Índice de dificultad calculado
1	7	3	Funciones		Trigonometría	Necesidad de planificación Necesidad de pasos Comparar Demostrar	0,12	0,15 Difícil
2	11	5	Numéricas		Trigonometría		0,43	0,50 Dificultad moderada
3	10	3	Funciones Alfabéticas	Espacial	Integrales	Fórmula no directa Necesidad de pasos	0,07	0,03 Muy difícil

Tabla 1. Características de tres problemas utilizados para la validación de indicadores.

El problema 2 resulta bastante más fácil que los otros dos, está de acuerdo con los siguientes indicadores:

- El problema 2 tiene más preguntas, por lo que resultarías más difícil (ningún grado de dificultad añadido en función de la media del numero de preguntas del conjunto de problemas propuestos, 5 frente a tres en los otros dos problemas de forma que todos están en el mismo tramo del baremo). Sin embargo, son preguntas que van dirigiendo los pasos necesarios para la resolución, de manera que los alumnos no tienen que dar esos pasos por su cuenta, y disminuye considerablemente el número de dificultades debidas al tipo de tarea
- El problema 2 no presenta dificultades en las variables (solo numéricas) frente a los otros dos en los que aparecen variables alfanuméricas (en el tres) y en forma de funciones (tanto en el problema 1 como en el 3)
- El problema 2 no presenta dificultades en tipo de tarea frente a los otros dos cuya resolución implica la necesidad de realizar pasos previos en la resolución estableciendo una planificación para la realización de esos pasos, y además el problema 1 solicita realizar una comparación y una demostración.
- El resto de los indicadores no están en contradicción con lo supuesto.

Comparando los problemas 1 y 3 que ambos resultan difíciles para los alumnos, siendo mayor el índice de dificultad del 3 encontramos que:

En el problema 3 interviene mayor cantidad de conceptos, aparece mayor dificultad respecto al tipo de variable y a las dimensiones con las que debe trabajar el alumno para resolver la situación presentada.

Si tenemos en cuenta las dificultades que hemos considerado como de resolución, el problema 1 presenta más dificultades relativas al tipo de tarea, ahora bien, son diferentes las dificultades matemáticas, de forma que los alumnos consideran mayor dificultad la utilización de integrales que la implicación de conceptos de trigonometría.

Análisis similares se han establecido a partir de los resultados de los otros dos exámenes analizados, de forma que el conjunto de resultados, junto con las opiniones de profesores y alumnos implicados, permite validar los indicadores.

Muestra

Los problemas de Bachillerato se han seleccionado a partir de los libros de texto más utilizados en los Centros de Bachillerato de Alcalá de Henares y Guadalajara correspondientes a las editoriales Edebé, McGraw Hill, SM y Anaya. Se ha procurado que el número de problemas de este nivel sea mayor debido a que es posible que los profesores no propongan a sus alumnos la totalidad de los problemas contenidos en el libro de texto. En este mismo sentido se han considerado los problemas finales de capítulo correspondientes a dos de los textos mencionados, excepto en el tema de vibraciones y ondas dado que el libro de McGraw Hill tiene un número de problemas mayor que el número de problemas seleccionados en los otros dos niveles.

En el caso de selectividad se han considerado todos los problemas incluidos en las propuestas comprendidas entre 2002 y 2010

Los problemas correspondientes a Universidad son los propuestos por los profesores del Departamento de Física de la Universidad de Alcalá. Se han considerado las titulaciones a las que, tradicionalmente, concurren alumnos procedentes de distintos itinerarios de Educación Secundaria, y se consideran con diferente grado de utilización de la Física: Químicas, Arquitectura técnica y las Ingenierías de Telecomunicaciones e Informática.

Finalmente se han seleccionado problemas distribuidos según el cuadro siguiente:

	Gravitación		Electromagnetismo		Electrostática		Mecánica		Movimiento ondulatorio		Totales	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bachillerato	42	*46,7*	52	*41,6*	35	*34,7*	47	*60,3*	38	*41,8*	**214**	***44,1***
Selectividad	35	*38,9*	37	*29,6*	27	*26,7*	---	----	35	*38,5*	**134**	***27,6***
Universidad	13	*14,4*	36	*28,8*	39	*38,6*	31	*39,7*	18	*19,8*	**137**	***28,2***
Totales	***90***	***18,6***	***125***	***25,6***	***101***	***20,8***	***78***	***16,1***	***91***	***18,8***	***485***	***100***

Tabla 2. Distribución de los problemas analizados.

Las diferencias en los porcentajes considerados en diferentes temas y niveles viene determinada por la conveniencia de tener en cuenta la totalidad de los problemas propuestos por los libros de textos en cada tema, la totalidad de los propuestos por los profesores en cada tema, y la frecuencia con la que aparece cada tema en las propuestas de las pruebas de acceso a la Universidad en las convocatorias consideradas.

Resultados.

El análisis realizado a los 485 problemas que constituyen la muestra ha consistido, de manera resumida, en: 1) la aplicación de una plantilla que permite recoger la presencia de los elementos del enunciado considerados como indicadores de dificultad, 2) la aplicación del baremo de cada uno de los indicadores y 3) el análisis de la dificultad a partir del estudio estadístico de la presencia de indicadores.

Como resultados principales cabe señalar los siguientes:

a) ***Grado de acumulación de dificultades***.

Se ha medido el número de indicadores en los que aparece algún grado de dificultad. Para poner de manifiesto las dificultades, se han eliminado en el recuento los indicadores que constituyen ayuda, como el b) objetos reales presentes en el enunciado y $f_{1)}$ ayudas proporcionados en los sistemas de representación no verbal incluidos en el enunciado. Esta operación se ha llevado a cabo dado que al calcular la suma, cada ayuda anulaba a una dificultad correspondiente a un indicador diferente, con lo que esta dificultad desaparecía del estudio cuantitativo.

De los datos recogidos en la tabla 3, se puede observar que la distribución del nº de indicadores con dificultad es muy próxima a la distribución normal, con valores extremos de 0 y 7. La moda de la distribución se encuentra en 4 indicadores con dificultad, y la media corresponde a 3,6 indicadores con dificultad.

El valor medio de las dificultades se distribuye de manera diferente en los tres niveles, de manera que es inferior en los problemas propuestos en la Educación Secundaria, mientras que es significativamente mayor en los problemas propuestos en las pruebas de acceso a la Universidad (PAU), hecho que se explica por el interés de los examinadores de incluir una buena cantidad de contenido en un reducido número de problemas.

Nº de indicadores en los que aparece dificultad	Bachillerato	PAU	1º Univ.	**Totales**
0	3,3	0	2,9	**2,3**
1	13,6	1,5	2,2	**7,0**
2	24,8	3,7	11,7	**15,3**
3	25,2	14,9	21,2	**21,2**
4	21,5	29,1	31,4	**26,4**
5	7,0	32,8	21,9	**18,4**
6	4,2	16,4	8,0	**8,7**
7	0,5	1,5		**0,8**
Valor medio	**2,9**	**4,4**	**3,7**	**3,6**

Tabla 3. Porcentaje de problemas en los que existe diferente número de indicadores con dificultad

b) Tipo de dificultad presente en los diferentes problemas

Un análisis más fino ha permitido dar cuenta de cuáles son las dificultades que más frecuentemente se encuentran en los problemas de cada uno de los niveles considerados. Los resultados se encuentran en la tabla 3 en la que se han separado cada una de las posibles dificultades relativas a los indicadores "dificultades de tipo matemático", y "dificultades debidas al tipo de tarea demandada en el enunciado".

Como puede comprobarse, la dificultad presente en mayor número de problemas es debida a la cantidad de preguntas que explícitamente solicita el enunciado (68%), seguida de la necesidad de utilizar representaciones de la situación en más de una dimensión (63,8%) y la necesidad de planificar acciones cuya realización no está indicada en el enunciado (62,9). Es conveniente realizar un análisis de los datos correspondientes al número de preguntas y la necesidad de planificar acciones, junto con el correspondiente al indicador "necesidad de realizar pasos no solicitados en el enunciado" (47,2%). En principio cabe pensar que cuando se incluyen muchas preguntas en un enunciado, éstas van dirigidas a proporcionar al alumno los pasos necesarios para realizar el proceso de resolución, y que estos pasos condicionan el planteamiento. Por tanto, si es elevado el porcentaje de problemas con muchas preguntas, debería ser bajo el porcentaje de necesidad de dar pasos, pero no se ha encontrado correlación negativa suficiente para realizar esta afirmación, por tanto podríamos pensar que no es cierta la afirmación de que, en la mayoría de los problemas, las preguntas van dirigidas a proporcionar los pasos de la resolución. Además, la diferencia encontrada entre los indicadores:"necesidad de planificar acciones" y "necesidad de realizar pasos previos" a favor del primero, reside en que se han incluido en éste aquellos problemas que requerían imprescindiblemente la necesidad de comprobar la aplicabilidad del principio o ley que es preciso aplicar para su resolución (ley de Coulomb, teorema de Gauss…..).

Respecto a la diferencia entre niveles, se encuentran diferencias significativas en la cantidad de conceptos (F=45,179; Sig = ,000), en el número de preguntas (F = 53,976; Sig = ,000), el tipo de variable (F = 6,631; sig = ,001), el número de dimensiones de la representación (F = 5,786; Sig = ,003), los cambios solicitados en el sistema de representación (F = 6,842; sig = ,001), la cantidad de dificultades matemáticas (F = ,592; Sig = ,000), así como su distribución (Chi cuadrado = 70,771; Sig = ,000) y en el tipo de tarea solicitada (Chi cuadrado 44,079; sig = ,000), así como en su distribución (Chi cuadrado 44,079; sig = ,000). En este sentido cabe resaltar que el 100% de los problemas propuestos en las PAU presentan dificultades relacionadas por la cantidad de preguntas existentes. También destacan la proporción de problemas de las PAU con dificultades procedentes de la necesidad de realizar representaciones de la situación en más de una dimensión (76,1%) y la necesidad de planificar (70,1%). Como puede verse en el gráfico 1, este orden de mayor frecuencia se conserva, aunque con menores valores en los problemas propuestos en el primer curso de titulaciones universitarias (70,1%, 68,6% y 75,9% respectivamente), y también en los cursos de Educación Secundaria no obligatoria (Bachillerato), (54,7%, 54,2% y 50% respectivamente).

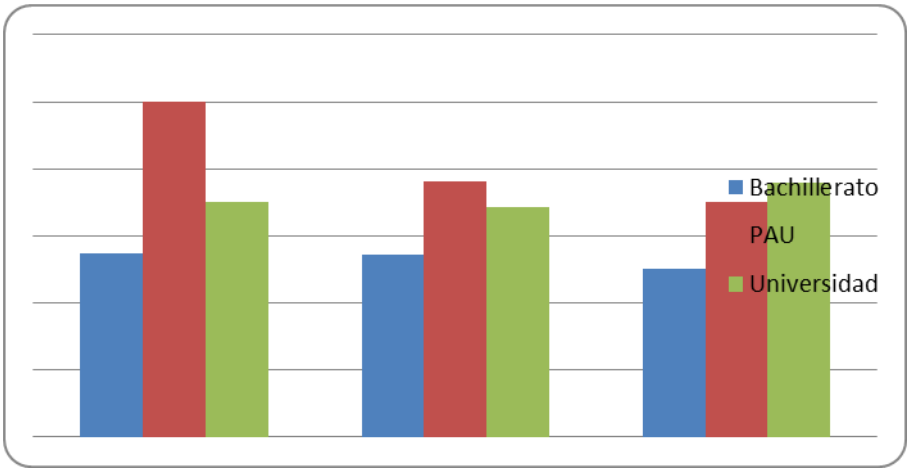


Gráfico 1. Comparación de los tres tipos de dificultad más frecuentes en los tres niveles estudiados.

Analizando las dificultades menos frecuentes en los problemas propuestos en Bachillerato encontramos diferencias significativas con lo que ocurre en los otros dos niveles. La necesidad de usar integrales solo aparece en el 4,7% de los problemas de Bachillerato subiendo a un 6% en las PAU y a un 13,9% en los problemas de universidad, de forma que no es la dificultad menos frecuente en ninguno de los dos. De la misma forma, la petición de cambios de sistemas de representación que casi duplica su frecuencia en universidad (20,1%) respecto al bachillerato (10,7%), y es aún mayor en las PAU (25,6%). Hay que tener en cuenta que esta dificultad corresponde a destrezas que raramente se enseñan de forma explícita e intencionada en los primeros años universitarios, con lo que parece que implícitamente pensamos que los alumnos las adquieren por sí mismos con el único estímulo de la solicitud de realización por parte del profesor.

	Bachillerato	PAU	1º Univ.	Totales
a. Cantidad de conceptos	28,5	69,4	49,6	45,8
b. Presencia de objetivos (ayuda o dificultad negativa)	41,3	30,6	51,1	44
c. Cantidad de preguntas	54,7	100	70,1	68
d. Forma de expresar las variables	38,8	22,4	29,9	29,3
e. Dimensiones	54,2	76,1	68,6	63,8
f. Sistemas de representación (ayuda o dificultad negativa)	7,9	9,7	13,1	9,9
Sistemas de representación (nueva información, dificultad positiva)	6,1	6,7	5,8	6,2
g. Cambios en sistemas de representación	10,7	25,6	20,1	17,4
h. Funciones trigonométricas	13,6	12,7	24,1	20
Derivadas	9,3	5,2	5,8	7,2
Integrales	4,7	6	13,9	7,4
Cálculo vectorial	22,9	44,8	38	33,9
Cambio de unidades	40,7	56,8	44,5	47,8
Potencias de 10	24,8	60	26,3	34,8
i. Necesidad de planificación	50	70,1	75,9	62,9
Realización de pasos previos	40,2	63,4	42,3	47,2
Comparación	14	17,9	5,8	12,8
Justificación explícita	11,2	5,2	13,1	10,1
Varios temas	7	25,4	13,1	13,8

Tabla 4. ***Porcentaje*** de problemas en los que existe dificultad (para cada indicador)

CONCLUSIONES.

Del análisis de los datos anterior se pueden obtener algunas conclusiones parciales como las siguientes:

En el paso de la Educación Secundaria a la Universidad existe un salto en la cantidad de dificultades que presentan los enunciados de los problemas de Física que se proponen.

Los problemas propuestos en las Pruebas de acceso a la Universidad (PAU) acumulan, en general un mayor número de dificultades. Esto es debido, probablemente, a la necesidad de incluir en una sola prueba una gran cantidad de solicitud de información sobre los conocimientos que poseen los alumnos. Esta suposición está de acuerdo con el dato referente a la incorporación de contenidos relativos a varios temas diferentes de las programación en un mismo problema (25,4% de los problemas propuestos en las PAU, frente al 7% en Bachillerato y 13,1% en Universidad). Aunque no está recogido en este estudio, estudios preliminares sugieren que esta situación se viene repitiendo en los exámenes que se proponen a los alumnos en la Universidad que, en general, consisten en el planteamiento de problemas más complejos que los propuestos durante el proceso de instrucción. Este estudio, en fase de realización se completará próximamente.

Esas dificultades proceden en mayor grado del número de preguntas que se realizan, de la necesidad de utilizar más de una dimensión para realizar representaciones de la situación propuesta en el enunciado y de la necesidad de planificar el proceso de resolución, y en concreto de considerar los criterios de aplicación de las leyes y principios físicos a utilizar.

En los primeros cursos universitarios se precisa la utilización de algunas destrezas o habilidades que suponen dificultades para la resolución de los problemas y que se demandan poco en los cursos de Bachillerato, como son la interpretación y elaboración de sistemas de representación no verbal de la información relativa a la situación descrita por el enunciado del problema.

Algunas de las dificultades estudiadas aparecen en baja proporción, como es el caso de "justificación explícita". Esta situación es probablemente debida a que los profesores suponen necesaria la justificación de las respuestas dadas por los alumnos, con lo que no consideran necesario incluir esta solicitud en los enunciados. Un estudio de este tipo se está realizando a partir del análisis de las correcciones que los profesores entregan a los alumnos.

Éstas, y en especial la última consecuencia conduce a la necesidad de replantearse las estrategias de enseñanza que los profesores utilizamos para enseñar a nuestros alumnos a resolver problemas.

REFERENCIAS

Buteler, L. y Gangoso, Z (2001). Diferentes enunciados del mismo problema: ¿Problemas diferentes?. *Investigações em Ensino de Ciências* 6(3), 269-283

Buteler, L. y Gangoso, Z.,(2003). La representación externa en la resolución de un problema de Física: una cuestión de fondo o una cuestión de forma? *Revista Cognitiva*, 15 [1], 51-66,

Carcavilla Castro, A y Escudero Escorza, T (2004)**.** Los conceptos en la resolución de Problemas de Física "bien estructurados": Aspectos identificativos y Aspectos formales. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2),213-228

Chi, M ; Feltovich, P.J. ; Glaser,R. (1981) "Categorization and representation of physics problems by novices and experts" *Cognitive Science*, 5, 121-152.

Coleoni, E. A ; Otero, J. C. Gangoso, Z. E. y Amity, v. H (2001). La construcción de la representación en la resolución de un Problema de Física. *Investigações em Ensino de Ciências* – V6(3), pp. 285-298,

de Jong, T. and Ferguson-Hessler, M. G. M., (1996). Cognitive structures of good and poor novice problem solvers in physics, *Journal of Educational Psychology* 78, 279-288.

Drudi, S. (2010). *Sistemas de representación externos: un estudio con ingresantes a carreras de ingeniería*. Tesis de Maestría en Docencia Universitaria. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba (Argentina)

Dufresne, R. Leonard W., Gerace W. J., (2001). A qualitative model for the storage of domain-specific knowledge and its implications for problem-solving. http://umperg.physics.umass.edu/topics/model/

Gangoso, Z. (1997). "Resolución de Problemas en Física y aprendizaje significativo". *Tesis doctoral, FaMAF*, Universidad Nacional de Córdoba.

Gangoso, Z. (2005). Informe Técnico de Avance. Modelado del proceso de resolución de Problemas en Física y consecuencias instruccionales. *ANPCyT*

Gerace, W.J.; Dufresne, R. (1997). *"A framework for the storage of knowledge an its implication for problem solving".* University of Massachussetts Physics Education Research Group. Technical Report PERG-1997#1-19pp

Lafourcade, P. D. (1977). *La evaluación de los aprendizajes*. Ed Cincel. Madrid.

Larkin, J.H. (1983). The role of Problem Representation in Physics. En Gentner, D. and Stevens, A.L. *Mental Models*. Lawrence Erlbanm y Asoc,; Hillsdale. N.Y.

Larking, J.; Mc Dermott; L.; Simon, H. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*. Vol. 208, 20

Leonard, W.; Gerace, W.; Dufresne, R. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias.* Volumen 20, Número 3, pp.387-400.

Nathan, M.; Kintsch, W.; Young, E. (1992). A theory of word algebra problem comprehension and its implications for the design of the learning environments. *Cognition and Instruction*, 9, 329-389

Simon, D. y Simon J.A. (1978). Individual diferences in solving physics problems. In R.S. Siegler (Ed) *Children´s thinking: What develops?.* Hillsdale, NJ:Lawrence Arlbaum Associates, Inc.

Truyol, M. E. (2006). “Resolución de Problemas en Física Básica: algunos factores explicativos de desempeño”. *Trabajo Especial de Licenciatura en Física.* Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba. T.E.F TRUr – Inventario

Van Dijk, T.A. y Kintsch, W. (1983). Strategies of discourse comprehension. New York: Academic Press

RAZONAMIENTO CIENTIFICO Y RENDIMIENTO EN FISICA DE ESTUDIANTES DE 2do AÑO DE INGENIERIA

Palma, Nélida(1); Benegas, Julio(2); Chirino, Ansíese(1)
(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina
(2) Departamento de Física/IMASL, Fac. Cs. Fís. Mat. y Naturales, Univ. Nacional de San Luis/CONICET, Argentina

RESÚMEN
Se estudia la posible correlación entre el nivel de razonamiento de los estudiantes universitarios de segundo año de las carreras de Ingeniería y el éxito académico que logran en la asignatura Física II. Se propone este estudio como una continuación del trabajo de Benegas et al sobre las habilidades de razonamiento y su influencia en el desempeño de estudiantes ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería. El nivel académico se midió como promedio de las notas obtenidas en las evaluaciones parciales tomadas en el transcurso del semestre en la asignatura. El nivel de razonamiento de los estudiantes se obtuvo aplicándoles la prueba de Lawson. Los resultados de esta prueba están correlacionados con la forma en que aprobaron o no la asignatura. Además se detecta que luego de un año de carrera universitaria todavía subsisten los problemas de bajo nivel de razonamiento científico, situación que sigue condicionando los aprendizajes de ciencias.

Palabras claves: nivel académico; nivel de razonamiento; correlación; comprensión; aprendizaje activo

ABSTRACT
We study the possible correlation between the level of reasoning of college students of second year engineering career and academic success they achieve in the course of Physics II. This study is proposed as a continuation of work Benegas et al on reasoning skills and their influence on the performance of incoming students to careers in science and engineering. The academic level was measured as average grades for partial assessments made in the course of the semester in the subject. The level of students' reasoning was obtained by applying the test of Lawson. The results of this test are correlated with the way passed or not the subject. Furthermore it is found that after a year of college there are still problems of low scientific reasoning, a situation that continues to condition the learning of science

Keywords: academic, level of reasoning, correlation, comprehension, active learning.

LA IMPORTANCIA DE LAS ACTIVIDADES DE LABORATORIO EN LA FORMACIÓN EN FÍSICA DE INGENIEROS

Marta A. Pesa – Silvia Bravo – Silvia Pérez

Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

Universidad Nacional de Tucumán

Avenida Independencia 1800 – (4000) Tucumán - Argentina

RESUMEN

Este trabajo sintetiza los aportes de investigaciones previas realizadas en nuestro grupo de investigación en enseñanza de las ciencias en carreras científico-tecnológicas referidas a la resignificación de la formación experimental y el rol del laboratorio en la formación básica de los ingenieros.

Tomando como punto de partida un modelo de aprendizaje de las ciencias sistémico donde se interrelacionan aspectos conceptuales, metodológicos, epistemológicos, ontológicos y actitudinales se discuten y presentan ejemplos en el ámbito de la Física que muestran a la actividad en el laboratorio como un espacio importante de resolución de problemas. Este espacio integral se orienta tanto a la reconstrucción de conceptos como también al aprendizaje de nuevas metodologías y formas de trabajo, cada vez más próximas a los modos científicos de conocer.

Esta visión del laboratorio exige también un cambio de actitud del docente quien además de poseer sólida formación en la disciplina debe estar preparado para un trabajo más abierto, creativo y menos estructurado, modificando su rol hacia una tarea de orientador y guía crítico, enfrentando y planteando desafíos.

Se ilustra la propuesta abordando la temática de la conducción eléctrica en distintos materiales.

Palabras claves: física – laboratorio - desarrollo de competencias – conducción eléctrica

ABSTRACT

This paper summarizes the contributions of educational previous research in scientific and technological careers. The research field is related to the redefinition of experimental education and the role of the laboratory in the basic physics education of engineers.

A systemic model of science learning where conceptual, methodological, epistemological, ontological and attitude aspects are interrelated is adopted. Examples in the field of physics that show activity in the laboratory as an important area for problem solving are presented and discussed. This integral space is oriented both to the reconstruction of concepts as well as to learning new methodologies increasingly closer to the scientific modes of knowing.

This approach of the laboratory also requires a change in attitude of the teacher. The teacher needs to possess not only a strong background in the discipline, but he/she should also be prepared for a more open, creative and less structured work, changing her/his role of knowledge transmitter to a task of counselor and critical guide, facing and presenting challenges to the class.

The paper illustrates the proposal addressing the topic of electrical conduction in different materials.

Keywords: physics - laboratory - development of skills - electric conduction.

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades experimentales en la formación básica de científicos e ingenieros han sido siempre una actividad reconocida en todas las universidades del mundo. Muestra de ello son las inversiones que las universidades realizan para mantener actualizado su equipamiento y procurar docentes expertos como parte de su plantel de profesores.

A pesar del esfuerzo sostenido las propuestas de enseñanza y los resultados de aprendizaje de los estudiantes no parecen satisfactorios (Hodson, 1994; Trumper, 2003; Barolli, Laburú y Guridi, 2010). Los intentos de reforma están más centrados en mejorar e incrementar las prácticas y experiencias (Agueda y Cruz, 2005), factor indudablemente importante, pero sin tener en cuenta de manera explícita metas, objetivos y metodologías de trabajo con los estudiantes. Pocas veces nos planteamos, ¿qué debería aportar la actividad en el laboratorio de física a la formación de los futuros ingenieros del Siglo XXI?, ¿cuál es el objetivo del trabajo en el laboratorio?, ¿cuál/es metodologías resultan más adecuadas para alcanzar esos objetivos?

Se trata de repensar la formación básica de los ingenieros como un camino para el desarrollo de competencias, entendidas éstas como *"complejas capacidades integradas para que puedan desempeñarse como sujetos responsables en diferentes situaciones y contextos, sabiendo ver, hacer, actuar y disfrutar convenientemente, evaluando alternativas, eligiendo estrategias adecuadas y haciéndose cargo de las decisiones tomadas"* (Cullen, 1996).

Sin pretender hacer un análisis exhaustivo de los aportes del trabajo en el laboratorio en la formación de ingenieros, podemos mencionar como aspectos relevantes los siguientes (Beneitone, Esquetini, Gonzalez, Maletá, Siufiy Wagenaan, 2007):

- El laboratorio como un ámbito de desarrollo de capacidades para identificar, plantear y resolver problemas. Es posible plantear los trabajos prácticos de laboratorio de manera que tanto el diseño como la experimentación se articulen dentro de una investigación centrada en la resolución de problemas (Carrascosa, Gil Pérez y Vilches, 2006; Salinas, 1994), superando la práctica habitual de prácticos tipo "receta", centrados sólo en mediciones y cálculos de algoritmos. Se trata de resignificar el laboratorio como un espacio de construcción de conocimientos y metodologías científicas donde se discuta la relevancia de los trabajos a desarrollar, la problemática en la que se insertan, la formulación de hipótesis y modelos, el diseño de experimentos, análisis e interpretación de datos y resultados y elaboración crítica y reflexiva de síntesis y conclusiones. Todos estos aspectos fundamentales para formar un ingeniero capaz de generar nuevas tecnologías y/o adaptar las existentes a diferentes contextos (Salinas 1998).

- El laboratorio hace realidad la influencia mutua entre ciencia y tecnología. En efecto, es posible plantear pequeñas investigaciones a ser abordadas desde un marco teórico, proponiendo hipótesis tentativas que se prueban y contrastan. En ese proceso, los estudiantes seleccionan y utilizan instrumentos y estrategias de diseño tecnológico (Maiztegui y otros, 2002). A la vez, los resultados encontrados y las conclusiones de los trabajos se complementan con el análisis de las aplicaciones tecnológicas de los nuevos conocimientos.

- El trabajo experimental y las actividades de modelado. La investigación científica y tecnológica se vale de construcciones que orientan su actividad: tanto la formulación de preguntas como las estrategias que se ponen en juego para resolverlas son guiadas por marcos teóricos de referencia que orientan su quehacer (Islas y Pesa, 2004). El modelo representa una construcción provisoria, perfectible e idealizada de una identidad o fenómeno. La aplicabilidad del modelo a las entidades o fenómenos físicos que él representa es evaluada mediante el control experimental en un proceso dialéctico. Tal proceso comprende permanentes correcciones en el modelo (en su diseño, rango de validez, profundidad, poder explicativo). En este camino, mediante la evaluación y control de los errores experimentales, es posible salvar "la brecha" entre el modelo y la realidad.

- El trabajo en el laboratorio como espacio de aprendizaje de la argumentación científica. Sin dejar de lado la importancia que revisten los contenidos conceptuales en el proceso de construcción del conocimiento científico, se está poniendo atención a los estudios de los instrumentos, criterios, modelos y reglas que los estudiantes utilizan para investigar, justificar, evaluar y valorar los conocimientos científicos. Desde esta perspectiva, adquiere especial importancia el discurso científico en el laboratorio, no sólo como enunciación de principios, leyes, teorías y conceptos, sino como discurso estructurador de las operaciones racionales que se utilizan para relacionar, por un lado, datos, explicaciones y conclusiones y, por otro, los principios epistemológicos que guían las indagaciones (Pesa, Islas, Medina y Bravo, 2012). De allí la importancia del desarrollo del lenguaje científico y de las competencias de comunicación oral y escrita.

- El laboratorio como ámbito de trabajo en equipo. Es necesario procurar en las clases de laboratorio un rol más activo de los estudiantes. Para ello debemos brindar orientaciones mínima para estimular en los alumnos la percepción del laboratorio como un espacio de indagación, de intercambio con sus pares, para tomar decisiones consensuadas y justificadas, en un marco de libertad intelectual. Ello requiere de diseños diferentes de actividades y de la resignificación del rol de los docentes.

2. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

A partir del surgimiento del constructivismo como un enfoque alternativo al aprendizaje de las ciencias se produce un cambio importante en los objetivos y propósitos del trabajo de laboratorio y las actividades se orientan así a la construcción y/o reconstrucción por parte del alumno de su propia comprensión a partir de sus conocimientos previos, es decir, estaban centradas en el alumno (Trumper 2003). En etapas posteriores, se reconoce la importancia de los aspectos sociales del aprendizaje y adquiere importancia tanto el papel del profesor como la interacción con los compañeros. En efecto, desde un punto de vista constructivista social (Vygotsky, 1978), el aprendizaje se considera una actividad social en la cual los alumnos construyen los significados de los conceptos a través del diálogo, de discusiones y negociaciones entre compañeros y profesores.

En las últimas décadas, además, los aportes de la Psicología Cognitiva a los marcos de referencia sobre el aprendizaje de las ciencias (Vergnaud, 2003; Greca y Moreira, 2002) han permitido comprender mejor los procesos de construcción de conceptos, enfatizando el potencial cognitivo del trabajo colaborativo en el laboratorio y el rol del profesor para apoyar y fomentar los procesos de razonamiento en ese ámbito, brindando de esta manera pautas e indicadores para orientar la enseñanza. La acción mediadora más importante del docente es la de suministrar a los estudiantes situaciones fructíferas para el desarrollo de sus esquemas y la construcción de invariantes operatorios cada vez más próximos al modo científico de conocer. Son estos los procesos, centrados en el sujeto en situación de resolución de problemas, integrando el saber y el saber-hacer los que conducen a la conceptualización de lo real (André, 2004).

Tomado en cuenta estas visiones sobre el trabajo experimental y desde un modelo sistémico de aprendizaje de las ciencias donde se interrelacionan aspectos conceptuales, metodológicos, epistemológicos, ontológicos y actitudinales, se propone una metodología de trabajo en el laboratorio de física que rescata los principales aportes a la formación de los ingenieros.

Se definen de esta manera objetivos de trabajo que interrelacionan por un lado, la comprensión de la naturaleza de la ciencia, su metodología y los mecanismos sociales e institucionales que operan en su desarrollo y por otro lado, la comprensión del dominio conceptual.

Se presenta aquí una propuesta de trabajo experimental referida a *Conducción eléctrica en sólidos*, que pretende atender a la complejidad del contenido y a la complejidad del aprendizaje a través de múltiples situaciones y sucesivas reutilizaciones de los contenidos conceptuales y metodológicos trabajados. El supuesto implícito en esta propuesta es que los estudiantes van desarrollando sus conceptualizaciones y su saber hacer a medida que van enfrentando y dominando diferentes situaciones problemáticas propuestas, en un proceso lento y complejo en el cual se producen continuamente avances y retrocesos (Vergnaud, 2003).

Desde esta perspectiva, el trabajo en el ámbito del laboratorio se integra como un espacio en el cual los alumnos pueden tomar decisiones y desarrollar estrategias para enfrentar las dificultades y resolver los problemas, acercándose de manera progresiva a la actividad de investigación o de desempeño profesional específico (Gil Pérez y Valdéz Castro, 1996).

¿Cómo conseguir en la práctica, en una situación concreta de aula, la integración de los aportes del trabajo de laboratorio mencionados en la sección precedente? La respuesta a esta pregunta implica repensar la forma en que se enseña en el laboratorio y tomar los principales aportes de los marcos de referencia que se han considerado como relevantes, para proponer la metodología de trabajo y diseñar las actividades.

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

3.1 Estructura de las actividades

A fin de ilustrar la metodología de trabajo propuesto se presenta en el Anexo una guía orientadora del trabajo experimental que realizan nuestros estudiantes de segundo año de las carreras de ingeniería, cuando abordan una temática fundamental en la formación básica de ingenieros: el estudio experimental del comportamiento eléctrico de los materiales. La misma está estructurada en base a ciclos de actividades grupales que atienden a la progresión en la construcción del conocimiento y supone la permanente interacción del docente con los grupos de trabajo.

En la figura N°1 se explicita la estructura de la propuesta referida al *mecanismo de conducción en sólidos*.

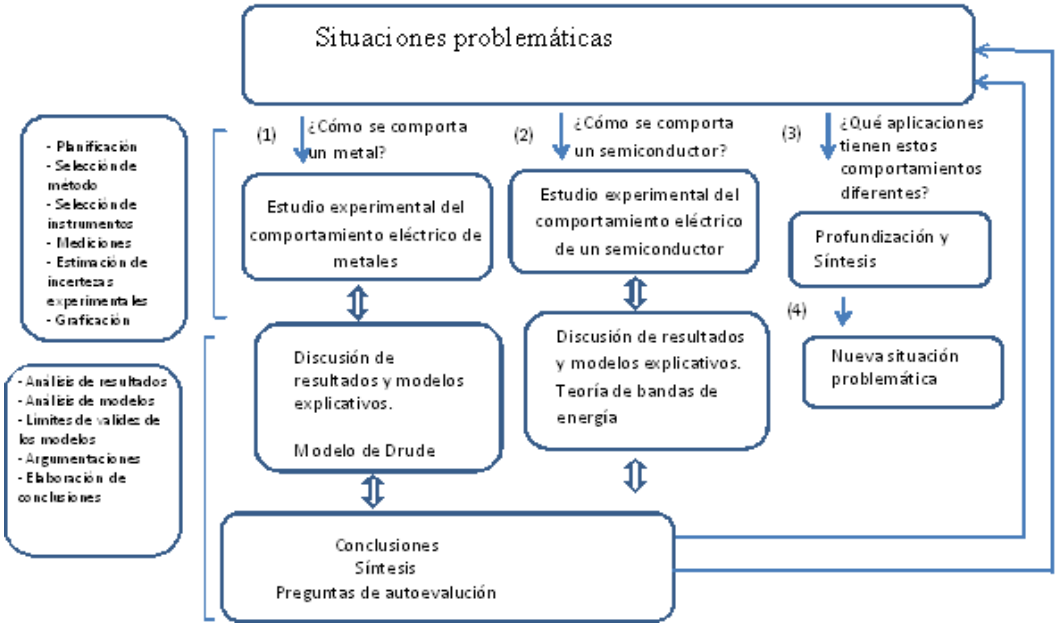


Fig. N° 1: Estructura de la propuesta didáctica

3.2 Descripción de las actividades

Al iniciar el trabajo el docente y los estudiantes acuerdan los problemas a investigar y los objetivos principales del trabajo (Ver ítems 1 y 2 del Anexo). Este intercambio es esencial y ayuda a que el problema que inicialmente es del docente se convierta en problema de los propios estudiantes.

El primer ciclo de actividades, *¿Cómo se comporta un metal?*, está conformado por una serie de actividades: introductorias, de desarrollo y de discusión y síntesis (Ver ítem 3 del Anexo). Las actividades introductorias tienen por objetivo el desarrollo de competencias relacionadas con la planificación de una experiencia de medición para estudiar la relación entre magnitudes, como ser: selección del método, selección de las características de los instrumentos, análisis de fuentes de errores sistemáticos, etc. Las actividades de desarrollo tienen por objetivo la construcción de competencias relacionadas con el aspecto operativo de una experiencia de medición: conexión de instrumentos, recolección de datos, estimación de la incerteza experimental de las mediciones, tratamiento de los datos, graficación, cálculo de parámetros, etc. Las actividades de discusión y síntesis tienen como principal objetivo el estudio del modelo de Drude (Aschcroft y Mermin, 1976) para explicar el comportamiento observado y el análisis de los límites de validez de este modelo.

En cada una de estas etapas y sobre todo en esta última, es fundamental el papel del profesor como guía y orientador a través de sugerencias y de preguntas destinadas a fomentar la discusión, la argumentación y la explicitación de las ideas de los estudiantes.

Luego de la síntesis de las actividades realizadas el docente puede retomar los interrogantes planteados al inicio de las actividades, con ejemplos sobre algunos materiales cuyo comportamiento eléctrico no puede explicarse con el modelo de Drude. Surge de esta manera la necesidad de que se expliciten las limitaciones del mismo y que se identifiquen nuevas líneas de trabajo. Algunas cuestiones a ser discutidas en esta etapa son las siguientes:

- todos los materiales tienen electrones de valencia, sin embargo el modelo de Drude no explica la diferencia entre aislantes y metales (por ejemplo: el Boro está arriba del Al en la tabla periódica, pero el Boro no conduce y el Al es un conductor metálico!)
- el efecto de los iones en la dinámica de un electrón entre las colisiones y el rol de los iones como origen (fuente) de las colisiones
- el carbono en su estructura de diamante se comporta como aislante y en forma de grafito se comporta como conductor, (como grafeno, puede ser superconductor).
- aunque no haya una referencia explicita a los efectos de la temperatura en el modelo, ésta se podría considerar en el concepto de tiempo medio de choque.
- el modelo no explica los diferentes comportamientos con la temperatura para distintos tipos de materiales

Para guiar a los alumnos en la profundización de estos aspectos es necesario plantear una revisión crítica a la aproximación de "electrón libre" y considerar un modelo alternativo que explique los diferentes comportamientos, tal como el modelo de bandas.

Ahora, con un modelo que permite explicar los resultados obtenidos para el conductor, pero que resulta insuficiente para explicar otros comportamientos (entre ellos, los efectos de temperatura), volvemos a las situaciones problemáticas desde la cual partimos en este estudio, tomando el caso del *material semiconductor* (Ver ítem 4 del Anexo).

Se inicia entonces de nuevo el ciclo de investigación acerca de un nuevo material: *¿Cómo se comporta un semiconductor?* Las actividades están estructuradas de la misma forma hasta la discusión de resultados y la síntesis de los mismos, permitiendo también identificar con la orientación del docente aquellas cuestiones que quedan abiertas para iniciar nuevas investigaciones.

Una vez que se han explicado los diferentes comportamientos en base a dos modelos diferentes, se puede abrir otro ciclo de profundización de los conceptos abordados, en especial el concepto de resistencia eléctrica, realizando una discusión grupal sobre el uso de los distintos materiales en la tecnología y proponiendo experiencias que permitan controlar la validez de los modelos en otros aspectos, por ejemplo:

- la relación de la resistencia con la longitud y la sección de un conductor
- el modelo de Drude para medir densidad electrónica utilizando el Efecto Hall clásico

4. CONSIDERACIONES FINALES

Sin dejar de lado las competencias propias de un trabajo de laboratorio, sino integrándolas a lo largo de todas las actividades, la propuesta se dirige a la comprensión del marco conceptual, al estudio de los modelos que permiten interpretar los resultados experimentales y a la formulación de preguntas que guíen nuevos experimentos.

El diseño de las actividades (Fig. N°1) supone una serie de objetivos específicos que van a pautar las intervenciones del docente que actúa como mediador en este proceso de aprendizaje. Estos objetivos apuntan a integrar permanentemente las competencias básicas para la formación experimental de los ingenieros tales como discriminar e identificar problemas, planificar su resolución a la luz de un marco teórico de referencia, diseñar experimentos plausibles de dar respuesta a los interrogantes planteados, medir, evaluar incertezas y errores sistemáticos, analizar interpretar y explicar resultados, sintetizar conclusiones e identificar aspectos abiertos para futuros abordajes y profundizaciones. Se pone de manifiesto así la importancia del rol del profesor para ayudar a los estudiantes a desarrollar estas habilidades mientras trabajan con la guía orientadora, a través del planteo permanente de preguntas, fomentando la participación y el desarrollo de argumentos.

Se debe resaltar además, que el ciclo de actividades planteadas contribuye a profundizar el concepto de *resistencia eléctrica.* En efecto, la discusión y explicitación de los conceptos que conforman el modelo de Drude están dirigidas a llamar la atención a los alumnos sobre una cuestión que generalmente no se profundiza y se traduce en interpretaciones erróneas tales como concebir que el aporte a la resistencia eléctrica proviene de los choques con los iones. El modelo de Drude no explicita cuáles son los obstáculos en los choques, o sea los factores que realizan el mayor aporte a la resistencia eléctrica. Se puede discutir con los alumnos la posibilidad de que las colisiones se puedan producir con obstáculos como ser imperfecciones de la red cristalina del sólido, dislocaciones o las vibraciones de la red. De esta manera, se puede revisar el concepto de resistencia eléctrica considerando al sólido como un arreglo periódico, geométrico, de iones positivos y a éstos como entidades dinámicas.

Por otra parte, al considerar las aplicaciones tecnológicas de los distintos materiales (electrónica, microelectrónica, transporte de energía y/o de información, protección, control de carga etc.) los alumnos se enfrentan con la necesidad de revisar las características de los modelos de conducción, sus supuestos y limitaciones. Estas constituyen situaciones propias de la actividad profesional del ingeniero, cuyo abordaje requiere el conocimiento de la física y promueve la adquisición de las competencias deseadas.

Los resultados obtenidos con la implementación de la propuesta han sido analizados cualitativamente en distintas instancias de evaluación. En este trabajo se presenta un resumen de los mismos:

- los informes de las actividades experimentales elaborados por los alumnos, así como los resultados de un cuestionario de evaluación, muestran que la mayoría de ellos logra integrar los resultados experimentales con el marco conceptual desde el cual se realiza el análisis. Dicha integración se evalúa a través del nivel de profundidad con que presentan los análisis e interpretaciones de resultados, las conclusiones y la identificación de cuestiones abiertas, tomando para ello como indicadores la cantidad de conceptos en acción y teoremas en acción que ponen en juego y el grado de explicitación de los mismos.
- la evaluación diaria y periódica del desempeño de los estudiantes y los resultados de la evaluación con cuestionarios escritos muestran que los alumnos logran adquirir habilidades de argumentación. Esta capacidad para argumentar se midió tomando como indicadores el desarrollo de competencias para: analizar posibles fuentes de errores experimentales, reconocer los límites de validez de los modelos, seleccionar los modelos más adecuados para interpretar los resultados experimentales y elaborar y justificar conclusiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Anderson, R.E. Social impacts of computing: Codes of professional ethics. *Social Science Computing Review.* Vol. 10, No. 2, (Winter 1992), pp.453-469

(2) André Zuñeda, M. *Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y cognitivas: caso del profesorado de física*. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, 2004.

(3) Aschcroft N. W., Mermin N.D., *Solid state physics*, 1976, Cornell University, Harcourt College Publisher, New York, USA.

(4) Agueda B., Cruz A. *Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*. 2005. Ed. NARCEA, Madrid, España.

(5) Barolli E., Laburú C., Guridi V., Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*. Vol. 9, N° 1, 2010, pp. 88-110.

(6) Beneitone P., Esquetini C., Gonzalez J., Maletá M., Siufi G., Wagenaan R. Final Report ALFA Tuning America Latina Project: Reflections on and outlook for Higher Education in Latin America. 2004-2007. Disponible en http://tuning.unideusto.org/tuningal/index.php?option=com_docman&Itemid=191&task=view_category&catid=22&order=dmdate_published&ascdesc=DESC

(7) Carrascosa J., Gil Pérez D., Vilches A. Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Vol. 23, N° 2, 2006, pp. 157-181.

(8) Cullen, C. El debate epistemológico de fin de siglo y su incidencia en la determinación de las competencias científico tecnológicas en los diferentes niveles de la educación formal. Parte II. *Novedades Educativas*. Nº 62, 1996, pp. 20.

(9) Gil Pérez, D. y Valdéz Castro, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 1996, pp. 155-163.

(10) Greca I., Moreira M. (2002), Alèm da deteccão de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora, *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 7(1).

(11) Hodson D., Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol 12, N° 3, 1994, pp.299-313.

(12) Islas S., Pesa M. Concepción de los profesores sobre el rol de los modelos científicos en clases de física. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 17, N° 1, 2004, pp. 43-50-

(13) Maiztegui A. y otros. Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación-OEI*. N° 28, 2002, pp. 129-155.

(14) Pesa M., Islas S., Medina C., Bravo S. Argumentation in Science Teaching. *Science Education Research in South and Latin America*. Editores Charbel El-Hani, Mortimer E., Otero M.R., Ed. Routledge, 2012, New York, USA.

(15) Salinas J. Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios. Tesis doctoral - Universidad de Valencia. 1994. Disponible un resumen en: http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21415/93375

(16) Salinas J. La formación experimental en Física en los ciclos básicos de carreras de ingeniería. *Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería*. Nº 14, 1998, pp. 48-54.

(17) Trumper, R. The Physics Laboratory – A Historical Overview and Future Perspectives. *Science & Education.* Vol 18, Nº 7, 2003, pp. 761-774.

(18) Valdéz Castro, P. y Valdéz Castro, R. Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 1999, pp. 521-531.

(19) Vergnaud, G. Teoria dos campos concetuais. In Nasser, L. (Ed.). *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Río de Janeiro*, 2003,p. 1-26. Brasil.

(20) Vygotsky, L. *Mind in Society*, Harvard University Press, 1978, Cambridge, MA.

ANEXO: GUÍA DE ACTIVIDADES

RELACIÓN ENTRE TENSIÓN Y CORRIENTE EN MATERIALES ELÉCTRICOS

1. Situaciones problemáticas

¿Cómo se comportan eléctricamente los distintos materiales que Ud. conoce: cerámicos, metales, plásticos etc.?

¿Qué modelos explican estos comportamientos diferentes?

¿Qué aplicaciones tecnológicas importantes dependen de las propiedades eléctricas de los materiales?

2. Objetivos de la experiencia: Estudiar experimentalmente la relación entre tensión y corriente para un conductor metálico y un material semiconductor y estudiar los modelos que explican los resultados obtenidos. Profundizar el concepto de resistencia eléctrica.

3. Actividades referidas a un conductor eléctrico

3.1. Actividades introductorias

- Diseñe un método que le permita estudiar experimentalmente la relación entre tensión y corriente para un *conductor eléctrico.*
- Realice el esquema del circuito que va a usar
- Analice fuentes de errores sistemáticos en cada uno de los dos casos. Considere de qué modo se pueden minimizar efectos de calentamiento en el circuito.
- Seleccione con cuidado las características que conviene que tenga cada uno de los elementos que intervienen en el circuito (fuente, amperímetro, voltímetro, reóstato).

3.2. Actividades de desarrollo

- Mida tensión y corriente en el conductor para distintos valores de la tensión suministrada por la fuente.
- Represente gráficamente los datos obtenidos.
- Controle si los datos admiten un ajuste lineal. En caso afirmativo, explicite la relación funcional entre tensión y corriente. Determine los valores acotados de los parámetros que intervienen. Revise bibliografía e identifique el significado físico de los parámetros.

3.3. Actividades de discusión, elaboración de conclusiones y búsqueda de modelos explicativos

- Analice críticamente sus resultados y describa sus conclusiones considerando:
  a) Las incertezas de sus resultados experimentales.
  b) Limitaciones del o los métodos elegidos.
  c) Explique si puede o no describir a sus resultados como una "Ley de la Física de los materiales"
  d) El rango de validez de la relación obtenida.
  e) La influencia de las condiciones ambientales en sus resultados.
- Revise en la literatura el modelo teórico de Drude para la conducción eléctrica en metales. ¿Puede explicar los resultados en base a ese modelo? Relacione los parámetros del modelo con las magnitudes medidas en la práctica.

4. Actividades referidas a un semiconductor

- Considere ahora un material *semiconductor* y repita las actividades referidas al comportamiento de los metales. Ponga especial cuidado en la elección de los instrumentos de medición.
- Analice cualitativamente el modelo de bandas para la conducción eléctrica. En base a la descripción que ofrece el modelo de bandas de energía ¿Puede explicar los resultados en semiconductores utilizando al modelo de Drude? ¿Qué supuestos debe hacer? ¿Puede considerar que los electrones de la banda de conducción del semiconductor usado se comportan como el gas de electrones del modelo de Drude?

5. Bibliografía básica para el desarrollo del trabajo experimental

- Errores experimentales, Laboratorio de Física.
- Guía de Apoyo Docente. Laboratorio de Física Experimental
- Fernández y Galloni. Trabajos Prácticos de Física.
- Resnick, Halliday y Krane. Física. Tomo II.
- Sears, Zemansky, Young y Freedman. Física. Volumen 2
- Tipler. Física. Volumen 2.

METODOLOGÍAS PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO DE LA FÍSICA Y RETENCIÓN ESTUDIANTIL EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Godoy, Paulo[1]; Benegas, Julio[2]; Pandiella, Susana[3]

[1] Dpto. Física- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina; [2] IMASL–Dpto. de Física, Universidad Nacional de San Luis, Argentina; [3] IIECE-Dpto. Física y Química-FFHA- Universidad Nacional de San Juan, Argentina

pgodoy@unsj.edu.ar

RESUMEN

En Argentina cuatro de cada diez estudiantes que llega a la Universidad abandona sus estudios en el primer año. Ese dato refleja la realidad y devela un muy grave problema con otras consecuencias negativas: alto índice de desgranamiento, elevada tasa de abandono y bajos niveles de graduación.

El Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ no está exento de este problema y ofrece desde el año 2007, para tratar de revertir esta situación, el dictado continuo de Física I utilizando una metodología tradicional. Los destinatarios son los alumnos que no logran regularizarla en el semestre que les corresponde y los resultados no fueron los esperados. A partir del 2010 y para esas poblaciones en riesgo implementa para el abordaje de los temas de mecánica newtoniana dos metodologías para el aprendizaje activo "Tutoriales para Física Introductoria" y "Clases Interactivas Demostrativas". Los resultados obtenidos muestran una mejora notable en el aprendizaje de la Física y un aumento en el porcentaje de alumnos que obtiene certificación definitiva en los años de implementación de estrategias de aprendizaje activo (85%), frente a un (27%) de promedio en los años anteriores donde se utilizaron métodos tradicionales de enseñanza.

Palabras clave: estudiantes de ingeniería, poblaciones en riesgo, Física introductoria, aprendizaje activo

ABSTRACT

In Argentina 4 out 5 incoming university students abandon their studies in the first year of college. This is a very difficult educational and social problem with other negative consequences: high delay and drop out rate, which result in a very low rate of graduation.

The Physics Department of Engineering School at UNSJ has offered since 2007 a remedial course trying to minimize this problem. This course is offered in the semester following the regular course to those students that failed it. The remedial course follows the same traditional approach to teaching and it is a repetition of regular Physics I (Mechanics) courses. Before 2010, the results were disappointing, with just a small number of students getting passing marks. Since that year, the approach to teaching was changed with the introduction of two active learning teaching strategies: Tutorials for Introductory Physics and Interactive Lecture Demonstrations. The results show a significant improvement in both the conceptual learning and the degree of success, which now is around 85% in comparison to the 27% of previous years.

Keywords: Engineering students, high risk students, introductory physics, active learning

INTRODUCCIÓN

En Argentina alrededor de la mitad de los estudiantes que inicia sus carreras de grado en la universidad abandona sus estudios en el primer año, una fracción que puede ser aún mayor si consideramos todos los aspirantes a la universidad, es decir aquellos que comienzan pero no superan las exigencias de ingreso. Los especialistas acuerdan que ese dato refleja la realidad de los egresados del sistema secundario y devela un problema de consecuencias educativas y sociales muy graves: además de esta elevada tasa de abandono de los alumnos de primer año hay un alto índice de desgranamiento y muy bajos niveles de graduación, sobre todo en la universidad de gestión estatal, que resulta en una gran distorsión entre la duración media de la carrera y la fijada en el plan de estudio.

Investigaciones realizadas como los del Fondo para el Mejoramiento de la Calidad Universitaria (FOMEC, 1995) en Argentina y de otros investigadores llaman la atención sobre la necesidad de mejorar la enseñanza de la física en todos los niveles, y buscar estrategias para resolver el problema.

Con estos antecedentes, se decidió realizar una experiencia de aula para la enseñanza de Cinemática y Leyes de Newton en un curso de física en una institución universitaria con alumnos que no hubiesen obtenido su aprobación en el año académico que les correspondía según el plan de su carrera.

MARCO TEÓRICO

La complejidad de la actividad educativa se pone de manifiesto en la permanente búsqueda por parte de los profesores de Ciencias de nuevos recursos didácticos que produzcan un aprendizaje significativo y activo de los estudiantes. La mayoría de las clases de Ciencias utiliza como método principal y fundamental las tradicionales exposiciones argumentadas, donde el estudiante escucha, interpreta y traslada a sus apuntes y notas lo que el profesor ha expuesto. El estudiante debe luego transformar la información en conocimiento y este en sabiduría.

La investigación en enseñanza de las Ciencias critica como inapropiada la enseñanza habitual de la Física en los cursos universitarios y sugiere modificaciones en las estrategias de enseñanza para lograr una enseñanza más eficaz y motivadora (Guisasola et al., 2007).

La enseñanza tradicional de la Física (y de otras Ciencias) supone esencialmente que el alumno por repetición aprenderá cada uno de los conceptos de la disciplina y formará con ellos la estructura conceptual de la Ciencia. La instrucción es generalmente deductiva, con el docente irradiando conocimientos, mientras que el alumno debe recibirlos y asimilarlos, en una actitud esencialmente pasiva (Benegas, 2009).

La clase magistral es la estrategia que predomina en la enseñanza tradicional, posee algunas fortalezas pero también presenta diferentes limitaciones relacionadas principalmente con la pasividad y la poca participación del estudiante. Al respecto, afirma Pozo Municio (1998), que existen verbos con los cuales puede describirse perfectamente lo que sucede en las clases de Ciencias estos son: el *explicar* (lo que hacen los docentes) y el *escuchar y el copiar* (lo que hacen los alumnos).

Basada en la experiencia en investigación educativa, desarrollo curricular y enseñanza de la Física, Lilian McDermott (2001) ha sintetizado en seis ítems los problemas de la enseñanza tradicional y son los que se comparten a continuación:

1. La facilidad para resolver problemas cuantitativos estándares no es un criterio adecuado para evaluar el entendimiento práctico.
2. Frecuentemente las conexiones entre conceptos, representaciones formales y el mundo real son inexistentes después de la instrucción tradicional.
3. Ciertas concepciones alternativas no son superadas con una instrucción tradicional. El acceder a niveles más avanzados de instrucción no necesariamente incrementa el nivel de entendimiento de los conceptos básicos.
4. La instrucción tradicional no promueve una estructura conceptual coherente.
5. El incremento en la capacidad de análisis y razonamiento no es el resultado de una instrucción tradicional.
6. Para la mayoría de los estudiantes la enseñanza basada en la exposición de contenidos es un modo ineficiente de instrucción (McDermott, 2001).

McDermott afirma que estos puntos pueden servir como un "*modelo práctico para el desarrollo curricular*" de la Física pero que son extrapolables a otras ciencias experimentales.

En línea con esta descripción de las características de la enseñanza tradicional, McDermott (2001) recapitula los resultados de la investigación en educación en Física en seis generalizaciones que deberían, a su criterio, guiar el proceso de enseñanza:

1. No es un criterio adecuado para la comprensión funcional la facilidad en la solución de problemas de tipo cuantitativo. Preguntas que requieren un razonamiento cualitativo y explicación verbal son esenciales para evaluar el aprendizaje de los estudiantes y son una estrategia efectiva para ayudarlos a aprender.
2. Los estudiantes necesitan una práctica sostenida para interpretar el formalismo físico y relacionarlo con el mundo real. Porque muchas veces las conexiones entre conceptos, las representaciones formales y el mundo real son olvidadas después de la instrucción.
3. Algunas dificultades conceptuales persistentes deben ser explícitamente abordadas en múltiples contextos porque no son superadas por la enseñanza tradicional ni por los estudios avanzados.
4. Los estudiantes deben participar en el proceso de construcción de modelos cualitativos y en la aplicación de estos modelos para predecir y explicar los fenómenos del mundo real.
5. Las habilidades del razonamiento científico deben estar expresamente cultivadas.
6. Los estudiantes deben estar intelectualmente activos en el proceso de aprendizaje para desarrollar una comprensión funcional (McDermott, 2001).

Es claro entonces que el proceso de aprendizaje es personal, complejo y demanda un estudiante activo. Para ello, es necesario desarrollar estrategias de enseñanza que lo involucren en la participación activa de su propio proceso de formación. En palabras de Pozo y Gómez Crespo las instituciones educativas y los docentes de Ciencias, en particular, deben ayudar a los alumnos no sólo a "...*aprender y hacer ciencia sino a comprender lo que están haciendo y aprendiendo…*" (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 52).

Independientemente de la opción didáctica que se adopte en la tarea de enseñar Ciencias, se debe tener en cuenta que la investigación en concepciones alternativas se ha constituido a partir de los años ochenta en un "núcleo duro" de la Didáctica en Ciencias (Furió Más, 1996) y que el alumno desempeña un papel protagónico en el proceso de aprendizaje. Este proceso implica que el estudiante asuma un rol activo en la construcción de significados a partir de sus ideas previas lo que le permitirá, entre otras cosas, explicar situaciones de la vida diaria utilizando los conceptos acordados por la comunidad científica actual.

En el campo de la Física innumerables trabajos de investigación han realizado estudios de concepciones alternativas y de dificultades características en la mayoría de los temas importantes de esa Ciencia (McDermott y Redish, 1999). Quizás el aspecto más preocupante de las ideas previas no sea su existencia, sino su persistencia. Por ello, uno de los temas centrales de discusión se basa en determinar cuáles estrategias constructivistas ayudan mejor al alumno en el proceso de adquisición del conocimiento académico (Carretero, 1998).

Para superar los problemas de la enseñanza tradicional ya descriptos, surgen como alternativa los métodos de enseñanza para el aprendizaje activo que ponen énfasis en el rol que el alumno debe tener en el proceso de construcción de su propio conocimiento. Las metodologías de aprendizaje activo están basadas en los resultados de años de investigación educativa en Física y han demostrado producir un mejoramiento mensurable en la comprensión conceptual de ella (Thornton y Sokoloff 1990; Laws, 1991). También propician que los estudiantes se involucren activamente en las clases, participen en actividades relacionadas con los temas expuestos, aumenten su motivación, desarrollen su capacidad de análisis, de síntesis y de evaluación, a través de los debates o discusiones surgidos a lo largo del desarrollo del trabajo propuesto. Para facilitar estos procesos el docente que enseña con estrategias de aprendizaje activo debe fundamentalmente quitar énfasis a la transmisión de la información para esforzarse en explorar las habilidades, aptitudes y valores de los estudiantes. Es por ello que recibe generalmente el nombre de "facilitador", enfatizando su rol de guía en el proceso de aprendizaje y no el de trasmisor de la información. En general las estrategias de aprendizaje activo reproducen el proceso científico en el aula y ayudan al desarrollo de las capacidades de razonamiento (Benegas, 2007).

En esta línea de trabajo, y entre las distintas estrategias de aprendizaje surgidas de los grupos de investigación educativa y desarrollo curricular, se destacan los "Tutoriales para Física Introductoria" (McDermott y Shaffer, 2001, de aquí en más "Tutoriales"). Esta propuesta ha sido desarrollada por la Dra. Lillian McDermott y su Physics Education Group en la Universidad de Washington en Seattle, USA. La metodología, una de las pocas que hasta el momento ha sido traducida al español, está basada en un extenso trabajo desarrollado en las últimas tres décadas sobre las dificultades características de aprendizaje de los diversos temas de la Física general (McDermott, 1993) y el consecuente desarrollo de actividades de aprendizaje tendientes a su superación.

Los Tutoriales están diseñados para desarrollar la comprensión conceptual de los temas de Física básica, así como el razonamiento cualitativo y utilizan como estrategia de aprendizaje el conflicto cognitivo, tendiendo puentes entre lo que el alumno cree o sabe y el conocimiento científico que se quiere incorporar. La estrategia ha sido descripta por McDermott como de obtener información/confrontarla con lo que se cree/resolver discrepancias (elicit/confront/resolve).

Otra estrategia de aprendizaje activo es la Clase Interactiva Demostrativa (Sokoloff y Thornton 1990, 2004 de aquí en más CID). Esta estrategia de enseñanza/aprendizaje, que tiene como objetivo mejorar el aprendizaje conceptual en las clases teóricas, es el resultado de la investigación educativa desarrollada en la University of Oregon y en la Tufts University (ambas en los Estados Unidos de América). El proceso seguido por las *CID* tiene por objetivo transformar la tradicional clase "teórica" expositiva de manera que los estudiantes estén en ella activos en sus procesos de aprendizaje y así convertir el ambiente generalmente pasivo de una clase teórica, en general numerosa, en uno donde los estudiantes participan activamente. La implementación en el aula de las CID facilita que los modelos a veces erróneos de los estudiantes sobre conceptos científicos sean cambiados debido a la discusión generada en la clase.

METODOLOGÍA

La intervención didáctica llevada a cabo en este trabajo tuvo como requisito que la enseñanza parta del estado inicial de conocimientos del alumno, en este caso dominado por modelos alternativos al newtoniano, logrando además su activa participación en el proceso de aprendizaje. Para determinar la eficiencia de las estrategias de enseñanza "Tutoriales para Física Introductoria" y de CID en comparación con la enseñanza tradicional llevada a cabo hasta el presente se recurrió a una comparación de grupos, (que llamaremos experimentales y control), con determinación del conocimiento conceptual mediante la prueba de preguntas de opción múltiple Force Concept Inventory (FCI, Hestenes et al, 1992) que fue aplicada antes y después de la instrucción. El FCI consta de 30 preguntas sobre las leyes de Newton, es decir la relación entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y su estado de movimiento, incorporando en sus distractores los resultados de los estudios de dificultades características y concepciones alternativas sobre fuerza y movimiento. Por ello, un análisis detallado de las respuestas en el pretest permite una "radiografía" del estado de conocimientos de cada muestra al comienzo de la instrucción. La aplicación pre/post test permite a su vez el estudio comparativo de la evolución de los modelos estudiantiles sobre fuerza y movimiento, identificando logros y problemas no resueltos en cada aproximación didáctica.

La experiencia se realizó en cátedras de Física I de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Los contenidos del curso son: Cinemática y Dinámica de la partícula; Trabajo y Energía; Cantidad de Movimiento Lineal, Impulso y Colisiones; Cinemática y Dinámica del cuerpo rígido y Oscilaciones y Ondas, siendo requisito para cursar esta materia haber realizado la asignatura Cálculo I (cálculo en una variable). Física I se desarrolla en sesiones teórico-prácticas con exposición de contenidos, ejemplificación y discusión, problemas individuales y grupales y laboratorio. La evaluación consta de tres exámenes parciales y una evaluación integrativa final, cada uno con preguntas y problemas.

El grupo experimental 2010 se lo identificará como G10, estuvo constituido inicialmente por 21 estudiantes y el experimental 2011 (G11) por 22. Ambos grupos lo integraron alumnos de diferentes carreras de Ingeniería (Electrónica, Química, Alimentos, Agrimensura) que no accedieron a la certificación definitiva durante el cursado normal de la asignatura. El grupo control fue un curso regular que tuvo 57 alumnos iniciales de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos quedando reducida a sólo 25 alumnos. Como puede observarse la deserción es aproximadamente de la mitad de los alumnos que inician el cursado normal de la materia. Los grupos quedaron constituidos finalmente por G10 (N=21); G11 (N=20) y el curso control (N=25). En todos los casos se han tenido en cuenta únicamente los alumnos que tomaron ambas pruebas, eliminándose del Pre test esencialmente los alumnos que abandonaron el curso en el período entre ambas pruebas.

El curso control desarrolló sus clases de manera tradicional y en los cursos experimentales algunas actividades de explicación teórica y de ejercitación de problemas a cargo del profesor fueron reemplazadas por Tutoriales y otras por Clases Interactivas Demostrativas de Cinemática y Fuerzas. En particular en esta experiencia se trataron los temas de Cinemática y Dinámica de la partícula, incluidos en los Tutoriales: "Representaciones de movimiento", "Aceleración en una dimensión", "Fuerzas", "2da. y 3ra. Leyes de Newton" y "Tensión". Sólo el primer Tutorial es una actividad de laboratorio, que implica el uso de detectores de movimiento y representación gráfica por computadora. Las CID implementadas son las denominadas: movimiento con carritos, movimiento del proyectil, primera y segunda Leyes de Newton, y la correspondiente a tercera ley de Newton, empleando para cada una de ellas 50 minutos de clase.

RESULTADOS

La aplicación del FCI antes de iniciar la intervención didáctica informó que el conocimiento inicial fue apenas superior al rendimiento al azar (20%) en los tres grupos (Figuras 1, 2 y 3). Con los datos obtenidos antes y después de la intervención didáctica se calcula la ganancia intrínseca g, es decir, la fracción de la ganancia posible obtenida por la instrucción (Hake, 1998) mediante la siguiente expresión:

$$g = (\langle Post\rangle - \langle Pre\rangle)/(100 - \langle Pre\rangle)$$

donde <Post> y <Pre> indican el rendimiento medio (%) de todo el curso después y antes de la instrucción. En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos por los tres grupos (control y experimentales). Los grupos experimentales G10 y G11 que trabajaron con Tutoriales y con CID obtuvieron g_{10}=0,40 y g_{11}=0,42 respectivamente mientras que el de instrucción tradicional (g=0,27).

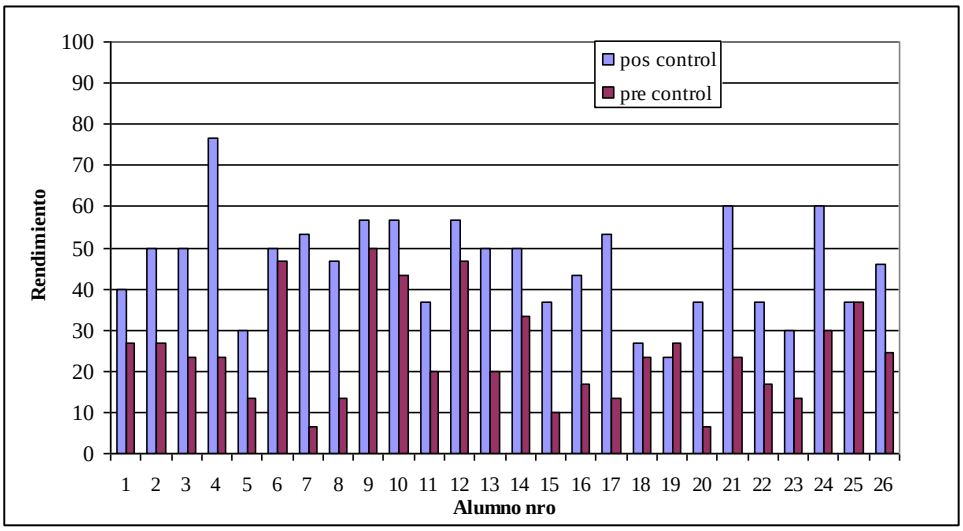


Figura 1: Rendimiento pre y post instrucción en el FCI, para cada alumno del grupo control. Las dos últimas barras a la derecha indican la media de todo el curso, g=0,27.

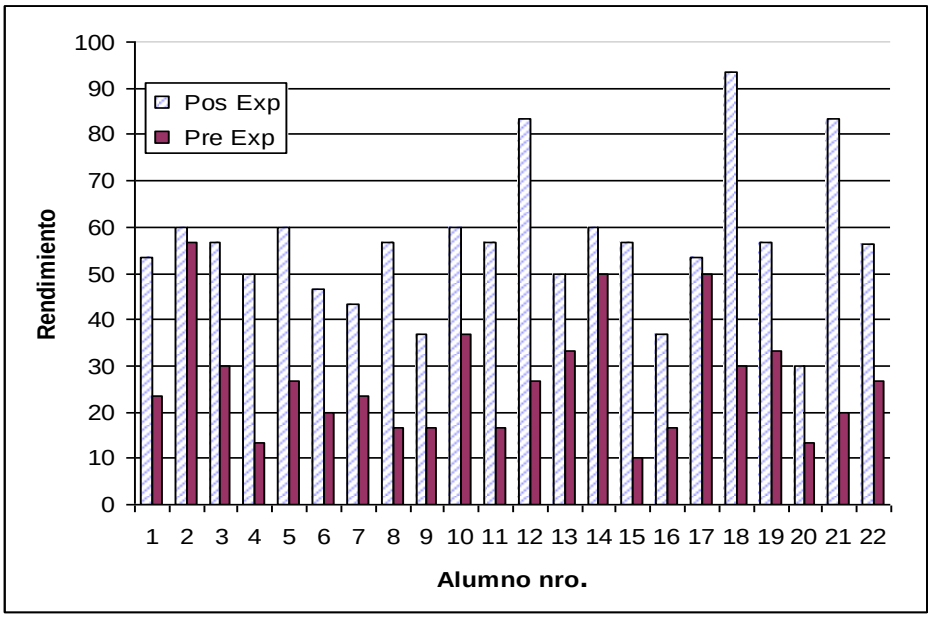


Figura 2: Rendimiento pre y post instrucción en el FCI, para cada alumno del grupo experimental G10. Las dos últimas barras a la derecha indican la media de todo el curso, g=0,40.

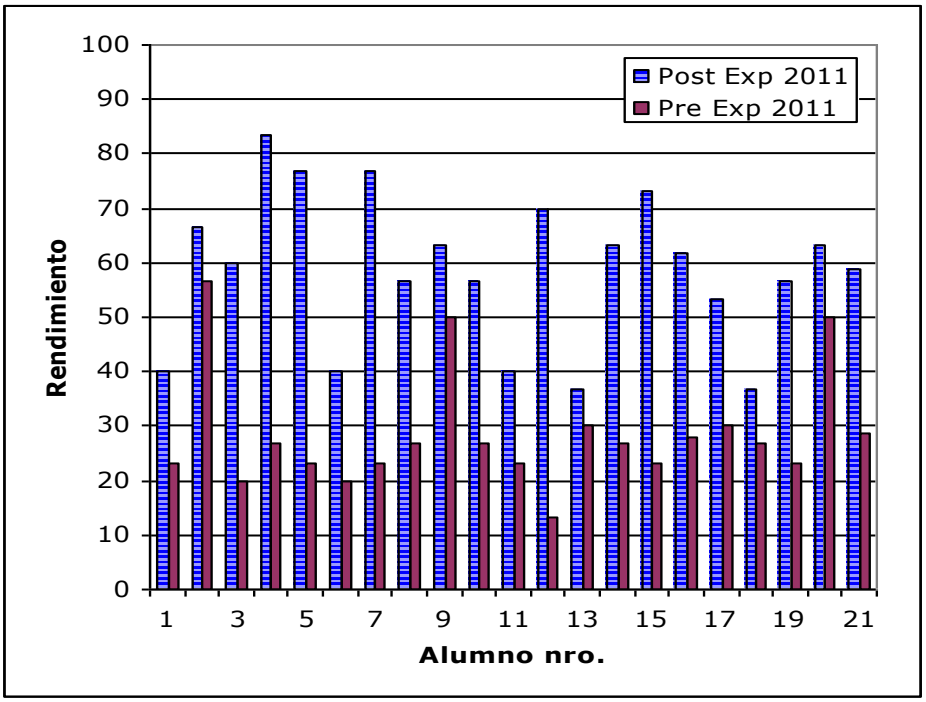


Figura 3: Rendimiento pre y post instrucción en el FCI, para cada alumno del grupo experimental G11. Las dos últimas barras a la derecha indican la media de todo el curso, g=0,42.

De acuerdo a Hestenes et al. (1992), puntajes obtenidos entre 60 y 80%, y más de 80% indican un conocimiento básico y un conocimiento acabado del marco newtoniano Las Figuras 2 y 3 muestran los resultados por alumno de los grupos experimentales G10 y G11, indicando visualmente que el mejoramiento y los aprendizajes logrados por estos cursos están distribuidos en casi todo el grupo, con un 33% de los estudiantes con puntajes iguales o superiores al 60% en la G10 y con un 55% de los alumnos en el G11 frente al 12% en el grupo control (Figuras 1, 2 y 3). En la Figura 4 y para una mejor graficación de los resultados, se presenta la distribución de estudiantes por cuartil de rendimiento en los tres cursos: control y experimentales G10 y G11. Se observa claramente la diferencia entre los tres grupos, con la mayoría de los estudiantes del grupo control en los cuartiles de más bajo rendimiento, mientras que en los grupos experimentales hay una mayoría en los dos grupos de mayor rendimiento.

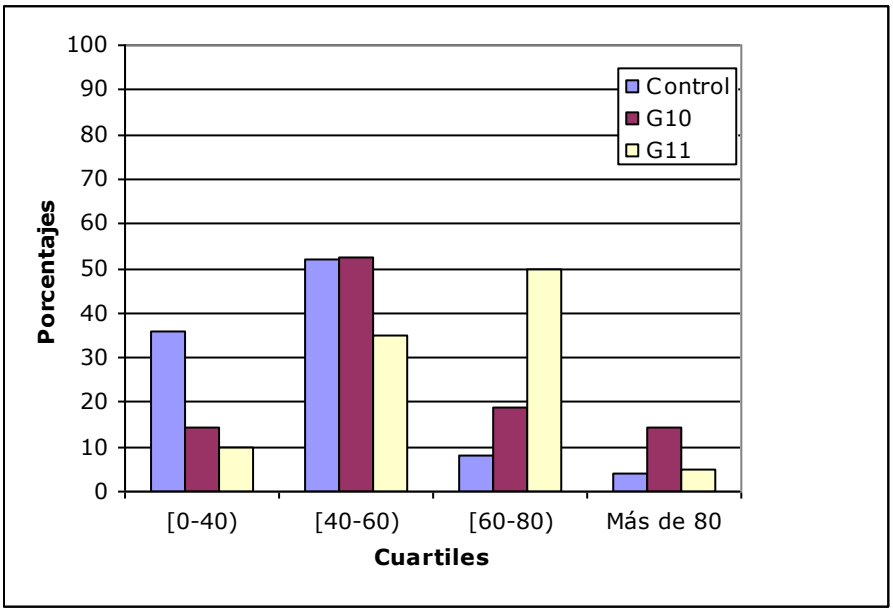


Figura 4: Agrupamiento (en %) de los estudiantes de los grupos control y experimentales 2010 (G10) y 2011 (G11).por cuartil de rendimiento en la prueba FCI luego de la instrucción.

CONCLUSIONES

En este trabajo se comunican los resultados obtenidos de la aplicación de estrategias de aprendizaje activo en el primer curso de física para alumnos de ingeniería que no habían aprobado la asignatura en el tiempo normal de cursado. Para ello, se realizó una experiencia de comparación de grupos para determinar la efectividad de las estrategias de enseñanza: Tutoriales para Física Introductoria y Clases Interactivas Demostrativas. En lo referente a recursos humanos y materiales para su implementación didáctica, es destacable que Tutoriales solo requiere un adecuado entrenamiento del/los docentes y una relación de alrededor de 20 alumnos por docente, similar a lo recomendado para las sesiones de laboratorio y problemas. Las Clases Interactivas Demostrativas, por su parte, requieren de un equipo de toma de datos on line, una interfase para la computadora y un equipo de proyección, además del equipamiento necesario para cada demostración a realizar por el docente.

Existen dos aspectos importantes para rescatar de esta investigación: por un lado el relacionado a la retención de estudiantes en los primeros cursos de la universidad y por otro, del aprendizaje conceptual logrado en los estudiantes. En relación a la retención, los resultados señalan que el 80% de los estudiantes obtuvo la regularidad en Física I cuando se utilizaron para el desarrollo de la asignatura en el cursado continuo métodos activos de enseñanza (grupo experimental 2010) y un 91% en el Grupo experimental 2011 frente al 20% (2007), 33 % (2008), 27% (2009) que utilizaron métodos tradiciones de enseñanza. En relación al aprendizaje alcanzado por los estudiantes que participaron en esta experiencia se puede afirmar que el mejoramiento y los aprendizajes logrados por estos cursos están distribuidos en casi todo el grupo (Figura 2 y 3).

Los resultados obtenidos y las condiciones relativamente simples para implementar, sugieren fuertemente que la instrucción mediante Tutoriales junto con las CID es más eficientes y que deberían ser tenidas en cuenta como una eficaz alternativa en la búsqueda de soluciones para paliar el rezago y abandono en los primeros cursos de Física en la universidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benegas, J (2007). Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol.1, No. 1, 38 http://www.journal.lapen.org.mx

Benegas, J.; Villegas, M.; Pérez de Landazábal, M.; Otero, J. (2009). Conocimiento conceptual de física básica en ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería en cinco universidades de España, Argentina y Chile. *Revista Iberoamericana de Física*, 35(1), p.p.35-43.

Carretero, M. (1998).*Constructivismo y educación*. Buenos Aires: Aique.

FOMEC (1995). "Documento de trabajo sobre la enseñanza de la Física en las universidades". Buenos Aires, Argentina, Ministerio de Educación de la Nación.

Furió Más, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*. *Enseñanza de las Ciencias Experimentales*, n.º 7.

Guisasola, J., Zubimendi, J. L., Almudí, J. M. y Ceberio, M. (2007). Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de física en la universidad, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados*. Enseñanza de las Ciencias* 25(1), 91–106.

Hake, R. (1998). Interactive engagement vs. traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics. *Am. J. Phys*. 66(1), 64-74.

Hestenes, D.; Wells, M. y Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30, p141-158.

Laws, P. (1991). Calculus-based physics without lectures. *Physics Today* 44:12, 24-31.

McDermott L. (1993). Guest comment: How we teach and how students learn: Amismatch" *Am. J. of Phys*. 61, p.295-298.

McDermott L. y Redish, E. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research, *Am. J. Phys*. 67(9) 755-767

McDermott, Lilian; Shaffer, Peter. (2001). "Tutoriales en Física Introductoria", Prentice Hall. Buenos Aires.

Pozo Municio, J. I. (1998). *Aprendices y maestros.* Madrid: Ed. Alianza,

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.* Madrid: Ed. Morata.

Sokoloff, D. y Thornton, R. (2004). *Interactive Lecture Demostrations*. NJ Wiley Hoboken,.

Thornton, R.; Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using real-time, microcomputer-based laboratory tools. *Am. J. Phys* 58, pp. 858-867.

EXPERIENCIAS "QUE FALLAN" REPARAN HUECOS CONCEPTUALES

Fernando Weber[1], Fabiana Prodanoff[1], Lía M. Zerbino[1,2] y Nieves N. Baade[1]

[1] EMEIPACiBa, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional; [2] Facultad de Ingeniería. UNLP. CIOp. CONICET-CICBA.

e-mail: lzerbino@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

Desde hace años nuestro grupo investiga y genera desarrollos para implementar en la universidad diferentes estrategias didácticas tendientes a generar competencias mediante la incorporación de material multimedia, laboratorios activos que utilizan las NTIC'S, e integrando los espacios áulicos de teoría, práctica y laboratorios. Parte de la tarea consiste en el diseño de experiencias sencillas que utilizan sea material de bajo costo y fácil accesibilidad sea los equipos de reciente adquisición por el proyecto PROMEI. Intentando lograr la integración y compromiso de los docentes auxiliares en la utilización de las nuevas metodologías hemos ensayado estrategias, tendientes a revalorizar la experimentación como motivadora, guía y sustento de los conocimientos y competencias que se desean generar. Así identificamos varias de las posibles causas que limitan la efectiva incorporación del laboratorio a las clases teórico-prácticas. Algunas parecen originarse en huecos conceptuales básicos que pueden detectarse y superarse justamente mediante la experimentación asistida por el profesor. Presentamos y comentamos un ejemplo de experimentación en óptica que permitió identificar y superar esos huecos, logrando no sólo que los docentes consigan "hacer andar las experiencias", sino también identificar las verdaderas causas de sus previos fracasos y, a partir de ello, propongan y elaboren nuevas y diferentes maneras de encarar el tema con los estudiantes.

Palabras claves: Óptica Geométrica, difusión de la luz, perfeccionamiento docente, competencias experimentales.

ABSTRACT

For years our working group researches and generates educational developments in the university context in order to implement different teaching strategies designed to build skills by incorporating multimedia, active laboratories using NTIC'S, and integrating classroom spaces for theory, practice and laboratories. Part of the task is to design simple experiments using both low cost and easy accessibility material, and the newly acquired equipment for the PROMEI project. Trying to achieve integration and commitment of teaching assistants in the use of new methodologies, we have tested strategies designed to reassess the experiment as a motivator, guide, and sustain for the targeted knowledge and skills. So we have identified some possible causes that limit the effective incorporation of laboratory space with theory and practice classes. Some seem to originate from basic conceptual gaps that can be detected and overcome just by experimentation assisted by the teacher. We present and discuss an example of experimentation in optics that allowed us to identify and overcome these gaps, as a result we not only got "experiments that work" but also were allowed to identify the real causes of their previous failures and, on this basis, propose and develop new and different ways to approach the subject with students.

Keywords: Geometrical optics, light scattering, teacher training, experimental skills.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años nuestro grupo investiga y genera desarrollos para la implementación en la universidad de diferentes estrategias didácticas tendientes a generar competencias mediante la incorporación de material multimedia, laboratorios activos que utilizan las NTIC'S, e integrando los espacios áulicos de teoría, práctica y laboratorios. Parte de la tarea consiste en el diseño y realización de experiencias sencillas, desarrollando estrategias experimentales destinadas a que docentes y estudiantes se involucren en forma conjunta tanto en los diseños como en las discusiones con el fin de revisar y profundizar conceptos previos, adquirir y afianzar nuevos conceptos (Baade et al., 2006 y Zerbino et al., 2010).

Las experiencias "reales" involucran, aún con diferentes pesos, más de un fenómeno físico, y no siempre las Guías de Laboratorio pautadas como "recetas" describen todos los detalles y condiciones del experimento. Por ello los docentes deben conocer y dominar los contenidos involucrados de manera de identificar las variables fundamentales para el fenómeno que se desea resaltar y encontrar las condiciones en que esto sucede.

Mucho se ha escrito sobre la importancia de la experimentación en el proceso de aprendizaje de las ciencias (Flores et al., 2009) y la necesidad de plantear los trabajos de laboratorio de manera de reorientarlos para desarrollar la curiosidad, incentivar la discusión y la reflexión, permitir la elaboración de hipótesis y el análisis crítico de los resultados (Carrascosa et al., 2006). También muchas veces se comentó sobre la pobre presencia efectiva de los mismos en los cursos que se dictan en nuestras aulas. Generalmente se intenta justificar este hecho haciendo referencia a la disminución de los tiempos áulicos y la falta de equipamiento. Sin embargo, aún en estos últimos tiempos, en los que la incorporación de las NTIC´s, y de moderno instrumental de laboratorio adquirido a través de diferentes Programas para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias podrían haber resultado en un efectivo aumento de la proporción de experiencias incluidas en las clases, esa relación no parece haber cambiado sustancialmente. Este hecho pone en evidencia que probablemente existían y persisten otras razones para que nuestros docentes, aún conscientes de las posibilidades insustituibles de la experimentación, no la incluyan como parte fundamental de sus cursos. En este trabajo intentaremos mostrar o dar un ejemplo de que encarar un trabajo experimental de manera adecuada puede resultar un grave desafío para muchos docentes que no posean firmes y sólidos conocimientos tanto sobre el tema específico a tratar como sobre otros, a que pueden hacer referencia los estudiantes puestos en situación de observar, relacionar y pensar (Andres et al., 2006).

UNA EXPERIENCIA NO TAN SENCILLA

La formación de imágenes a través de una lente delgada convergente es un claro ejemplo de lo expresado anteriormente. Cuando se pregunta tanto a algunos docentes como a estudiantes si pueden explicar claramente cómo se determina gráficamente (mediante la "marcha de rayos") el plano imagen, para una lente convergente, no dudan en responder:

— *"A partir de un punto del objeto, se trazan a) un rayo de luz paralelo al eje de la lente, que se refracte pasando por el foco imagen; b) otro que pase por el centro de la lente, que no cambia su dirección al refractarse; y c) un tercero que pase por el foco objeto, que se refracte paralelo al eje de la lente: los tres rayos refractados se cruzan en un punto que pertenece al plano imagen"*

O, también

— *"Se hace uso de los rayos principales que se definen como: 1º Todo rayo incidente paralelo al eje principal, al refractarse a través de una lente convergente pasa por el foco imagen; 2º Todo rayo incidente que pasa por el foco objeto, al refractarse a través de una lente convergente, emerge paralelo al eje principal; 3º Todo rayo incidente que pasa por el centro óptico de la lente, emerge sin desviarse. El punto en que se cruzan es un punto del plano imagen."*

Aceptable descripción del "cómo" determinar un punto de ese plano, pero resulta poco probable que quien/es enuncie/n esas respuestas entienda/n el concepto de plano imagen, al menos en los límites de la aproximación de la óptica geométrica (teoría escalar, rayos paraxiales). En lo que sigue mostraremos que los "huecos" que esto conlleva se ponen en evidencia frente al desafío de realizar un montaje para encontrar experimentalmente la posición de ese plano.

Para investigar esta situación se invitó a los docentes auxiliares a responder a ese desafío, realizando la experiencia, con los elementos de un equipo de óptica de los que se cuenta en el laboratorio para uso de los estudiantes. Presentamos los resultados como estudio de caso.

Uno de los docentes auxiliares descargó de internet la guía para una experiencia de este tipo, utilizando un equipo similar al que se disponía[1]. En esa guía se indicaba que se debían colocar montados sobre el riel, y en el siguiente orden: una fuente de luz, luego el objeto (diapositiva), la lente, y una pantalla donde se pudiese observar la imagen (ver Fig. 1).

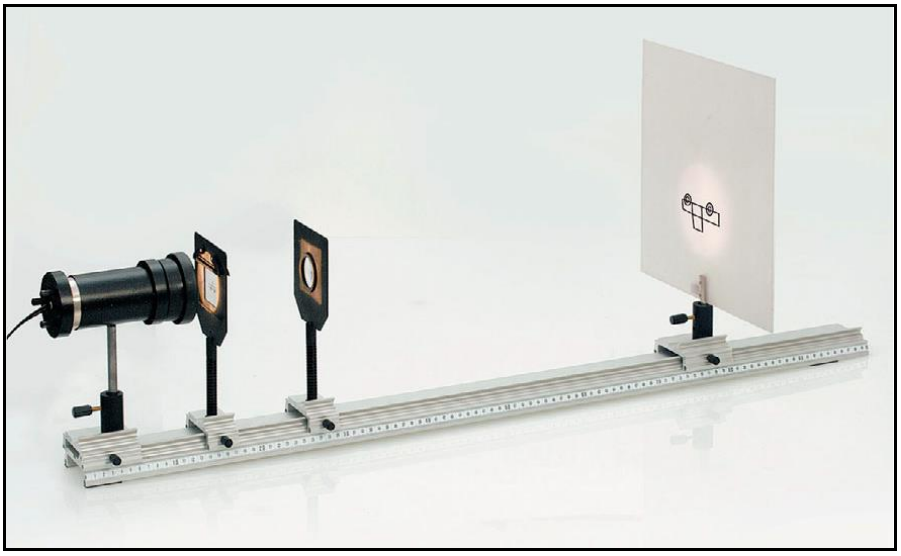


Figura 1: Ilustración de la experiencia presentada en el Manual de Leybold.

La guía indicaba que se debía mover la pantalla hasta obtener una "imagen nítida".

A partir de esa información los docentes auxiliares dispusieron el montaje que se muestra en la Figura 2.

Los auxiliares colocaron el objeto a 8 cm de la lente. Encendiendo la lámpara y moviendo la pantalla se observó que a ninguna distancia se podía obtener tal "imagen nítida", o que ninguna imagen parecía ser más nítida que otra, además de observarse que "*las imágenes sobre la pantalla aparecen deformadas*". En la Figura 2 consignamos la respuesta del sistema para las diferentes posiciones de la pantalla medidas respecto de la lente. Los docentes se preguntaban qué estaba pasando: *"¿Cuál es la imagen? ¿Hay imagen? ¿Dónde? ¿Hay muchas imágenes? ¿La lente está funcionando como lente? ¿¡La experiencia falla!?"* Probando con diferentes distancias objeto-lente siempre mayores que 5 cm, persistía esta situación.

[1] Manual Leybold. Version on-line: http://www.ld-didactic.de/literatur/s1/s/d5/d5434_s.pdf

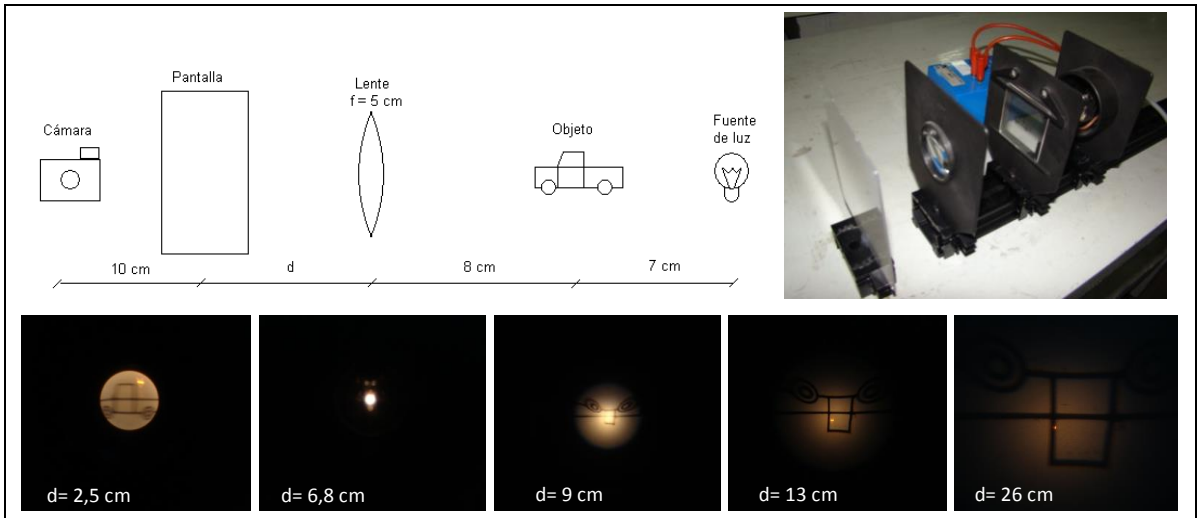


Figura 2: La experiencia montada por los auxiliares y las respuestas obtenidas sobre la pantalla al variar la distancia ***d*** (pantalla-lente). *"¿Cuál es la imagen? ¿Hay imagen? ¿Dónde? ¿Por qué la imagen se deforma?"*

Primer incriminado: la fuente de luz

Sin pensar demasiado, y sólo comparando el montaje experimental realizado en el laboratorio con el propuesto por la guía (ver Figs. 1 y 2) los docentes creyeron identificar una primera falla: la fuente de luz de la experiencia que se quería reproducir tenía "un condensador esférico", cosa que no habían considerado al comenzar el armado de la experiencia. Como nuestras cajas de óptica no incluyen dicho elemento, fue necesario guiarlos para que averigüen qué es o a qué se llama "condensador esférico" y cuál es su efecto, debidamente colocado frente a la lámpara. Entre otros datos, se comentó sobre la "iluminación Köhler" (Ver Anexo), y las condiciones para lograrlo. De ese análisis surgió la idea de colocar una lente convergente de modo tal que la lámpara quedase justamente en el foco objeto de la lente, es decir, "colimar" el haz de iluminación, esperando obtener la tan ansiada "imagen nítida".

Sin embargo esto no fue así: Gracias a esta modificación se lograron obtener imágenes "*más o menos nítidas*" y con menos "*deformaciones*" (ver Fig.3), pero persistían las condiciones que generaron las preguntas originales: imposibilidad de seleccionar "el plano imagen", (los docentes no pudieron justificar que, ubicando la pantalla en la posición predicha por los cálculos teóricos, gráficos o analíticos, no se observara una diferencia notable "en nitidez" con respecto a lo obtenido en otras posiciones, que permitiera "*encontrar experimentalmente el plano imagen*"). Secundariamente, comenzaron a comprender el efecto de incorporar el condensador esférico (colimar el haz de iluminación) y ver que disminuían las "*deformaciones*" de "*las imágenes*".

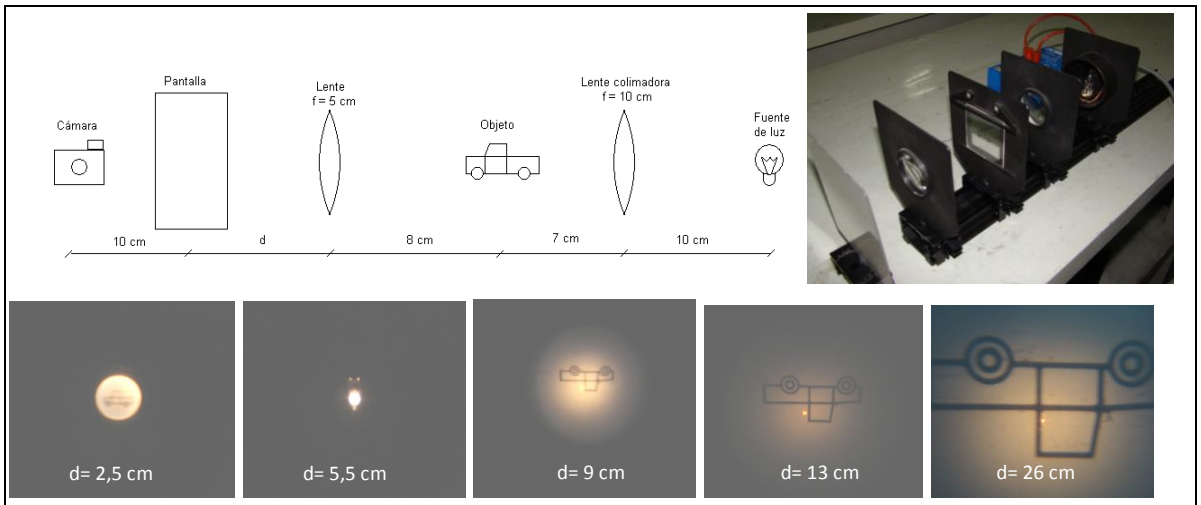


Figura 3: Las imágenes salian menos deformadas, pero sigue el problema de seleccionar cuál es la más nítida.

Un párrafo aparte merece la pregunta sobre "qué significa" "*funcionar como lente*". El hecho de que, independientemente de la posiciones objeto-lente se obtenían en alguna posición de la pantalla "*imágenes*" derechas y en otras "*imágenes*" invertidas, los desconcertaba. Se les preguntó por qué las llamaban imágenes a todas y cuál es el efecto esencial de intercalar una lente convergente. Se llegó al concepto de concentrador de luz, y de que el foco imagen es el lugar de esa concentración. Así se entendió que antes de pasar por el foco, la luz forma un cono que converge a él y luego diverge de él. Así aceptaron que "*en ese aspecto, la lente se comportaba como lente*". Con respecto a la cantidad de *"imágenes"* persistieron las dudas. Los auxiliares dijeron que "*esas imágenes*" "*no eran más que el cono de luz o de sombra de la diapositiva*" "*procesado por la lente*", y permitían en cierto modo seguir la trayectoria de rayos que salían de la lente. Dada una posición fija del objeto, por ejemplo, más alejada de la lente que el plano focal objeto (los cálculos predicen una imagen invertida y mayor que el objeto), se podía ver claramente que cuando la pantalla se colocaba más cerca de la lente que el plano focal imagen, la "*imagen*" sobre ella aparecía con la misma orientación que el objeto original (derecha), y que colocando la pantalla más allá del foco aparecía invertida, además del cambio de tamaño que también se pudo observar. La experiencia que supuestamente ilustraba la trayectoria de los rayos fue probada, redactada, y repetida. Claro que cuando se la repitió, eran varias y muy distintas las distancias en las que la imagen se veía "*más o menos nítida*" y los docentes encontraron que el margen de error con que podían encontrar experimentalmente la posición del plano imagen era inaceptable. "*La experiencia seguía fallando*". Además, la iluminación era "*pobre*", sobre todo cuando se colocaba la pantalla a la distancia en la que se esperaba encontrar "la imagen" (d=13 cm) y "*no uniforme"* ("*en todos los planos se ve un punto brillante proveniente de la fuente*"). Los auxiliares revisaron los detalles de la "iluminación Köhler" para mejorar ese aspecto (Ver Anexo I).

Una posible solución

Reflexionando a partir del análisis de la "*marcha de rayos*" los auxiliares entendieron que: *El plano en el que se forma la única llamada imagen es aquel en donde todos los rayos de luz que pasen por un punto del objeto se vuelven a encontrar aproximadamente en un punto* (aproximación de la óptica geométrica), *lo que no sólo involucra a los tres rayos principales, si no a cualquier otro dentro de la aproximación paraxial*".

Tratando de mejorar la experiencia, en cuanto a "iluminación" y a "nitidez de la imagen", los docentes auxiliares, revisando el contenido del equipo de óptica, encontraron que disponían de una fuente de iluminación con tres lámparas, y un objeto "*más sencillo*" consistente en una placa opaca en la que se había calado una flecha, y propusieron realizar en el montaje los cambios de fuente y objeto correspondientes y no incluir el colimador. Preguntados sobre qué esperaban obtener haciendo esos cambios, opinaron que:

- *Al haber tres lámparas esperaban encontrar más luz en la imagen, y, al ser el objeto opaco en una zona y calado en otra, esperaban una mejor definición de bordes a la distancia correspondiente al plano imagen.*

La sorpresa fue impactante, cuando obtuvieron los registros de la Figura 4.

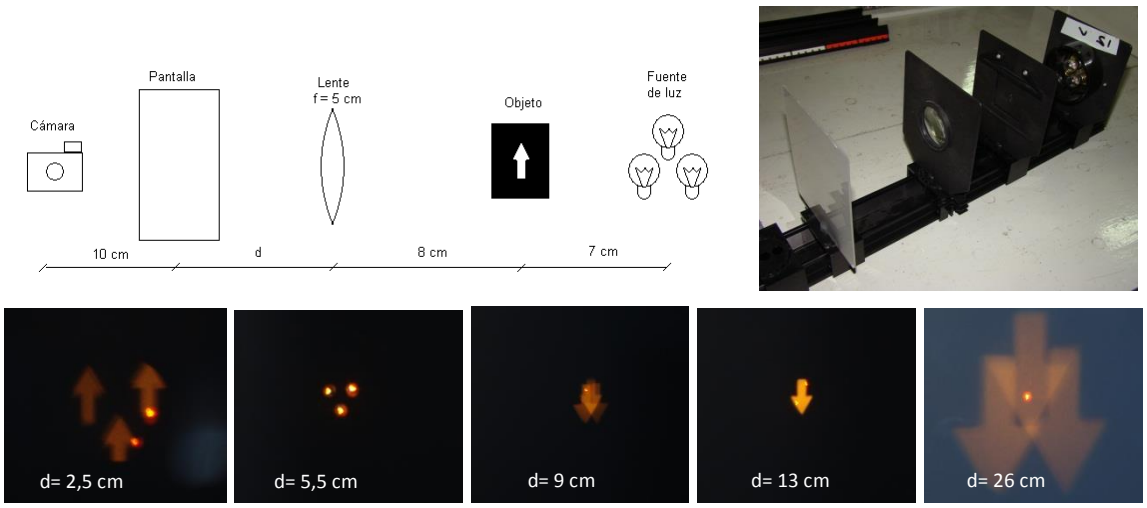


Figura 4: Le experiencia montada con tres lámparas. En el plano imagen se superponen las tres flechas.

— *¿Qué está pasando?*

Identificaron las sorpresas como sigue:

— *¿¡Hay tres imágenes!? Tres flechas…casi en todos lados….*

— *El único lugar donde aparece sólo una flecha es cuando la pantalla está ubicada a la distancia en la que habíamos calculado que está el plano imagen para esta posición del objeto.*

— *La encontramos,…. Pero ¿por qué?, ¿cómo?*

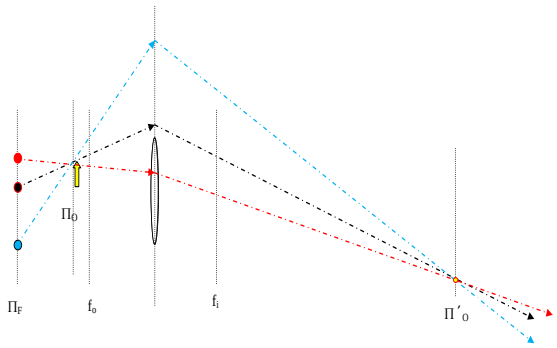


Figura 5. Razonamiento para encontrar la imagen del extremo de la flecha.

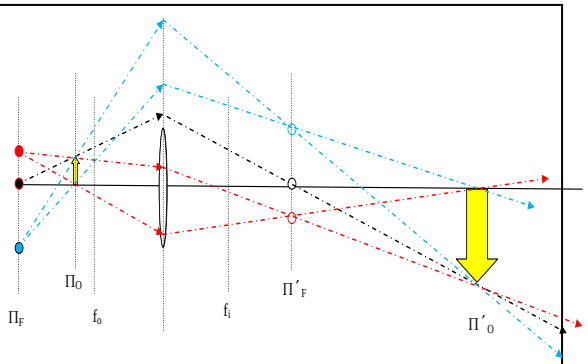
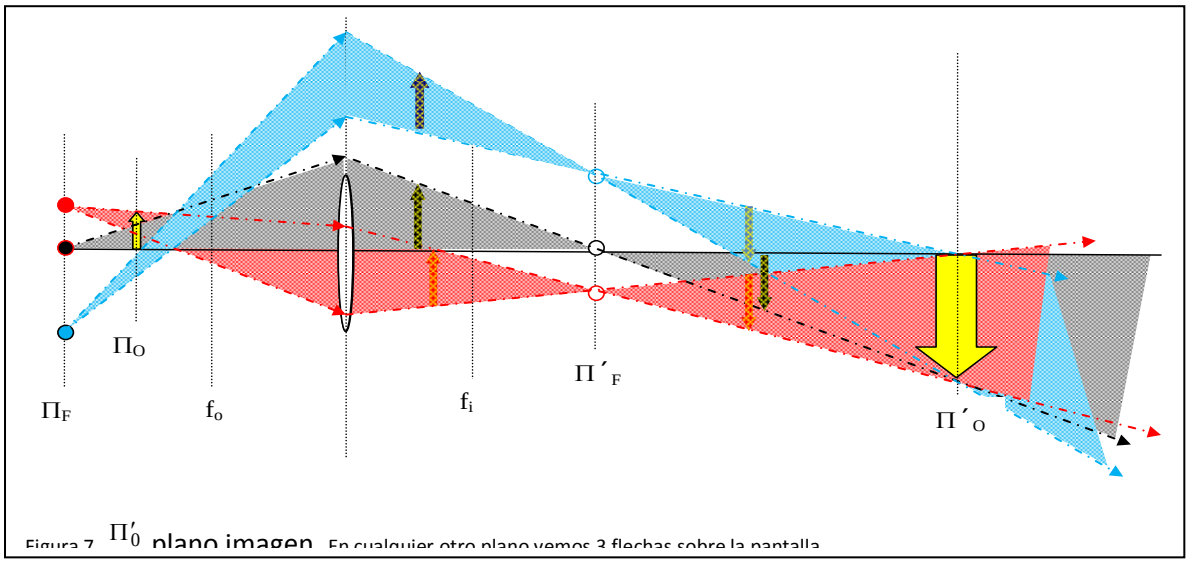


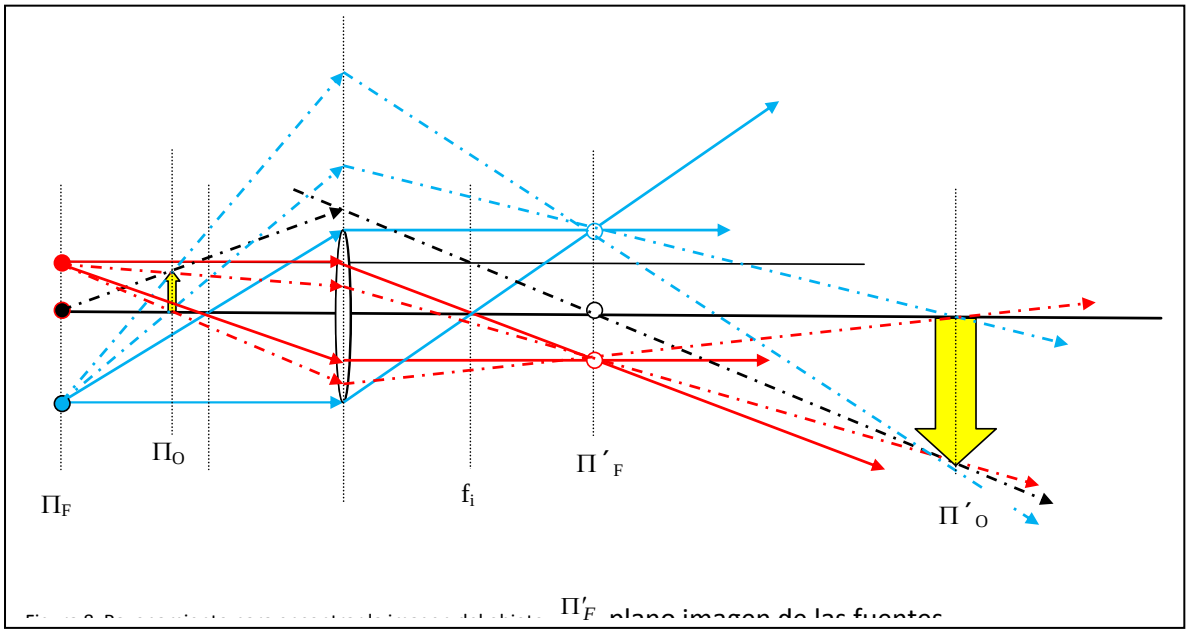
Figura 6. Razonamiento para encontrar la imagen del objeto.

Razonaron: *Si se tienen varias fuentes puntuales, y se considera un solo punto del objeto, va a haber una recta que pase por cada fuente y por el punto en cuestión; o dicho de otro modo, habrá un rayo de luz por fuente que ilumine ese punto del objeto. Al pasar por la lente, cada rayo de luz será refractado y el punto donde se vuelven a encontrar pertenecerá al plano imagen (Figura 5). Repitiendo la idea con cada punto del objeto se obtendrá la imagen (Fig. 6).*

En las gráficas que siguen, para la marcha de los rayos, se ha despreciado el tamaño finito de la lente y se identifican los planos focales f_0 y f_i, el plano objeto Π_0, el plano que contiene a la fuente con tres lámparas Π_F, y el plano imagen del objeto Π'_0. En la Figura 6, los vértices de los respectivos conos de luz provenientes de las tres lámparas se señalan con un círculo.



Al mismo tiempo, hemos podido entender por qué, colocando la pantalla en cualquier otro plano, tenemos tres "imágenes" de la flecha, que "viajan" por caminos distintos, que sólo convergen en el plano imagen de la flecha. (Figura 7).Allí se han dibujado los conos de luz provenientes de cada lámpara de la fuente luminosa y la "imágenes" que los docentes veían derechas o invertidas según dónde colocaban la pantalla.



En la Figura 8 se esquematiza en líneas continuas la marcha de dos rayos principales para cada lámpara, y en líneas de trazos los correspondientes rayos que contornean los extremos del objeto. Donde se cruzan todos los rayos provenientes de la misma lámpara estará la imagen de esa lámpara. Los rayos de trazos provenientes de cada lámpara que bordean los extremos del objeto luego de refractarse en la lente deben pasar por ese punto imagen de la lámpara antes de alcanzar el plano imagen del objeto. Donde se cruzan los rayos discontinuos provenientes de diferentes lámparas y que bordean al objeto en un punto estará la imagen de ese punto objeto. Hay un único plano donde esto sucede y ese es el único plano donde estará la imagen del objeto puesto en Π_0. Ese plano se llama conjugado de Π_0 y lo designamos con Π'_0.

Se pudo comprobar que, dentro de las incertezas experimentales se cumplían bastante bien la ecuación de lentes y la ley de formación de imágenes. Llamando d_0 a la distancia objeto-lente, d_i a la distancia lente-imagen, f a la distancia focal objeto, y h a las correspondientes alturas de objeto e imagen, las escribimos:

$$\frac{1}{d_0}+\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f} \qquad (1) \qquad \text{y} \qquad \frac{h_o}{d_o}=\frac{h_i}{d_i} \qquad (2)$$

— *¿Y con el objeto original? ¡Ahora pongamos el autito!.* Obtuvieron los resultados de la Figura 9.

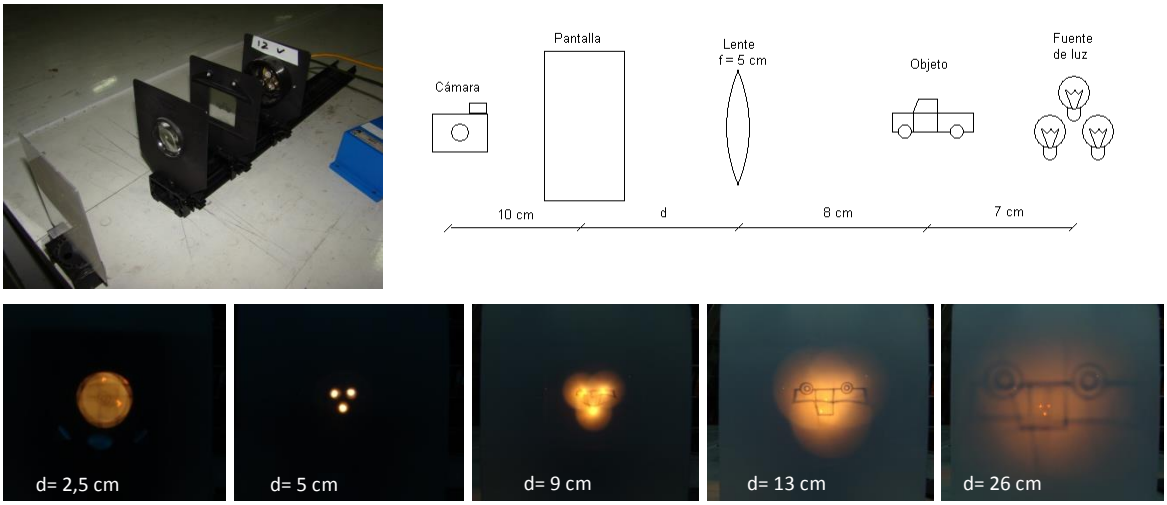


Figura 9: Con tres lámparas. Sin lente colimadora.

— *¡Qué mal se ve! La mejor posición es la que corresponde a la calculada, ¡pero es muy fea!*

— *Y si ponemos el colimador? Bueno, pero esta vez lo más cerca posible de la lente* (ver Anexo)

Y obtuvieron las imágenes de la Figura 10.

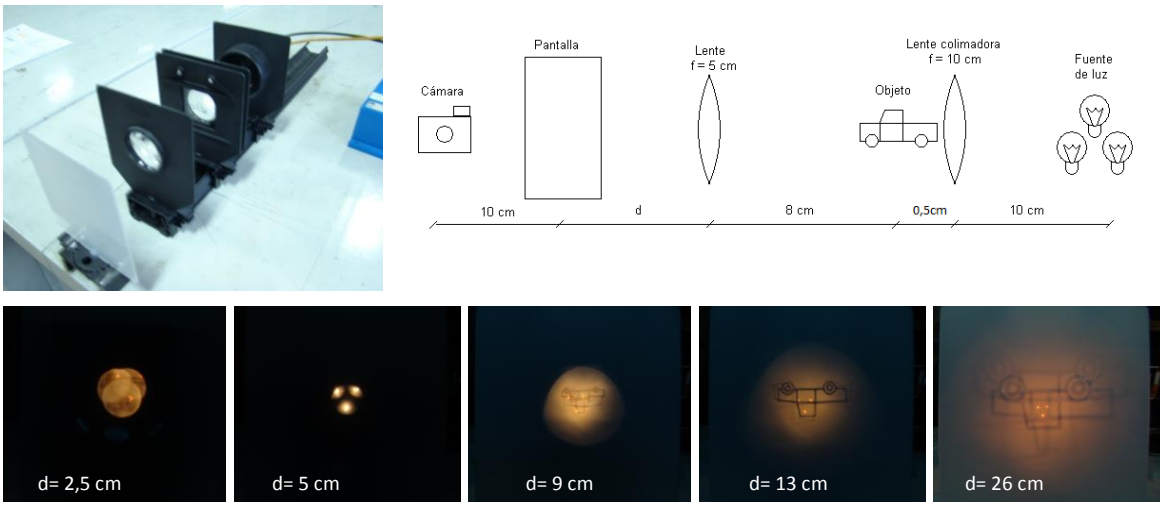


Figura 10: Con tres lámparas. Usando la lente colimadora.

— *Al final sigue fea… ¿y si volvemos al montaje con una sola lámpara pero con la lente colimadora pegadita al objeto?* Obtuvieron los registros de Figura 11.

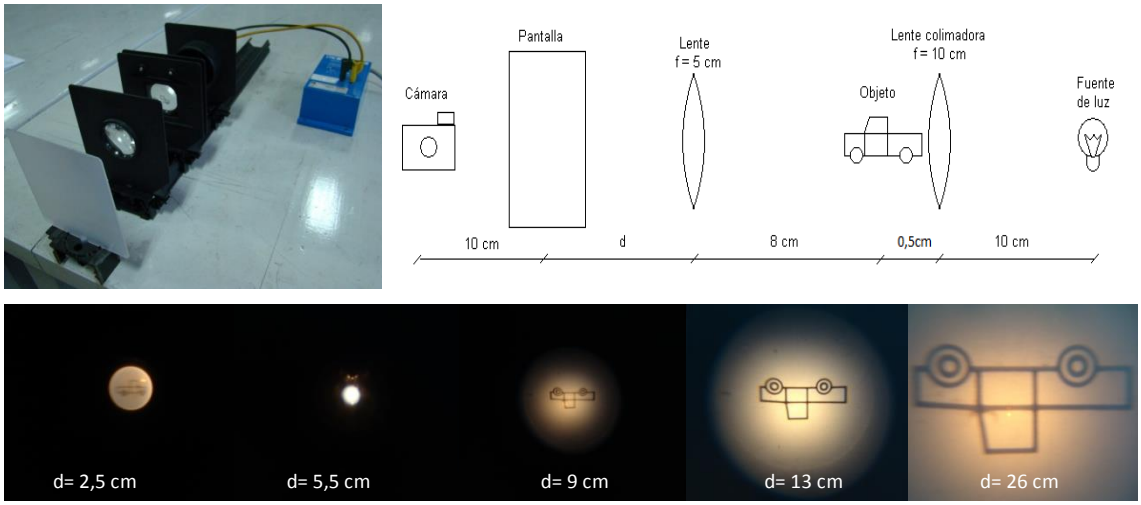


Figura 11: Con la lente colimadora "pegada" al objeto

— *¡Sí!, ¡muchísimo mejor!, la iluminación es más pareja, pero.. sin el cálculo de la distancia o la magnificación, ¿cómo podríamos decir que el plano imagen corresponde a d=13? ¿Por qué no podemos encontrar el plano imagen sin hacer los cálculos?*

La lente no es inteligente

— *"La lente no es inteligente y no sabe seleccionar qué queremos enfocar" fue una frase que dejó oír una docente y nos disparó hacia otra solución.*

Razonaron:

— *Al poner una fuente de luz detrás del objeto (diapositiva), a la lente no sólo está llegando la luz proveniente del objeto (la diapositiva), sino también la proveniente de la fuente (filamento) que pasa a través de la diapositiva. Es así que la distribución luminosa que se obtiene sobre la pantalla no es más que la suma de las producidas por el filamento y la diapositiva en cada plano en el que ubiquemos la pantalla.*

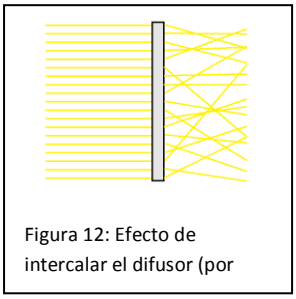


Figura 12: Efecto de intercalar el difusor (por

Se les propuso buscar una manera de "decirle" a la lente que estamos utilizando "qué queremos enfocar". Tratamos de iluminar el objeto, pero que "no pase a través de él" la información que proviene de la fuente. Tenemos que "romper" el "ordenamiento" que trae la luz de la fuente y que le "dice" a la lente "dónde está la fuente" y hace que la lente "fabrique" el plano imagen de la fuente (Π_F). Porque así para la lente hay dos planos objeto, el del objeto y el de la lámpara y los planos conjugados imagen correspondientes, Π'_0 y Π'_F . Tenemos que convertir al objeto en un "objeto luminoso", de manera que a la lente lleguen rayos como si emergieran del objeto, y que no le llegue información sobre dónde hemos colocado la fuente. Los auxiliares terminaron entendiendo que la otra opción es colocar un difusor por transmisión (es decir cualquier dispositivo que difunda, disperse la luz de manera de "tapar" los rayos que viene directamente de la fuente y hacer que parezcan provenir del objeto, por ejemplo una pantalla traslúcida pero nó transparente (ver figura 12) (en nuestro caso se usó un cuadrado de papel manteca). Los rayos de luz que lleguen al mismo, al atravesarlo, serán difundidos en todas direcciones. En otras palabras, la luz proveniente de la lámpara llega al difusor y cada punto de este actúa como si fuese una nueva fuente de luz puntual, difundiendo la luz en todas las direcciones, y "haciendo perder la información" sobre dónde está la lámpara.

— *La experiencia quedó finalmente montada del siguiente modo: la fuente de luz, el papel manteca pegado a la diapositiva, la lente, y finalmente la pantalla. Con esta solución tan simple se obtuvieron mejores resultados: una "imagen nítida", ubicando la pantalla a una distancia que, dentro de los márgenes de valores experimentales aceptables, puede predecirse mediante los cálculos, gráficos o analíticos, dentro de las aproximaciones de la óptica geométrica. El único error posible es que se puede confundir el punto en que se enfoca la placa difusora con el que se enfoca la diapositiva, razón por la cual se recomienda ponerlas unidas.*

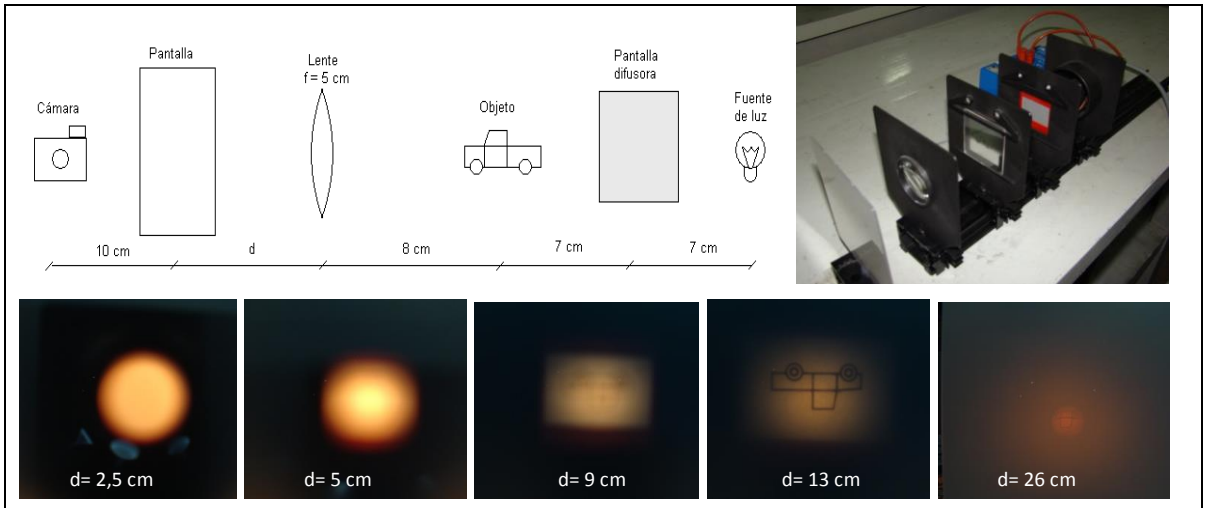


Figura 7: Utilizando el difusor se obtiene la imagen nítida a la distancia predicha por la teoría.

Los auxiliares encontraron por fin algo parecido a lo que esperaban

— *¡Ahora sí, se comporta como una lente! . Esto es lo que más se parece a lo que se nos representaba al dibujar la marcha de rayos al hacer los problemas, pero no esperábamos que en otros planos hubiera luz, ¡no nos habíamos preguntado eso!*

Conclusiones

Se pudo observar cómo un tema simple y "conocido por todos" condujo a sucesivos inconvenientes para llevar la teoría a la práctica. Muchas veces los conocimientos teóricos básicos, o la información planteada en los libros, son insuficientes para poder reproducir un fenómeno en el laboratorio. Debería replantearse entonces qué conocimientos impartir, y qué conocimientos debemos tener los docentes sobre cada tema a desarrollar.

Decía Adrián Paenza que la matemática es odiada porque no es aplicada a la vida real. La física es mucho más aplicable, mucho más tangible, y sin embargo suele caer bajo esa misma condena. ¿Por qué? ¿Somos también responsables de alejarla del mundo real, cuando lo que intenta es ser un modelo del mismo? ¿Estaremos aprendiendo también los docentes teoría de memoria, sin saber qué significa en la práctica?

Por otro lado este trabajo puede ayudar en el armado de otras experiencias de óptica y también a detectar y superar preconcepciones erróneas. La recomendación en este caso pasa por recordar que ni la lente, ni los instrumento del laboratorio (ni siquiera las computadoras) "piensan", y que las experiencias siempre "dan bien". Siempre "andan". Que si no encontramos los resultados que esperamos tendremos que revisar los modelos, conceptos y leyes que creemos se deben cumplir.

Con relación a los aprendizajes logrados se puede detallar:

- que montar una experiencia presenta vicisitudes y dificultades que sólo pueden ponerse de manifiesto en el momento de llevarla a la práctica,
- que es necesario discutir y encontrar las condiciones por las cuales los primeros intentos fueron infructuosos sin desanimarse ni claudicar,
- que en general una experiencia real involucra más de un fenómeno, además del que se desea observar, y es necesario encontrar las condiciones bajo las cuales se pone más en evidencia.

Las experiencias aquí planteadas serán expuestas ante estudiantes y podrán ser objeto de futuros trabajos en base a la respuesta de estos.

Respecto a los "huecos" que se detectaron, algunos corresponden a conceptos erróneos, y otros a desconocimiento del tema, por no tratarse en los cursos.

- Pensar que sólo en el plano imagen hay información sobre el objeto. No tener en cuenta la propagación de la luz entre el plano objeto y el plano de observación, llevando esa información por el espacio y "organizándola" en la forma que llamamos "imagen" en el plano correspondiente.
- Pensar que el camino de los rayos principales es el único camino posible para la luz. Este concepto erróneo es el mismo que se ha detectado y estudiado en el ejercicio consistente en cubrir la mitad de una lente y verificar si se forma la mitad de la imagen (Viennot y Colin 2004; McDermott, 2003). Suele ser difícil de imaginar la solución porque probablemente alguno de los rayos principales utilizados para formar la imagen según la marcha de rayos "choque" con la parte de la lente cubierta, y la respuesta generalizada seria que se forma la mitad de la imagen. La respuesta "ilógica" pero correcta es que se forma la imagen completa, ya que de todos los rayos de luz que pasan por un punto, algunos llegaran a la parte de la lente cubierta y otros a la descubierta, y estos últimos se volverán a juntar en el plano imagen, obteniendo una imagen completa (aunque con menos luz). El explicar la formación de imágenes limitándola al trazado de tres rayos de luz termina por limitar la idea de plano imagen a esos tres rayos, olvidando que existen infinitos rayos de luz que salen de cada punto objeto y que son los que, luego de pasar por la lente, se reencuentran en el plano imagen para forma la imagen propiamente dicha.
- Pensar que trazando sólo los rayos principales para un punto se puede encontrar la imagen completa del objeto, sin aplicar el mismo razonamiento para ambos extremos de la imagen. El caso conocido de que a los estudiantes les parezca que no pueden hallar gráficamente la imagen de un punto fuente colocado en cualquier lugar del eje de la lente.

- Pensar que una vez que los rayos se cruzan se forma allí la imagen y la luz no sigue. Sorpresa al encontrar los puntos luminosos provenientes de la fuente de iluminación más allá del plano imagen de la fuente.
- Desconocimiento de la difusión de la luz, y sus aplicaciones prácticas. Desestimación total de la misma para explicar las cosas que vemos y cómo las vemos.
- No tener en cuenta que si el objeto no es luminoso, será necesario iluminarlo (las antiguas experiencias con velas no presentaban ese problema). La marcha de rayos que se enseña suponiendo objetos luminosos elude el problema de la iluminación del objeto sea por transmisión o por reflexión (objetos opacos, reflexión difusa), lleva al experimentador novato a colocar la fuente de luz para iluminarlo, sin tener en cuenta que será como otro objeto para la lente.

REFERENCIAS

Andres Z., Ma. Maite; Pesa, Marta A.; Moreira, Marco Antonio (2006). El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de campos conceptuales. *Ciência & Educação (Bauru),* vol. 12, núm. 2, pp. 129-142.

Baade, N.N.; Prodanoff, F.; Del Zotto; R. (2006). Intentando generar competencias a través de una clase teórico experimental. *Experiencias docentes en ingeniería. Desde el ingreso a la práctica profesional supervisada.* Editor Selva Soledad Rivera & Jorge E. Núñez Mc Leod. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Tomo I, 49-55.

Carrascosa, J.; Gil Pérez, D.; Vilches, A.; Valdés, P. (2006). Papel de la Actividad Experimental en la Educación Científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 2: p. 157-181.

Flores,J.; Caballero Sahelices,M.C.; Moreira, M.A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación* N6. Vol 33 Septiembre-Diciembre.

McDermott, L.C. "Improving student learning in science," LTSN (Learning and Teacher Support Network) *Physical Science News* 4 (2) pp. 6-10. United Kingdom: University of Liverpool (2003).

Viennot, Laurence and Colin, P. (2004) Using two models in optics: Students' difficulties and suggestions for teaching. *American Journal of Physics*: Volume 69, Issue S1, Pages S36-S44.

Zerbino, L. M.; Baade, N. N.; Prodanoff, F.; Devece, E.; Del Zotto, R.; Atilio, G. 2010. "Estrategias didácticas integradoras utilizando NTIC´S". *Congreso Mundial y Exposición INGENIERIA 2010 – y CAEDI 2010.* Buenos Aires, Argentina. Trabajo completo: Nº 156 http://www.ingenieria2010-argentina.info/programa/programaExtendido.php?sala_=20&dia_=13.

Anexo I

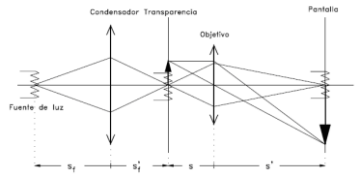
Buscando información sobre qué es y para que sirve un condensador esférico, los auxiliares **encontraron en**: *www.ub.edu/javaoptics/teoria/textguia_es.pdf*

Sistemas de iluminación de proyectores

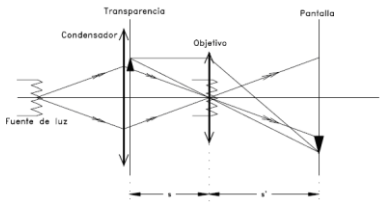
Los proyectores constan de un objetivo (sistema de lentes convergente), que proyecta una transparencia sobre una pantalla. Normalmente interesa que el aumento lateral sea grande. El problema en los proyectores es conseguir que la transparencia esté uniformemente iluminada.

Una posibilidad consiste en utilizar una bombilla y, mediante una lente denominada *condensador*, proyectar el filamento de la bombilla sobre la transparencia. En este sistema de iluminación, denominado *iluminación critica*, el filamento aparece sobre la pantalla, la iluminación es poco uniforme y las zonas de la transparencia que son iluminadas directamente por la bombilla pueden deteriorarse como consecuencia de la temperatura.

El sistema de *iluminación Köhler* consiste en formar la imagen del filamento sobre el objetivo con la ayuda de la lente condensadora. La transparencia se coloca junto al condensador. Así, el filamento no se proyecta sobre la pantalla y la transparencia recibe una luz mas uniforme.



Sistema de iluminación crítica



Sistema de iluminación Köhler

Además en La luz en la naturaleza y en el laboratorio. Ana María Cetto. Editor: Fondo de Cultura Económica. México 1996. Sexta reimpresión. ISBN 968-16-2565-X, encontraron:

"En la construcción de los instrumentos ópticos más finos generalmente se utilizan complejas combinaciones de lentes, colocadas sucesivamente, de manera que una lente corrija los defectos ópticos producidos por la otra parte y a la vez se vaya logrando el efecto final deseado: una determinada amplificación de la imagen, con cierta profundidad de foco, o cierta distancia entre objetos e instrumento, o determinadas condiciones de iluminación, etc. En la figura 8 se presenta una combinación de lentes relativamente sencilla que sirve de base para un proyector de transparencias o películas, y se ilustra esquemáticamente la formación de la imagen. Un sistema óptico muy similar sirve para la amplificación de fotografías, salvo que en este caso se proyecta verticalmente la imagen ampliada sobre una placa de material sensible."

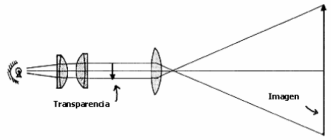


Figura 8. Esquema de un proyector de transparencia. Las lentes condensadoras (izquierda sirven para colimar el haz de luz; la lente proyectora (derecha) desvía la luz que ha pasado por la transparencia, para producir una imagen ampliada (que es real e invertida).

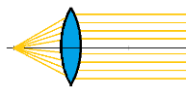
La luz en la naturaleza y en el laboratorio. Ana María Cetto. Editor: Fondo de Cultura Económica. México 1996. Sexta reimpresión. ISBN

También encontraron en Internet esta referencia histórica y una Definición:

En el año 1893, el profesor August Köhler propuso un método de iluminación para optimizar la observación microscópica y la microfotografía, que permite aprovechar al máximo las capacidades de las lentes (objetivos) iluminando la muestra en estudio con un campo de luz uniforme cuyo diámetro sea igual al del área de captura del objetivo. Los microscopios modernos están diseñados en base a ese método.

DEFINICIÓN: Sistema Köhler

Una técnica para iluminar uniformemente al espécimen desde una fuente de iluminación no uniforme (por ejemplo, el filamento enrollado de una lámpara).


Representación gráfica del efecto de agregar la lente colimadora.

Y llegaron a hacer el siguiente análisis:

Una posibilidad para disminuir la evidencia de la superposición de la imagen de la lámpara en ese plano, es "llevarla al infinito", esto es alejarla tanto como para que todos los rayos de que salgan de la lámpara y atraviesen el objeto sean paralelos. Obviamente el alejar efectivamente la fuente de luz trae aparejado que llegue menos luz al objeto. Sin embargo, mediante una lente convergente, colocando la fuente de luz en el plano objeto de la lente, conseguiremos que los rayos que emerjan de esa primera lente sean paralelos, de modo que su imagen se formaría en el infinito. En realidad al pasar por la segunda lente la imagen se forma en el foco imagen de esta última, y por lo tanto no afecta tanto la distribución luminosa que se obtiene en el plano imagen del objeto. Eso es lo que llamamos "colimar" la luz de la fuente. Así entendimos el efecto que produce introducir la lente condensadora que estaba en el montaje propuesto en la Guía de Leybold. Posteriormente prestaron atención al hecho de que el Sistema Köhler también indica la conveniencia de colocar el objeto inmediatamente junto a la lente condensadora o colimadora, que en su caso se limitó solamente a una lente delgada.

ORIENTANDO EL APRENDIZAJE AL DESARROLLO DE DESTREZAS Y HABILIDADES TECNOLÓGICAS[1]

L. M. Zerbino[1,2], F. Prodanoff[1], N. N. Baade[1], F. D. Alustiza[1], J. Stei[1]

[1] EMEIPACiBa, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional; [2] Optimo. Facultad de Ingeniería. UNLP y CIOp. CONICET-CICBA.

lzerbino@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

Se discuten los lineamientos de una experiencia de laboratorio propuesta y desarrollada por alumnos de Física de la UTN (FRLP), cuyo eje es la motivación y autodeterminación para su realización y que culmina en la adquisición y profundización de conocimientos, competencias y repaso de contenidos sobre un tema tratado previamente. Por iniciativa propia los alumnos realizaron la experiencia y la cátedra actuó como tutora. En este proceso abarcativo la participación activa del alumno para explicar lo observado utilizando conceptos adquiridos, permite evaluar el aprendizaje significativo. El fenómeno físico fundamental es "Reflexión Interna Total". La metodología utilizada estimuló la curiosidad sobre detalles de diseño que no están presentes cuando se realiza un trabajo de laboratorio tradicional y contribuyó a desarrollar habilidades para resolver problemas y necesidades tecnológicas que trascienden las fronteras del aula. Se describen los aspectos más importantes de la evolución del grupo respecto a la interpretación de las observaciones, y cómo la guía del docente, planteando enigmas, confrontando resultados e ideas y sinopsis, permite, además, desarrollar el sentido crítico y las destrezas experimentales, en una experiencia considerada a priori "muy sencilla" por los alumnos. Se pone en evidencia la importancia de la experimentación real y concreta como complemento insustituible en la enseñanza de las ciencias naturales.

Palabras clave: Reflexión total, preconceptos, experiencia evaluadora, laboratorio libre, habilidades experimentales.

ABSTRACT

The tendencies of a laboratory experience suggested and developed by students of a Physics Professorship of the UTN (FRLP) are discussed. Its vehicle is the motivation and self-determination for its development which ends up in the acquisition and the deepening of knowledge, abilities and skills as well as a revision of content based on previous topics. In the experience, it was the students themselves, as a result of their own initiative, who carried out the experience while the professors acted as tutors. This comprehensive process requires active student participation to explain what has been observed in the laboratory, using the concepts, to acquire significant learning. The procedure, lined at the beginning, then enables the spontaneous evolution of the students. The main physical phenomenon is that of the 'Total Internal Reflection´. The spontaneous suggestion aroused the students' curiosity on aspects concerned in the carrying out of the experience, which are not evidenced in a traditiomal laboratory work. This factor helps us develop abilities and skills in research to solve problems and technological needs which go beyond the class. The main aspects of the party's progress, as regards the interpretation of observations and the instructions of the professor, built on bases of setting out enigma, resulting confrontations and ideas and summaries are described. At the same time, enable us to assess meaningful learning and to develop a critical sense and abilities and skills from an experience considered a priori as 'very simple' by students. This case is a clear evidence of the importance of real and concrete experimentation as an unavoidable complement in the learning of the natural sciences.

Key concepts: Total Reflection, pre-concepts, testing experience, free laboratory, experimental abilities

INTRODUCCIÓN

[1] Parte de este trabajo fue presentado como comunicación oral en el II Congreso Internacional de Educación en Ciencias y Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNCa. Catamarca. Argentina. Junio 2011

La experiencia que se comunica fue pensada dentro del contexto del trabajo abarcativo que involucra el nuevo rol del profesor como mediador (Mérida, 2006); (Baade, 2008), en un proceso de enseñanza y aprendizaje que se centra en el alumno, provocando que su participación sea más activa que la de un simple espectador. El rol del docente ha cambiado: se corre del centro de la escena para ser acompañante del alumno y poder facilitarle las herramientas necesarias para que adquiera conocimientos (Zerbino, 2010).

En este marco se pretende observar cómo los alumnos, a partir de una dada consigna, con la simple guía del docente, ponen en juego su iniciativa para mejorar el montaje experimental y sortear las dificultades inherentes al momento de la ejecución práctica, logran reconocer los fenómenos involucrados y fundamentar utilizando los conocimientos adquiridos, para finalmente profundizar los conceptos subyacentes y afianzarlos.

Con estas reglas de juego los alumnos deben "pensar por sí mismos", desarrollar sus competencias, y construir, guiados por el docente, una sinopsis que integre conocimientos previos y los complete con otros nuevos, resultando en un progreso significativo de su aprendizaje.

En las teorías actuales del aprendizaje interesa todo: el estímulo, el proceso y la respuesta. El alumno tiene conocimientos previos y debe estar motivado para adquirir otros nuevos. (Sosa Sánchez-Cortés, 2005)

Para la formación profesional los alumnos deben adquirir competencias que comprenden contenidos, habilidades y destrezas, pilares fundamentales para garantizar su desempeño con actitud creativa. El docente universitario debe motivar al alumno para que se esfuerce en la apropiación de conocimientos que puedan ser base de futuras innovaciones.

PROPUESTA DE TRABAJO

Durante la cursada de la asignatura Física II de la carrera Ingeniería Química de la Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional (FRLP-UTN) se informó a los alumnos que la cátedra estaba organizando y reestructurando las experiencias de laboratorio a incorporar en futuros cursos. Se comentó que las experiencias nuevas se desarrollarían sobre la base de los instrumentos y elementos incorporados recientemente complementados con material accesible y de bajo costo.

En clases posteriores dos alumnos se acercaron a los docentes proponiendo realizar, en sus tiempos libres una experiencia sobre la base de las sugerencias encontradas en un apunte de un curso sobre fibras ópticas para técnicos y que les había llamado la atención. Les parecía sencillísima de reproducir, y a la vez sorprendente y pensaban que podría incorporarse al conjunto de las que estaba preparando la cátedra.

La experiencia elegida por estos alumnos no involucraba conceptos tratados en la asignatura, pero se decidió aceptar el ofrecimiento ya que no sólo permitiría canalizar sus inquietudes, y sostener su entusiasmo por el trabajo en el laboratorio, sino también, fundamentalmente, hacer un seguimiento de los aprendizajes realizados en Física I para verificar si los mismos fueron o no significativos, y, en particular, revisar los conceptos de óptica geométrica, para que sirvan como anclaje en la discusión de los conceptos de óptica física a tratar en Física II. Con esta idea se les propuso que la realización de la misma fuera en el laboratorio de física, de manera que los docentes los pudiera acompañar.

A continuación se planificaron los encuentros correspondientes de acuerdo a las disponibilidades de tiempo de alumnos y docentes.

Los docentes involucrados en la experiencia se comprometieron a cumplir el rol de mediadores propuesto en el trabajo abarcativo planteado a los alumnos. Es decir, permitir que los alumnos desarrollen el material didáctico y sean ellos los que intenten predecir y justificar la observación. El docente sólo interviene para encausar la discusión o asesorar sobre qué tópicos se deberían profundizar.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA SELECCIONADA Y PRIMER ENCUENTRO

La experiencia propuesta por los alumnos se basaba en el fenómeno de reflexión interna total. Para su realización dijeron necesitar una botella plástica transparente con un orificio circular en el costado, un recipiente para recoger el agua que saliera de la botella una vez llenada y un puntero láser.

Como actividad primaria se discutieron las siguientes cuestiones, cuyas respuestas, para ellos, resultaban obvias:

1) ¿Es factible el armado del experimento?
2) ¿Es sólo un caso de "libro" impracticable bajo condiciones normales de laboratorio?
3) ¿Por dónde empezar?

Las dos primeras no tenían caso para ellos, porque, y esto lo supimos después, habían visto su filmación en Youtube [video 1]. Según sus dichos, habían visto cómo "el láser atraviesa la botella transparente y continúa a través del orificio conducido y transportado por la trayectoria del agua que sale de la botella". Los docentes sabíamos bien que la segunda no es tan fácil de contestar, por lo menos en los casos de experimentadores novatos, ya que, generalmente, las experiencias "reales" involucran, aún con diferentes pesos, más de un fenómeno físico, y no siempre las "recetas" describen todos los detalles y condiciones del experimento. La respuesta a la tercera sí es obvia: la mejor manera de empezar es probar.

Se los invitó a encontrar el material y a comenzar el montaje. Seleccionaron una botella plástica transparente en desuso y un láser de He-Ne disponible en el pañol. Realizaron un orificio de 6 mm de diámetro en el costado de la botella, y dispusieron un soporte para que el láser incidiera horizontalmente sobre la pared de la botella, a la misma altura que la del orificio pero en un punto diametralmente opuesto. Llenaron la botella con agua, que comenzó a verterse cayendo dentro de la pileta del laboratorio. Encendieron el láser y comenzaron a discutir expresando que la experiencia "no andaba". Trataban de encontrar una razón, y comenzaron a observar que *"el chorro de agua era de forma extremadamente irregular y entrecortada"*, *"que la transmisión de la luz en el chorro, resultaba no continua"* y que tal vez por eso *"no salía"* como esperaban.

El docente interviene:

— *¿Qué esperaban ver?*
— *Esperábamos ver una continuidad en el chorro de agua y que el láser siga por dentro del chorro iluminando totalmente su interior*.

El mediador cuestiona:

— *¿Por qué esperaban ver eso? ¿A qué fenómeno físico lo asociarían?*

Ante estas cuestiones los alumnos propusieron dejar esa discusión para un próximo encuentro, así tendrían tiempo de estudiar los fenómenos involucrados. Dado que éste se había planteado como un laboratorio libre, los tiempos no apremiaban, y el docente pudo dejarlos pensar, investigar, discutir, calcular, para ver cómo aplicaban los conceptos que creían involucrados y hasta qué punto su aprendizaje durante el año anterior había resultado significativo.

SEGUNDO ENCUENTRO. DISCUSIÓN CON LOS ALUMNOS.

En primera instancia plantearon que la experiencia se podría explicar a través de conceptos de hidrodinámica y de óptica estudiados el año anterior, en especial el teorema de Bernouilli, sus condiciones, el flujo laminar y la reflexión interna total.

Luego, entusiasmados, contaron que probaron en la casa agregando un tubo a la salida del orificio con lo cual habían conseguido mejorar la manera en la que el agua salía del recipiente, obteniendo un chorro continuo y mejor formado. Reprodujeron la situación con la botella del laboratorio y sacaron la fotografía que se ve en la Figura 1a).

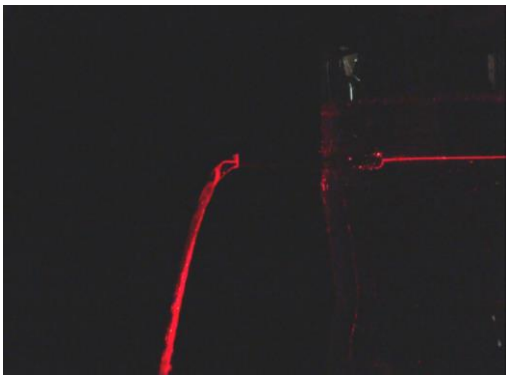
Al tratar de averiguar por qué pensaban que habían mejorado la experiencia, los alumnos respondieron:

— *La forma del chorro no permitía las reflexiones del rayo dentro del chorro…. Es decir que si el chorro tiene irregularidades en la superficie entre el chorro y el aire no se garantiza que el ángulo de incidencia sea mayor al crítico en alguna de las sucesivas reflexiones... Es por esto que pensamos que sería necesario asegurar la integridad y suavidad del "cilindro curvo" conformado por el agua al salir de la botella…*

Se invitó a los alumnos a realizar la experiencia en el laboratorio y a instancia de los propios alumnos se oscureció el local, y obtuvieron la fotografía de la Figura 1b).

Los alumnos muy contentos explicaron al docente que estaban observando el fenómeno de reflexión total interna. Ante la repregunta del docente manifestaron que sí, que estaban seguros del fenómeno observado y que si bien no recordaban mucho del año anterior, lo habían estudiado y discutido en sus casas. Además, manifestaron haber revisado el Teorema de Bernoulli, el de Torricelli y caída libre para poder describir la formación del chorro de agua, demostrando que estaban comprometidos en el análisis de la experiencia.

a)



b)

Figura 1: a) modificación del primer montaje realizado por los alumnos. b) oscureciendo el local, con tubo opaco

Es en esta instancia cuando el mediador toma un rol más preponderante debiendo encausar la discusión con la finalidad de que descubran las incongruencias que presentan sus explicaciones. Para ello hizo las siguientes preguntas:

— *¿Observaron lo que se ve en el fondo de la pileta?... ¿Pusieron la mano cortando el chorro de agua?*

Ahí es cuando por primera vez observaron en el fondo de la pileta y vieron la mancha roja.

— *¿Cómo es la intensidad de la mancha comparada con la intensidad con la que ven el chorro?*

El grupo concluyó que la mancha roja se veía mucho más intensa dado que el haz de láser es encauzado dentro de la guía que lo "conduce" y sale por el final del tubo. Esto les confirmaba que se trataba de la reflexión interna total.

— *¿Repasamos la teoría?*

La reflexión total interna se produce cuando un rayo de luz que viaja en un medio con un índice de refracción determinado, incide en la superficie de separación con un medio de menor índice de refracción bajo un ángulo mayor que el ángulo crítico, que es el ángulo para el cual el rayo refractado sale paralelo a la interfaz. Los rayos que inciden con ángulos mayores que el crítico no atraviesan la superficie de separación entre los medios, es decir, se reflejan **totalmente.** El ángulo crítico depende de la relación de valores entre los índices de refracción de los medios en cuestión, y en este caso si llamamos n_2 al índice de refracción del aire y n_1 al del agua, tiene la siguiente expresión:

$$\theta_C = arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

— *¿Me pueden hacer un esquema mostrándome este fenómeno?*

Uno de los alumnos mostró el esquema de la Figura 2, que tenía en el apunte, y dijo que el chorro de agua funcionaba como las fibras ópticas: guiaba la luz dentro de él con reflexiones múltiples. El índice de refracción del "core" (núcleo de la fibra) es ligeramente superior al del "cladding" (envoltura de la fibra). Dijo que: *"el agua es el "core" y el aire el "cladding", que la luz se refleja múltiples veces en la superficie interna del agua, manteniéndose dentro de ella".*

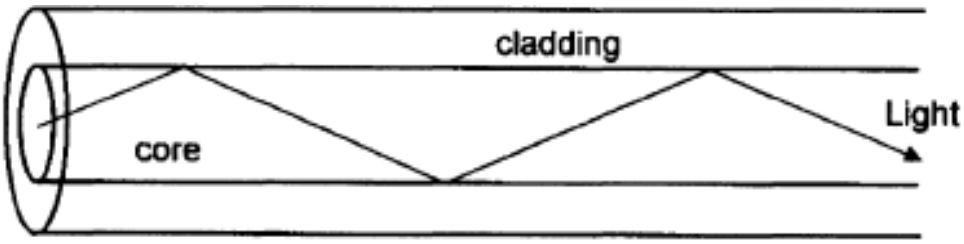


FIGURA 2: ESQUEMA SIMPLE DE FIBRA ÓPTICA SEGÚN FIGURABA EN EL APUNTE.

— *Pero, si toda la luz se refleja en las paredes del tubo de agua, interfaz agua aire, ¿cómo se ve el chorro iluminado?... ¿Por qué vemos la marcha del rayo?*

Es en esta instancia en que los alumnos se sorprendieron fuertemente, por haber buscado siempre ver dentro del chorro de agua la trayectoria del haz láser, y se enfrentaron al dilema: si la luz se reflejaba totalmente, se quedaba dentro del chorro, y salía en la pileta, ¿cómo pudieron sacar la foto? ¿Cómo pudieron ver la marcha del rayo? ¿Cómo podía llegar la luz del chorro a sus ojos? Y comenzaron a dudar:

— *¿Entonces aquí no hay reflexión total interna?... ¡Huy que lío!… ¡Ya no entendemos nada!*

ALGO MÁS OCULTO.

Es aquí donde el docente aprovechó la crisis y la sorpresa para reforzar y profundizar conceptos. Se puso en evidencia que los alumnos conocían las leyes fundamentales de la óptica geométrica, en términos de la marcha de rayos, la reflexión especular, la refracción, pero no tenían incorporada la reflexión difusa, que es la que nos hacer ver el mundo tal como lo vemos. Se comentaron y discutieron ejemplos que llevaron a fijar ciertos conceptos como:

- *"Todos los cuerpos, sean transparentes u opacos, reflejan parte de la luz que incide sobre ellos. Es decir, devuelven una parte de la luz hacia el mismo lado de donde procede".*
- *"La mayor parte de las superficies reales, no especulares, devuelven la luz en todas direcciones, dando una reflexión difusa".*
- *"Gracias a la luz difusa vemos iluminados los cuerpos, observamos su textura y su color".*

Se discutieron las condiciones necesarias para observar una escena como la de la Figura 3, y una explicación como la del esquema de la derecha para la reflexión en objetos difusores.

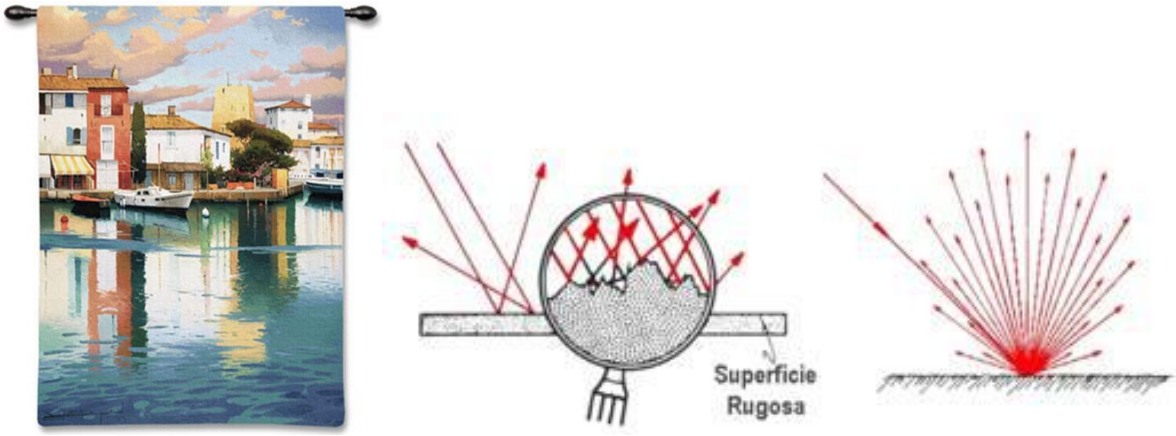


Figura 3: Reflexión difusa. Cómo se produce la reflexión difusa.

A partir de allí se comentaron más conclusiones:

- *Todos los cuerpos reflejan parte de la luz que incide sobre ellos pero la mayoría producen una reflexión difusa.*
- *La reflexión difusa se origina en los cuerpos que tienen superficies rugosas, no pulidas: esto es lo que nos permite ver los objetos que nos rodean sin deslumbrarnos aunque que estén iluminados por una luz intensa. La reflexión difusa es típica de sustancias granulosas como polvos. En el caso de la reflexión difusa los rayos son reflejados en distintas direcciones debido a la rugosidad de la superficie.*
- *El sistema óptico del ojo procesa los rayos difundidos que llegan a él y forma con ellos la imagen del objeto.*
- *La cantidad de luz reflejada por un cuerpo depende de:*
    - *La naturaleza de la superficie (composición, estructura, densidad, color, entre otras)*
    - *La textura de la superficie (plana, rugosa, regular, irregular, opaca, pulida, etc.)*
    - *La longitud de onda de la luz, y de si está o no polarizada.*
    - *El ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie.*

***Sinopsis**: la reflexión de la luz se puede realizar de dos maneras: reflexión irregular o difusa y reflexión regular o especular.*

- ***Reflexión especular**: Si la superficie donde se refleja un haz de rayos paralelos es perfectamente lisa (espejos, agua en calma) todos los rayos reflejados tienen la misma dirección (Ley de Reflexión).*
- ***Reflexión difusa**: Si la superficie presenta rugosidades. Los rayos se reflejan, en general, en todas las direcciones. Podemos percibir los objetos y sus formas desde cualquier ángulo gracias a la reflexión difusa de la luz en su superficie.*
- *Muchas reflexiones son una combinación de los dos tipos anteriores. Una manifestación de esto es una **reflexión extendida** que tiene un componente direccional dominante que es difundido parcialmente por irregularidades de la superficie.*
- *La **reflexión mixta** es una combinación de reflexión especular, extendida y difusa. Este tipo de reflexión mixta es la que se da en la mayoría de los materiales reales.*

Se avanzó sobre una descripción macroscópica de los lóbulos de luz reflejada y transmitida por una superficie no especular (difusora) mostrando que ese análisis escapa a la descripción de la óptica de rayos estudiada.

Los alumnos investigaron para descubrir técnicas y "trucos" que forman parte de cualquier curso de fotografía práctica, para aprovechar la reflexión difusa (tanto para eliminar reflexiones especulares como para hacer visible la marcha de los rayos), todos detalles que están casi ausentes en los libros de texto universitarios. También buscaron en los libros de texto universitarios de Física General y encontraron que en muy pocos de ellos se hace referencia a la reflexión difusa (Serway, 2006; Tippens, 1999)

FIGURA 4: ¿POR QUÉ SE VEN LOS HACES DE LUZ?

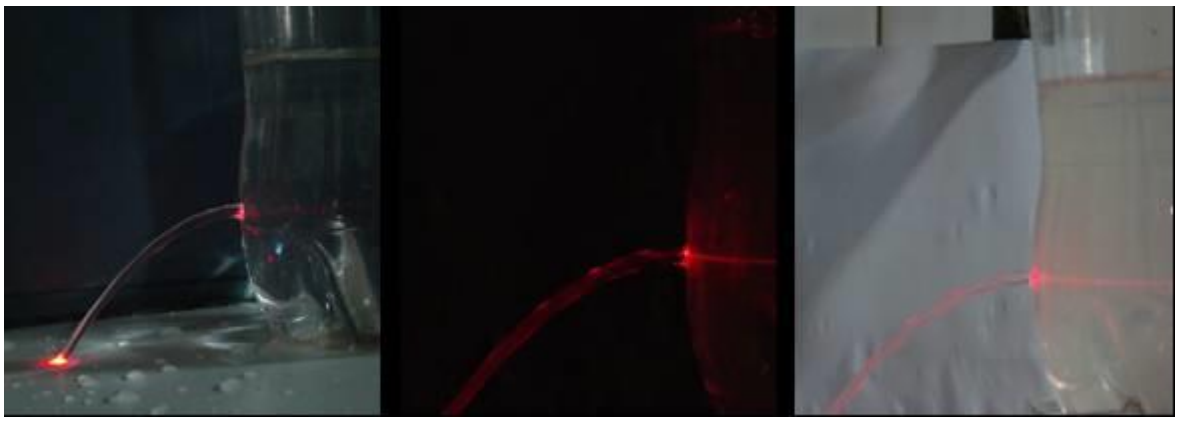
Escapa a la extensión de este trabajo continuar con una descripción detallada de las discusiones que se siguieron, pero indicaremos los pasos y situaciones que se analizaron y observaron experimentalmente a fin de encaminar los razonamientos para solucionar el enigma:

- Mostrar que cuando se enciende un puntero láser y el haz se propaga en el aire e incide en una pared, sólo se ve una mancha en la pared, pero no se ve la traza del rayo en el aire, a menos que se espolvoreen partículas difusoras, como el polvo de tiza.
- Mostrar que si se pone un espejo en el camino del haz láser, resulta muy difícil determinar su dirección con sólo observar la zona de la pared que ilumina.
- Preguntar sobre las condiciones que deben darse para tomar una fotografía como la que se muestra en la Figura 4.
- Reflexionar sobre por qué todos, desde cualquier ángulo vemos un mismo objeto difusor, por ejemplo una pared iluminada, un cuadro…
- Preguntar cómo saben que la luna se ve brillante porque está iluminada por los rayos del sol, pero no se ven las trazas de los rayos de sol que la iluminan.
- Mostrar cómo es posible "ver el rayo de costado" cuando se propaga dentro del agua que contiene partículas en suspensión (probar con unas pocas gotas de leche en la botella).

Paulatinamente los alumnos descubrieron cómo mostrar que en esta experiencia hay reflexión total (dónde mirar, cómo ponerlo en evidencia, y cuál es el "truco" que se utiliza muchas veces para "ver" la traza del rayo). Se propuso un nuevo encuentro para discutir las soluciones analíticas respecto de:

- La velocidad de salida del chorro de agua y su dependencia con la columna de agua por sobre el orificio.
- El alcance del chorro de agua y su variación a medida que la botella se vacía.
- Variación del ángulo de incidencia en la interfaz agua aire con la curvatura del chorro.

Durante el tercer encuentro se logró la integración de todo lo analizado: la modificación del montaje para que el chorro de agua resultara el más adecuado para visualizar el fenómeno; las condiciones para que el chorro de agua constituyera una guía adecuada para la luz; las condiciones más convenientes para poner en evidencia sea la reflexión total sea la reflexión difusa para visualizar la traza del rayo. Así, los alumnos comprendieron que si realizaban el agujero mucho más cerca del fondo de la botella, conseguían un *"chorro ordenado",* sin necesidad de poner un tubito y repitieron la experiencia tomando fotografías y videos con y sin luz ambiente, para preparar la ficha docente de la experiencia que se pondrá a disposición de las cátedras. Las fotografías de la Figura 5 muestran ejemplos de esos últimos registros.



a) b) c)

Figura 5: a) con luz ambiente (agua limpia). b) y c) agua con partículas en suspensión (leche).

Finalmente, y a la manera de Evaluación-Desafío, se presentaron a los alumnos las litografías de Escher de las Figuras 6 y 7, para que discutan su "factibilidad práctica" y las condiciones de iluminación y tipos de materiales con las que podrían lograrse.

Figura 6. Mano con globo reflectante. Litografía (1935)

CONCLUSIONES

Toda nueva metodología de trabajo necesita de una adaptación por parte de los alumnos y de los docentes. Cambiar una forma de trabajo arraigada en el tiempo lleva una carga extra de esfuerzo y concientización. Para que esta carga no sea tan pesada es importante mantener la motivación en el proyecto y permitir que tanto docentes como alumnos manifiesten activamente su interés, participando en las discusiones y dando respuesta en un breve tiempo a sus requerimientos.

Con relación a los aprendizajes logrados se puede detallar que se aprendió:

- que montar una experiencia presenta vicisitudes y dificultades que sólo pueden ponerse de manifiesto en el momento de llevarla a la práctica,
- que es necesario discutir y encontrar las condiciones por las cuales los primeros intentos fueron infructuosos sin desanimarse ni claudicar,
- que en general en una experiencia real confluyen varios temas, en este caso particular además de la óptica tuvimos oportunidad de repensar la hidrostática y la hidrodinámica,
- cómo a partir de una "sencilla" experiencia que data del siglo XVIII, el físico irlandés John Tyndall descubrió lo que es la base del funcionamiento de un desarrollo tecnológico que revolucionó los dispositivos de comunicaciones en el siglo pasado: la fibra óptica.

Particularmente, en cuanto al tema tratado, se pusieron en evidencia conceptos erróneos. Con respecto a la reflexión total, los alumnos pensaban que por estar la luz concentrada dentro del chorro, se debe ver el tubo luminoso, "por tener luz dentro"; esto incluye, además, algo relacionado con el hecho de pensar que los rayos de luz pueden verse "de costado"; también parecían pensar que en estos casos la luz era "arrastrada" por el agua. El estudio de estos preconceptos merece ser objeto de otro trabajo que nos permita entender sus orígenes. Quizás en parte puedan ser adquiridos, y no debamos buscar sus raíces sólo en concepciones griega, mecanicista, geométrica de la luz, sino, además, en la particular manera en que los docentes de los niveles básicos suelen presentar los fenómenos de la óptica geométrica y las leyes fundamentales para la óptica de rayos, haciendo más de una vez caso omiso de la reflexión difusa. En este caso especial, también, seguramente, ha contribuido a reforzar esa concepción la particular "estrategia técnica" que utilizan los autores de muchos de los videos que aparecen en la red [video 1 y 2], sin hacer notar que el medio a través del cual se propaga la luz se ha hecho levemente dispersivo para lograr este efecto.

En ese sentido, llamamos la atención sobre el problema que resulta de omitir estos detalles en la "receta" y que puede llevar a generar o afianzar conceptos erróneos. Así, tal vez sean menos espectaculares, pero más efectivos otros multimedia que presentan el fenómeno sin ese componente [video 3].

Un párrafo aparte merece la participación de los alumnos en la experiencia: el esfuerzo y entusiasmo que mostraron nos lleva a seguir en la línea de promover que los estudiantes propongan y realicen experiencias complementarias. Estos espacios logrados, fuera de los tiempos académicos asignados a la cursada, generan situaciones en las cuales el alumno es parte más activa en su proceso de formación, profundizando el desarrollo de competencias como manejo de la información, creatividad, dinamismo, capacidad de comunicarse, buenas relaciones interpersonales y liderazgo, entre otros, que lo preparan para el mundo profesional.

Entendemos que la experiencia fue altamente positiva, y que generar estos espacios experimentales extras para "aprender un poco más" para los alumnos que tienen disponibilidad de tiempo, contribuye no sólo a su propio aprendizaje significativo sino también al de los docentes, y redundará, a través de ellos, en un mejoramiento de su práctica que, por consiguiente, implica en un beneficio para todo el alumnado.

REFERENCIAS

Baade, N. N., Prodanoff, F., Stei, J., Alustiza, D. (2008). Integración metodológica en búsqueda de un acercamiento al pensamiento científico en alumnos de Ingeniería. *Formando al Ingeniero del siglo XXI.* Edición Electrónica. Autores: Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa), Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta (UCASAL), Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines – Salta (COPAIPA). Editorial de la Universidad Nacional de Salta.

Mérida, R. (2006). Nueva percepción de la identidad profesional del docente universitario ante la convergencia europea. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8(1).

Serway, R; Jewett, Jr, J. (2006). *Física para Ciencias e Ingeniería.* 6ta. Edición. Editorial Thomson.

Sosa Sánchez-Cortés, R. García Manso, A. Sánchez Allende, J. Moreno Díaz, P. Reinoso Peinado, A.J. (2005) B-Learning y Teoría del Aprendizaje Constructivista en las Disciplinas Informáticas: Un esquema de ejemplo a aplicar. *Recent Research Developments in Learning Technologies.* http://www.formatex.org/micte2009/

Tippens, P. E. (1999). *Física. Conceptos y aplicaciones*. 5ta. Edición. Editorial Mac Graw Hill

Video 1: http://www.youtube.com/watch?v=BMG8Stpn1uc&feature=related

Video 2: http://www.youtube.com/watch?v=hBQ8fh_Fp04&feature=related

Video 3: http://www.youtube.com/watch?v=kJlXqby_5lY

Zerbino, L. M.; Baade, N. N.; Prodanoff, F.; Devece, E.; Del Zotto, R.; Atilio, G. 2010. "Estrategias didácticas integradoras utilizando NTIC´S". *Congreso Mundial y Exposición INGENIERIA 2010 – y CAEDI 2010*. Buenos Aires, Argentina. Trabajo completo: Nº 156 http://www.ingenieria2010-argentina.info/programa/programaExtendido.php?sala_=20&dia_=13.

COMUNICACIONES ORALES 1

BLOQUE C

SOBRE LOS RECURSOS COGNITIVOS EN PENSADORES NO-NEWTONIANOS

Badagnani, Daniel[1]; Petrucci, Diego[2] y Cappannini, Osvaldo[3]

[1] Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, [2] Facultad de Ciencias Exactas, UNLP y CeFIEC, FCEN, UBA, [3] Facultad de Ciencias Exactas, UNLP y CONICET.

daniel@fisica.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se encuestó a un grupo de 350 estudiantes universitarios sin instrucción en física empleando el Inventario del Concepto de Fuerza (Force Concept Inventory) y se estudió el patrón de respuestas por sentido común. Se encontró que las respuestas compatibles con la mayoría de las nociones alternativas del inventario del FCI se distribuyen como si la encuesta se hubiera llenado al azar. Se argumenta que esto puede deberse a que para generar explicaciones se emplean recursos cognitivos diferentes a los usados para hacer predicciones.

Palabras clave: nociones alternativas, Inventario de Concepto de Fuerza, estructura cognitiva.

ABSTRACT

A group of 350 young adults without formal university physics instruction were polled using the Force Concept Inventory, and the resulting pattern of common sense answers studied. We found that the distributions of most of the answers compatible with the "misconceptions" catalogued in the FCI looks like a randomly filled poll. It is argued that this might be due to a separation in the cognitive resources employed in predictions and explanations.

Keywords: misconceptions, Force Concept Inventory, cognitive structure.

INTRODUCCIÓN

Se sabe desde hace tres décadas que antes de la instrucción formal, al hacer predicciones sobre fenómenos mecánicos, damos respuestas incompatibles con la dinámica newtoniana, pero que estas respuestas no son al azar. Más aún, tenemos un conjunto acotado de representaciones sumamente resistentes a la instrucción (Driver y cols, 1978; Viennot, 1979; McCloskey, 1983; Vosniadou, 1994). Sin embargo, estamos lejos de llegar a un acuerdo respecto de la naturaleza de la estructura cognitiva de esa física de ideas previas, así como de su evolución durante la instrucción. Una comprensión más profunda de las estructuras, tanto las de pensadores de sentido común (usando la terminología de Vosniadou, diSessa y Hestenes) como de "newtonianos" (en terminos de Hestenes y cols., 1992a) es precondición para avanzar en el conocimiento sobre cómo éstas se reestructuran, lo que a su vez puede dar pautas importantes para la enseñanza.

En este trabajo vamos a concentrarnos en dos marcos teóricos rivales con los que interpretar nuestros resultados. Uno es una versión actual del cambio conceptual tal como es sostenido por Vosniadou. Según esta perspectiva la "física ingenua"[I] empleada en predicciones y explicaciones tiene una estructura similar a la de una teoría científica, salvo por ciertas falencias metodológicas (Vosniadou, 2002; Vosniadou, 2003; Vosniadou, 2007). El aprendizaje ocurriría entonces por modificaciones de esas estructuras teóricas o por su reemplazo por otras nuevas. Vosniadou admite que pueden cambiar las características de las estructuras, las ontologías y los compromisos epistemológicos, y tambien se adquieren ciertas sutilezas metodológicas como la conciencia metaconceptual (metaconceptual awareness). La "física ingenua" es cuasicientífica en el sentido de que hay principios, una red de conceptos y un sentido de causalidad. La otra perspectiva, más propia del procesamiento de la información y la inteligencia artificial y sostenida por diSessa (1993, 2008), considera que la "física ingenua"[II] es de naturaleza esencialmente ateórica (en el sentido de que no se cuenta con un sistema de conceptos organizado) y resulta de una generalización relativamente inmediata y poco problemática de eventos comunes: las llamadas "primitivas fenomenológicas". El aprendizaje consistiría entonces en la jerarquización de esas primitivas, cuyo agrupamiento sería el sustento de los principios que los rigen (diSessa, 1993). Se habla entonces de una polémica entre "coherencia" y "conocimiento en piezas" (diSessa, 2008).

[I] Vosniadou llama "física ingenua" al sistema de ideas previas físicas.
[II] DiSessa usa esa expresión, así como "física del sentido común" o "física intuitiva" para referirse al sistema de ideas previas físicas.

Pensamos contribuir a este debate utilizando como instrumento al Force Concept Inventory (FCI), el inventario conceptual más popular y más profusamente validado (Hestenes y cols., 1992a; Halloun y cols., 1985a; Halloun y cols., 1985b), usado principalmente para evaluar el aprendizaje de conceptos en cursos de física clásica (Hake, 1998). Esta encuesta consiste en problemas cualitativos en que se pide una predicción, y las alternativas a la respuesta newtoniana son las que suelen aparecer en entrevistas, justificadas a partir de concepciones alternativas bien conocidas. Si bien la primer intención de los autores fue "detectar" con el instrumento el uso de esas concepciones (Hestenes y cols., 1992a) esta posibilidad fue fuertemente cuestionada, hasta que los propios autores empezaron a aludir a las alternativas como "powerfull distractors", y la encuesta es hoy considerada un modo de determinar en qué medida el encuestado ha incorporado la concepción newtoniana de fuerza (Huffman y col., 1995; Hestenes y col., 1995; Heller y col., 1995; Halloun y col., 2000).

Si miramos la encuesta tanto desde la perspectiva del cambio conceptual como de la del procesamiento de la información, lo que está en cuestión es la legitimidad de las concepciones alternativas empleadas en la elaboración del FCI. En favor de tal legitimidad está, por supuesto, la gran cantidad de datos empíricos acumulados en entrevistas desde los inicios del movimiento de investigación sobre ideas previas: ciertas respuestas de sentido común aparecen sistemáticamente, como si existiesen "teorías ingenuas". En contra aparece la abundante evidencia de que una misma persona hace predicciones y razonamientos en problemas diferentes de una manera que, analizada desde la racionalidad científica, aparece como inconsistente (por ejemplo, una misma persona que predice que una bomba soltada por un avión cae verticalmente puede predecir que una trucha soltada por un águila caerá en forma oblicua. Vease por ejemplo Stewart y cols., 2007). Stewart y cols. (2007) hablan en este caso de "conocimiento incierto". Bao y col (2006) habla de "probabilidad de activación" de los diversos esquemas conceptuales, dependiendo del contexto. Desde el punto de vista del procesamiento de la información esto tiene una interpretación más sencilla, dado que allí no hay teorías y por lo tanto no hay necesidad de consistencia. Simplemente los estímulos activarán determinada "primaria fenomenológica".

Si bien el uso que le damos al FCI no es el estandar, por la forma en que se lo diseñó y el tipo de validaciones a las que fue sometido permite, haciendo uso de un análisis original, explorar el tipo de herramientas cognitivas empleadas por los estudiantes en las predicciones físicas usando ideas previas. Dado que la FCE-UNLP emplea el FCI como herramienta de seguimiento, se cuenta con una gran cantidad de datos disponibles para analizar.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

El FCI fue administrado a 352 estudiantes ingresantes a la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP. A este grupo le llamaremos CIBEX, por ser ése el nombre que recibe el grupo de cursos al que pertenecen los estudiantes. Se trata de jóvenes de clase media, casi todos muy exitosos en sus estudios previos, y en esa instancia muy motivados y entusiastas. Por otra parte la inmensa mayoría tuvo una exposición mínima a la física en su instrucción secundaria y no tiene un interés directo en esta disciplina (son estudiantes de las Licenciaturas en: Farmacia, Química, Bioquímica, Biotecnología y Biología Molecular, Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Química y Tecnología Ambiental y en Óptica Ocular y Optometría). Los encuestados respondieron en forma entusiasta y comprometida y posteriormente mostraron curiosidad por saber cuán bien habían respondido. Con fines comparativos, consideramos otra muestra: una serie de 1000 encuestas llenadas al azar con un programa informático. A este grupo lo llamaremos AZAR y resulta útil para establecer comparaciones, pues podemos garantizar que estas "respuestas" han sido dadas sin acudir a conceptos de ningún tipo.

Las respuestas fueron sometidas a pruebas de calidad de datos. Descartamos dos encuestas por haber sido llenadas sin compromiso (en una todas las respuestas eran "A" y en otra formaban un patrón simétrico). Para las demás (350) se hizo la distribución por preguntas (mostrada en Tabla 1), y se vio que, como esperábamos, estaban lejos de haber sido contestadas al azar. En la Tabla 1 se muestra la misma distribución para los primeros 350 sujetos simulados de AZAR (para usar muestras del mismo tamaño y poder comparar las varianzas), viéndose que todas las preguntas menos dos son "elegidas" por una porción entre el 15% y el 25% (la esperanza es 20% pues son cinco opciones por pregunta). En la muestra CIBEX, en cambio, ninguna pregunta tiene todas sus opciones en esa banda, y sólo dos tienen todas las opciones entre el 10% y el 30%. Es decir que en todas las preguntas en la muestra CIBEX hay opciones claramente preferidas, o rechazadas, o ambas cosas.

	CIBEX					AZAR				
Preg.	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	12	4,6	61,4	14,6	5,7	23,1	17,1	18,3	20,8	20,6
2	27,1	13,7	4,8	42,3	6,8	17,7	18,6	17,7	22,6	23,4
3	12	34	34,3	7,7	10,3	19,7	17,4	21,7	18,8	22,3
4	56,6	3,7	3,4	5,4	29,4	18,8	16,6	19,1	23,7	21,7
5	5,4	13,4	46	15,4	15,1	22	16,8	19,1	19,1	22,8
6	40,8	52,3	2,3	2	1,7	22	18,6	21,1	16,8	21,4
7	26,3	46,3	6,8	11,4	8,2	20	23,1	21,4	17,4	18
8	1,7	44	33	9,4	10,8	18,3	19,4	17,4	19,4	25,4
9	10,8	33,4	44,9	7,4	2	18,3	19,4	17,4	19,4	25,4
10	34,8	21,7	6,8	34,3	0,8	24,3	16,8	21,4	18,6	18,8
11	18,6	16	50	12	2,5	15,7	24	22,8	18	19,4
12	31,1	12	40,8	10,6	2,9	22,8	24	20,3	17,4	15,4
13	59	9,7	3,7	14,6	10,6	18	19,4	21,4	20	15,4
14	6,9	12	34,6	17,7	27,1	18,6	19,43	22,3	20,8	18,8
15	22	7,4	7,1	37,4	17,4	18,6	21,1	20,6	17,7	22
16	24,3	13,7	20,8	16,8	14,6	19,4	19,4	17,1	22,3	21,1
17	11,4	40	20,8	6,8	12,8	20	19,7	19,1	20,6	20,6
18	34,3	23,1	7,7	20,8	6,6	23,4	18,3	21,7	24	12,6
19	21,4	13,4	23,4	26	5,4	24	23,4	17,4	16,3	18,8
20	37,4	11,1	22	10,3	9,4	17,4	18,8	24,6	18,8	20,3
21	10,8	25,4	10	21,4	22,6	18,8	18,6	19,7	20,8	22
22	28	23,7	9,4	16,3	8,3	20,8	16,8	20,8	23,4	18
23	30	14,3	30,6	8,3	2,8	21,1	20	18,6	19,1	21,1
24	8,3	19,7	10,3	27,4	18,2	16	20	23,1	17,4	23,4
25	32,6	20	4,8	12,3	12	17,4	21,1	19,7	21,7	20
26	6,8	15,4	13,4	8	35,1	22,8	22	19,1	18,2	17,7

Más de 30%	Entre 25 y 30%	Entre 15 y 25%	Entre 10 y 15%	Menos de 10 %

Tabla 1: Comparación de los porcentajes de respuestas entre la muestra CIBEX (izquierda) y los primeros 350 "sujetos" de AZAR (derecha). La esperanza para la muestra al azar es 20%. Los colores indican el rango de valores para cada dato de acuerdo a la referencia al pie de la tabla.

Nociones newtonianas

En primer término analizamos la distribución de respuestas "newtonianas" (es decir, las compatibles con la mecánica). En la Figura 1 se muestra esa distribución en forma de histograma para CIBEX y AZAR.

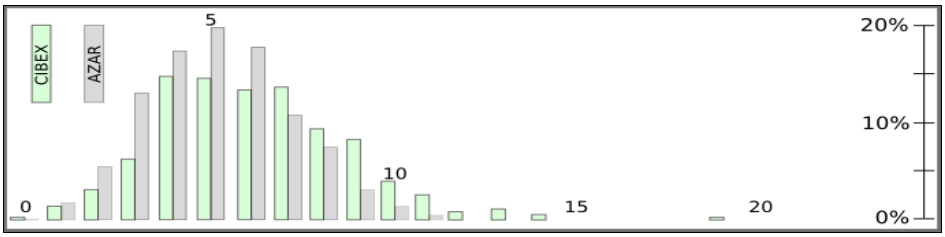


Figura 1: Fracción de encuestados como función del número de respuestas newtonianas (entre un total de 26) para las encuestas generadas al azar (AZAR) y la población estudiada (CIBEX).

Comparando CIBEX con AZAR se ve que ambas distribuciones son muy similares. Ello no significa que CIBEX es estadísticamente indistinguible de AZAR, sino que son llamativamente similares. Esto a primera vista resulta un tanto sorprendente dado que, como se argumentó en la sección anterior, los encuestados no respondieron en absoluto en forma azarosa. Además, se sabe de las numerosas y exhaustivas validaciones del Inventario del Concepto de Fuerza que los estudiantes entrevistados suelen responder igual que en la encuesta y que sus justificaciones -en su abrumadora mayoría- corresponden a la clasificación de nociones alternativas dada en Hestenes y cols. (1992a). Este resultado está indicando que en esta muestra la mayoría de las respuestas newtonianas son escogidas por razones no newtonianas.

En los trabajos de validación del Inventario del Concepto de Fuerza se muestra claramente que cuando el grupo estudiado está conformado por físicos con probado dominio de la mecánica, el patrón de respuestas no luce en absoluto azaroso: virtualmente el 100% responde la totalidad de las preguntas de acuerdo con la teoría newtoniana (Hestenes y cols. 1992a).

Los resultados presentados en la Figura 1 evidencian que para la gran mayoría de los individuos de la muestra estudiada, las ideas newtonianas no constituyen -ni siquiera parcialmente- una parte relevante de su organización cognitiva. Esto garantiza que se trata de una población con una abrumadora mayoría de pensadores "intuitivos"[III] o "ingenuos"[IV] desde el punto de vista de la física. Por eso los consideramos un grupo excelente para estudiar la estructura cognitiva propia de ese pensamiento, del que son propias las llamadas "nociones alternativas".

Nociones alternativas

Las validaciones del FCI con entrevistas dieron como resultado que la inmensa mayoría de quienes eligen un "distractor" no newtoniano justifica su elección con argumentos compatibles con el correspondiente ítem de la taxonomía de nociones alternativas compilada en Hestenes y cols. (1992a). Esto significa que esas nociones constituirían la perspectiva de los encuestados. Veamos qué predicciones podemos hacer para el patrón de tales respuestas desde los marcos teóricos del cambio conceptual coherentista y del conocimiento en piezas. De constituir estas nociones un sistema teórico consistente desde una perspectiva científica, quienes sostengan una determinada noción deberían optar consistentemente por todas las respuestas compatibles con ella. Sin embargo se sabe que la misma persona puede sostener nociones incompatibles entre sí al responder problemas diferentes –"context dependence" (Stewart y cols., 2007)- por lo que el patrón de respuestas no sería tan nítido: quien "cree" en la noción alternativa en un contexto puede no hacerlo en otro, entonces no contestará todas las preguntas compatiblemente con la noción alternativa. Aún así no hay razón para esperar un patrón azaroso: se trataría de una coincidencia extraordinaria. En el marco del "conocimiento en piezas" sostenido por diSessa (1993) el conocimiento físico del sentido común no está en absoluto organizado según conceptos. De ser este el caso, la noción alternativa no funcionaría como una guía hacia la respuesta, pues esta vendría de recursos cognitivos más básicos que el pensamiento mediado por el lenguaje. Si las nociones alternativas no funcionaran como un principio teórico esperaríamos un patrón azaroso de respuestas. Sería análogo al caso de respuestas newtonianas, donde interpretamos que el patrón azaroso observado se debía a que los estudiantes no basan sus respuestas en los principios de la física newtoniana. Esto nos da un criterio de contrastación de estas teorías a partir de un análisis del FCI: un patrón que difiera del azaroso sería más esperable según el modelo de Vosniadou y uno más similar al azaroso según diSessa.

III En la terminología de diSessa.
IV En la terminología tanto de diSessa como de Vosniadou.

Para estudiar esta cuestión comparamos la distribución de respuestas compatibles con cada noción alternativa de la taxonomía con la distribución que surge de la muestra generada al azar. En la Tabla 2 mostramos, para cada noción de la taxonomía (los identificadores K1, K2, etc. son los mismos que usan Hestenes y cols. (1992a)) la cantidad de respuestas compatibles con la idea, la cantidad promedio de respuestas compatibles en las muestras CIBEX (NCIBEX) y AZAR (NAZAR) y la diferencia entre estos promedios normalizada por su error ("Diferencia Normalizada", DN). El error se calculó estimando la varianza asumiendo una distribución binomial y dividiendo esa varianza por la raíz cuadrada del número de encuestados. Consideramos a esta cifra como una estimación de la varianza del promedio de respuestas. DN se definió entonces como la razón entre la diferencia entre ambos promedios y la suma de dos veces las varianzas estimadas:

$$DN = \frac{\langle N_{CIBEX} \rangle - \langle N_{AZAR} \rangle}{2\sigma_{CIBEX} + 2\sigma_{AZAR}} \qquad (1)$$

Consideramos distinguibles las distribuciones cuando la diferencia normalizada es mayor que 1 en valor absoluto (o sea, cuando los intervalos de confianza de dos desviaciones estándar para ambos promedios no alcanzan a tocarse). Obsérvese que una DN positiva indica una propensión en la muestra a optar por la noción alternativa por encima de la muestra al azar, mientras que un signo negativo indica lo contrario. Cada noción alternativa fue marcada con colores de acuerdo al valor de DN: azul para diferencias mayores a dos, celeste para diferencias entre uno y dos, blanco para diferencias no significativas (entre -1 y 1), naranja para diferencias entre -1 y -2 y rojo para diferencias menores a -2.

En la Figura 2 se muestran los histogramas correspondientes, cada etiqueta de noción alternativa es del color asignado en la Tabla 1. Aquí puede verse la pertinencia del criterio de separación. Cabe aclarar que, si bien este criterio emplea nociones estadísticas, no buscamos obtener una conclusión estadística acerca de la indistinguibilidad de las distribuciones. Como ya discutimos, tenemos evidencia de que las respuestas no ocurren al azar. El criterio se estableció para determinar la similaridad entre las muestras sobre una base no arbitraria.

Lo que se aprecia en primer término es que alrededor de la tercera parte de las nociones alternativas son escogidas en patrones muy próximos a las respuestas al azar (las filas blancas en la Tabla 2). Además se observa que las desviaciones realmente notables respecto de la muestra al azar ocurren para las ideas ausentes -marcadas con rojo (ver también la columna "diferencia normalizada" en la Tabla 2)- resultado esperable dado que se trata de una población adulta y varias de estas nociones se observan más habitualmente en niños y adolescentes. En cambio, ninguna de las nociones alternativas aparece consistentemente elegida pues típicamente sólo una o dos preguntas son respondidas compatiblemente con la noción correspondiente y en ningún caso la diferencia por encima de la muestra al azar es grande: en los histogramas de la Figura 2, los porcentajes de tres o más respuestas compatibles con la noción son muy bajos en comparación con la moda. Por lo tanto, al igual que en el caso de las respuestas newtonianas, estas nociones parecerían jugar un rol mínimo o nulo en el proceso de decisión por una respuesta.

NOCIÓN ALTERNATIVA	Número de respuestas compatible	Promedio de respuestas		Diferencia normalizada (DN)
		CIBEX	AZAR	
K1: Posición-velocidad no discriminadas	1	0,52	0,8	-0,79
K2: Velocidad y aceleración no discriminadas	2	0,56	0,59	-0,3
K4: Marco de referencia egocentrado	1	0,56	0,42	1,64
I1: ímpetu suministrado por "golpe"	3	1,42	1,38	0,27
I2: Pérdida/recuperación del ímpetu original	3	0,68	0,76	-0,61
I3: Disipación del ímpetu	6	2,11	2,17	-0,31
I4: Formación gradual/retardada de ímpetu	4	0,23	0,78	-5,57
I5: Ímpetu circular	3	1,68	1,23	3,1
AF1: Sólo agentes activos ejercen fuerzas	7	0,95	1,34	-2,41
AF2: Movimiento implica fuerza activa	2	1,06	0,81	2,04
AF3: Ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas	1	0,12	0,19	-1,28
AF4: Velocidad proporcional a fuerza activa	2	0,61	0,43	1,72
AF5: Aceleración implica fuerza en aumento	1	0,34	0,2	1,79
AF6: Fuerza implica aceleración hasta velocidad límite	3	0,48	0,61	-1,16
AF7: La fuerza activa se gasta	1	0,14	0,36	-3,3
CI1: La mayor fuerza determina el movimiento	2	0,96	0,61	2,97
CI2: Compromiso entre fuerzas determina el movimiento	6	0,35	1	-5,45
CI3: Última fuerza que actúa determina el movimiento	2	0,62	0,39	2,25
AR1: Mayor masa implica mayor fuerza	4	1,14	0,99	0,99
AR2: Agente más activo produce mayorfuerza	3	1,16	0,61	4,1
CF: Fuerza centrífuga	4	0,73	1,55	-5,7
OB: Los obstáculos no ejercen fuerzas	6	0,52	1,16	-4,77
R1: La masa hace que las cosas se detengan	1	0,44	0,42	0,25
R2: El movimiento ocurre cuando la fuerza vence a la resistencia	2	0,8	0,8	0,06
R3: Resistencia se opone a la fuerza/ímpetu	2	0,23	0,2	0,45
G1: Gravedad asistida por la presión del aire	3	0,4	0,81	-3,63
G2: Gravedad intrínseca a la masa	2	0,09	0,39	-4,55
G3: Objetos más pesados caen más rápido	2	0,67	0,6	0,6
G4: La gravedad aumenta mientras los objetos caen	2	0,66	0,39	2,58
G5: La gravedad actúa después de que el ímpetu se gasta	3	0,43	0,58	-1,36

DN < -2	-2 < DN < -1	-1 < DN < 1	1 < DN < 2	DN > 2

Tabla 2: Respuestas correspondientes a nociones alternativas para CIBEX y AZAR. La primer columna indica la cantidad de respuestas posibles en el Inventario del Concepto de Fuerza compatibles con la noción. Las siguientes dos columnas muestran la cantidad promedio de respuestas compatibles para cada población. La última columna muestra la razón entre la diferencia de promedios y el error. Los colores fríos indican que los sujetos CIBEX eligen la noción alternativa con menor frecuencia que AZAR, mientras que los cálidos señalan lo contrario (según referencias debajo de la tabla).

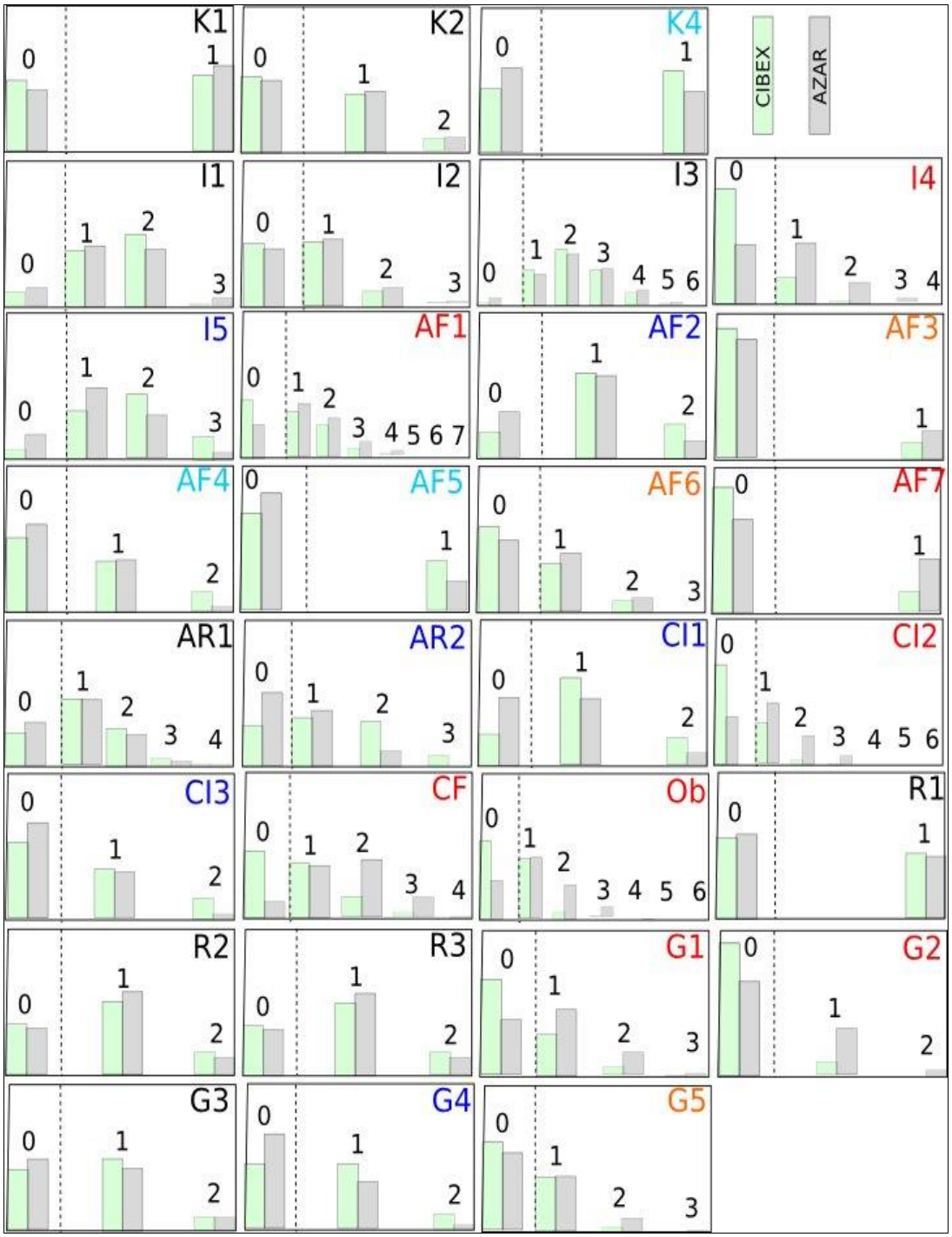


Figura 2.- Histogramas de respuestas compatibles con cada una de las nociones alternativas de la Tabla 2. Los colores de los nombres de cada idea se corresponden con los de aquella tabla. La altura de cada recuadro corresponde al 100% de la población. Cada barra muestra el porcentaje de la población que respondió un número de preguntas (indicado arriba) compatiblemente con la noción alternativa. Se separó con una línea punteada la barra correspondiente a ninguna respuesta compatible con la noción alternativa.

CONCLUSIONES

Nuestros datos muestran que en grupos sin instrucción física formal universitaria el patrón de respuestas es notablemente parecido al que se obtiene si las preguntas se contestaran al azar, pese a que los estudiantes no responden de ese modo, meditan sus respuestas y las confirman en entrevistas. Esto implicaría que aún las pocas respuestas newtonianas que aparecen son elegidas por razones no newtonianas, lo que se explica del siguiente modo. La distribución al azar parece señalar que las respuestas newtonianas o bien no serían seleccionadas por razones en absoluto (lo cual es difícil de argumentar), o bien que si hubiera razones de algún tipo estas no se correlacionarían con la perspectiva newtoniana. Solo al considerar el resultado de las entrevistas podemos afirmar que virtualmente siempre se aduce alguna razón (no newtoniana) al responder las preguntas del FCI. Si hubiese concepciones newtonianas en la población, el patrón de respuestas newtonianas no podría lucir azaroso, como sí se esperaría para una población de pensadores "no newtonianos".

Por otro lado no se observan patrones claros de ideas no newtonianas según la taxonomía en que se basa el Inventario del Concepto de Fuerza. Alrededor de la tercera parte de las ideas indicadas en la Tabla 2 (las marcadas en blanco: K1, K2, I1, I2, I3, AR1, R1, R2, R3 y G3) muestran en los histogramas (Figura 2) una distribución muy similar a la correspondiente a la muestra generada al azar. Las que se encuentran claramente por encima de la muestra al azar (I5, AF2, CI1, CI3, AR2 y G4) en los histogramas no aparecen consistentemente elegidas: la probabilidad de elegir tres o más respuestas es en todos los casos mucho menor que la máxima. Esto significa que aún en los histogramas que más difieren de una distribución al azar no hay ninguno de alta coherencia en el empleo de una noción alternativa en diversos contextos. En cambio, se aprecian varios histogramas (I4, AF7, CF, Ob, G1 y G2) que muestran un rechazo consistente de sus correspondientes ideas previas: el número de respuestas compatibles se encuentra muy por debajo de la muestra al azar.

Estos resultados parecen contradecir las numerosas validaciones del FCI. Para entender por qué éste resulta un problema tan serio, imaginemos que hacemos lo siguiente: entrevistemos a la población encuestada, y dado que ha elegido cierta respuesta (la 14 C, por ejemplo) volquemos en un histograma la fracción de encuestados que eligió cada noción alternativa para justificar esa respuesta (agregando "otras" como posibilidad). De acuerdo a las validaciones del Inventario del Concepto de Fuerza citadas anteriormente, el patrón no luciría en absoluto aleatorio: mayoritariamente, cada respuesta dada se elegiría de acuerdo a su noción alternativa catalogada. Sin embargo aún queda por explicar por qué los estudiantes confirman sus respuestas en entrevistas (Hestenes y cols, 1992a; Halloun y cols., 1985a), aún aquellas que aparecen como contestadas al azar, aduciendo las razones catalogadas en la taxonomía del Inventario del Concepto de Fuerza. Al tener en cuenta esto último conjuntamente con nuestros resultados surge como posible que la noción alternativa no sea previa a la elección de una respuesta (no estaría guiando el razonamiento de los encuestados) sino a la inversa: la solución puede estar orientando la búsqueda de la explicación a posteriori. En este sentido es que continuaremos la investigación. Esta posibilidad podría ser relevante al intentar interpretar las dificultades que surgen en las propuestas de enseñanza por conflicto cognitivo: por más que "falseemos" las afirmaciones de un "pensador ingenuo" con razonamientos o experimentos, solo lograremos modificar su percepción respecto del caso mostrado. Las categorías conceptuales introducidas por esta vía no podrán ser transferidas a otros contextos si la resolución de problemas no es guiada por las categorías conceptuales del sujeto. Observemos que esta es una crítica que se ha hecho precisamente desde el campo del "conocimiento en piezas" (véase Vosniadou 2002, sección 2). No descartamos la existencia de algún nivel de conceptualización (científica o no) en los casos de respuestas preferidas o suprimidas respecto de la muestra al azar, pero si lo hubiera, no sería preponderante en el proceso de resolución de problemas como los del Inventario del Concepto de Fuerza. Queda entonces abierta la pregunta acerca de qué es lo que guía a los estudiantes pensadores por sentido común hacia el patrón de respuestas restringido que llevó a la formulación del concepto de nociones alternativas.

Quisiéramos en este punto hacer una reinterpretación del artículo de Huffman y col. (1995), que puede ser visto más como una investigación sobre la naturaleza de las nociones alternativas que como una crítica hacia el Inventario del Concepto de Fuerza. Su conclusión central es que el Inventario del Concepto de Fuerza no mide una conceptualización coherente del concepto de fuerza pero, en su discusión, alude al posible carácter fragmentario del conocimiento por sentido común citando a diSessa (1993) y Minstrell (1991). Desde esta perspectiva, sin embargo, si el Inventario del Concepto de Fuerza no identifica conceptualizaciones consistentes de fuerza, la falla no debería asignarse al Inventario del Concepto de Fuerza sino al propio sistema cognitivo. En ese sentido, el presente trabajo confluye con las hipótesis de Huffman y col. (1995) para pensadores poco newtonianos. Halloun y col. (2000), quienes se concentran en pensadores newtonianos o casi newtonianos, plantearon serias objeciones a la validez del análisis de factores para tratar los datos surgidos del Inventario del Concepto de Fuerza. Nuestro trabajo retoma el problema de la búsqueda de coherencia pero desde otra perspectiva. Nuestros resultados apoyan la concepción de que las nociones "alternativas" no serían realmente alternativas a los conocimientos científicos, pues estos guían el pensamiento hacia la solución de los problemas mientras que no parece ocurrir lo mismo para la mayoría de las nociones alternativas catalogadas. En cambio, nuestros resultados son compatibles con que las predicciones ocurren como si las ideas previas correspondiesen a un "conocimiento en piezas".

Nos encontramos ante una paradoja. Por un lado existe buena evidencia de que interpretamos desde la infancia a los fenómenos físicos con una red de conceptos relativamente organizada (Ioannides y col., 2002), y por otro parece que hacemos predicciones de un modo casi azaroso. Esta aparente paradoja puede resolverse si suponemos que las predicciones y las explicaciones de pensadores no-newtonianos usan recursos cognitivos diferenciados. Segun esta hipótesis las preguntas del FCI se responderían activando una "primaria fenomenológica" o algo análogo, sin intervención de esquemas teóricos, pero esa respuesta sería justificada a posteriori con los esquemas más teóricos que dan cuenta de los patrones de respuestas típicos en entrevistas. Semejante separación debería implicar a su vez que un "físico ingenuo" deberá usar criterios de validación de sus respuestas bastante diferentes a las usadas por un "pensador newtoniano", lo cual tiene implicancias en cuanto a los compromisos ontológicos y epistemológicos de los primeros (Pozo y cols., 1998). En este sentido continuamos nuestras investigaciones, apuntando a profundizar las cuestiones pendientes mediante entrevistas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo recibe el apoyo de la Secretaría Académica de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. Esta investigación se enmarca en el PIP 03032 de CONICET y por el proyecto de investigación "Perspectivas históricas y del presente en las representaciones de la materia y sus interacciones en estudiantes y cursos de la UNLP", acreditado ante la Universidad Nacional de La Plata.

REFERENCIAS

Bao, L. and Redish, E. F. (2006). Model Analysis: Representing and assessing the Dynamics of Student Learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research,* 2 (1), pp. 1-16.

diSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 2/3, pp. 105-225.

diSessa, A. (2008). *A Bird's-Eye View of the "Pieces" vs. "Coherence" Controversy (From the "Pieces" Side of the Fence)*; International Handbook of Research on Conceptual Change (ed Stella Vosniadou).

Driver, R. and Easley, J. (1978). Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in science education*, 5, pp. 61-84.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 1, pp. 64-73.

Halloun, I. and Hestenes, D. (1985a). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, pp. 1043-1055.

Halloun, I. and Hestenes, D. (1985b). Common-sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, pp. 1056-1065.

Halloun, I. and Hestenes, D. (2000). The search for conceptual coherence in FCI data (Unpublished manuscript). In: http://modeling.asu.edu/R%26E/CoherFCI.pdf.

Heller P. and Huffman, D. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory, A Reply to Hestenes and Halloun. *Physics Teacher*, 33, pp. 503-511.

Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G. (1992a). Force Concept Inventory. *Physics Teacher*, 30, pp. 141-158.

Hestenes, D. and Wells, M. (1992b). A Mechanics Baseline Test. *Physics Teacher*, 30, pp. 159-166.

Hestenes, D. and Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. A response to March 1995 Critique by Huffman and Heller. *Physics Teacher*, 33, pp. 502-506.

Huffman and Heller, P. (1995). What Does the Force Concept Inventory actually measure? *Physics Teacher*, 33, pp. 138-143.

Ioannides, C. and Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. *Cognitive Science Quaterly*, 2, 1, pp. 5-62

McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. In D Gentner and A. L. Stevens (Eds.), *Mentalmeanings*. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.Á. (1998). *El aprendizaje de conceptos científicos: Del aprendizaje significativo al cambio conceptual*. Capítulo IV de *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Stewart, J., Griffin, H. and Stewart, G. (2007). Context sensitivity in the Force Concept Inventory**.** *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3, 1, 010102(6).

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 2, pp. 205-225.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, pp. 45-69.

Vosniadou, S. (2002). On the Nature of Naïve Physics, reconsidering conceptual change: issues in theory and practice, 2002, Part I, 61-76, DOI: 10.1007/0-306-47637-1_3

Vosniadou, S (2003). *Exploring the Relationships between Conceptual Change and Intentional Learning*, G.M. Sinatra and P.R. Pintrich (Eds). *Intentional Conceptual Change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2003.

Vosniadou, S. (2007). The Cognitive-Situative Divide and the Problem of Conceptual Change. *Educational Psychologist*, 42, 1, pp. 55-66.

ONTOLOGÍA DEL CONCEPTO DE ACELERACIÓN: SU COMPRENSIÓN MEDIANTE EL APRENDIZAJE A PARTIR DE TEXTOS.

Liliana Ledesma y M. Cecilia Pocoví

Universidad Nacional de Salta. Fac. de Ingeniería. Agencia de Promoción Científica y Tecnológica

lili300_54@yahoo.com.ar

RESUMEN

En este trabajo se estudian los efectos que los siguientes tres factores producen sobre la comprensión de la ontología del concepto de aceleración: las traducciones lingüísticas explícitas en los textos, el tipo de conocimiento previo de los lectores y la realización de Actividades que Favorecen la Comprensión (en adelante, AFC, según Brown, Palincsar y Armbruster, 2004). Dicho estudio se realizó mediante el desarrollo y la evaluación de una estrategia de enseñanza que incluye el diseño de material didáctico creado para ayudar a superar deficiencias relacionadas con los tres factores. Los efectos de esta estrategia sobre el aprendizaje, se midieron a partir del desempeño de los estudiantes en las distintas instancias de un curso de Física básica dictada a los alumnos que se aprestan a cursar Física I en las carreras de ingeniería.

Palabras Clave: ontología, comprensión de textos, aceleración, sistema lingüístico

ABSTRACT

The effects that three factors produce on understanding the ontology of the acceleration concept from a written text is studied. The factors are: the explicit linguistic translations within the text, the type of knowledge that the reader holds before reading the text and the performance of Comprehension Fostering Activities (CFA, according to Brown, Palincsar y Armbruster, 2004). This study was carried out through the design and evaluation of a teaching strategy that includes the design of didactic material that was created to help overcome the deficiencies related to the three factors. The effects of this strategy on learning were measured on the basis of the students´ performance in different evaluations in a course of basic Physics taught to students that are about to begin Physics I at engineering careers.

Keywords: ontology, reading comprehension, acceleration, linguistic system

INTRODUCCION

Los textos científicos constituyen uno de los principales materiales de aprendizaje que se emplean en el estudio de las ciencias (Concari y Giorgi, 2000), y en particular de la Física (Pandiella, Torné y Macías 2004). A nivel universitario, la lectura es una actividad que se asocia al aprendizaje de nuevos conceptos por parte del alumno.

En este trabajo se estudiará, para el caso particular del concepto de aceleración, los efectos que la lectura de distintos textos, el tipo de conocimiento previo de los alumnos y la realización de actividades de carácter metacognitivo tienen sobre la comprensión de los alumnos. El aprendizaje del concepto de aceleración, ya ha sido estudiado desde otros marcos teóricos (Trowbridge y McDermott, 1981; McDermott, 1984; Jones, 1983; Driver, 1986; Giorgi, Concari y Pozzo, 2005; Reif, 2008). En la mayoría de estos trabajos previos, se han analizado las concepciones de los estudiantes acerca de la relación entre aceleración y fuerza (que, para muchos estudiantes, consiste en una relación fuerza-movimiento). El aporte original de esta investigación es que se realizó a partir de la combinación de tres marcos teóricos que, a criterio de las autoras no se oponen sino que se complementan: Alexander y Kulikowich (1994) y Alexander y Jetton (2000) fueron tomadas como referentes para el diseño de los textos experimentales; la Teoría de Chi (1992, 2005, 2008) fue tomada como referente para definir lo que se entiende por comprensión de un concepto y por cambio conceptual y, finalmente, la Teoría de Brown et al. (2004) fue tomada como referente para el diseño de actividades metacognitivas que se utilizan para complementar las lecturas y ayudar a la comprensión. A continuación se presentarán someramente estos tres marcos referenciales para mostrar las ideas más importantes de cada contribución teórica. Para ello se resumirán algunos estudios previos correspondientes a cada uno, y se mostrará en qué contribuirá cada marco al estudio planteado.

MARCOS SELECCIONADOS: TRES PARTES DE UN TODO

Investigaciones llevadas a cabo en el Área de Lectura se han abocado al estudio de las características de los textos que afectan su comprensión. Existen trabajos que han centrado su atención en la influencia de la estructura de los textos sobre la comprensión del material escrito. Por ejemplo, Kintsch (2004), McNamara (2005) pusieron de manifiesto que la mayor coherencia del texto (grado de claridad con la que se relacionan las ideas dentro de un texto), afecta positivamente la comprensión. Sostienen que cuando las oraciones consecutivas se superponen conceptualmente, el lector puede procesarlas más rápido y hay mayores probabilidades de que recuerde su contenido. De la misma manera, cuando las relaciones entre las ideas se explicitan mediante el uso de conectores tales como "en consecuencia", "porque", "asimismo" y "por lo tanto", es más probable que el lector entienda y recuerde esas relaciones. Por su parte, Nist y Simpson (2000) analizan cómo la organización y las "ayudas" existentes en el texto (resaltados en negrita, recuadros, etc.) influyen en la comprensión del mismo. Mc Keown, Beck y Blake (2009) detectaron que algunos libros de texto que se utilizan en las clases de ciencias requieren, para su comprensión, información previa que los alumnos generalmente no poseen. Además, muchas veces presentan información importante de manera escueta e imprecisa, lo cual interfiere con el aprendizaje del tema. Britton y Gulgoz (1991) han analizado el nivel de dificultad de los textos de acuerdo al conocimiento previo de los estudiantes y sostienen que muchas veces es necesario re-escribir los textos de manera de facilitar al lector la relación entre lo que lee y lo que ya sabe para mejorar su comprensión.

Las investigaciones sobre procesos de lectura suelen, tradicionalmente, dividirse en dos grupos: aquellas que se centran en el aprendizaje inicial del proceso de lectura y aquellas que analizan el desarrollo de la comprensión de textos más avanzados. Esta división puede notarse, por ejemplo, en las secciones y capítulos diseñados en libros fundamentales sobre investigaciones en lectura como por ejemplo los editados por Ruddell y Unrau (2004) y por Israel y Duffy (2009). Dentro del segundo grupo son importantes los estudios centrados en la comprensión de textos científicos dada la complejidad propia del contenido y las características especiales de los lectores. Por ejemplo, en una investigación llevada a cabo por Spiro, Coulson, Feltovich y Anderson (2004) con estudiantes de medicina detectaron que, muchas veces, el conocimiento previo no favorece la comprensión de los textos y, en cambio, puede llegar a inhibir su comprensión, ya que los alumnos tienden a sobre-simplificar las estructuras complejas (reductive bias).

Alexander y su grupo de investigación se han destacado por su estudio, a lo largo de décadas, de los procesos de comprensión lectora asociados con la naturaleza de la disciplina acerca de la cual se lee (Alexander, 1992, 2005; Alexander y Jetton, 2000). Alexander y Kulikowich (1994) clasifican a los textos de Matemática y Física como "bilingües" ya que la información se presenta utilizando modos de inscripción variados que corresponden a símbolos matemáticos e información lingüística. Estas autoras se refieren a dichos modos de inscripción como sistema simbólico y lingüístico respectivamente. Mientras que el sistema simbólico consiste en las fórmulas, gráficos y ecuaciones, el sistema lingüístico se refiere a las aclaraciones verbales que se utilizan para describir el sistema físico bajo estudio. Cuanto mayor es la cantidad de sistema lingüístico referido a estas descripciones físicas, menor es el requerimiento de procesamiento de la información durante la lectura (decodificación de símbolos) y, por lo tanto, mayor es la probabilidad de lograr la comprensión de lo que se lee. En otras palabras, el cambio conceptual de los alumnos a partir de los textos leídos está relacionado con cuán directa es la "traducción" desde el sistema simbólico al sistema lingüístico.

Ya en 1988 Dee-Lucas y Larkin resaltaron una característica distintiva del sistema simbólico que se emplea en los textos de ciencias para describir la situación Física: el contenido del sistema simbólico es fácil de recordar pero difícil de comprender. En este sentido, afirman que el proceso de decodificación para obtener la representación semántica del concepto es complejo y muchos estudiantes no logran realizarlo con éxito. Investigaciones previas en el área de Enseñanza de Ciencias, han detectado que, el conocimiento de la expresión analítica del concepto a aprender no equivale a una comprensión correcta del concepto (Duit, Niedderer y Schecker, 2007, p. 606). Muchas veces los estudiantes novatos tienden a centrarse en las ecuaciones matemáticas que describen los fenómenos y no en los conceptos físicos detrás de las ecuaciones (Arons, 1996; Pocoví, 2004). A pesar de estos resultados alcanzados en la investigación, Reif y Larkin (1991) señalan que muchos libros de texto empleados en las clases de ciencias suelen destacar las fórmulas matemáticas, hasta el punto de mostrar sólo listas de ellas (p.743).

De lo dicho anteriormente, se justifica el primer marco de referencia que servirá para guiar la elaboración de dos textos experimentales sobre el concepto de aceleración: uno pobre y otro rico en contenido lingüístico.

La comprensión de textos, considerando sus características simbólicas y lingüísticas, también ha sido estudiada teniendo como foco la naturaleza u ontología del concepto presentado, como se explica en lo que sigue. Si bien un experto puede comprender la ontología de un concepto analizando el sistema simbólico (ecuaciones) (Chi y VanLehn, 1991) esta comprensión resulta extremadamente difícil para una persona novata en el tema, como lo son los alumnos que estudian un concepto por primera vez (Shaffer y Mc Dermott, 2005; Slotta y Chi, 2006). Más aún, se ha detectado que ciertas expresiones lingüísticas pueden llevar a una mala interpretación del sistema simbólico que describe la física del problema considerado (Pocoví y Hoyos, 2011). Más específicamente, estas investigaciones muestran que algunos alumnos llegan a considerar que el concepto a aprender posee una naturaleza distinta de la científicamente aceptada. Como vemos, hace falta ahora definir el marco conceptual considerado para definir lo que entenderemos por "cambio conceptual" y por "comprensión de un concepto". Para ello, explicitaremos algunas de las características salientes de la Teoría presentada por Chi y su equipo de investigación.

Chi (1992, 2005, 2008), establece que las entidades en el mundo pueden asignarse a diferentes categorías ontológicas. Una categoría, es una estructura conceptual, un sistema clasificatorio que puede definirse con precisión, (McNamara, Sternberg, 1983, citado en Chi, 1992), donde cada miembro o entidad perteneciente a la misma categoría, comparte una serie de atributos definidos (atributos que todos los miembros de la categoría deben poseer) y un conjunto de atributos ontológicos (atributos que los miembros pertenecientes a una categoría ontológica pueden potencialmente poseer). Los atributos ontológicos permiten determinar si un concepto pertenece a una determinada categoría. Por ejemplo "masa" (en el sentido de la mecánica clásica) pertenece a la categoría de conceptos tipo materia, porque los atributos asociados con esta categoría, como ser empujable, contenible, (Slotta, Chi y Joram, 1995; Slotta y Chi, 2006) ocupar un lugar en el espacio, ser trasladable, entre otros (Reiner et al., 2000), forman una oración con sentido cuando se utilizan como predicados de "masa" (Chi, 1992, Reiner et al., 2000). Se puede distinguir las frases falsas de aquellas frases sin sentido usando la característica "potencial" que tienen los atributos ontológicos. Un trozo de vidrio (concepto tipo materia) puede ser predicado con el adjetivo "de color blanco" (atributo ontológico de los objetos materiales), y se obtiene como resultado la frase "el vidrio es blanco" que constituye una frase con sentido pero falsa, si el vidrio es transparente (Chi, 2005). En cambio, si predicamos vidrio con "ocurre durante un intervalo de tiempo" (atributo ontológico de la categoría procesos) nos dará como resultado una frase sin sentido: "el vidrio ocurre en una hora".

Dos categorías son ontológicamente distintas si los atributos de una categoría no son aplicables a los miembros de otra categoría (Chi, 1992 y 2005). Una de las consecuencias principales, de esta teoría, es que el significado de un concepto está dado por la categoría a la cual se asigna el concepto. Keil (1979), uno de los precursores de esta línea de investigación, demostró que incluso niños pequeños hacen uso de las categorías ontológicas para interpretar el mundo que les rodea con mucha eficiencia ya que les permite asignar y predecir muchas propiedades a partir de la categorización en entidades conocidas.

Siguiendo la línea ontológica planteada por Keil, Chi propone un número reducido de categorías ontológicas principales: Entidades, Procesos y Estados Mentales (Chi, 2008). Chi (1992) afirma que las categorías de conceptos tipo Materia y tipo Procesos son de gran importancia en la enseñanza de Física. Estas categorías ontológicas principales difieren de las otras ya que las entidades pertenecientes a cada una no comparten los mismos atributos ontológicos. En otras palabras, un aspecto crítico de los atributos ontológicos es que no pueden ser aplicados a conceptos de otra categoría (los atributos ontológicos son intransferibles de una categoría a otra).

A su vez, cada categoría ontológica principal incluye un conjunto jerárquico de subcategorías. En tal sentido la categoría de conceptos tipo Proceso se subdivide en las subcategorías Procesos Secuenciales y Procesos Emergentes (Chi, 2008; Chi y Roscoe, 2002). Si bien los procesos emergentes son de gran importancia entre los conceptos de Física, limitaremos (por razones de espacio) nuestra descripción a los procesos secuenciales que, como se verá resulta ser la categoría del concepto de aceleración.

Los conceptos que pertenecen a la categoría tipo Proceso se caracterizan por presentar componentes que interactúan entre sí, para dar lugar a un patrón observable (Chi, 2008; Chi y Roscoe, 2002). La subcategoría de conceptos tipo Procesos Secuenciales posee un conjunto de atributos ontológicos que pueden ser enunciados considerando el comportamiento de sus componentes (Chi, 2008; Chi, et al., 2011). Las componentes de un proceso secuencial son de diferente naturaleza, interactúan de manera restringida y secuencial, se puede identificar una terminación de la interacción y las componentes son dependientes entre sí.

También, los conceptos tipo Procesos Secuenciales pueden ser caracterizados considerando los tipos de interacciones entre las componentes y el patrón observado (Chi, 2008; Chi et al., 2011). Un solo componente puede producir el patrón observado, el mecanismo que produce el patrón observado es un cambio incremental, los eventos locales y el patrón observado actúan de una forma correspondiente.

En su trabajo de 2008, Chi explica cómo la relación entre la ontología inicialmente asignada por un alumno a un concepto y la ontología (metafísica) del mismo determina el tipo de proceso que deberá llevar a cabo para lograr el aprendizaje. Así, denomina "cambio conceptual" a aquel que se da cuando el aprendiz califica inicialmente al concepto a aprender dentro de la misma categoría ontológica a la que pertenece el concepto científico (aunque no en la misma rama). Por otro lado, si el concepto inicialmente no es concebido dentro de la categoría ontológica correcta, el aprendizaje se llevará a cabo mediante el proceso de "cambio conceptual radical" (Chi, 2008).

Investigaciones encuadradas en la Teoría de Cambio Conceptual de Chi (Reiner, Slotta, Chi y Resnick, 2000; Chi, 2008) han determinado que si un estudiante realiza una categorización ontológica incorrecta de un concepto asignándole atributos ontológicos no adecuados, se puede decir que el estudiante no posee un conocimiento acabado de la entidad en cuestión. En otras palabras, el estudiante no ha logrado el cambio conceptual hacia las concepciones científicas.

Se han realizado investigaciones en base a distintas estrategias didácticas que se centran en la presentación de los atributos ontológicos de un concepto para su aprendizaje: Slotta y Chi (2006) trabajaron con simuladores para presentar la ontología del concepto de equilibrio termodinámico, Pocoví (2004) utilizó episodios de la historia de la Física para enseñar la ontología de distintos conceptos. Otra forma de presentar a los alumnos los atributos ontológicos de una entidad es por medio de descripciones lingüísticas en textos escritos. En este caso, se estarían combinando los hallazgos de las dos áreas de investigación mencionadas hasta ahora (investigaciones sobre procesos de lectura y aquellas sobre cambio conceptual) para diseñar textos que puedan favorecer la comprensión de los lectores. Entendiendo por textos ricos en explicaciones lingüísticas a aquellos que se centran en la descripción lingüística de la ontología de un concepto, podemos preguntarnos acerca de los efectos que éstos textos tienen sobre la comprensión de los alumnos (también entendida desde el punto de vista ontológico de Chi). Además, podemos también indagar acerca de las diferencias en la comprensión lograda dependiendo de las concepciones previas (ontológicamente hablando) de los estudiantes.

Antes de proceder a analizar la naturaleza del concepto de aceleración, se debe presentar otro hallazgo de las Investigaciones en Lectura que constituirá el tercer marco teórico en el que se apoya el planteo de la presente investigación.

Holschuch y Aultman (2009) realizan una revisión de las "estrategias de comprensión" más importantes que se han investigado relacionadas con la comprensión lectora. Destacan el papel de las estrategias metacognitivas en el caso de los alumnos universitarios y establecen que la discrepancia entre los buenos y los malos lectores es más notable en la universidad cuando se espera que los estudiantes posean habilidades de este tipo (p. 122). En 2004, Brown, Palincsar y Armbruster presentaron un tipo de estrategias metacognitivas asociadas con actividades a las que denominaron Actividades que Favorecen la Comprensión (CFA: Comprehension Fostering Activities) (p. 788). Si bien los trabajos citados por ellas tuvieron como muestra a escolares de séptimo grado que leen para aprender contenido nuevo, existe evidencia (Alexander, 2005) que muestra que estas estrategias de procesamiento de tipo profundo juegan un papel más importante cuanto más se avanza en la etapa de competencia media (no experta) en lectura, dentro de la cual se puede categorizar a los estudiantes novatos en Física. En un trabajo anterior (Baker y Brown, 1984) se refieren a los problemas académicos que experimentan los estudiantes universitarios que no poseen habilidades metacognitivas. Este estudio confirma nuevamente que los estudiantes universitarios pueden considerarse lectores que aprenden contenido nuevo a partir de textos y tienen problemas de comprensión similares a los presentados en estudiantes de edad escolar. Las actividades mencionadas (AFC) deben ayudar a: 1) clarificar los propósitos de la lectura, 2) activar el conocimiento previo relevante, 3) focalizar la atención en el contenido más importante del texto, 4) evaluar críticamente el contenido para probar su consistencia interna y la compatibilidad con el conocimiento previo y el sentido común, 5) revisar periódicamente la comprensión y 6) realizar inferencias (Brown et al., 2004).

Una combinación de los hallazgos de las tres áreas mencionadas (AFC, cambio conceptual y lectura) permite realizar el diseño de actividades a realizar durante el proceso de lectura de un texto rico en explicaciones lingüísticas y comparar los efectos de dicha intervención con, por ejemplo, lo comprendido a partir de la lectura solamente.

ANÁLISIS ONTOLÓGICO DEL CONCEPTO ACELERACIÓN

Ya que, una condición necesaria para planear una intervención didáctica, desde el punto de vista de la Teoría de Chi es conocer la ontología de la magnitud a enseñar, aplicaremos esta teoría para analizar qué tipo de concepto es la aceleración. Para ello se seguirá el lineamiento propuesto por Chi (2005,2008).El concepto de aceleración pertenece a la categoría de conceptos tipo Procesos Secuenciales (según Chi et al., 2011, antes llamados Directos en Chi, 2008), como se verá a continuación mediante el análisis de las interacciones entre las componentes y el de las interacciones entre las componentes y el patrón. La definición cinemática de la aceleración involucra dos componentes: el cambio de velocidad y el incremento de tiempo. El patrón observado será un movimiento acelerado.

El comportamiento de las dos componentes es de diferente naturaleza ya que una, el cambio de velocidad, es una magnitud vectorial mientras que la otra, el intervalo de tiempo, es una magnitud escalar. La interacción entre las componentes del concepto aceleración no es azarosa sino restringida ya que corresponde a un cociente en donde el numerador siempre es el cambio en la velocidad y el denominador es siempre el intervalo de tiempo considerado. Cada una de las componentes se calcula en base a diferencias que son secuenciales: la velocidad inicial se resta de la final, y lo mismo para el intervalo de tiempo. La interacción entre las componentes de un proceso directo termina cuando no existe patrón; es decir, el cociente entre el cambio de velocidades y el intervalo de tiempo es nulo cuando el movimiento no es acelerado. La interacción entre las componentes de la aceleración es dependiente ya que las velocidades involucradas en la diferencia del numerador corresponden a los tiempos involucrados en la diferencia del denominador.

Además, en relación a la interacción componentes-patrón, la diferencia de velocidad y el intervalo de tiempo tienen estatus bien diferenciados en el rol que cumplen en el movimiento acelerado resultante. El comportamiento de las componentes afecta en forma directa el patrón observado ya que un cambio en el valor de cualquiera de las componentes resulta en un movimiento acelerado diferente. Las componentes son de carácter incremental. El comportamiento de algunas de las componentes se corresponde con el patrón global observado: el cambio de velocidad corresponde a la dirección y sentido de la aceleración del movimiento resultante.

PLANTEO DEL PROBLEMA Y DE LAS CORRESPONDIENTES HIPÓTESIS DE TRABAJO

De lo antedicho, podemos señalar distintos aspectos de un mismo problema que serán plasmados en las hipótesis de trabajo.

Por un lado, dijimos que la Teoría de Chi (2008) plantea la existencia de procesos de aprendizaje diferentes de acuerdo a los distintos tipos ontológicos de conocimiento previo de los estudiantes. Además, esta teoría afirma que, la enseñanza debe apuntar a que el alumno aprenda los atributos ontológicos correspondientes a la categoría ontológica del concepto a aprender. La descripción de dichos atributos puede realizarse utilizando el sistema lingüístico. Entonces es de esperar que, tanto en el caso de textos ricos en sistema lingüístico como en el de textos simbólicos, exista una diferencia en la comprensión lograda dependiendo de la ontología del conocimiento previo del lector y su diferencia con la ontología del concepto científico. Cabe remarcar nuevamente que, en este trabajo tomaremos una definición más restringida del sistema lingüístico presente en un texto que la que considera Alexander ya que nos interesan exclusivamente las palabras y frases que involucran la descripción de la ontología de un concepto. Por lo tanto, se pueden plantear las siguientes hipótesis de trabajo referidas a esos hechos:

a) El nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes, a partir de la lectura de textos tradicionales, depende de sus conocimientos previos.

b) El nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes, a partir de la lectura de textos con alto contenido lingüístico y con el sistema simbólico limitado a esquemas depende de sus conocimientos previos.

Por otro lado, Alexander y Kulikowich (1994) y Alexander y Jetton (2000) establecen en su teoría que el sistema lingüístico en los textos facilita su comprensión ya que requiere del lector un menor procesamiento de la información presentada en símbolos. En este caso, es válido plantear una tercera hipótesis de trabajo:

c) La utilización de textos con alto contenido lingüístico y con el sistema simbólico limitado solo a esquemas mejora la comprensión de los conceptos físicos comparada con la que se logra utilizando textos con alto contenido simbólico y escasas traducciones lingüísticas.

Finalmente, Brown et al. (2004) establecen que la realización de actividades de carácter metacognitivo propician la comprensión de los textos. Por lo tanto, planteamos:

d) Las actividades que se llevan a cabo durante el proceso de lectura de un texto rico en explicaciones lingüísticas logra mejorar la comprensión de los conceptos físicos comparada con la que se logra sólo con la lectura de textos con alto contenido lingüístico.

DISEÑO Y METODOLOGIA

La investigación se planteó con un diseño pre-experimental o de un solo grupo (Cohen y Manion, 1994). La muestra 56 de alumnos con la que se trabajó corresponde a los alumnos que se aprestan a cursar Física I en carreras de ingeniería y asisten a un curso previo (no obligatorio) en el cual se imparten algunos conocimientos de Física básica. Se detallan a continuación los distintos pasos seguidos, como guiados por los marcos seleccionados y las hipótesis de investigación.

La Teoría de Cambio Conceptual adoptada predice que el proceso de aprendizaje dependerá de la ontología asignada inicialmente por los alumnos al concepto a aprender. Con esta idea en mente, se diseñó una encuesta inicial para poder clasificar el tipo de conocimiento previo de los alumnos, según su ontología. Para ello, la encuesta plantea diversas situaciones de movimiento acelerado las cuales se describen mediante proposiciones que contienen predicados correspondientes a distintas categorías ontológicas. Algunas de ellas se construyeron utilizando atributos ontológicos de la aceleración como "proceso directo" (categoría ontológica correcta) y otras con atributos que corresponden (erróneamente) a la idea de aceleración entendida como "entidad" o como "proceso erróneo". Los enunciados de las proposiciones que no corresponden a "proceso secuencial" fueron inspiradas en las respuestas dadas por estudiantes en una prueba piloto realizada en una cohorte anterior de alumnos, utilizada para validar las encuestas y los textos. Por razones de espacio, sólo presentaremos algunos ejemplos de las proposiciones mencionadas de la encuesta inicial:

- "*La aceleración del auto blanco es mayor que la aceleración del auto gris pues el cambio de velocidad del auto gris tardó más tiempo en producirse.*" (atributo de proceso secuencial: esta respuesta se refiere a dos autos con el mismo cambio de velocidad en distintos tiempos. Muestra que la interacción entre las componentes es restringida ya que corresponde a un cociente en donde el numerador siempre es el cambio en la velocidad y el denominador es siempre el intervalo de tiempo considerado)
- "La aceleración tendrá la dirección y sentido del cambio de velocidades." (atributo de proceso secuencial: El comportamiento de algunas de las componentes se corresponde con el patrón global observado: el cambio de velocidad corresponde a la dirección y sentido de la aceleración del movimiento resultante)
- "La aceleración es nula pues se gastó en el movimiento." (atributo de "Entidad": el predicado gastó o agotó corresponde a una idea material del concepto).
- "Para que la velocidad cambie se debe agregar un poco de aceleración." (atributo de "Entidad: el predicado "agregar" corresponde a un concepto de tipo materia).
- "La aceleración es proporcional a la velocidad del auto." (atributo tipo Proceso Erróneo: se considera como componente de la aceleración a la velocidad en vez de al cambio de velocidad).
- "La aceleración del auto gris es mayor que la del auto blanco pues el cambio de velocidad del gris tardó más en producirse." (atributo tipo Proceso Erróneo: esta respuesta se refiere a dos autos con el mismo cambio de velocidad en distintos tiempos. En este caso, se considera que la aceleración es proporcional al intervalo de tiempo involucrado, algo así como $\vec{a} = \Delta\vec{v}.\Delta t$ en vez del cociente)
- "La aceleración de los dos autos es la misma sólo que uno se detuvo antes." (atributo tipo Proceso Erróneo: se considera que la única componente de la aceleración es el cambio de velocidad, algo así como $\vec{a} = \Delta\vec{v}$)

Los estudiantes deben elegir todas las proposiciones que, a su criterio, describan adecuadamente las situaciones planteadas. De esta forma, se obtuvieron tres "puntajes" que reflejan la proporción de atributos de distinto tipo seleccionados, como lo muestran las ecuaciones 1, 2 y 3.

$$E = \frac{n^{\circ}\ de\ atributos\ tipo\ entidad\ \ que\ selecciona\ el\ alumno}{n^{\circ}\ total\ de\ atributos\ tipo\ entidad} \quad (1)$$

$$P_{erróneo} = \frac{n^{\circ}\ de\ atributos\ tipo\ proceso\ err.\ que\ selecciona\ el\ alumno}{n^{\circ}\ total\ de\ atributos\ tipo\ proceso\ erróneo} \quad (2)$$

$$P_{secuencial} = \frac{n^{\circ}\ de\ atributos\ tipo\ proceso\ secuenc.que\ selecciona\ el\ alumno}{n^{\circ}\ total\ de\ atributos\ tipo\ proceso\ secuencial} \quad (3)$$

A cada alumno, entonces, se le asignaron inicialmente tres puntajes y se lo clasificó de acuerdo a cuál de los puntajes es más alto. Es decir, un alumno que posee un puntaje E más alto que cualquiera de los dos P será un alumno cuyas ideas previas acerca de la aceleración poseen una gran cantidad de atributos tipo materia. Como la aceleración es un concepto tipo proceso directo, este alumno requerirá un proceso de Cambio Conceptual Radical para poder aprender el concepto de aceleración. Por lo tanto, dicho alumno fue clasificado con el nombre de CCR.

Si, por ejemplo, un alumno posee un puntaje $P_{erróneo}$ más alto que cualquiera de los otros dos, el mismo será un alumno cuyas ideas previas acerca de la aceleración poseen una gran cantidad de atributos de un tipo equivocado de proceso. Como esta concepción se encuentra dentro del mismo árbol ontológico que la aceleración (proceso directo), este alumno requerirá un proceso de Cambio Conceptual para poder aprender el concepto de aceleración. Por lo tanto, dicho alumno fue clasificado con el nombre de CC.

Finalmente, si un alumno tiene el puntaje $P_{secuencial}$ más alto que los otros dos, será un estudiante cuyas ideas previas acerca de aceleración poseen una gran cantidad de atributos correspondientes a la ontología correcta. Este tipo de alumno, a lo sumo, realizará un proceso de enriquecimiento para llegar a aprender el concepto de aceleración.

Esta clasificación inicial es necesaria para poder indagar si la comprensión de los alumnos a partir de los textos depende efectivamente de la ontología de las concepciones iniciales (primera y segunda hipótesis de trabajo).

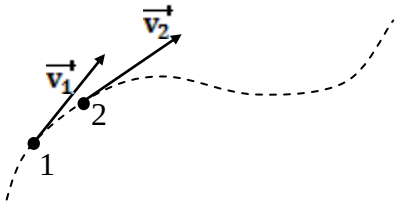
La etapa siguiente de esta investigación correspondió a la elaboración de los textos experimentales y de las encuestas para evaluar la comprensión de los alumnos. Se diseñaron dos textos referentes al concepto de aceleración tal como es presentado en cinemática. En realidad, los textos se refieren al concepto de aceleración promedio pues se calcula a partir de incrementos finitos. El concepto de aceleración instantánea es presentado recién durante el cursado de Física I. Dichos textos fueron diseñados con un grado diferente de traducción del sistema simbólico al lingüístico. Se elaboró primero el T2, que es el que posee mayor cantidad de traducciones simbólico-linguísticas y, a partir de éste, se obtuvo el T1 mediante la reducción a un mínimo de las explicaciones lingüísticas referidas a la ontología. Los textos fueron entregados a los alumnos en forma secuencial (primero el T1 y luego el T2) y su grado de comprensión se midió a través de encuestas similares a la encuesta inicial (centrada en los atributos ontológicos) después de cada lectura. Nótese que los datos así recogidos permiten realizar la comparación entre la comprensión que logran alumnos de distinto tipo (ontológico) a partir de la lectura de cualquiera de los textos y también realizar la comparación entre la comprensión lograda a partir de los distintos textos (sin importar el estado inicial del alumno).

Los textos y las encuestas fueron probados en la cohorte anterior y se realizaron ajustes y correcciones en base a esa experiencia. Por cuestiones de espacio, se presentan a continuación algunas porciones del texto T2 diseñado. Las aclaraciones entre corchetes no figuran en el texto entregado a los alumnos pero fueron realizadas para mostrar el atributo ontológico que se desea resaltar.

…"Para determinar si un movimiento es acelerado debemos ver si existe un cambio de velocidad en un cierto intervalo de tiempo. Al intervalo de tiempo lo elegimos de acuerdo al tramo que queremos analizar y siempre será la diferencia entre el tiempo final y el inicial. Por otro lado, debemos calcular la diferencia entre la velocidad final y la inicial para ver si hay un cambio en ella. Debemos notar que la diferencias consideradas siempre serán tomadas entre los valores de la situación final menos los de la situación inicial y no al revés." [cada una de las componentes se calcula en base a diferencias que son secuenciales].

…"Notemos que las velocidades son vectores así que un cambio en la velocidad puede producirse debido a un cambio en la magnitud del vector velocidad o debido a un cambio en la dirección o el sentido del vector velocidad." [el comportamiento de las dos componentes es de diferente naturaleza]

…"Analicemos la siguiente situación: un auto toma una curva y la magnitud de su velocidad es constante cuando pasa por los puntos 1 y 2 (ver la figura siguiente). Como elegimos mirar ese intervalo de tiempo, debemos analizar los vectores velocidad correspondientes al tiempo final (en el punto 2) y al inicial (en el punto 1)." [la interacción entre las componentes de la aceleración es dependiente ya que las velocidades involucradas en la diferencia del numerador corresponden a los tiempos involucrados en la diferencia del denominador].



…"Podemos afirmar que el vector aceleración tendrá el sentido y la dirección del vector diferencia de velocidades ($\Delta\vec{v}$) ya que $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$. Como el intervalo de tiempo Δt es un escalar, contribuirá a agrandar o a achicar la magnitud de la aceleración pero no a cambiar su dirección. En cambio, $\Delta\vec{v}$ será el vector que determine hacia dónde apunta la aceleración." [el comportamiento algunas de las componentes se corresponde con el patrón observado].

Para medir la comprensión lograda a partir de cada texto (primero T1 y luego T2), los alumnos contestaron dos encuestas similares a la inicial luego de cada lectura. Estas encuestas también se referían a la aceleración en distintas situaciones que eran descriptas mediante proposiciones. Las proposiciones son idénticas a las que figuraban en la encuesta inicial y que, como ya se dijo, corresponden a concepciones de aceleración con distinta ontología.

La comprensión de los alumnos se midió a través de la siguiente variable (ecuación 4):

$$C = \frac{numero\ de\ respuestas\ correctas\ seleccionadas}{numero\ de\ rtas\ correctas\ posibles + numero\ de\ rtas\ incorrectas\ seleccionadas} \quad (4)$$

Es decir, si un alumno elige solamente atributos de tipo "entidad", su puntaje será cero mientras que, si un alumno elige solamente atributos de tipo "proceso directo", su puntaje será uno. Cualquier otro caso, corresponderá a un valor intermedio que, cuanto más cerca de uno, corresponderá a una mejor comprensión de la ontología del concepto a aprender.

Los resultados de las encuestas realizadas después de leer los textos T1 y T2 fueron también utilizadas para comparar la comprensión de los alumnos con estos dos tipos de texto, independientemente de la situación inicial de los mismos (tercera hipótesis de trabajo).

Finalmente, para poder testear la cuarta hipótesis referente al efecto de AFCs sobre la comprensión, se diseñaron una serie de actividades sencillas que apuntaban a reforzar lo leído con respecto a los distintos atributos ontológicos del concepto de aceleración. Estas actividades fueron realizadas en forma grupal y, posteriormente los alumnos contestaron una nueva encuesta análoga a las anteriores para medir su comprensión.

RESULTADOS

Clasificación inicial de los alumnos

La encuesta inicial permitió determinar que 36 alumnos poseen ideas sobre aceleración que corresponden a una ontología tipo "Entidad", y 20 alumnos poseen ideas que corresponden a un proceso erróneo. Ningún alumno tuvo un puntaje $P_{secuencial}$ más grande que los dos otros puntajes.

Hipótesis a) e Hipótesis b)

La comparación entre la comprensión que logran los estudiantes que corresponden a distintas situaciones ontológicas iniciales se realizó mediante un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal – Wallis) realizado con los puntajes C obtenidos en la encuesta tomada después de la lectura del texto T1. Para testear la primera hipótesis de trabajo se postuló la correspondiente hipótesis estadística nula: "No existe diferencia estadísticamente significativa en la comprensión lograda a partir de la lectura de un texto pobre en sistema lingüístico, en el caso de los estudiantes que poseen conocimientos previos tipo "Entidad" y aquellos que poseen conocimientos previos tipo "Proceso erróneo"". En símbolos, $\mu_{CCR1}=\mu_{CC1}$, en donde el subíndice "uno" fue utilizado para referirnos a la encuesta realizada después de leer el primer texto.

En la Tabla 1, se muestra el resumen de los valores obtenidos para esta prueba.

Variable de Clasificación	N	Medias	D.E	H	p
CC	20	4,81	7,63	0,48	0,33
CCR	36	3,68	9,02		

Tabla 1. Resumen del Análisis de Varianza no paramétrico.Prueba de Kruskal Wallis

Estos resultados muestran que no se puede rechazar la hipótesis nula planteada. El nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes, a partir de la lectura de textos tradicionales parece no depender del tipo de conocimiento previo de los estudiantes; tanto los estudiantes que tienen conocimientos previos mayormente tipo "Entidad" como aquellos que poseen ideas mayoritariamente de tipo "proceso erróneo" logran el mismo nivel de comprensión a partir de textos pobres en explicaciones lingüísticas.

La comparación entre la comprensión que logran los estudiantes que corresponden a distintas situaciones ontológicas iniciales se realizó mediante un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal – Wallis) realizado con los puntajes C obtenidos en la encuesta tomada después de la lectura del texto T2. Para testear la segunda hipótesis de trabajo se postuló la correspondiente hipótesis estadística nula: "No existe diferencia estadísticamente significativa en la comprensión lograda a partir de la lectura de un texto rico en sistema lingüístico, en el caso de los estudiantes que poseen conocimientos previos tipo "Entidad" y aquellos que poseen conocimientos previos tipo "Proceso erróneo"". En símbolos, $\mu_{CCR2}=\mu_{CC2}$, $=\mu_2$ en donde el subíndice "dos" fue utilizado para referirnos a la encuesta realizada después de leer el segundo texto.

En la Tabla 2, se muestra el resumen de los valores obtenidos para esta prueba.

Variables de clasificación	N	Medias	D.E	H	p
CC	20	17,55	27,18	0,98	0,26
CCR	36	9,76	16,46		

Tabla2. Resumen del Análisis de la Varianza no paramétrico. Prueba de Kruskal Wallis

Estos resultados muestran que no se puede rechazar la hipótesis nula planteada. El nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes, a partir de la lectura de textos ricos en el sistema lingüístico parece no depender del tipo de conocimiento previo de los estudiantes; tanto los estudiantes que tienen conocimientos previos mayormente tipo "Entidad" como aquellos que poseen ideas mayoritariamente de tipo "proceso erróneo" logran el mismo nivel de comprensión a partir de textos ricos en explicaciones lingüísticas.

Hipótesis c)

La hipótesis c) apunta a determinar si existe diferencia en la comprensión que se logra a partir de textos ricos y pobres en contenido lingüístico (apuntado a la ontología), sin importar la condición inicial de los estudiantes (también referida a la ontología de sus conceptos previos).Para testear esta hipótesis de trabajo, también se debió enunciar la hipótesis estadística nula de la siguiente manera: "No existen diferencias estadísticamente significativas en la comprensión que se logra a partir de textos con alto contenido lingüístico y la comprensión lograda a partir de textos con alto contenido simbólico". En símbolos, $\mu_1=\mu_2$.

Esta comparación se realizó mediante una prueba Wilcoxon para muestras apareadas, es decir, se aparearon los puntajes C de cada estudiante correspondientes a la primera y segunda encuesta.

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p
C1	C2	56	323,50	798,00	14592,63	3,93	0,0001

Tabla 3. Resumen de la prueba no paramétrica.Prueba de Wilcoxon

O sea que la utilización de textos con alto contenido lingüístico y con el sistema simbólico limitado sólo a esquemas mejora significativamente la comprensión de los conceptos físicos comparada con la que se logra utilizando textos con contenido simbólico y escasas traducciones lingüísticas.

Hipótesis d)

La cuarta hipótesis de trabajo apunta a determinar si las actividades que se llevan a cabo durante el proceso de lectura de un texto rico en explicaciones lingüísticas logra mejorar la comprensión de los conceptos físicos comparada con la que se logra sólo con la lectura de textos con alto contenido lingüístico. Para ello, después de completar la segunda encuesta (después de leer T2) los alumnos realizaron una serie de actividades para favorecer la comprensión (según Brown, 2004). Posteriormente, contestaron nuevamente una encuesta similar a las anteriores y se midió su comprensión mediante la variable C (análogamente a cómo se hizo anteriormente).

La comparación estadística, en este caso, se llevó a cabo entre los resultados de la encuesta tomada luego de la lectura T2 y los obtenidos luego de realizadas las AFC. La hipótesis nula de esta instancia de investigación es: Las actividades (AFC) que se llevan a cabo durante el proceso de lectura de un texto rico en explicaciones lingüísticas no mejoran la comprensión de los conceptos físicos comparada con la que se logra sólo con la lectura de textos con alto contenido lingüístico. En símbolos: $\mu_2 = \mu_3$.

El análisis de esta cuarta hipótesis se realizó por medio de una prueba no paramétrica Wilcoxon. La tabla 4 presenta la tabla resumen del análisis de la Prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras apareadas (α =0,01).

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p
C2	C3	56	9,00	798,00	14958,88	6,45	<0,0001

Tabla 4. Resumen de la prueba no paramétrica.Prueba de Wilcoxon.

Los resultados muestran que las actividades que se llevan a cabo durante el proceso de lectura de un texto rico en explicaciones lingüísticas logra mejorar significativamente la comprensión de los conceptos físicos comparada con la que se logra sólo con la lectura de textos con alto contenido lingüístico.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede ver que los mismos confirman sólo las hipótesis c) y d) planteadas en este trabajo no así las a) y b).

Se confirma que los textos que poseen alto contenido lingüístico favorecen la comprensión respecto de aquellos sin explicaciones lingüísticas. Este resultado se evidenció sin tener en cuenta el tipo de conocimiento inicial de los alumnos. Recordemos que las explicaciones lingüísticas, en este trabajo, están enfocadas a la descripción de los atributos ontológicos del concepto a aprender. Así, se puede decir que la confirmación de esta hipótesis soporta lo predicho por las teorías de Chi y Alexander seleccionadas.

Además, los resultados también muestran que las AFC realizadas mejoran todavía más la comprensión de los alumnos comparada con la que se logra sólo leyendo un texto rico en explicaciones lingüísticas. Ya que las AFC diseñadas en esta investigación apuntan a recalcar los atributos ontológicos del concepto a aprender, se puede decir que los resultados de esta investigación acuerdan con lo esperado de una combinación de la Teoría de Chi y de Brown, para el caso del concepto de aceleración.

Finalmente, notamos que las hipótesis a) y b) no han sido confirmadas. Recordemos que los alumnos fueron inicialmente clasificados de acuerdo a la ontología predominante de sus ideas respecto del concepto de aceleración. Así, aquellos con ideas predominantemente tipo "Entidad" fueron clasificados como CCR ya que deberán realizar un cambio conceptual radical para lograr la comprensión. Aquellos con ideas predominantemente tipo "Proceso Erróneo" fueron clasificados como CC ya que el cambio conceptual que se realiza dentro de un mismo árbol ontológico es, supuestamente más fácil de llevar a cabo. En base a los resultados obtenidos, pareciera que no hay diferencia de comprensión entre los alumnos CCR y los CC. En este caso, existen dos opciones para el investigador. La primera es aceptar el resultado y, en todo caso, realizar replicaciones del experimento que llevarían, finalmente a rebatir parte de lo planteado por Chi. La segunda, que es tal vez con la que acordamos más en este momento, es revisar profundamente la ontología que poseen las ideas de los alumnos clasificados como CC en este trabajo. Es decir, se puede revisar cuán "apartados" de un proceso "Tipo Secuencial o Directo" están las ideas de los estudiantes que corresponden a procesos entendidos de forma incorrecta. Tal vez, una distancia ontológica demasiado grande entre las dos ideas, aunque estén dentro del mismo árbol ontológico, implica el mismo esfuerzo para lograr el aprendizaje que el requerido entre árboles de distinta naturaleza. De todas formas, estas cuestiones serán planteadas en investigaciones futuras en esta misma línea de trabajo.

REFERENCIAS

Alexander, P. A. (1992). A cognitive perspective on mathematics: Issues of perception, instruction, and assessment. En J. P. Ponte, J. F. Matos, J. M. Matos, & D. Fernandes (Eds.), *Mathematical problem solving and new information technologies* (pp. 61-76). New York: Springer-Verlag.

Alexander, P.A (2005). The path of competence: A lifespan developmental perspective on reading. *Journal of Literacy Reserch,*37,413-436.

Alexander, P.A. y Jetton, T.L. (2000). Learning from Text: A multidimensional and developmental perspective. En Kamil, Mosenthal, Pearson, Barr, (Eds.), *Handbook of Research of Reading Research.* Vol III. (pp.285-311). NJ: LEA, Inc.

Alexander, P.A. y Kulikowich, J.M. (1994). *Learning from a Physics text: A Synthesis of recent research. Journal of Research in Science Teaching, 31,* 9, 895-911.

Arons, A. B. (1996). *Teaching Introductory Physics.* NY: Wiley & Sons.

Baker, L. y Brown, A. (1984). Cognitive monitoring in Reading. En Flood, J. (Eds.) *Understanding Reading Comprehension: Cognition, Language and the Structure of Prose*. (pp. *21-43*) Delaware: I.R.A.

Britton, B.K & Gulgoz. S. (1991). Using Kitsch's computational model to improve instructional text: Effects of reparing inference calls on recall and cognitive structure. Journal of Education Psychology,83,32-345.

Brown, A. L., Palincsar, A. S. y Armbruster, B. B. (2004). *Instructing Comprehension-Fostering Activities in Interactive Learning Situations.* En Ruddell y Unrau, (Eds.), *Theoretical Models and processes of Reading*, (pp.780 – 809). Newark: International Reading Association.

Chi, M. T. H. (1992) Conceptual Change Within and Across Ontological Categories: Examples From Learning and Discovery in Science. En Giere, R. (Eds.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* Vol. XV, 129-186, (University of Minnesota Press, Minneapolis).

Chi, M.T.H. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, 161-199.

Chi, M.T.H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. En S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82).Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Chi, M.T.H., & Roscoe, R.D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. En M. Limon and L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 3-27.

Chi, M.T.H., Roscoe, R.D., Slotta, J. D., Roy, M., Chase C.C., (2011).Misconceived causal explanations for emergent processes. *Cognitive Science* 1,61.

Chi, M.T.H. & VanLehn, K.A. (1991). The content of physics self-explanations. *Journal of the Learning Sciences,* 1, 69-105.

Cohen, L. y Manion, L. (1994) *Research Methods in Education*, (Routledge, NY).

Concari, S.B. y Giorgi, S.M. (2000). Los problemas resueltos en textos universitarios de Física. *Revista Enseñanzas de las Ciencias*, 18(3), 381-390.

Dee- Lucas, D. y Larkin, J.H. (1988). Attentional strategies for studing scientific texts. *Memory and Cognition*, 16,468-479.

Driver (1986) Psicología cognitive y Esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias. 4(1), 3-15.

Duit, R.; Niedderer, H. y H. Schecker (2007). *Teaching Physics.* En Abell S. K. y Lederman, N.G., (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 599-630). N. J. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Giorgi, S.; Concari, S.; Pozzo, R. (2005). Un estudio sobre las estudiantes acerca de las ideas de los estudiantes en fuerza y movimiento. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 83-95.

Holschuh, J. P. y Aultman, L. P. (2009). Comprehension Development. En Flippo y Caverly, (Eds.), Handbook *of College Reading and Study Strategy Research* (pp.121-144). (2° Ed.) NY: Routledge.

Israel S.E. y Guffy G. (Eds.) (2009). *Handbook of research on reading comprehension.* New York: Routledge.

Jones, T.A.(1983). Investigation of Students' Understanding of Speed, Velocity and Acceleration. *Reserch in Science Education*,13,95-104

Keil, F. (1979). *Semantic and conceptual development: An ontological perspective*. Cambrige, Mass: Harvard University Press.

Kintsch, W. (2004). The Construction-Integration Model of Text Comprehension and its Implications for Instruction. En Ruddell y Unrau, (Eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading.* (pp. 1271-1328) Newark: International Reading Association Inc.

McDermott, L. C. (1984) Research on Conceptual Understanding in Mechanics. *Physics Today*, 24-32.

McKeown, M.G., Beck, I.L., & Blake, R.K. (2009). Rethinking Reading Comprehension Instruction: A Comparison of Instruction for Strategies and Content Approaches. *Reading Research Quarterly, 44*(3), *218–253.*

McNamara, D. S. (2005). Suppressing irrelevant information: Knowledge activation or inhibition? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 30, 465-482.

Nist, S.L. Y Simpson, M. (2000). College Studying. En *Handbook of Reading Research*. Vol. III Kamil, Mosenthal, Pearson, y Barr (Eds.), (pp.645-666). Mawwah, NJ: Lawrence Eribaum Associates.

Pandiella, S., Torné, P.C. y Macías, A. (2004). Las características de los textos de física y su incidencia en la comprensión. *Investigaçoes em Ensino de Ciencias, 9(1).*

Pocoví, M. C. (2004). *Research on the effects of a history based curriculum on the students' concepts of electric field and lines of force*. Editorial: ProQuest Company. Ann Arbor, Michigan.

Pocovi, M.C. y Hoyos E. (2011) Corriente de desplazamiento: su presentación en textos y su comprensión por parte de los estudiantes. *Revista de Enseñanzas de las Ciencias,* 29(2), 275-288.

Reif, F. (2008). *Applying cognitive science to education: Thinking and learning in scientific and other complex domains.* Cambridge, MA: MIT Press.

Reif, F. y Larkin, J.H. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 28 (9), 733-760.

Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M.T.H. & Resnick, L.B. (2000). Naive physics reasoning: a commitment to substance – based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18 (1), 1-34.Rinehart and Winston.

Ruddell R. B. y Unrau N.J (Eds.) (2004). *Theoretical models and processes of Reading.* Newark: DE.

Shaffer, P. S. y McDermott, L. C. (2005). A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. *Am. J. Phys.*, *73*(10), 921-931.

Slotta, J. D. y Chi, M.T.H. (2006). The impact of ontology training on conceptual change: Helping students understand the challenging topics in science. *Cognition and Instruction.*24 (2), 261-289.

Slotta, J. D., Chi, M. T. H., Joram, E. (1995). Assessing students' misclassifications of physics concepts: an ontological basis for conceptual change. *Cognition and Instruction,* 13_(3), 373-400.

Spiro, R. J.; Coulson, R. L.; Feltovich, P. J. Y.; Anderson, D. K. (2004). *Cognitive flexibility theory: advanced knowledge acquisition.* En Ruddell y Unrau, (Eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading.* (pp. 640-653) Newark: International Reading Association Inc.

Trowbridge, D.E. y Mc Dermott L. C. (1981). Investigation of Student Understanding of the Concept of Acceleration in One Dimension. *American Journal of Physics.* 48, 242-253.

COMPRENSIÓN Y MODELIZACIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE DINÁMICA

Llonch, Elena; Rosolio, Alejandra y Sánchez, Patricia

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario

ellonch@fceia.unr.edu.ar, rosolio@fceia.unr.edu.ar, psanchez@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

El proceso de modelización y las características del modelo situacional construido, son determinantes en el éxito o fracaso en la resolución de un problema, ya que de ellos depende el proceso activo de búsqueda en el espacio del problema. En este marco se realizó el estudio de las resoluciones de una situación problemática de dinámica de la partícula, con fuerte correlato perceptivo, realizadas por 69 estudiantes de Física básica universitaria.

Se reconocieron los modelos situacionales iniciales construidos por ellos, derivados de los procesos de comprensión del enunciado y se organizó una tipología de actuaciones. Se observaron efectos diversos provocados por la situación cercana al mundo real, así como la presencia de sesgos en la modelización realizada.

Palabras clave: comprensión, modelización, resolución de problemas, dinámica de la partícula.

ABSTRACT

The modeling process and the characteristics of the constructed situation model are crucial to the success or failure in problem solving, since they depend on the active process of searching the problem space. In this work the solutions of a particle dynamics problematic situation made by 69 university students of a first Physics course were studied. The situation involved was of a strong perceptive nature.

The initial situation models constructed by the students from the understanding and searching processes were recognized. The results allow the organization of a typology of solutions. Different effects attributed to the close to the real world situation were observed, as well as the presence of bias in the modeling process.

Keywords: understanding, modeling, problem solving, particle dynamics

INTRODUCCIÓN

La representación del enunciado de un problema elaborada por los sujetos cuando enfrentan su resolución puede analizarse por confluencia de la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983) y la idea de espacio del problema de Newell y Simon (1972). El modelo mental inicial construido depende fuertemente del modo en que se incorporen los elementos presentes en el enunciado -cuerpos, procesos y situaciones- y de su vinculación con los conocimientos previos. A partir de este modelo inicial el sujeto organiza la resolución, por lo cual las características de tal modelo resultan un factor determinante en el éxito o fracaso para alcanzar una solución satisfactoria. Tal modelo se irá transformando durante la resolución a través de procesos de compresión y búsqueda que se dan alternativamente, hasta alcanzar el modelo final que le permite llegar a la meta.

Los modelos mentales de las situaciones problemáticas se relacionan no sólo con la estructura conceptual del alumno sino además con su capacidad para acceder y recuperar los conocimientos relevantes para resolver el problema. Con el propósito de acceder y recuperar esa información resulta necesario identificar cuáles son los conocimientos relevantes en función de la situación presentada.

Se ha reconocido, además, la influencia de sesgos cognitivos en el razonamiento de los estudiantes en actividades de resolución de problemas, vistos como elementos que obstaculizan dichos procesos (Tversky y Kahneman, 1974; Serrano, Batanero, Ortíz y Cañizares, 1998; Guisasola y Barragués, 2002; Sánchez, Massa y Rosolio, 2008; Llonch, Rosolio, D'Amico y Sánchez, 2011).

En este marco, y frente a las dificultades de los estudiantes de Física básica universitaria al resolver problemas, surgen las preguntas centrales de esta investigación: *¿cómo puede analizarse la resolución de un problema de dinámica desde la idea de los modelos mentales y de los procesos de comprensión y búsqueda?* y *¿cómo influye en las resoluciones la presencia de objetos, remitiendo a experiencias previas, como parte del sistema?*

Para responder a las cuestiones anteriores, se diseñó una investigación de enfoque mixto cuali-cuantitativo, en la cual se analizaron las resoluciones de un problema de dinámica de la partícula elaboradas por estudiantes de Física básica universitaria. Se utilizó la misma situación problemática aplicada en un trabajo anterior (Llonch et al., 2011), cuyo enunciado se rediseñó incorporando elementos que permitan a los estudiantes establecer relaciones con fenómenos de movimiento asociados a su experiencia cotidiana.

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación "Las representaciones y el lenguaje en la resolución de problemas de Dinámica del Rígido" de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Rosario.

REFERENCIALES TEÓRICOS

La resolución de problemas implica el desarrollo de procesos cognitivos complejos que han sido estudiados desde diferentes teorías. Una de las líneas más difundidas es la planteada por Newell y Simon (1972), quienes desarrollaron un análisis detallado del proceso de resolución, reconociendo tres elementos básicos: el sistema de procesamiento de la información, el ambiente de la tarea y el espacio del problema. Sostienen que el proceso de resolución de problemas está compuesto por dos subprocesos que interactúan entre sí: la comprensión, que genera la representación interna del problema y la búsqueda, que lleva a una solución personal.

La teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (1983), es otra de las teorías cognitivas centrada en la interpretación de las representaciones mentales. Asume a los modelos mentales como formatos representacionales, de modo que la comprensión de un fenómeno físico implica la construcción de modelos mentales que sean análogos estructurales de ese fenómeno. Estos modelos mentales son funcionales para el sujeto que resuelve, aún cuando sean inadecuados desde el punto de vista científico.

Perkins (1991) propuso dos criterios básicos para evaluar los modelos que las personas construyen para resolver un problema: los sesgos y la completitud. El sesgo de confirmación, que implica una tendencia a la verificación considerando sólo la evidencia consistente con las hipótesis de partida de quien resuelve, el sesgo de creencia, referido a la predisposición a interpretar la evidencia disponible de acuerdo a la credibilidad de la conclusión a la que conduce y el sesgo facilitador, asociado a la elección de la opción más simple durante la resolución, son propios del razonamiento informal y dan cuenta de fallos en la resolución, al resolver desde un modelo a través del cual no será posible alcanzar la meta con éxito. Tales sesgos minimizan la demanda cognitiva de la tarea, resultando funcionales en términos de economía cognitiva. Desde esta perspectiva es posible explicar muchos de los fracasos en la resolución de problemas por la manipulación de modelos situacionales que, si bien "tienen sentido" para quien resuelve, adolecen de fallas en su construcción. También es posible identificar, en la resolución de problemas científicos, algunos principios heurísticos del razonamiento informal. Así, se reconoce un efecto de accesibilidad cuando se dirige la atención selectivamente hacia cierto tipo de información en detrimento de otras, o de representatividad, asociada a la consideración de información superficial para la tarea (Salmon, 1991; Pozo, 1991).

Es importante destacar que tanto la teoría de Newell y Simon como la de los modelos mentales, adjudican un rol crucial a la construcción de las representaciones en el proceso de resolución de un problema. Además, en la explicación del pensamiento humano que desarrollan estas teorías, enfatizan el papel de la comprensión. A partir de estos rasgos comunes, algunos investigadores vinculan la teoría de Newell y Simon (1972) de resolución de problemas con la teoría de los modelos mentales, estableciendo una correspondencia entre los estados del espacio del problema y los modelos mentales (Galotti, 1989).

Otro factor relevante para la construcción de los modelos mentales es la comprensión lingüística, ya que el sujeto recibe el problema a través de un enunciado con instrucciones verbales que debe interpretar adecuadamente. Diversas teorías dan cuenta de los mecanismos cognitivos que subyacen al procesamiento de un texto. Una de las principales es la desarrollada por van Dijk y Kintsch (1983), que contempla un modelo de procesamiento psicológico de la estructura semántica de los textos. Este modelo acerca de la comprensión de textos involucra tres niveles en la representación del texto en la memoria: la representación superficial, la base del texto y el modelo situacional (Otero, 1998, 2002). Diversos autores sostienen que un sujeto comprende un texto sólo si es capaz de construir un modelo situacional adecuado del mismo (Graesser, Wiemer Hastings y Wiemer Hastings, 2001; Schnotz y Bannet, 2003; van Dijk y Kintsch, 1983, entre otros). Estos modelos situacionales pueden identificarse con los modelos mentales de Johnson-Laird, para quien la comprensión lectora consiste en la construcción de un modelo mental de la situación presentada en el texto (García Madruga, 2006).

En general, la relación entre los modelos mentales y el discurso es recíproca: los modelos mentales se construyen a partir del discurso y la interpretación del discurso requiere modelos mentales. Dado que, usualmente, los problemas de Física se presentan a los alumnos a través de un texto, para interpretar un enunciado el estudiante debe construir un modelo mental que constituye la etapa inicial de la resolución (Moreira y Lagreca, 1998). Ese modelo inicial no sólo incluye la representación de los elementos del sistema físico, sino además la meta a alcanzar junto con los principios y las estrategias a aplicar durante la resolución. Tal modelo se construye por interacción entre el texto del enunciado y la estructura conceptual recuperada por el estudiante de su memoria a largo plazo.

La influencia del contexto en el que se presenta el enunciado de un problema de ciencias en los procesos de resolución desarrollados por los estudiantes, ha sido estudiada por algunos investigadores. Por ejemplo, Kinnear (1983) analizó el uso del concepto de probabilidad en un problema asociado con el mundo real y en un problema de genética, encontrando diferencias en las actuaciones de los estudiantes, que también detectó Hegarty (1991) al explorar el rendimiento de alumnos cuando resuelven problemas cotidianos y formales de mecánica. Por su parte Singh (2008) analizó la actuación de sujetos novatos en la resolución de problemas isomorfos, es decir, problemas que plantean las mismas situaciones, por lo cual requieren el mismo principio físico para resolverlos, pero bajo condiciones de contexto diferentes.

METODOLOGÍA

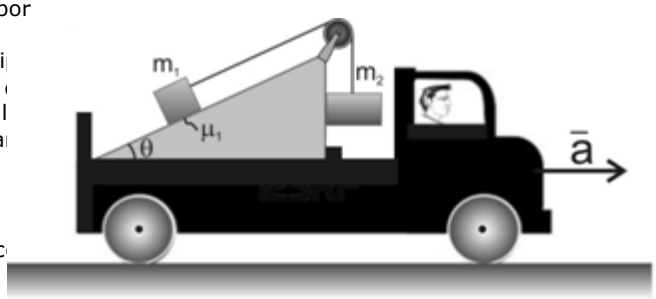
Instrumento y muestra

En un trabajo anterior (Llonch et al, 2011), se estudió el desempeño de alumnos de Física básica universitaria en la resolución de un problema de Dinámica de la Partícula, con enunciado textual y gráfico, en el cual el dibujo ilustrativo era de carácter esquemático. En esa oportunidad se observó la presencia de sesgos en las resoluciones y la incorporación, en algunos casos, de una fuerza horizontal auxiliar F para justificar el movimiento acelerado de uno de los cuerpos.

En este trabajo se modificó el enunciado y el dibujo, a fin de ubicar el problema en un ambiente cotidiano. La modificación se realizó para monitorear el rendimiento de los estudiantes en esta situación, que puede considerarse isomorfa estructural a la anterior (Sánchez et al, 2008) y comparar los resultados de ambas investigaciones.

Se analizaron las tareas de resolución de un problema de Dinámica de la Partícula realizadas por 69 estudiantes del primer curso de Física para carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. El enunciado del problema, que incluye información en forma textual y gráfica, es el siguiente:

El camión de la figura transporta un equipo formado por un plano inclinado y dos bloques vinculados por una cuerda y una polea, dispuestos como observa en el dibujo. El camión junto con el equi se traslada hacia la derecha con una aceleración 3 m/s^2 respecto del suelo. Considerando que l bloques de masa m_1 y m_2 no deslizan sobre el pla inclinado, determinar:



a) La tensión que soporta la cuerda.

b) La fuerza de contacto del bloque de masa m_1 c el plano inclinado.

m_1=2 Kg m_2=4 Kg θ=30º μ_2=0,5

Considerar fuerza de roce máxima entre m_2 y la superficie de apoyo y que hay roce entre el bloque de masa m_1 y el plano inclinado.

Análisis de datos

En el estudio de las resoluciones de los estudiantes se aplicaron técnicas del Análisis Multidimensional de Datos (AMD) (Gil Flores, 1994; Goetz y Le Compte, 1988; Lebart, Morineau y Fenelon, 1985; Moscoloni, 2005), que permiten estudiar simultáneamente el comportamiento de un conjunto de variables diferentes. En este análisis se analiza la estructura de la información a partir de la construcción de una matriz de datos, en la cual las filas representan a los individuos (protocolos de resolución) y las columnas a las modalidades que asume cada una de las variables que caracterizan a los individuos de la muestra. De este modo, cada individuo queda caracterizado por las modalidades asumidas por cada una de las variables, siendo estas modalidades mutuamente excluyentes. En particular, el análisis de correspondencias múltiples permite reducir las dimensiones de la matriz de datos mediante factores que dan cuenta de las variaciones más significativas (Carrasco y Hernán, 1993). En este análisis es posible seleccionar cuáles serán las variables activas y cuáles solamente ilustrativas. Sólo las elegidas como variables activas participan en la diagonalización de la matriz de datos, y, por lo tanto, en la organización del espacio factorial (Lebart et al., 1995).

Se realizó una clasificación de las resoluciones del problema en el espacio factorial. Este método organiza a los individuos en grupos o clases en que las variables asumen modalidades semejantes, siendo estas clases internamente homogéneas y, a la vez, mutuamente diferenciadas. Se aplicó la técnica de clasificación mixta que permite optimizar la homogeneidad intraclase (Lebart et al., 1995). La caracterización de los grupos o clases en que se tipifica la muestra se obtiene asociando las modalidades de las variables con mayor valor test.

Se utilizó el software SPAD (C.I.S.I.A – CERESTA, 1998).

Se definieron tres dimensiones de análisis: modelo inicial, búsqueda en el espacio del problema y caracterización del proceso de resolución. Las variables asociadas y las respectivas modalidades de cada variable se presentan en la Tabla 1.

Como se ha señalado, en el procedimiento de clasificación de los individuos en coordenadas factoriales los grupos o clases se conforman de manera que los elementos dentro de cada grupo sean lo más homogéneos posibles. Esto permite obtener una partición de la muestra, con la caracterización de cada una de las clases en función de las variables activas. La gráfica correspondiente a este análisis se presenta en la Figura 1, en cuyo recuadro inferior se indica el número de individuos pertenecientes a cada clase, correspondiendo el 61%, 27%, 6% y 6% a las clases 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Los integrantes de cada grupo se identifican con el número correspondiente a la clase. El símbolo (♦) representa el centro de gravedad de la clase y los trazos que parten del mismo indican a los sujetos o parangones que se aproximan a dicho valor medio y que pueden ser considerados como representantes de la clase. La clasificación obtenida se describe a continuación.

DIMENSIONES DE ANÁLISIS	VARIABLE	MODALIDADES
Modelo Inicial	Fuerzas de contacto identificadas en el DCL de m_1	fr_1 bien + N_1 bien
		N_1 bien + fr_1 ausente
		N_1 bien + fr_1 mal sentido
	Fuerzas de contacto identificadas en el DCL de m_2	fr_2 bien + N_2 bien
		N_2 bien + fr_2 mal sentido
		N_2 ausente + fr_2 bien
		N_2 + fr_2 ausente
		N_2 ausente + fr_2 mal sentido
Búsqueda	Dirección de la aceleración de m_1	a_1 horizontal como única componente
		a_1 horizontal (a paralela y a perpendicular mal sentido)
		a_1 horizontal (a paralela y a perpendicular bien sentido)
		a_1 inclinada = a del camión
		a_1 ausente
		$a_x=a_y=a$
	Dirección de la aceleración de m_2	a_2 horizontal
		a_2 vertical
		a_2 ausente
	Relación entre a_1 y a_2	$a_1 = a_2 = a$
		$a_1 \neq a_2$
		$a_1 \neq a_2$ ($a_1 = a$; $a_2 = 0$)
		$a_{1\ inclinada} = a_2 = a$
		$a_1 = a_2 = 0$
	Fuerza de roce sobre m_1	Estática no máxima ($fr_{estática} = \mu N$)
		No aclara el tipo de roce: generaliza $fr = \mu N$
	Determinación de las fuerzas de contacto en m_1	Reconoce fr_1 y N_1
		Reconoce sólo fr_1
		Reconoce sólo N_1
		No responde
Caracterización del proceso	Nota problema	bien
		regular
		mal

TABLA 1: Variables y modalidades asociadas (donde N_1: fuerza normal sobre m_1; fr_1: fuerza de roce sobre m_1; N_2: fuerza normal sobre m_2 ;fr_2: fuerza de roce sobre m_2)

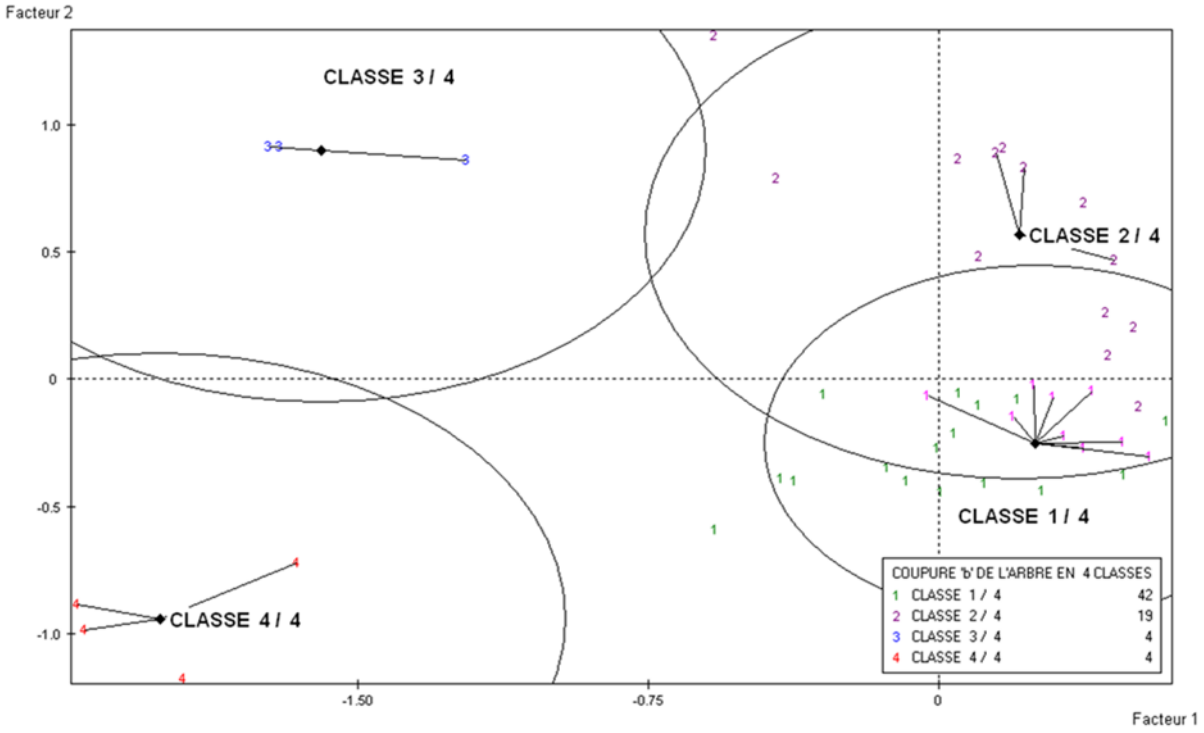


FIGURA 1: Caracterización tipológica de las resoluciones

Descripción de las clases

Clase 1 (61% de la muestra)

Este grupo de estudiantes construye un *modelo completo* y *coherente* de la situación al considerar todos los cuerpos involucrados y las interacciones entre los mismos. Arriban a la solución a través del uso consistente de la 2º Ley de Newton y de un trabajo algebraico adecuado. Establecen la relación entre las aceleraciones de ambos cuerpos y la aceleración del camión, expresando la igualdad entre ellas (t=5.95) e indicando la dirección horizontal de la aceleración del cuerpo 2 (t=4.06). Además expresan que la aceleración del cuerpo 1 tiene una única componente en dirección horizontal (t=8.07).

Una resolución representativa de un alumno de esta clase se presenta en la figura 2.

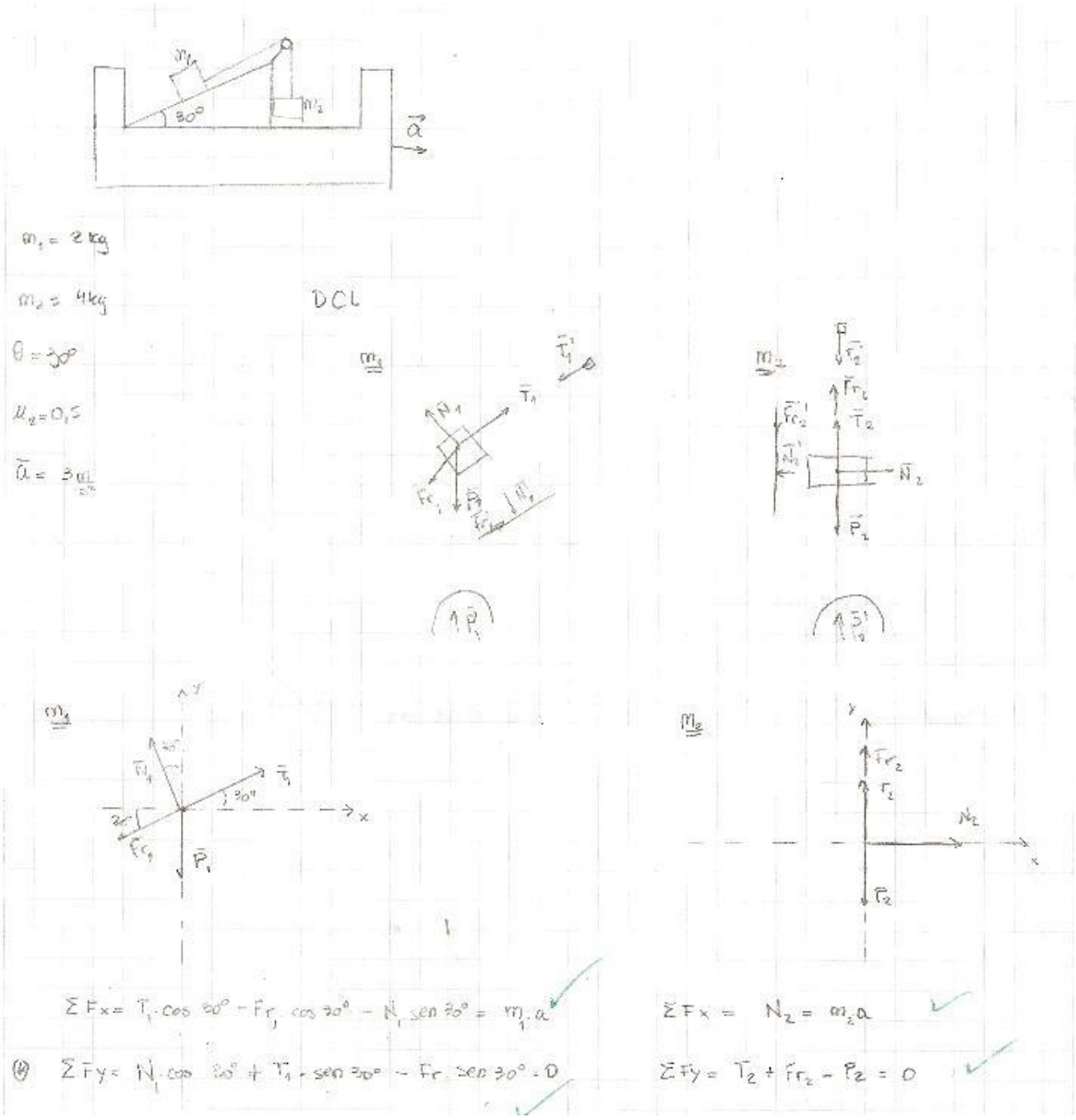


FIGURA 2: Problema resuelto por un estudiante de la clase 1

Clase 2 (27% de la muestra)

Los sujetos que la integran construyen un *modelo* mental *parcialmente coherente* con la situación planteada. Para el análisis del movimiento del cuerpo de masa m_1, razonan como si se tratara de un caso típico de plano inclinado en el cual dicho plano se halla en reposo respecto a un sistema de referencia fijo a Tierra, sin considerar que en la situación planteada el plano inclinado es solidario a un camión acelerado traslacionalmente.

Estos sujetos estudian el movimiento del bloque m_1 planteando una aceleración a_1 de dirección paralela a la superficie de apoyo, cuyo valor es igual al de la aceleración del camión (t=3.24). De este modo, desestiman la parte del enunciado del problema donde se menciona que los cuerpos no deslizan sobre el plano inclinado. En forma errónea, atribuyen al cuerpo de masa m_1 una aceleración a_1 paralela al plano, dando cuenta de un sesgo de fijación en "un problema de plano inclinado". Además, consideran que el módulo de dicha aceleración es igual al de la aceleración del bloque m_2 y el camión, mostrando la presencia de un sesgo de *economía cognitiva* que les lleva a asumir un dato que no corresponde a la situación presentada, pero les permite avanzar en la resolución. En cuanto al cuerpo m_2 consideran, adecuadamente, que se mueve en dirección horizontal (t=5.71). Una resolución típica de este grupo se muestra en la figura 3.

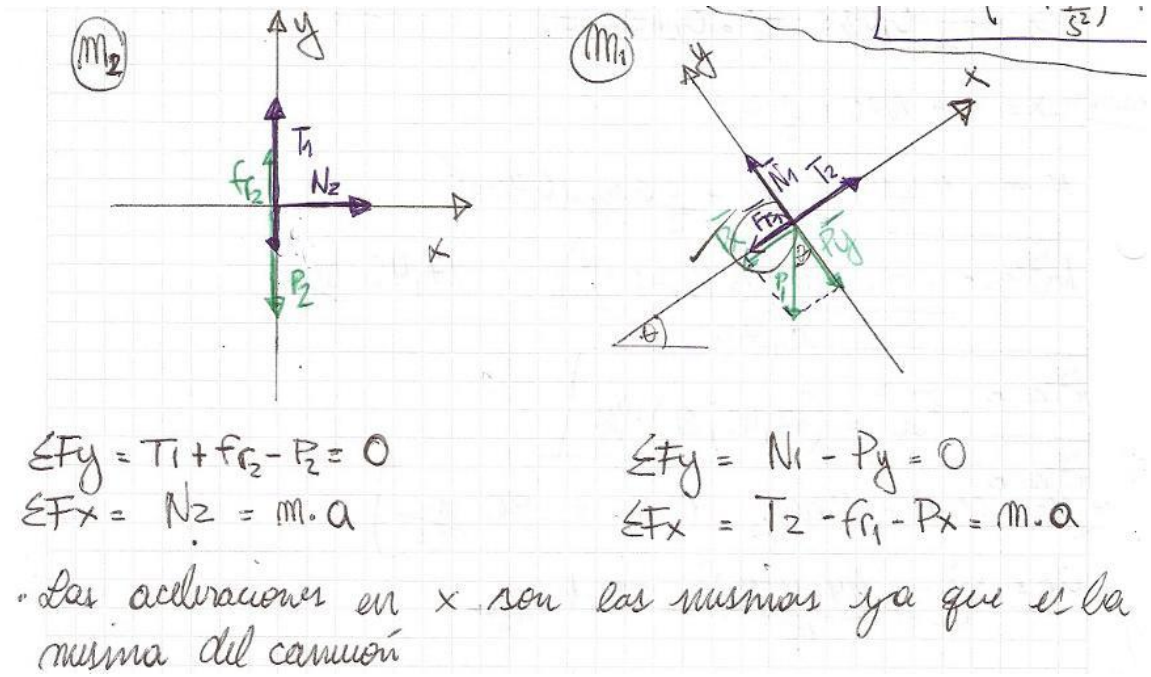


FIGURA 3: Problema resuelto por un estudiante de la clase 2.

Clase 3 (6% de la muestra)

Esta clase agrupa a estudiantes que construyen un *modelo* mental *incoherente* con la situación planteada e *incompleto*, al ignorar el movimiento de la masa m_2 (t=3.77). Consideran solamente el movimiento acelerado del cuerpo apoyado sobre el plano inclinado, ignorando en el estudio el movimiento conjunto de m_1 y m_2. Estos estudiantes construyen un modelo *parcial* (sesgo facilitador) y calculan un valor inconsistente para la aceleración a_1 a la que suponen igual a la del camión (t=3.15), expresando que el cuerpo m_2 se halla en equilibrio (t=4.72) al indicar que la fuerza resultante es nula.

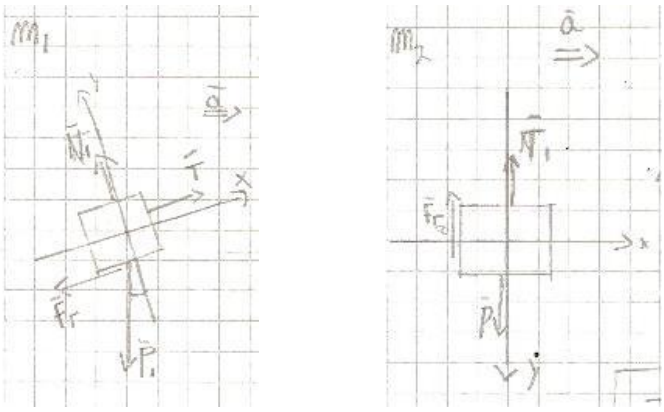


FIGURA 4.a y b: Diagramas de cuerpo libre elaborados por un estudiante de la clase 3

Clase 4 (6% de la muestra)

Estos individuos interpretan el problema como si se tratara de un problema de estática, elaborando un *modelo* mental *incoherente* por *sesgo facilitador*. Esto puede atribuirse a una lectura superficial (gráfica, textual y numérica) del enunciado, ya que trabajan como si todos los cuerpos estuviesen en reposo respecto a Tierra. Efectivamente, en estas resoluciones están ausentes las aceleraciones de los cuerpos m_1 y de m_2 (t=4.14 y t=3.77) y estos estudiantes plantean equilibrio en ambos cuerpos (t=4.72).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Al estudiar los protocolos de los alumnos se caracterizan las representaciones externas que permiten inferir las características de los modelos mentales por ellos construidos.

Como se ha mostrado, el 61% de los estudiantes resuelve correctamente, dando muestra de la construcción de un *modelo mental adecuado*, que les permitió arribar a la meta. Pero el 39 % restante no alcanza una solución satisfactoria, lo cual indicaría fallas en la modelización por diversos sesgos. Así, el 12% del total de la muestra (clases 3 y 4) construyen *modelos mentales incoherentes* con la situación planteada, que atribuimos a deficiencias en el proceso de comprensión que generan fallas en el modelado inicial, asociadas a un sesgo facilitador en su razonamiento. En este grupo aparecen *modelos incoherentes* e *incompletos* que surgen de una simplificación que da cuenta de un movimiento acelerado del cuerpo de masa m_1 y simultáneamente el planteo de equilibrio del cuerpo m_2. Otros estudiantes que construyen un *modelo incoherente* analizan la situación incorrectamente como un problema de estática (todos los cuerpos en equilibrio y en reposo), seleccionando la más simple de las opciones posibles, al interpretar la consigna "no deslizan sobre él" como estado de reposo respecto a Tierra. Los alumnos que construyeron un *modelo* mental *parcialmente coherente* con la situación planteada (27%) consideran un sistema "desacoplado" en el sentido que los cuerpos desarrollan movimientos no relacionados aunque les asignan aceleraciones de igual módulo. Consideran que el cuerpo de masa m_1 se mueve respecto al plano inclinado, en dirección paralela a la superficie de apoyo y que el cuerpo m_2 se traslada horizontalmente, manteniendo reposo relativo al plano inclinado. En su razonamiento se infiere la influencia de un sesgo de fijación en un esquema de resolución de un problema tipo, al interpretar el movimiento del cuerpo m_1 como si estuviesen resolviendo un problema de plano inclinado.

En general no hemos detectado un efecto facilitador por la inclusión de un elemento de la vida cotidiana; es más, el porcentaje de resoluciones correctas disminuyó en un 5 % con respecto a los resultados obtenidos en el trabajo anterior y hubo un aumento significativo del número de alumnos que resuelven "otro" problema, correspondiente a dos cuerpos que se mueven en un plano inclinado. Pareciera que la presencia del camión complicó la modelización física de la situación y llevó a que muchos estudiantes, dando cuenta de un sesgo de *economía cognitiva*, transformaran la situación presentada en un problema más familiar. Esto se debe a que realizaron una lectura superficial del texto, con un predominio de la lectura "gráfica" del dibujo que lo acompañaba, pero focalizada en el elemento transportado. Esta lectura sesgada guió la construcción del modelo mental inicial y el espacio del problema correspondiente.

Una diferencia a destacar es que en el estudio anterior algunos estudiantes incluyeron en el diagrama de cuerpo libre de la masa m_2 una fuerza auxiliar que "reforzaba" el efecto de la fuerza de contacto normal para justificar su aceleración hacia la derecha. En la nueva versión ningún estudiante incorporó tal fuerza; puede interpretarse que la presencia del camión les permite visualizar que la pared vertical del plano inclinado solidario al camión "empuja" a la masa m_2 apoyada en ella.

En síntesis, si bien la presencia del camión favorece el reconocimiento de la fuerza de contacto normal horizontal como causa de la aceleración del cuerpo m_2, el efecto más notable de esta versión es el mayor número de estudiantes que dan cuenta de un sesgo de fijación en un problema tipo de "plano inclinado". Puede inferirse que, al estar el plano inclinado fijo al camión, generó confusión entre reposo respecto a Tierra y reposo relativo al camión, como si se analizara la situación desde un sistema de referencia solidario al camión.

Es decir, en este estudio se observó que la presencia de una situación más cercana al mundo real tuvo efectos diversos, algunos positivos y otros no. Sin embargo podemos destacar que todas las resoluciones incorrectas están asociadas a la elaboración de *modelos* mentales iniciales *incompletos* o *incoherentes*. Tales modelos iniciales se conforman a partir de la lectura del enunciado, por lo cual es importante que el profesor oriente a los estudiantes en la elaboración de modelos situacionales coherentes y funcionales a partir de una lectura compresiva del enunciado y de un análisis cualitativo de la situación.

BIBLIOGRAFÍA

Carrasco, J.L. y Hernán, M. A. (1993). *Estadística Multivariante en las Ciencias de la Vida. Fundamento, Método y Aplicación.* Madrid, España: Ciencia 3.

C.I.S.I.A – CERESTA (1998). *SPAD integrado versión 4*. París.

Galotti, K. (1989). Approaches to studying formal and everyday reasoning. *Psychological Bulletin*, 105, pp. 331-351.

García Madruga, J. A. (2006). *Lectura y conocimiento*. Barcelona: Paidós y UNED.

Gil Flores, J. (1994). *Análisis de datos cualitativos. Aplicaciones a la investigación educativa*, Barcelona: PPU.

Goetz, J. y Le Compte, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*, Madrid: Morata.

Graesser, C., Wiemer Hastings, P. & Wiemer Hastings, K. (2001) Constructing inferences and relations during text comprehension. En Ted Sanders, Joost Schilperoord & Wilbert Spooren, (Eds.), *Text representation: linguistic and Psycholinguistic aspects*, pp 249-306. Philadelphia USA: John Benjamins North America.

Guisasola, J. y Barragués, J. I. (2002). Heurísticas y sesgos de los estudiantes de primer ciclo de universidad en la resolución de problemas de probabilidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), pp. 285-302.

Hegarty,M. (1991). Knowledge and processes in mechanical problema solving, en *Complex problem solving*. Edited by Robert Sternberg & Peter Frensch. New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.

Johnson - Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Harvard University Press.

Kinnear, J. (1983). Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulations in their correction. En Helms y Novak (Eds.) *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*, pp. 84-92. Ithaca: Cornell University.

Lebart, L., Morineau, A. y Fenelon, J. (1985). *Tratamiento estadístico de datos*, Barcelona: Marcombo.

Lebart, L., Morineau, A. y Pirón, M. (1995). *Statistique Exploratoire Multidimensionnelle.* París: Dunod.

Llonch, E.; Rosolio, A.; D'Amico, H.; Sánchez, P. (2011). Sesgos en la resolución de un problema de dinámica. *Memorias XVII Reunión de Educación en Física*, Córdoba, Argentina.

Moreira, M. e Lagreca, M. (1998). Representações mentais dos alunos em Mecânica Clássica: três casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 3(2).

Moscoloni, N. (2005). *Las nubes de datos*, Rosario: UNR Editora.

Newell, A. y Simon, H. (1972). *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, N.J.: P. Hall.

Otero, M. R., Moreira, M. A. y Greca, I. (2002). El Uso de Imágenes en Textos de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (2), pp. 127-154.

Otero, M.R., Papini, C. y Elichiribehety, I. (1998). Las representaciones mentales y la resolución de un problema: Un estudio exploratorio. *Investigaçoes em Ensino de Ciencias*, 3(1). http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol3/n1/7indice.htm.

Perkins, D. (1991). *What Constructivism Demands of the Learner*, USA: Educational Technology.

Pozo, J. (1991). Las ideas de los alumnos sobre ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 83-94.

Salmon, M. (1991). Informal Reasoning and Informal Logic. En Voss, Perkins y Segal (Eds.), *Informal reasoning and education* (153-168). Hillsdale, New Jersey: LEA.

Sánchez, P., Massa, M., Rosolio, A. (2008). A problem with different solutions: a study of university students' modeling and reasoning. *GIREP International Conference and MPTL Workshop*, Nicosia, Chipre, pp. 176-180.

Schnotz, W. And Bannert, M (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13 (2), pp. 141-156.

Serrano, L., Batanero, C., Ortíz, J., y Cañizares, M. (1998). Heurísticas y sesgos en el razonamiento probabilístico de los estudiantes de secundaria. *Educación Matemática*, 22, pp. 7-25.

Singh, C. (2008). Assessing student expertise in introductory physics with isomorphic problems. Performance on nonintuitive problem pair from introductory physics. Physical Review Special Topics - *Physics Education Research* 4, 010104.

Tversky, A. and Kahneman, D.(1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science, New Series*, Vol. 185, No. 4157. pp. 1124-1131.

Van Dijk, T.A y Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academia Press.

ANÁLISIS DE LAS DIFICULTADES CONCEPTUALES DEL MOVIMIENTO CIRCULAR A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y LA EXPERIMENTACIÓN [I]

Chiabrando, Laura[1]; Kenig, Francisco[2]; Montino, Marisol[2]; Pérez, Silvia M.[2]; Petrucci, Diego[3]; Ure, José Ernesto[4].

[1]Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. [2]Instituto de Desarrollo Humano, Universidad Nacional de General Sarmiento. [3]Facultad de Ciencias Exactas, UNLP y CeFIEC, FCEyN, UBA. [4]Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento.

marisol.montino@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de las estrategias y las dificultades que presentan estudiantes universitarios durante la resolución de tres problemas de movimiento circular. Los problemas fueron trabajados en dos comisiones con diferentes contextos, en una se trabajó con soporte experimental y en la otra no. Por otra parte, se describe cómo es abordado este tema en los libros que se recomiendan en la materia. A partir del análisis de los datos, por medio de una metodología exploratoria y cualitativa, se identificaron las dificultades de conceptualización que presentan los estudiantes al enfrentarse a la resolución de problemas sobre movimiento circular.

Palabras clave: movimiento circular, nivel universitario, experimentación, resolución de problemas

ABSTRACT

In this paper, we present an analysis of the strategies and difficulties that University students have when solving three problems of circular motion. These problems were solved by two groups in different contexts. Only one of the groups worked using experimental support. Furthermore, we include a description on how this topic is treated by the books recommended for this subject. By analyzing the information using an exploratory and qualitative methodology, we identified the difficulties of conceptualization that students show when solving circular motion problems.

Keywords: circular motion, university level, experimentation, problem solving

INTRODUCCIÓN

Es sabido que los estudiantes tienen dificultades para relacionar los problemas abstractos que se resuelven en las clases de física con los hechos del mundo físico (Hodson, 1994; Seré, 2002; Montino et al, 2006; Montino et al, 2011), a pesar de que la física es una ciencia que intenta describir, explicar y predecir los fenómenos del mundo natural mediante la construcción de teorías. Lograr dicha relación es uno de los tantos fines que los docentes atribuyen a los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) (Hodson, 1994).

Al iniciar nuestras investigaciones sobre TPL de Física en los primeros años de la universidad, el estudio de la bibliografía nos llevó a cuestionarnos sobre sus objetivos. En este sentido coincidimos con White (1996) y Seré (2002) en que uno de los objetivos prioritarios es asistir al aprendizaje, con una profunda comprensión de hechos y explicaciones a través de razonar sobre lo concreto y visualizar los objetos y eventos que la ciencia conceptualiza y explica. Sin embargo, el formato de TPL les plantea a los estudiantes unos requerimientos que -por su complejidad- hace que este objetivo de aprendizaje quede relegado.

Con el propósito de priorizar el aprendizaje diseñamos los Espacios de Interacción Libre con el material de laboratorio (en adelante EIL), de modo de incluir la experimentación para contribuir a la comprensión de conceptos y a la resolución de problemas (Arias Regalía et al., 2011). Los EIL consisten en actividades en las que los estudiantes tienen disponible el material de laboratorio necesario para reproducir experimentalmente un problema de lápiz y papel que deben resolver. Este tipo de experimentación propuesta es cualitativa y les permite a los estudiantes manipular el material de laboratorio teniendo una participación activa pues está pensada para colaborar con la visualización de los eventos físicos involucrados.

[I] Trabajo realizado con la financiación parcial del PICTO UNGS 0084.

Por motivos que se detallan en el siguiente apartado, se decidió implementar los EIL en el tema de movimiento circular. La bibliografía encontrada sobre el aprendizaje y la enseñanza del tema movimiento circular es escasa. Escudero et al. (2005) infieren qué conceptos físicos se ponen en juego en la resolución de problemas a partir de las expresiones algebraicas que los estudiantes utilizan. Indican que no es trivial para un estudiante tener que representar la fuerza de fricción en la dirección radial, ya que la primera suele ser enseñada inicialmente en las clases y libros universitarios como contraria al sentido del movimiento (cuando es contraria al sentido en que tienden a desplazarse las superficies). Casadella y Babiloni (1985) remarcan la complejidad de la construcción histórica del concepto de fuerza centrípeta. Afirman que en la enseñanza no se considera que el común de las personas interpreta fenómenos de movimiento circular agregando una fuerza centrífuga.

A estas dificultades encontradas en la bibliografía se suma que el movimiento circular uniforme es el primer ejemplo dentro de la dinámica de la partícula donde la fuerza es perpendicular a la velocidad, por lo tanto es la primera situación de análisis que confronta fuertemente con la noción alternativa que considera proporcionales la fuerza y la velocidad (Driver et. al., 1999; Carrascosa y Gil Pérez, 1992). Si bien es cierto que en el tiro oblicuo la fuerza y la velocidad no son colineales, en los primeros cursos de física el análisis suele realizarse desde la cinemática y no desde la dinámica. Por otra parte, a pesar de que en la vida cotidiana son frecuentes los movimientos que pueden modelizarse como circulares la conceptualización y la matematización resulta más compleja.

Si bien el presente trabajo inicialmente tuvo el fin de indagar cómo la experimentación influye en el aprendizaje de la física a través de la implementación del EIL, el análisis de los datos con las características propias de una metodología exploratoria nos ha permitido concluir que no aparecen diferencias significativas entre los estudiantes que resuelven problemas en una situación de EIL con los que resuelven los mismos problemas sin experimentar. Sin embargo el aspecto más relevante de los datos analizados fue poner en evidencia las dificultades de conceptualización que tienen los estudiantes en la resolución de problemas de movimiento circular. Este cambio de mirada nos llevó también a analizar cómo es presentado el tema en los libros de física. Por lo tanto, el trabajo que se presenta tiene por objetivo analizar las dificultades que tienen los estudiantes para comprender el movimiento circular y relacionarlas con la forma que tratan el tema los libros de texto utilizados.

Elección del tema

Se eligió el tema movimiento circular porque mediante el análisis de parciales y entrevistas informales a los docentes fue identificado como el tema en que los estudiantes evidencian mayores dificultades de los que se enseñan en Física General, primera materia de física en la Universidad Nacional de General Sarmiento. Con el objetivo de recabar información respecto de sus pareceres sobre los temas enseñados en la materia se tomó una encuesta (ver Anexo I). Se realizó de forma escrita y voluntaria a 107 estudiantes de Física General cuando terminaron la materia. Entre sus resultados se destacan:

- el 38% (41 estudiantes) eligió el tema "Leyes de Newton" como el que más les gustó, la siguiente opción más elegida fue "Trabajo y energía" con el 26% (28 estudiantes). Los temas "Movimiento circular", "Movimiento relativo" y "Fuerza elástica" fueron los menos elegidos con el 4.5% (5 estudiantes cada tema).
- el 42% (45 estudiantes) eligió el tema "Movimiento circular" como el que menos les gustó, la siguiente opción más elegida fue "Ninguno" 14% (15 estudiantes)
- el 55% (59 estudiantes) eligió el tema "Movimiento circular" como el más difícil de entender, le sigue "Trabajo y energía" con el 11% (12 estudiantes)

Estos resultados ratificaron nuestra idea de que movimiento circular es un tema especialmente complejo para los estudiantes. Muy pocos estudiantes justificaron sus elecciones, quienes lo hicieron afirmaron que les disgusta movimiento circular porque es el tema más difícil de entender dado que tiene "una excesiva cantidad de ecuaciones y fórmulas", "se da rápido" y hay "poca práctica" y "ejercitación".

ANTECEDENTES

En el año 2011 se trabajó con EIL en el tema movimiento circular en la materia Física General. Se utilizaron tres problemas de la guía de ejercicios de la materia que fueron modificados y para los que se construyeron dispositivos experimentales que representan las situaciones planteadas en dichos problemas (Anexo II). En un artículo previo se presentaron las características de los EIL y los criterios para la selección y modificación de los problemas (Arias Regalía et. al., 2011)

Los problemas utilizados pueden caracterizarse, según la clasificación de Perales (1998), como heurísticos (por el procedimiento seguido para su resolución), cerrados (por el tipo de solución) y cualitativos y cuantitativos (por las tareas requeridas), es decir son problemas típicos de libro y de cursos con metodología tradicional.

Si bien los enunciados de los problemas contenían toda la información necesaria para la resolución, el objetivo del EIL era que los alumnos pudieran, a través de la interacción con el dispositivo experimental, entender el sentido de las preguntas y el comportamiento de los objetos de estudio en forma cualitativa, de modo de darle significado a los procedimientos de resolución y a los resultados obtenidos. La implementación fue realizada cuando los estudiantes estaban en el proceso de aprendizaje del tema movimiento circular.

Las observaciones de clase realizadas en aquella oportunidad indicaron que los estudiantes trabajaron activamente en grupos durante toda la actividad. El tema movimiento circular les resultó complejo y realizaron muchas consultas, sin embargo, interactuaron poco con el material experimental. Esto indicaría que no consideraron la experimentación como una posible ayuda al intentar resolver las dudas o controversias que surgían en el seno de los grupos a medida que avanzaban con la resolución.

En el tiempo de clase disponible resolvieron sólo el primero de los tres problemas propuestos. A pesar de la gran cantidad de consultas realizadas y de lo dificultosa que les resultó la actividad, las resoluciones de ese problema entregadas por cada grupo fueron correctas.

A partir de estos resultados consideramos que el EIL de movimiento circular superaba las posibilidades de resolución para estudiantes de Física General que estaban aprendiendo el tema. No parecía resultar de mucha ayuda dado que el tipo de preguntas que tenían los alumnos eran más básicas que las que pueden surgir al intentar resolver los problemas propuestos, es decir, todavía no estaban lo suficientemente inmersos en el tema como para poder encarar la actividad. A raíz de ello consideramos pertinente realizar el EIL de movimiento circular en las primeras clases de repaso en la materia siguiente, llamada Mecánica Clásica que incluye un repaso de mecánica de la partícula, mecánica del cuerpo rígido, sistemas no inerciales, órbitas y ondas mecánicas. Los alumnos que cursan dicha materia han aprobado los trabajos prácticos de Física General, incluso algunos han rendido el final.

METODOLOGÍA Y TEORÍA

En el enfoque de la teoría enraizada (Glasser y Strauss, 1999) la teoría se genera progresivamente a partir del análisis de los datos, por lo tanto las categorías no son determinadas a priori. La metodología utilizada en este trabajo puede caracterizarse como exploratoria y cualitativa. Presentaremos a continuación los aspectos más salientes que aparecieron al realizar la primera inmersión en los datos, quedando pendiente para futuros trabajos su categorización.

En esta implementación se utilizaron los problemas presentados en el Anexo II y los dispositivos que permiten reproducirlos experimentalmente.

Se trabajó en dos comisiones de la materia Mecánica Clásica, en una comisión se implementó el EIL de movimiento circular y en la otra comisión se trabajaron los tres problemas sin los dispositivos experimentales. Con la implementación en la comisión sin experimentación se buscó indagar en una situación distinta para no relacionar ingenuamente el uso de los dispositivos experimentales con las dificultades en la conceptualización, ni los "éxitos" en la resolución.

Además se analizó cómo es abordado el tema de movimiento circular en los libros recomendados en los programas de la materia y que estuvieran disponibles para los estudiantes, con el objetivo de conocer cómo se aborda la enseñanza del tema y qué relación puede tener esto con las dificultades en el aprendizaje.

Para el análisis se utilizaron los siguientes registros:

- las resoluciones escritas que entregaron los grupos (5 grupos en cada comisión),
- la observación no participante y con registro escrito de uno de los investigadores sobre el trabajo de uno de los grupos que realizó el EIL,
- la observación participante de uno de los investigadores que ofició de ayudante durante las clases en ambas comisiones,
- 11 libros que tratan el tema, recomendados en el programa de la materia y disponibles en la biblioteca de la UNGS.

IMPLEMENTACIÓN

El EIL se realizó en una clase de repaso de 2 horas en la Comisión I de la materia Mecánica Clásica. Se pidió que trabajaran en grupos de 4 o 5 estudiantes y que al finalizar la clase la resolución de los problemas fuera entregada por escrito de manera anónima.

La consigna de trabajo para los alumnos consistió en pedir la resolución de los problemas sin indicaciones sobre cómo y cuándo utilizar los dispositivos experimentales.

El trabajo con el problema 1 se planificó como una instancia de explicitación de las analogías entre el dispositivo experimental y la situación planteada en el enunciado del problema.

Luego de mostrar el funcionamiento del dispositivo, se preguntó a los estudiantes: ¿Cuáles son los puntos que podríamos contestar usando el dispositivo? (ítems b y f), ¿Qué podríamos hacer para contestarlos utilizando el dispositivo? Además de contestar las preguntas los estudiantes propusieron situaciones diferentes. Se utilizó el dispositivo para mostrar cada situación. Durante el resto de la clase el dispositivo experimental se dejó a disposición de los grupos para que lo utilizaran en caso de considerarlo necesario.

Por otra parte, cada grupo disponía de los dispositivos experimentales correspondientes a los problemas 2 y 3. Durante la resolución de estos problemas los estudiantes tenían a su disposición a los docentes para realizarles consultas. Éstos recorrían los grupos para ofrecerles ayuda y trataban de no responder directamente las preguntas planteadas sino de orientarlos en la resolución.

En la otra comisión de Mecánica Clásica, Comisión II, se trabajó con los 3 problemas del EIL de movimiento circular pero sin los dispositivos experimentales. Los estudiantes trabajaron en grupos de 4 o 5 y entregaron la resolución de los problemas. También en este caso la resolución de los problemas fue guiada por los docentes de la materia.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados se organizaron en tres grandes grupos: las dificultades en la resolución de los problemas, el rol de la experimentación en la comisión que se implementó el EIL y cómo es presentado el tema movimiento circular en los libros que se recomiendan en el programa de la materia disponibles en la biblioteca.

La resolución de problemas

Si bien una comisión trabajó con el EIL y la otra sólo con los problemas de lápiz y papel, las resoluciones entregadas por los grupos no difieren en forma significativa.

En la Comisión I, con el EIL, cuatro grupos llegaron a resolver todos los problemas y un grupo sólo los dos primeros; en la Comisión II, sin el EIL, un grupo resolvió todos los problemas y cuatro grupos sólo los dos primeros.

De los datos surgieron cuatro temáticas que se discutirán a continuación:

1. <u>Confusión entre los conceptos</u>

Tanto en las consultas realizadas en clase como en las resoluciones entregadas por escrito se evidenció una confusión entre conceptos. Desde un comienzo de la actividad los estudiantes se encontraron con la dificultad de no poder distinguir claramente entre período, frecuencia y velocidad angular. Esto aparece de manifiesto también en las resoluciones por escrito donde, a pesar de interpretar erróneamente los datos dados en el enunciado del problema, terminan remplazando de manera correcta en las ecuaciones. Por ejemplo se daba como dato el período y los estudiantes anotaban ese dato como una frecuencia, pero luego lo utilizaban correctamente. Éste tipo de confusión no impidió que avanzaran en la resolución del problema.

Por otra parte, al pedir valores de velocidad angular, fue frecuente que contestaran calculando el valor de la velocidad tangencial; e incluso aquellos que calculaban el valor de la velocidad angular como paso intermedio calculaban la velocidad tangencial, a pesar de no ser necesario. Tal vez el concepto de velocidad angular no es lo suficientemente claro como sí parece serlo el de velocidad tangencial. En algunos casos encontramos que confunden la velocidad tangencial y angular: *"como Geraldine esta ubicada a un radio mayor (con respecto al centro de la calesita) aumentará más rápidamente su ω y por ende su velocidad tangencial (v=ω.r). al tener mayor velocidad tangencial se "romperá" antes su fuerza centrípeta (y se desliza primero)"* Grupo 5 – Comisión II sin EIL

2. Cambios de marcos de referencia en el transcurso de la resolución de los problemas

Al realizar los diagramas de cuerpo libre los estudiantes agregaban una fuerza "centrípeta" en sentido opuesto a la fuerza de interacción que actúa en dirección radial y hacia el centro de manera de compensarlas -vale aclarar que en todos los problemas trabajados existe sólo una fuerza de interacción en dirección radial-. De alguna manera los estudiantes estaban analizando la situación desde un marco de referencia no inercial solidario a la calesita y confundiendo la fuerza centrípeta con la centrífuga. Según Carrascosa y Gil Pérez (1992) las fuerzas inerciales aparecen como *"una exigencia de la preconcepción según la cual todo cuerpo se mueve siempre en la misma dirección que la fuerza resultante que actúa sobre el mismo"***.** Por ejemplo, en el caso del problema 1 "compensaban" la fuerza de rozamiento con la fuerza centrípeta argumentando que no había movimiento de los chicos respecto del suelo de la calesita, confundiendo reposo con equilibrio y sin considerar la trayectoria circular que mantenían. Cabe aclarar que no habían estudiado todavía sistemas no inerciales. Consultaron con los docentes en reiteradas oportunidades esta cuestión, y es por ello que en lo entregado por escrito aparece bien planteado el diagrama de cuerpo libre. Sin embargo aparecen contradicciones cuando deben justificar sus respuestas. Es importante señalar que las cuentas terminan siendo las mismas ($F_{cent}=F_{roz}$) tanto si lo están resolviendo correctamente como si están pensando en una fuerza resultante igual a cero en la dirección radial. Al momento de tener que justificar aparecen respuestas que indicarían que los estudiantes están pensando en dos fuerzas opuestas "compitiendo"; por ejemplo, *"Los chicos giran en vez de deslizarse porque la Fuerza centrípeta no vence a la Fuerza de rozamiento estática"* (Grupo 2 – Comisión I con EIL).

3. Conflictos debido a que la fuerza y la velocidad no son colineales

Como se mencionó en el punto anterior los estudiantes consideraban que al no haber movimiento en la dirección radial la fuerza resultante en dicha dirección debería ser cero. Sin embargo, ningún grupo propuso una fuerza en la dirección de la velocidad tangencial, como sería esperable según las nociones alternativas si lo consideraran como un problema más de dinámica, tal vez porque al analizar el problema desde el marco de referencia rotante dicha fuerza carecería de sentido.

Los estudiantes se han habituado a relacionar el movimiento circular con la existencia de una fuerza centrípeta, tal vez por ello al resolver los problemas ponían énfasis en ubicar la fuerza centrípeta primero y luego realizaban el diagrama de cuerpo libre si es que el enunciado lo solicitaba. Esto indicaría que para los estudiantes lo característico del movimiento circular es la fuerza centrípeta y no lo consideran necesariamente como un caso más de la dinámica de la partícula. Incluso en la encuesta realizada, mencionada anteriormente, el tema "Leyes de Newton" fue el que los estudiantes señalaron como el que más les gustó -38%- y el tema "Movimiento circular" como el que menos les gustó -42%-, indicando que para los estudiantes existe una desconexión entre ambos, sin advertir que uno incluye al otro.

Por otra parte, se observó que los estudiantes relacionan mediante la ecuación matemática la fuerza centrípeta con la velocidad tangencial sin inconvenientes. Pero el significado de esa relación parece no ser claro, en la observación con registro escrito realizada en la comisión con EIL un estudiante preguntó a sus compañeros *"la velocidad tangencial es para el costado, la fuerza de rozamiento es para el centro ¿cómo puede ser que tengan una conexión*. E incluso en las resoluciones entregadas por escrito aparece en forma recurrente la idea de que *"los chicos irán junto a la calesita en lugar de deslizar debido a que la velocidad tangencial no llega a romper a la fuerza centrípeta"* Grupo 5 – Comisión II sin EIL.

4. Dificultades para establecer condiciones

Los estudiantes tuvieron dificultades para decidir si la fuerza de rozamiento estática es la máxima o no y determinar cuáles son las magnitudes que no varían al modificar alguna condición del sistema analizado.

En la resolución del primer problema la mayoría de los grupos consultó a los docentes si la fuerza de rozamiento que ejerce la calesita sobre los chicos era la estática máxima. Si bien todos los grupos pudieron calcular esta fuerza de rozamiento y la fuerza de rozamiento estática máxima en cada caso, se encuentra en una de las resoluciones escritas que consideran que los chicos "*quedan pegados a la calesita porque existe un rozamiento (fuerza centrípeta) con μ_e"* Grupo 2 – Comisión II sin EIL. Esto podría sugerir que en algún punto siguen considerando la fuerza de rozamiento estática máxima, a pesar de realizar correctamente los cálculos.

El siguiente problema propone dos situaciones que ponen en evidencia la segunda dificultad mencionada. Cuando se pregunta cómo varía la velocidad angular si el cuerpo tiene una trayectoria circular con mayor radio, un grupo responde: *"la velocidad debe ser menor. Porque el radio es denominador en ω=v/r, entonces a mayor radio menor velocidad"* Grupo 2 – Comisión II sin EIL. En este tipo de respuestas parece indicar que los estudiantes no pudieron reconocer que la comparación debe establecerse a partir de la tensión, que es la misma en ambas configuraciones (porque la masa en equilibrio que cuelga no se modifica); es decir, suponen que la velocidad tangencial es lo que permanece constante. Una dificultad similar se puede encontrar cuando deben considerar cómo se modificaría la velocidad angular si se aumenta la masa del cuerpo que describe la trayectoria circular. En las resoluciones entregadas otro grupo determina que *"como la velocidad angular no depende de la masa la ω será igual al caso anterior"* Grupo 3 – Comisión I con EIL, lo que parece suponer que nuevamente sólo consideran la relación entre velocidad tangencial, velocidad angular y radio.

Finalmente, todos los grupos que resolvieron el tercer problema pudieron reconocer que si al juego del parque de diversiones se sube otra persona la velocidad angular mínima no cambia porque ésta no depende de la masa. Es necesario señalar que en esta situación los estudiantes no necesitaron establecer relaciones porque la expresión de la velocidad angular mínima es dada en el enunciado.

Para los estudiantes, reconocer condiciones que caracterizan la situación propuesta en un problema (condiciones de vínculo, condiciones iniciales y condiciones de mínimo y máximo) y expresarlas en lenguaje matemático puede ser una tarea compleja (Dibar Ure, 1995). Se supone que este tipo de dificultades no son exclusivas del movimiento circular ya que no están directamente relacionadas con conceptos involucrados en este tema sino que están presentes en la resolución de problemas en general.

El rol de la experimentación

En este apartado se analizará el rol de la experimentación en la Comisión I, donde fue implementado el EIL. Ya se ha mencionado que la resolución de los problemas no difirió significativamente entre ambas comisiones, sin embargo la utilización de los dispositivos experimentales posibilitó algunas discusiones que no fueron posibles en la Comisión II.

En la resolución escrita entregada por los grupos apareció una sola referencia a la experimentación. Frente a la pregunta *"Si la calesita empieza a girar cada vez más rápido (es decir, aumenta su velocidad angular) ¿Cuál de los dos chicos desliza primero? Discutir y justificar la respuesta"* los estudiantes señalan que *"por observación, podemos concluir que la persona más alejada del centro (Geraldine) se va a deslizar primero"* Grupo 2 – Comisión I con EIL. Cabe destacar que no es una referencia trivial sobre la experimentación, sino que utilizan lo observado experimentalmente como justificación suficiente en la respuesta. Por otra parte, es apropiado aclarar que los dispositivos permitían responder en forma directa muy pocas preguntas de los problemas.
Los grupos interactuaron de manera diferente con los dispositivos experimentales de cada problema. Respecto del primer dispositivo ningún grupo lo utilizó luego de la mostración realizada por el docente. Todos los grupos utilizaron el dispositivo del problema 2 e interactuaron con el dispositivo del problema 3, incluso aquellos grupos que no llegaron a resolver el problema pidieron utilizar el dispositivo antes de retirarse de la clase.

La experimentación jugó un rol importante en la resolución del problema 1. Ya se ha mencionado que en la resolución de los problemas se evidencia un cambio continuo y no consciente entre marcos de referencia inerciales y no inerciales. Al resolver el problema 1 varios estudiantes sostenían fuertemente que los chicos o las fichas no se movían, sin poder notar la trayectoria circular que describían, es decir, analizaban el problema "parados" en la calesita. Trabajar con el dispositivo experimental permitió que "vieran" que las fichas realizaban una trayectoria circular a pesar de no deslizar sobre el piso sobre el que estaban apoyadas. La experimentación posibilitó que los estudiantes expresaran sus ideas respecto del movimiento y pudieran debatirlas.

La interacción con el dispositivo experimental del problema 2 permitió generar un debate sobre la idealización. Algunos grupos consultaron respecto del movimiento de la masa 2 (la que cuelga) ya que al experimentar observaban que no sólo subía o bajaba, sino que también realizaba un movimiento pendular o de péndulo cónico, y preguntaban cómo considerar eso en la resolución del problema. Esto fue aprovechado por los docentes (habituales del curso e investigadores) para discutir las diferencias entre la situación ideal planteada en el enunciado del problema y el dispositivo real. Otra inquietud que surgió fue el movimiento oscilatorio que presentaba la masa 1 al llegar al centro del disco antes de detenerse –dado que en la situación real no era una masa puntual sino una esfera-. Esta posibilidad de que los estudiantes pudieran contrastar la situación real con la ideal no hubiera aparecido sin la experimentación. Un grupo intentó explicitar la discusión en sus respuestas, frente a la consigna de describir el movimiento de las masas cuando se sueltan desde el reposo o se le imprime una velocidad a la masa 1, contestaron:

> (Soltando el sistema desde el reposo) *"ambas masas describen un movimiento lineal, la masa 1 en dirección horizontal, la masa 2 en dirección vertical …* (cuando se le imprime una velocidad a la masa 1) *ideal: la masa 1 realiza un movimiento circular, mientras que la masa 2 describe un movimiento pendular cónico por las irregularidades del sistema. Debería permanecer en equilibrio."* Grupo 5 – Comisión I con EIL.

A pesar de que no todos los grupos llegaron a resolver el problema 3, la interacción con el dispositivo experimental correspondiente pareció resultar significativa porque permitió que los estudiantes observaran experimentalmente que un cuerpo puede "sostenerse" contra una pared sin un piso en el cual apoyarse. En este sentido, la experimentación colaboró con la visualización dado que los estudiantes pudieron ver una situación que no es habitual en la vida cotidiana pero no por ello deja de ser posible.

El movimiento circular en los libros de física

Se realizó un análisis comparativo de 11 libros universitarios de Física recomendados en el programa de Mecánica Clásica. Entre los libros seleccionados algunos tratan el tema de manera conceptual mientras que otros presentan un enfoque analítico, estos últimos suelen ser los más utilizados por los estudiantes. Se analizó cómo es presentado el tema movimiento circular con el objetivo de poder identificar si existe alguna relación entre la presentación del tema y las dificultades que aparecen en el aprendizaje del mismo.

En cuanto a la estructura que los libros con un enfoque analítico (Alonso y Finn, 1999; Gettys et al., 2005; Ingard y Kraushaar, 1984; Sears et al., 2004; Serway y Jewett, 2005, Kittel et al., 1999 y Tipler y Mosca, 2005) el tema suele ser presentado como un subcapítulo dentro del de Aplicaciones de las Leyes de Newton; como excepción se puede mencionar que en el libro de la serie de Berkeley movimiento circular aparece dentro del capítulo introductorio de Vectores. En su mayoría, los libros comienzan refiriéndose a una partícula moviéndose en movimiento circular uniforme y se menciona que su aceleración es centrípeta y está dada por la relación:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \qquad (1)$$

Esta expresión sólo es citada ya que ha sido obtenida, en capítulos anteriores, a partir de la cinemática. Luego es reemplazada en la segunda ley de Newton con el objetivo de llegar a la expresión de la fuerza resultante en el eje radial:

$$\Sigma F = m\frac{v^2}{r} \qquad (2)$$

Suele aclararse que la fuerza centrípeta no es una fuerza de interacción, sino que así se denomina a la fuerza resultante en la dirección radial. Finalmente se resuelven los ejercicios típicos: auto en una curva, curva con peralte, péndulo cónico, etc.

En los otros libros (Arons, 1996; Hecht, 1987; Hewitt, 1999 y Feynman et al., 1998) el tema es tratado conceptualmente. Hewitt (1987) aborda el tema casi sin mencionar ecuaciones y una variedad de ejemplos conceptuales. Hecht (1987) explica desde un contexto histórico y resumidamente, mediante consideraciones geométricas, cómo Newton probó que la segunda Ley de Kepler implica la existencia de una fuerza central. Feynman et al. (1998) deducen brevemente la relación entre la velocidad angular y la velocidad tangencial; el tema aparece incluido brevemente dentro del capítulo "El Oscilador Armónico" dónde trabajan la equivalencia entre el movimiento armónico y la proyección del movimiento circular. Arons (1996) sólo menciona la ecuación de fuerza centrípeta sin deducirla y, muy distinto al resto de los libros, aborda el tema haciendo hincapié en la mención de los "preconceptos" que tienen las personas y que dificultan la enseñanza del movimiento circular.

CONCLUSIONES

En cuanto a las dificultades de los estudiantes al resolver los problemas de movimiento circular se pueden señalar ciertas coincidencias con lo encontrado en los libros. Resulta significativo que los libros más utilizados por los estudiantes son aquellos con enfoque analítico, que por lo general presentan el tema de movimiento circular como un subcapítulo en la unidad referida a la dinámica de la partícula dónde se pone el énfasis en definir la fuerza centrípeta. Se le asigna entonces un status diferente al movimiento circular dado que al analizar la dinámica de la partícula no se lo trabaja como un movimiento más, sino que recibe un tratamiento especial. Esto probablemente contribuye a la distinción que hacen los estudiantes entre las "Leyes de Newton" y el "Movimiento circular", también es concordante con la tendencia de asociar el movimiento circular a una fuerza centrípeta primero y luego analizar cuales son las fuerzas de interacción al resolver un problema. Por otro lado, se encuentra que en los libros de texto mencionan la frecuencia angular y la velocidad angular de forma indistinta, lo que podría ser un aporte para la confusión entre los conceptos que se manifiesta en los estudiantes.

Al resolver los problemas, los estudiantes se imaginaban dentro del sistema rotante, por ello les resultó dificultoso desprenderse de la necesidad de agregar una fuerza centrífuga (a la que ellos llamaban centrípeta), las vivencias cotidianas refuerzan dicha necesidad. En este sentido, los libros no parecen contribuir a que los estudiantes piensen los movimientos circulares desde un marco inercial dado que no tratan el tema detalladamente.

En un comienzo, la indagación estuvo focalizada en la resolución de problemas en el contexto de un EIL y al no encontrar diferencias significativas en la resolución de los problemas en ambos contextos se redefinió el objetivo del presente trabajo. Si bien en las resoluciones entregadas las dificultades para comprender el movimiento circular resultan similares, es necesario destacar que en la comisión donde se implementó el EIL surgieron interesantes discusiones a partir de los dispositivos experimentales que no parecerían ser posibles en la otra comisión. La experimentación permitió que los estudiantes visualizaran las situaciones planteadas, expresaran sus ideas sobre el movimiento y discutieran respecto de la idealización. La posibilidad de reproducir el problema experimentalmente permitió que los estudiantes pudieran conectar la situación real con la situación idealizada en el enunciado del problema, como ya hemos comentado al comienzo de este trabajo suele ser dificultoso lograr dicha conexión. Por lo tanto, la utilización cualitativa de dispositivos experimentales claramente relacionados con una situación problemática a resolver parece ser un buen camino para comenzar a crear una conexión entre el mundo real y los problemas abstractos de las clases de física. Por otra parte, genera una oportunidad de interacción en clase que permite que los estudiantes pongan de manifiesto sus ideas y puedan debatirlas, colaborando a superar las dificultades conceptuales y de resolución de problemas.

REFERENCIAS

Alonso, M. y Finn, E. J. (1999). Dinámica de una partícula. En *Física. Volumen I: Mecánica (pp. 178-182)*, México: Addison Weslay Longman.

Arias Regalía, D., Chadwick, G., Kenig, F., Montino, M., Pérez, S. M. y Ure, J. E. (2011). Un espacio de interacción libre con el material de laboratorio como apoyo para la comprensión de conceptos y resolución de problemas de movimiento circular. *XVII Reunión Nacional de Educación de la Física*, Editado en CD. Córdoba, octubre de 2011.

Arons, A. B. (1996). Motion in two dimensions. En *Teachings Introductory Physics (pp. 119-126),* Canadá: Jhon Wiley & Sons, Inc.

Carrascosa Alís, J. y Gil Pérez, D. (1992). Concepciones alternativas en mecánica. Dinámica: Las fuerzas como causa del movimiento. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (3), pp. 314-328.

Casedellà Reig, J. y Babiloni Matos, L. (1985). La construcción histórica del concepto de fuerza centrípeta en relación con las dificultades de su aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), 217-224.

Dibar Ure, M. C. (1995). Comentarios y un ejemplo sobre la dificultad de aprender a usar la matemática en la modelización. *Propuesta educativa*, 12, 45-47.

Driver, R., Guesne E. y Tiberghien, A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ediciones Morata, España.

Escudero, C., González, S. y Jaime, E. (2005). El análisis de conceptos básicos de física en la resolución de problemas como fuente generadora de nuevas perspectivas. Un estudio en dinámica del movimiento circular. *Revista Educación y Pedagogía*, 17(43), 63-78.

Feynman, R. P., Leighton, R. B. y Sands, M. (1998). El oscilador armónico. En *Física. Volumen I: Mecánica, radiación y calor (1ª Reimpresión en México, pp. 21.3)*, México: Addison Wesley Longman de México S. A.

Gettys, W. E., Keller, F. J. y Skove, M. J. (2005). Aplicaciones de las leyes de Newton para el movimiento. En *Física para ingenierías y ciencias Volumen I (2ª Ed., pp. 118-121)*, México: Mc Graw Hill.

Glaser, B. Y Strauss, A. (1999). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New York: Aldine.

Hecht, E. (1987). *Física en perspectiva.* Estados Unidos: Addison Wesley Iberoamericana S. A.

Hewitt, P. G. (1999). Movimiento circular. En *Física conceptual (3ª Ed., pp. 122-135)*, México: Addison Wesley Longman.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.

Ingard, W. y Kraushaar, W. L. (1984). Ejemplos de fuerzas y movimento. En *Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas (pp. 135-142),* Buenos Aires: Editorial Reverté S.A.

Kittel, C., Knight, W.D., Ruderman, M.A., Helmholz, A.C. y Moyer, B.J. (1999). Vectores. En: *Mecánica* (pp. 30-60), Barcelona: Reverté

Montino, M., Petrucci, D., Ure, J. E., Aleman, Ma. A. y Pérez, S. M. (2011). Una propuesta de trabajos prácticos de laboratorio que favorece el aprendizaje de conceptos. *Revista Ciência & Educação*. Volumen 17, Nº 4, 823-833.

Montino, M., Petrucci, D. y Ure J. (2006). ¿Magia o Física? Los estudiantes universitarios y los trabajos prácticos de laboratorio. *Memorias del 8vo SIEF*. Editado en CD. Gualeguaychú, octubre de 2006. 367-375.

Perales Palacios, F. J. (1998) La resolución de problemas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Vol X (1), Nº 21, 119-144.

Sears, F. N., Zemansky, M. W., Young, H. D. y Freedman, R. A. (2004). Aplicación de las leyes de Newton. En *Física universitaria volumen 1 (11ª Ed., pp. 181-188)*, México: Pearson Educación.

Séré, M. G. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 357-368.

Serway R. A y Jewett Jr., J. W. (2005). Movimiento circular y otras aplicaciones de las leyes de Newton. En *Física para ciencias e ingenierías. Volumen 1 (6ª Ed., pp. 151-158),* México: Thomson Editores S.A.

Tipler, P. A. y Mosca, G. (2005). Aplicaciones de las leyes de Newton. En *Física para la ciencia y la tecnología volumen I (5ª Ed., pp. 119-123),* España: Editorial Reverté S. A.

White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 761-774.

ANEXO I

Encuesta realizada a los estudiantes de Física General

Esta es una encuesta que preparamos para conocer tus impresiones sobre la dificultad de los temas de Física General. Gracias por tu tiempo.

Edad: _____

¿Es la primera vez que cursás la materia? _____

A continuación se listan los temas tratados en Física General:

- MRU
- MRUV
- Movimiento relativo
- Movimiento circular uniforme
- Leyes de Newton
- Rozamiento
- Fuerza elástica
- Plano inclinado
- Movimiento circular
- Trabajo y energía
- Cantidad de movimiento
- Choques

De éstos temas:

1- ¿Hay alguno que te haya gustado en especial? ¿cuál? ¿por qué?
2- ¿Hay alguno que te haya disgustado en especial? ¿cuál? ¿por qué?
3- ¿Cuál es el tema que más te costó entender?
4- ¿Hay algo que quieras agregar?

ANEXO II

Problemas y diseños experimentales

Problema 1

Francisco y Geraldine, ambos de 50 kg, están parados en una calesita a 1m y 2m del centro respectivamente. La calesita gira dando una vuelta cada 15 segundos.

a) Halle la velocidad angular de la calesita expresada en radianes por segundo (rad/s).

b) ¿Quién recorre mayor distancia durante una vuelta completa, Francisco o Geraldine?

c) Hallar la velocidad tangencial de Francisco y la de Geraldine.

d) Hallar la fuerza de rozamiento estático máximo entre el piso y las zapatillas de cada uno de los chicos si me = 0,5.

e) Realizar el diagrama de cuerpo libre para cada uno de los chicos indicando los pares de interacción ¿Cuánto vale la fuerza centrípeta en cada caso? ¿Por qué los chicos giran junto con la calesita en lugar de deslizar? ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento entre el piso y las zapatillas de cada uno de los chicos?

f) Si la calesita empieza a girar cada vez más rápido (es decir, aumenta su velocidad angular) ¿Cuál de los dos chicos desliza primero? Discutir y justificar la respuesta.

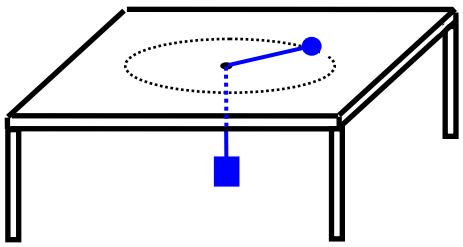
g) Calcular a qué velocidad angular debe girar la calesita para que deslice Geraldine y para que deslice Francisco.

Dispositivo Experimental Problema 1

Consta de una plataforma giratoria de acrílico, forrada de goma EVA para aumentar su rozamiento, sobre la que se colocan monedas. El dispositivo permite controlar la velocidad angular de la plataforma, de manera tal que al colocar las monedas a diferentes distancias del centro del disco es posible visualizar cuál sale expulsada primero.

Problema 2

Un cuerpo de masa m_1 = 100 g está unido al extremo de un hilo sobre una mesa sin rozamiento. La mesa posee un orificio en el centro por donde pasa el hilo (ver figura), y de él cuelga otro cuerpo de masa m_2 = 200 g.



a. Si el sistema se suelta desde el reposo, describa el movimiento de ambos cuerpos.

Si ahora mediante un golpe se imprime al cuerpo 1 una velocidad inicial perpendicular al hilo describa qué movimiento realizan las masas cuando:

I. la velocidad inicial del cuerpo 1 es grande

II. la velocidad inicial del cuerpo 1 es pequeña

b. ¿Cuáles son las fuerzas que actúan sobre el cuerpo 1? ¿Qué fuerzas actúan sobre el cuerpo 2? Realizar el diagrama de cuerpo libre para cada uno de los cuerpos indicando los pares de interacción.

c. Uno de los posibles movimientos del sistema es intermedio entre las situaciones I y II. En este caso el cuerpo 1 gira describiendo un círculo, mientras que el cuerpo 2 no sube ni baja. Para este caso:

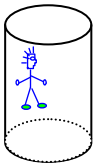
1. Escribir las ecuaciones de Newton. ¿Qué rol cumple la tensión en el movimiento del cuerpo 1?
2. Si el radio de giro del cuerpo 1 es de 30 cm ¿Cuál es la velocidad angular que debe tener para lograr este movimiento?
3. Si queremos que el cuerpo 1 describa un círculo de radio mayor que en el caso anterior ¿su velocidad angular deberá ser mayor o menor? Discutir y justificar la respuesta. Calcularla para el caso en que el radio de giro sea de 90 cm.

Dispositivo Experimental Problema 2

Consta de un círculo de acrílico con un pequeño orificio en el centro. A través del orificio cruza un hilo de coser en cuyo extremo superior se ata una esfera de madera y en el extremo inferior otro cuerpo. El dispositivo se fija entre dos mesas de modo que el cuerpo inferior quede colgando.

Problema 3

Un juego de un parque de diversiones se compone de un gran cilindro vertical que gira en torno a su eje. El piso del cilindro puede bajar. El cilindro puede girar lo suficientemente rápido como para que una persona en su interior se soporte contra la pared cuando baja el piso. El coeficiente de fricción estático entre la persona y la pared es me y el radio del cilindro es R.



a) Realizar el diagrama de cuerpo libre para el chico indicando los pares de interacción y escribir las ecuaciones de Newton. ¿Cuál de las fuerzas juega de fuerza centrípeta?

b) Muestre que la velocidad angular mínima de revolución para que la persona no caiga es $\omega = \sqrt{\dfrac{g}{R\mu_e}}$

c) Si Juan de 40 kg se sube al juego, obtener el valor numérico para ω si R=4m y μ_e=0.4. Calcular el período T.

d) Si luego se sube el papá de Juan de 80 kg ¿cuál deber ser la frecuencia mínima de revolución?

Dispositivo Experimental Problema 3

Consta de un motor al que se le ha pegado un envase plástico de 1 litro de capacidad; para que el envase no se incline hacia los costados al girar se

agregó en su base una plataforma realizada con palitos de helado. Además se utiliza algún cuerpo liviano como una pelotita de telgopor o un cubito de papel que permanece separado del fondo del envase cuando este gira con una velocidad angular suficiente.

PRIMERAS APROPIACIONES DE LA MATEMÁTICA EN LA FÍSICA: RESOLVIENDO PROBLEMAS DE CINEMÁTICA EN EL PRIMER AÑO DE LA UNIVERSIDAD

[1]

Pérez[1], Silvia M. y Dibar Ure[2], M. Celia

[1]IDH - Universidad Nacional de General Sarmiento

[2]ICI - Universidad Nacional de General Sarmiento

RESUMEN

El interés de nuestra investigación está puesto en entender la forma en que los alumnos se apropian del entramado de física y matemática que es necesario para resolver problemas. En este trabajo se presenta el análisis de 50 resoluciones de un problema de cinemática elemental por parte de alumnos universitarios. Utilizando una metodología exploratoria y cualitativa, se analizan las categorías surgidas de los propios datos. Las primeras conclusiones muestran que los alumnos trabajan de manera diferenciada con las distintas representaciones semióticas, según sea el concepto que lidera su comprensión de la situación presentada.

Palabras clave: resolución de problemas, matemática, representaciones, nivel universitario

ABSTRACT

In our research, we are interested in studying the way in which students master the mathematics as used in physics that is necessary to solve problems. In this work we present the analysis of 50 problems in elementary kinematics as had been solved by university freshmen. Using a qualitative and exploratory methodology, we analyze the categories that came out of the data. Our first conclusions show that students work in different ways with the various semiotics representations, depending on which concept is leading their understanding of the situation that is presented by the problem.

Keywords: problem solving, mathematics, representations, university freshmen

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca en una serie de investigaciones que venimos realizando en torno al uso de la matemática en la física. Las preguntas más generales que guían nuestras investigaciones son: ¿cómo construyen y re-construyen los alumnos las distintas representaciones matemáticas de los conceptos de la física? ¿cómo aprenden a manipularlas y a darles sentido?

Redish (2005) sostiene que el lenguaje matemático en física no es más que un dialecto de dicho lenguaje. Puede pensarse que en el camino de la apropiación de ese dialecto, no son suficientes ni los contenidos de Matemática ni los contenidos conceptuales de la Física por separado. El entramado de los conceptos y sus representaciones tiene particularidades que deben ser objeto de enseñanza. Los alumnos deberán adquirir estas nuevas habilidades, no sólo para la resolución de problemas, sino para poder avanzar en representaciones y conceptos cada vez más complejos dado que los modelos físicos están necesariamente asociados a modelos matemáticos (Lombardi,1998).

Debido a nuestro interés de indagar acerca de los primeros pasos de las apropiaciones del lenguaje matemático en Física, hemos decidido trabajar con el primer modelo que se suele presentar en la enseñanza universitaria: la descripción de los movimientos de trayectoria lineal. Intentamos describir y comprender cómo es que los alumnos resuelven los problemas usuales que se les presentan. Estos alumnos tienen poca experiencia en el trabajo matemático y en física y casi ninguna experiencia en realizar el trabajo conjunto que la resolución de situaciones o problemas requiere.

En nuestros trabajos previos hemos indagado sobre la conceptualización de la velocidad media y la resolución de problemas asociados (Pérez y Dibar, 2009), la resolución de problemas con aceleración constante sobre un plano inclinado con experiencia de laboratorio previa (Pérez y Dibar, 2010) y de problemas sobre el mismo tema con tabla de datos al estilo de las obtenidas en el laboratorio.

[1] Trabajo realizado con la financiación parcial del PICTO UNGS 0084

En el presente trabajo, indagamos acerca de la resolución de un problema de movimiento rectilíneo con aceleración constante, diseñado de manera tal que los alumnos deben interpretar, producir y trabajar con diferentes representaciones semióticas de la posición, la velocidad y la aceleración.

DISCUSIÓN TEÓRICA

El problema presentado en este caso a los alumnos fue diseñado en base a nuestras anteriores investigaciones y al marco teórico de Duval (1995). Este autor sostiene que las personas se apropian de un objeto de conocimiento y lo diferencian de sus múltiples representaciones posibles, si pueden realizar todas las conversiones entre esas representaciones. Por ejemplo, si el objeto de conocimiento es el modelo cinemático, haberse apropiado de ese objeto implica poder realizar las transformaciones de una representación lingüística a una representación algebraica, a una representación en forma de tabla de valores, a una representación gráfica en todas las distintas combinaciones posibles. Asimismo, dice Duval (1995), realizar las múltiples conversiones posibles es lo que produce el conocimiento sobre ese objeto de estudio.

El marco teórico de Duval (1995), además de contribuir al diseño del problema, ha sido tomado como marco de comparación al momento de interpretar las categorías generadas por similitudes entre las formas de resolución del problema.

Dado que estamos en un recorrido de indagación, todos los resultados previos dan pie a la generación de teoría a través de las categorías que surgen de los datos en el proceso de buscar la teoría enraizada (Glaser y Strauss, 1999) que describa e interprete nuestro objeto de estudio. Los resultados previos más salientes (Pérez y Dibar Ure, 2009 y 2010) indican que los alumnos, en la instancia de apropiación del modelo matemático y físico del movimiento, son muy hábiles resolviendo con números, con datos presentados en forma de tablas y reemplazando esos valores numéricos en las funciones de posición y velocidad que dependen del tiempo Sin embargo, no usan espontáneamente ambas funciones a la vez. También es de destacar que las funciones son en general interpretadas únicamente como ecuaciones. Además, si bien la velocidad media es un concepto intuitivo para todos los alumnos, la velocidad instantánea dista mucho de ser un concepto bien diferenciado de la velocidad media. Los alumnos son hábiles imaginando las situaciones a las que aluden los enunciados y asociándolas al modelo correcto, aún con presentaciones lingüísticas no triviales.

METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS

El análisis de los datos fue realizado con una metodología exploratoria y cualitativa, basada en la teoría enraizada y las categorías fueron armadas de acuerdo a las similitudes entre las resoluciones. (Glaser y Strauss, 1999; Hopkins et. al., 1989; Taylor, S. y Bogdan, R., 1987; Turner, 1981).

Para la interpretación de los datos, una vez obtenidas las categorías, se han tomado en cuenta los resultados previos de nuestras investigaciones, siempre guiadas por el reconocimiento del particular entramado que forman la matemática y la física, especialmente en el momento del aprendizaje de los primeros modelos físicos, y la comparación con el modelo teórico de Duval (1995) que influenció el diseño del problema presentado a los alumnos.

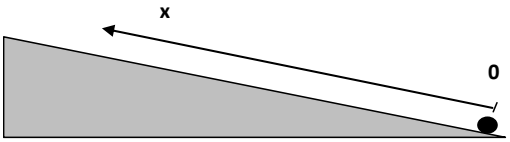
Para la realización del presente trabajo se seleccionó un curso de la materia Física General de la Universidad Nacional de General Sarmiento. Esta es la primera materia de física que cursan los alumnos de las carreras de los profesorados de física y de matemática, ingenierías y ecología. Los alumnos han cursado una materia de matemática con contenidos de cálculo. Se observaron las seis clases referidas a cinemática, con el objetivo de conocer los contenidos que se dictan y las estrategias sugeridas por los docentes para la resolución de problemas. El curso contaba con aproximadamente 60 alumnos. Las clases teóricas son dictadas de manera tradicional, con exposición de los temas por parte del profesor y las clases prácticas se desarrollan con los alumnos trabajando en grupo en la resolución de problemas.

Se decidió presentar el problema elegido para la toma de datos en la clase anterior a que se comenzara con el tema de dinámica. De esa forma se dio tiempo a los alumnos a que hubieran resuelto los problemas de cinemática de la guía de la materia. Se indicó a los alumnos que resolvieran el problema en forma individual. Algunos consultaron sus cuadernos de apuntes durante la resolución.

El problema que se presentó a los alumnos es el de la Figura 1.

Se impulsa una pelotita de manera que comienza a subir sola por el plano inclinado de la figura con v_0 = 1,8 m/s y aceleración constante. A medida que transcurre el tiempo la pelotita pasa por los siguientes puntos:

t (s)	x (m)
0	0
0,8	1,18
1,2	1,58
1,8	1,94
2	2
2,8	1,90
3	1,80



1. De [illegible] imiento de la pelotita.
2. ¿C [illegible] pelotita?
3. ¿C [illegible] de la pelotita sobre la pendiente, justo cuando se detiene antes de comenzar a descender? ¿Dónde estaría ubicado ese valor en la tabla de datos?
4. ¿Cuánto vale la velocidad de la pelotita a los 2,8 segundos desde que comenzó el movimiento? ¿Cambió el signo respecto del de la velocidad inicial? ¿Por qué?
5. Hacé el gráfico de la velocidad de la pelotita en función del tiempo.

Figura 1: Problema presentado a los alumnos

Como puede observarse, para resolverlo es necesario utilizar las ecuaciones de posición y velocidad en función del tiempo, los alumnos tienen que leer una tabla de datos, graficar e interpretar con sus palabras algunos de los resultados obtenidos. También se procuró que la propuesta no resultara demasiado alejada del tipo de problemas que contiene la guía de la materia, de manera que no se produjera el desconcierto generado por formatos desconocidos en el momento de la toma de datos.

La complejidad de las tareas pedidas es alta desde el punto de vista del aprendizaje, si bien desde el punto de vista de la enseñanza no es un problema que suela ser considerado complejo.

ANÁLISIS DE DATOS

En la Figura 2 se presenta una tabla que resume la cantidad de resoluciones, sobre un total de 50, agrupadas en las categorías elaboradas en el proceso de análisis de los datos.

Categoría	**Nº de resoluciones**
INCOHERENTE o NO CONTESTA	9
CORRECTO	7
TABLA	5
ECUACIONES	6
POSICIÓN	9
VELOCIDAD	14

Figura 2: Tabla de número de resoluciones por categoría.

De las 50 resoluciones del problema realizadas por los alumnos, 2 no contienen nada y 7 presentan resoluciones incoherentes. Por lo tanto, sobre un total de 9 de las resoluciones entregadas no es posible hacer ninguna interpretación. De hecho, nos resistimos a tomar siquiera alguna de las respuestas, ya que por ser en general incoherentes entre sí, se corre el riesgo de sobreinterpretar los indicios de comienzo de resolución que aparecen.

Por otra parte, 7 de los 50 alumnos presentan resoluciones coherentes y casi completamente correctas. Se puede observar un uso variado de las representaciones semióticas, tanto en la interpretación y trabajo con las representaciones proporcionadas como en la producción de las necesarias para resolver el problema. En cuanto a la utilización de los conceptos cinemáticos básicos de posición, velocidad y aceleración, en estas resoluciones de los alumnos no se encuentra ningún concepto prevaleciendo sobre el otro en las descripciones del movimiento. Es decir, la resolución correcta en estos alumnos, no permite ver sino la combinación de lo conceptual y lo representado y flexibilidad en la elección de las representaciones semánticas y en la interpretación de los resultados en función de la situación presentada.

Restan entonces 34 resoluciones parciales, con mayor o menor grado de acierto en las respuestas. Estos son los casos que nos permiten vislumbrar los procesos que lideran la toma de decisiones: elección de la representación semiótica adecuada, selección de la variable que pueden describir para comenzar a resolver el problema, etc. En este grupo intermedio, en el que todos "hacen" algo pero ninguno presenta la resolución completa, se pudo realizar una categorización que dio como resultado cuatro categorías con un interesante grado de similitud entre las resoluciones dentro de cada una de ellas.

Se definieron cuatro categorías que pueden agruparse en dos tipos: el primer tipo agrupa las resoluciones en las que los alumnos hacen uso casi exclusivo de una sola representación semiótica y está integrado por las categorías "TABLA" y "ECUACIONES". El segundo tipo agrupa las resoluciones que muestran un concepto guía que lidera la toma de decisiones, integrado por las categorías "POSICIÓN" y "VELOCIDAD".

Las resoluciones centradas en una representación semiótica

La categoría "TABLA", integrada por 5 de las resoluciones, agrupa respuestas que hacen reiterado uso de los datos de la tabla proporcionada. Pueden usar representaciones gráficas o ecuaciones, pero el punto de partida para contestar cada pregunta son los datos numéricos de la tabla. Todos consiguen describir el movimiento y la mayoría llega a expresar una idea clara de lo que hay que hacer para resolver, aunque no puedan hacerlo. Cuatro de los cinco asignan al punto de mayor valor de la posición en la tabla el máximo de la posición en el movimiento.

La categoría "ECUACIONES", integrada por 6 de las resoluciones, agrupa las respuestas que sólo hacen uso de las ecuaciones, sin graficar, ni utilizar la tabla más que para seleccionar un par de datos para reemplazar en ellas. No aparecen referencias lingüísticas al movimiento y la mitad no plantea la condición para hallar el máximo de la posición ni tampoco lo asigna al máximo valor de la posición en la tabla.

Las resoluciones centradas en los aspectos conceptuales

Veintitrés de las resoluciones pueden caracterizarse por una clara línea conceptual, una descripción del movimiento que parece reflejar una imagen mental bien formada de lo que sucede cuando se impulsa una pelotita a subir por un plano inclinado. Los alumnos describen con sus palabras los cambios en la posición o en la velocidad, calculan esas magnitudes o las representan gráficamente y trabajan con ellas en distintas representaciones semióticas, con diferentes grados de flexibilidad.

En la categoría POSICIÓN, formado por 9 de las resoluciones, los alumnos utilizan la posición en función del tiempo en las distintas representaciones semióticas como concepto que guía la descripción. La mayoría realiza el gráfico de posición en función del tiempo a partir de la tabla de valores, aunque no se pide explícitamente. A partir de ese gráfico o de relatos como "la pelota asciende por la rampa…luego vuelve por la rampa en sentido opuesto…" (Alumno 32), resuelven parte de lo pedido. Por ejemplo, el cambio de signo en la velocidad, lo explican en términos de "va cuesta abajo" (Alumno 44), porque la pelotita va en sentido contrario al eje x. Siete de los alumnos, a pesar de graficar espontáneamente la posición, no pueden graficar la velocidad. Casi todos producen el gráfico de la posición en función del tiempo al comenzar a resolver, y utilizan esa representación como guía para contestar las preguntas. En 7 de las resoluciones los alumnos asignan la máxima posición del movimiento al mayor valor de la posición en la tabla y dos alumnos dicen, correctamente, que el máximo está "entre 2 y el siguiente valor (en la tabla)".

En la categoría VELOCIDAD, formada por 14 de las resoluciones, los alumnos utilizan como concepto guía la velocidad. Describen el movimiento de la pelotita contando en sus palabras lo que ocurre con la velocidad, asignando correctamente al máximo de la posición el punto donde se hace cero la velocidad. En varias de las resoluciones los alumnos calculan velocidades medias, utilizando la tabla de valores de posición en función del tiempo, confundiendo las velocidades medias en los intervalos elegidos con las velocidades instantáneas en cada punto. También asignan velocidad cero al punto de la tabla con mayor valor en la posición o al punto ubicado al final de la tabla proporcionada, así 6 de los alumnos utilizan ese valor para calcular la aceleración, planteada como diferencia de velocidades inicial y final sobre el intervalo de tiempo correspondiente.

La representación, más o menos explícita, de la velocidad en función del tiempo como una magnitud que primero disminuye, luego se hace cero y luego empieza a aumentar nuevamente resulta, por ejemplo, en dos de los casos en gráficos cualitativos con un mínimo en pico (ver Figura 3).

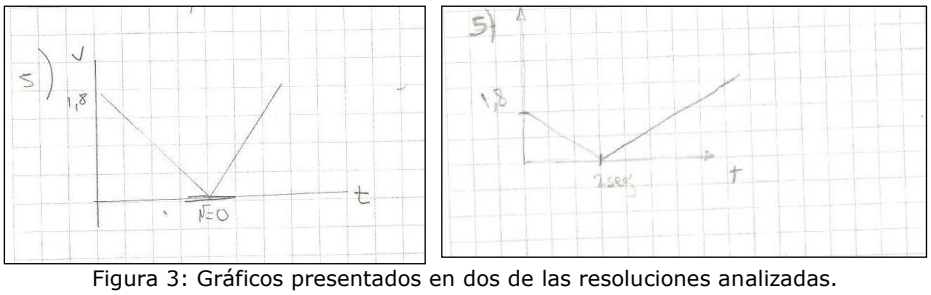


Figura 3: Gráficos presentados en dos de las resoluciones analizadas.

En esta categoría ningún alumno puede hacer un gráfico correcto de la velocidad. Sin embargo, algunos hacen gráficos de la posición en función del tiempo respondiendo al pedido de gráfico de velocidad, pero a diferencia del grupo categorizado como POSICIÓN, no los usan ni hacen acotaciones sobre ellos. Ocho de las 14 resoluciones asignan el máximo de la posición en el punto (2,2), dos dicen que es "más adelante" de 2 y dos en el último punto de la tabla.

Un resultado llamativo, que atraviesa las categorías recientemente analizadas, es que ante la pregunta que pide hallar el máximo en la posición ninguno lo calcula usando las ecuaciones, 20 alumnos la asignan al punto (2,2), 5 no saben o no contestan, 5 lo asignan al último par de la tabla y sólo 4 señalan el intervalo correcto sin precisar el valor exacto.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y ALGUNAS CONCLUSIONES

Los datos que fueron categorizados como TABLA, presentan un hábil uso de los pares de posición y tiempo presentados en el enunciado. Con el uso reiterado de los datos de la tabla los alumnos muestran cercanía con la descripción del movimiento. Esa habilidad observada coincide con los resultados de nuestras investigaciones anteriores, en las cuales hemos observado la ductilidad con que los alumnos se manejan con los datos numéricos, tanto para corroborar sus afirmaciones como para sacar conclusiones respecto del movimiento presentado. Sin embargo, el uso de la tabla también da pie a que los alumnos calculen velocidades medias sin distinguirlas de las instantáneas. Proporcionar una tabla de puntos discretos puede inducir a una idea incompleta de función y probablemente por eso es que la mayoría, y no solamente en esta categoría, asigna el máximo en la posición al máximo valor de x que parece en la tabla. Nuevamente podemos decir con Duval (1995) que una sola representación no proporciona una imagen suficiente del objeto de conocimiento.

En la categoría ECUACIONES, el uso exclusivo de la representación algebraica no permite avanzar demasiado en la resolución ya que, llamativamente, renuncian a las explicaciones en lenguaje común que les son solicitadas y tampoco realizan ningún gráfico. Esta elección parece ser el reflejo de una enseñanza que tradicionalmente se centra casi exclusivamente en las ecuaciones y pierden la posibilidad de contrastar o complementar sus resultados con los datos numéricos proporcionados, con la imagen mental del movimiento o, como lo hacen otros, con la información que puede proporcionar un gráfico.

La característica general de los datos reunidos en las categorías TABLA y ECUACIONES es que las respuestas muestran pocos ejemplos de conversión entre representaciones. Podría decirse que estos alumnos están más lejos que todos los otros de dominar el objeto de conocimiento en términos de Duval (1995).

Respecto de los datos categorizados como POSICIÓN es llamativo que, sin que se les pida, la mayoría comienza el problema haciendo el gráfico de la posición en función del tiempo y varios lo utilizan como referencia para explicar, por ejemplo, cuál es el máximo y que allí la velocidad es cero. Sin embargo sólo uno puede hacer correctamente el gráfico de la velocidad. El uso de la representación gráfica de la posición sumada a la imagen del movimiento en esos términos no parece favorecer pensar con el mismo nivel de complejidad en términos de velocidad. Es decir que la posibilidad de producir un gráfico a partir de la tabla, no indica que puedan producir un gráfico lineal de la velocidad desde los datos obtenidos por ellos mismos. Cabe destacar que en la enseñanza de la matemática la función lineal es una de las más analizadas y su gráfico uno de los más ejercitados, aún así y demostrando que saben graficar la función de la posición y leer adecuadamente ese gráfico, no pueden producir el gráfico de la velocidad.

Las características más salientes de los datos agrupados en la categoría VELOCIDAD son que se confirma la naturalidad con que los alumnos piensan en términos de velocidad media en vez de velocidad instantánea y la imposibilidad de plasmar su descripción bastante aproximada de lo que sucede con la velocidad en la situación planteada, en un gráfico siquiera aproximadamente correcto.

La velocidad media resulta tan natural que lidera las resoluciones, aunque el punto donde la velocidad instantánea es cero es casi siempre reconocido sin dificultad. También la idea del cambio de signo en la velocidad puede estar bien reflejada en la explicación redactada, y aún así o no realizan el gráfico o no es correcto.

Los dos gráficos en forma de "v" presentados en la Figura 3 parecen indicar que los cambios que sufre la velocidad en el movimiento planteado en el enunciado no estarían suficientemente reflejados por una recta que atraviesa el eje de los tiempos. La idea de cambio perceptible no parece tener correlato con la imagen de una recta.

Si bien las resoluciones exitosas pueden servir de argumento para la tesis de Duval, acerca de que la apropiación del objeto de conocimiento depende de la flexibilidad de las conversiones entre las distintas representaciones, las resoluciones parciales reflejan más bien la idea de que, en el camino a la apropiación del objeto complejo del modelo cinemático, las diferentes representaciones semánticas no son accesibles por igual si pertenecen a distintos conceptos de la cinemática. El caso de los alumnos que guían su resolución por la posición muestra que la habilidad para la realización y posterior utilización del gráfico x(t) no es en absoluto similar para realizar el mismo trabajo con la velocidad. Tampoco las representaciones son equivalentes para la interpretación y resolución del problema: los datos muestran que la tabla permite un acercamiento al movimiento más certero que las ecuaciones.

Tras el análisis de los resultados, podemos decir que, en nuestros datos, las habilidades matemáticas no se muestran independientes del concepto de las distintas variables cinemáticas.

RECOMENDACIONES DIDÁCTICAS

El análisis de lo que los alumnos hacen cuando están aprendiendo a resolver problemas puede darnos algunas pistas acerca de lo que les es más familiar y lo que los ayuda en el camino de apropiarse del modelo físico en conjunto con el lenguaje matemático. Proponemos la construcción de esa transferencia partiendo de las habilidades que efectivamente poseen. Nuestros resultados muestran que el uso de tablas de datos en los problemas proporciona un punto de apoyo importante que los alumnos utilizan con soltura para avanzar en la resolución. Los gráficos de posición, no necesariamente de movimientos con aceleración constante, y la construcción a partir de ellos de la idea de las variaciones de velocidad parece un camino a explorar con más asiduidad. Los problemas del pasaje del concepto de velocidad media a instantánea y de ecuaciones a funciones deben ser trabajados ya que no son más que otro ejemplo en física de conceptos intuitivos que no colaboran para la adquisición de conceptos más complejos.

Proponemos aprovechar las múltiples representaciones posibles, presentando problemas variados en cuanto al trabajo de conversión que se pide. Es necesario afrontar la enseñanza desnaturalizando la supuesta facilidad de transferencia entre lo que se aprende en matemática y su uso en la construcción de modelos en el ámbito de la física.

REFERENCIAS

Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine*. Suisse: Peter Lang

Glaser, B. y Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. New York : Aldine

Hopkins, D.; Bollington, R. & Hewett, D. (1989). Growing up with qualitative research and evaluation. *Evaluation and Research in Education*, 3(2), pp. 61-80.

Lombardi, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en Ciencias*, 2(4), 5-13.

Pérez, S.M. y Dibar Ure, M.C. (2009). Cinemática: de los números a las representaciones algebraicas. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona. 145-148.
http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-145-148.pdf

Pérez, S.M. y Dibar Ure, M.C. (2010) Análisis de la resolución de un problema de cinemática desde el punto de vista del uso del lenguaje matemático. *Actas del SIEF 10*. Posadas. Misiones

Redish, E. F. (2005). Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses, *Proceedings of the Conference, World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change*. Delhi.
http://umdperg.pbworks.com/JoeRedish%253A-Selected-Publications

Turner, B. A. (1981). Some practical aspects of qualitative data analysis: one way of organizing the cognitive processes associated with the generation of grounded theory. *Quality and Quantity*, 15, pp. 225-247.

Taylor, S. y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós.

EXPLICITACIÓN DE LAS TRANSFORMACIONES DE GALILEO: EL ESLABÓN PERDIDO EN LOS LIBROS DE FÍSICA BÁSICA.

Hoyos, Elena[1] y Pocoví, M. Cecilia[2]

[1]Universidad Nacional de Salta, Fac. de Ciencias Exactas; [2] Universidad Nac. de Salta, Fac. de Ingeniería.
Agencia de Promoción Científica y Tecnológica

RESUMEN

Este trabajo estudia la presentación de las transformaciones de Galileo en los libros de mecánica básica (Física Introductoria). El estudio se realiza desde el marco teórico de Alexander y Jetton (2000) que encuadra el aprendizaje de los lectores novatos mediante el planteo de un modelo evolutivo (developmental model). La metodología utilizada corresponde a un estudio de caso en donde la muestra de libros analizados está constituida por aquellos utilizados en las materias de Física básica. Los resultados sugieren que los textos para principiantes debieran resaltar la utilidad e importancia de las transformaciones de Galileo, no restringiéndola solamente a la presentación del tema de velocidad relativa.

Palabras clave: transformaciones de Galileo, comprensión lectora, modelo evolutivo, lectores novatos

ABSTRACT

This work studies how basic Physics textbooks present Galileo's transformations. The study is carried out from the theoretical standpoint introduced by Alexander and Jetton (2000) that consists in a developmental model of Reading comprehension. The methodology corresponds to a case study where the sample of analyzed books are those used in basic Physics courses at the university level. The results suggest that textbooks should emphasize the usefulness of the Galileo's transformations, not restricting it to the topic of relative speed.

Keywords: Galileo Transformations, Reading comprehension, Developmental model, Acclimated Readers

INTRODUCCIÓN

Las transformaciones de Galileo constituyen uno de los pilares en donde se asienta la física Newtoniana. La descripción del movimiento de un cuerpo requiere ineludiblemente la introducción de un sistema de coordenadas espaciales que permitan identificar unívocamente cada punto del espacio físico de interés, y una coordenada temporal que permita determinar el orden cronológico de sucesos en cualquier punto del espacio. A este conjunto de coordenadas espacio-temporal se lo denomina sistema de referencia. El estudio del movimiento y de las interacciones de un cuerpo implica la determinación de la posición, la velocidad y la aceleración en función del tiempo respecto de un sistema de referencia elegido. La cuestión que surge inmediatamente después de elegir un sistema de referencia es, si la descripción del movimiento cambia cuando se cambia el sistema de referencia elegido. La respuesta a esta cuestión está contenida en las Transformaciones de Galileo. Debido a la importancia de este tema, sería deseable que el desarrollo del mismo en cursos de mecánica básica a nivel universitario pusiera especial énfasis en el valor y la utilidad de dichas transformaciones.

En el caso del aprendizaje de Física a nivel universitario, varios trabajos (Kelly, 2007) muestran que una de las fuentes más importantes a la que los alumnos recurren durante su aprendizaje la constituyen los libros de texto. Además, las investigaciones en lectura muestran que los textos dirigidos a los alumnos de los cursos básicos deben poseer características especiales para resultarles comprensibles. Un análisis crítico de dichos textos mostrará si, efectivamente, este es el caso.

ESTADO DEL ARTE Y PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Es sabido que una de las formas más comunes en que los estudiantes de nivel universitario aprenden es mediante el uso de libros de texto (Nist y Simpson, 2000). En otras palabras, la comprensión lectora es uno de los procesos de aprendizaje más importantes que los alumnos llevan a cabo durante toda su carrera universitaria. Ya en 1979 Jenkins planteó su modelo de comprensión lectora en el que se reconoció que la habilidad para aprender a partir de un texto es un proceso que ocurre gracias a la interacción entre varias variables: el lector, el texto y el contexto. En cuanto a los lectores que se tienen como alumnos en los primeros años de la universidad, existe evidencia de que los mismos llegan a este nivel educativo sin la preparación necesaria para asegurar la comprensión de los textos a los que se deberán enfrentar en los primeros años de su carrera (Alvarez y Risko, 2009; Pressley, Yokoi, van Meter, Van Etten y Freebern, 1997). Fundamentalmente, la mayoría de los estudiantes universitarios novatos no posee el conocimiento de las habilidades metacognitivas necesarias para poder autoevaluar su compresión acerca de un texto (Maxwell, 1997).

Esta situación, grave de por sí, se puede ver empeorada si los textos, la segunda componente de la comprensión lectora poseen algunas deficiencias. Las investigaciones acerca de las características del material escrito que favorecen la comprensión ha sido fructífera en la determinación de las mismas. Uno de estas características críticas es la calidad lingüística de los textos: aquellos construidos para facilitar la comprensión han sido denominados "considerados" mientras que aquellos que hacen que los lectores realicen un gran esfuerzo cognitivo para compensar su mala construcción han sido llamados "desconsiderados" (Armbruster, 1984). Los textos "desconsiderados" han sido descriptos como faltos de una cohesión y estructura apropiada lo cual incrementa las demandas de procesamiento de parte de los lectores (Alexander y Kulikowich, 1994; Nist y Simpson, 2000). A veces, se ha acusado a los textos de presentar conceptos importantes en forma particionada e incoherente (McKeown et al., 1992). Otras investigaciones se han centrado en el análisis de las características y el propósito de las imágenes (Otero, Moreira y Greca, 2002) y de los gráficos cartesianos (García García, 2005) presentes en libros de texto de física.

La calidad de los textos es a veces medida en relación a cuán apropiado es el texto relativo a la audiencia. Anderson y Armbruster (1984) se refirieron a esta característica como "audience appropriateness". Los escritores deben considerar el conocimiento previo de su audiencia e incluir suficiente información relevante en el texto para facilitar su lectura. Otra característica importante de un texto es la organización o estructura. Para obtener un texto organizado, el escritor debe tener en cuenta dos aspectos: la macroestructura (red de ideas principales) y la microestructura (detalles de apoyo) que proveen la fundamentación de las ideas principales (Meyer y Rice, 1991).

Un resultado recurrente en las investigaciones de Garner et al. (1991) y de Goldman y Rakestraw (2000) es que la importancia de calidad de texto para lograr la comprensión depende del estadio de desarrollo académico del lector. Es decir, los lectores competentes están mejor equipados para lidiar con la vaguedad, incoherencia y otras características desconsideradas de los textos. Consecuentemente, es esencial que los materiales que se elaboran para dar a conocer información fundamental a los novicios en un tema deban ser extremadamente trabajados y deben dirigir la atención de los lectores a las ideas principales y a su aplicación (Armbruster, 1984).

En acuerdo con los resultados de las investigaciones mencionadas, Alexander y Jetton (2000) plantearon su modelo evolutivo (developmental model) de comprensión lectora. Este modelo se desarrolló para responder a la pregunta de cómo cambia el aprendizaje a partir de un texto a medida que el lector se vuelve más educado (p. 299). Las autoras clasifican a los alumnos en distintas categorías dependiendo de las competencias que tienen desarrolladas referidas a la comprensión lectora. Así, los lectores pueden estar "aclimatándose" a la lectura de ciertos textos, pueden ser lectores competentes o pueden ser lectores expertos. Mientras más avanzado sea el estadio del desarrollo académico, menos relevante es la calidad de texto (Goldman y Varma, 1995). En este estudio nos centraremos en el primer grupo.

Desde 1997, Alexander califica a los estudiantes en las primeras etapas del desarrollo académico como "en aclimatación". Estos estudiantes "están tratando de entender el terreno de un dominio que no les resulta familiar" (Alexander y Jetton, 2000, p. 299). Estas personas son, además descriptas como que poseen muy poco conocimiento acerca del dominio o tópicos que se cubren en el texto y el poco conocimiento que poseen está seguramente fragmentado y desorganizado. Según estas autoras, toda la energía de los lectores está dirigida hacia la construcción de las bases conceptuales que les permitan comprender el texto. Más aún, mientras los novicios leen, tratan de distinguir el contenido relevante del no relevante (Wade, 1992).

Cabe preguntar qué implicaciones tienen estos resultados para la elaboración o selección de un texto para los alumnos. Alexander y Jetton (2000) señalan que los textos dirigidos a los lectores en aclimatación deben estar extremadamente bien diseñados, dirigiendo la atención de los lectores hacia las ideas principales mediante una discusión amplia de las mismas. Las mismas autoras muestran que "hasta que los estudiantes comienzan a ver el valor del dominio o de su contenido, su foco estará centrado en *realizar* la lectura más que en *manejar* el contenido del texto" (p. 299).

Es adecuado preguntarse, entonces, cómo lograr que un estudiante comprenda mediante la lectura el valor del tema presentado y, en particular, cómo lograrlo en el caso de textos científicos. Ya en 1982 Posner, Strike, Hewson y Gerzog (1982) presentaron su perspectiva acerca de las condiciones necesarias para que el cambio conceptual tome lugar. Esta perspectiva, a pesar de sus años, sigue siendo citada en los manuales sobre investigación en enseñanza de ciencias actuales y su vigencia puede deberse a la adecuación de sus predicciones a la realidad (Scott, Asoki y Leach, 2007). Según Posner et al. (1982) una de las condiciones para lograr el aprendizaje de un concepto es que las nuevas ideas sean percibidas como útiles por el estudiante (fruitful). Si se generaliza este resultado al aprendizaje a partir de textos, se puede decir que coincide con lo expresado por Alexander y Jetton: el lector debe percibir el valor que tiene el contenido que lee para favorecer, así, la comprensión.

Ya que los lectores "en aclimatación" presentan dificultades para detectar fácilmente el valor en lo que leen, los textos en esta etapa deben ayudar a presentar la utilidad de los conceptos de forma explícita. Una de las formas en que los textos pueden inducir a los alumnos a valorar el contenido presentado es mostrando su utilidad en el análisis de distintos problemas de aplicación. En cambio, difícilmente se logrará la valoración del contenido si la utilidad de un tema es simplemente "enunciada" en el texto y no es utilizada posteriormente.

En este trabajo nos propusimos examinar, en particular, cómo es presentado el tema de las transformaciones de Galileo en los textos que son utilizados en la universidad en los cursos de mecánica básica (Física I). Para ello realizamos un análisis que no se limita a ver si los libros explican para qué sirven las transformaciones de Galileo cuando éstas son presentadas sino también si muestran el valor de las mismas en, por ejemplo, la presentación de las Leyes de Newton.

La selección de este tema en particular, radica en su importancia que va más allá de las simples ecuaciones que se presentan en la Sección correspondiente a "velocidades relativas" en cualquier libro de física básica, como se muestra a continuación. En realidad, el planteo fundamental radica en establecer qué magnitudes se mantienen constantes y cuáles cambian cuando se analiza el movimiento respecto de dos sistemas de referencia moviéndose con velocidad constante relativa uno respecto del otro[1]. Así, se llegará a la conclusión que mientras la posición y la velocidad son magnitudes que están ligadas directamente al sistema de referencia elegido, el desplazamiento y la aceleración son independientes de dicha elección.

La búsqueda de magnitudes físicas que se mantengan invariantes frente a un cambio de sistema de referencia sigue presente en el estudio de las interacciones entre cuerpos, es decir, en el estudio del concepto de fuerza. Las leyes de Newton establecen sobre qué sistema es válido el análisis realizado y cuáles son las consecuencias de dichas interacciones en el tipo de movimiento de los cuerpos. Ya en el enunciado de la primera ley de Newton se manifiesta la trascendencia de los sistemas de referencia en el desarrollo de la dinámica, definiendo los sistemas inerciales. Nuevamente pueden buscarse magnitudes invariantes frente a un cambio de sistema de referencia y parte de la respuesta está contenida en las Transformaciones de Galileo. Debido a la relación entre fuerza y aceleración establecida en la segunda ley de Newton es inmediato que la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo, es invariante frente a las transformaciones de Galileo. Esta invariancia se cumple solo en el caso que las fuerzas no dependan de la velocidad y en estos casos también es invariante la aceleración del cuerpo.

Una presentación en los libros de texto limitada a la explicitación de las ecuaciones de transformación Galileana en un tema de conjunto tratado en libros de física básica no alcanzará para mostrar el valor relativo de estas ecuaciones en toda la física Newtoniana.

[1] El caso del movimiento de un cuerpo analizado respecto de dos sistemas de referencia que se están moviendo con una aceleración relativa, uno respecto de otro, no se estudia utilizando las transformaciones de Galileo. En este caso, ninguna de las magnitudes mencionadas son iguales en los dos sistemas de referencia y el análisis de los libros suele centrarse en el caso en que los sistemas de referencia rotan uno respecto de otro.

UNIDAD DE ANÁLISIS

El presente estudio constituye un Estudio de Caso. Ya que el problema planteado ha sido descripto en la sección anterior, a continuación se explicará cómo se seleccionó la unidad de análisis del presente Estudio de Caso, es decir, qué constituye la muestra de libros seleccionados. Para ello se utilizó la estrategia no probabilista más apropiada (según Merriam, 1998) llamada "muestra seleccionada con un propósito" (purposeful sampling) según Patton (1990). Más específicamente, corresponde a una "muestra típica", es decir, a una que refleja una situación promedio o común en el fenómeno estudiado (Merriam, 1998, p. 62). Así, los libros elegidos corresponden a los que están disponibles en biblioteca para los alumnos que cursan Física I y, la mayoría están listados en el programa de esa asignatura.

Para el análisis se confeccionó un protocolo para determinar el valor relativo que tienen las transformaciones de Galileo en los libros usados por lectores "en aclimatación". Más específicamente, se analizó si el valor de las Transformaciones de Galileo se explicita en la presentación de las Leyes de Newton. El protocolo consta de diferentes etapas que fueron llevadas a cabo sucesivamente:

1) Se buscó en los índices alfabéticos la existencia del título "Transformaciones de Galileo". Si no se encontraba dicho título, se buscó "transformaciones de velocidades" o "velocidad relativa".
2) Se identificó, por un lado, el enunciado/definición de las transformaciones de Galileo. En el desarrollo del tema se buscó si la presentación incluye la relación entre las posiciones, entre las velocidades y entre las aceleraciones. También se determinó si se menciona la relación entre los tiempos medidos desde cada sistema.
3) Por último se determinó si en la presentación de las leyes de Newton, por lo menos se menciona que las mismas son invariantes frente a las Transformaciones de Galileo, entendiendo que dicha mención es la mínima manifestación del "valor" de dichas transformaciones que se puede presentar en un texto.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados de esta revisión de libros. Para hacerla, se han asignado (por cuestiones de espacio) los siguientes números a los libros citados de manera completa en las referencias de este trabajo: [1] Hetch, E. (2000), [2] Serway (1982), [3] Sears, Zemansky, Young, Freedman (1999), [4] Alonso y Finn (1971); [5] Tipler y Mosca (2005), [6] Mc Kelvey Grotch (1980), [7] Blatt (1991), [8] Serway y Jewett (2008), [9] Resnick, Halliday y Krane (2010) [10] Eisberg Lerner (1984), [11] Kittel, Knight y Ruderman (2005), [12] Ingard y Kraushaar (1984), [13] Semat y Baumel (1976), [14] Giancoli (1997) y [15] Young (1966)

1) Índice alfabético.

Los índices alfabéticos son una muestra resumida y ordenada de los temas importantes que se presentan en un texto y como tal fueron analizados en primera instancia. Nueve de los libros revisados ([4], [6], [7], [9], [10], [11], [12], [13] y [15]) incluyen el tema "Transformaciones de Galileo" en sus índices. En el caso de los libros [1], [2], [3], [5], [8] y [14] no hay referencia a las "Transformaciones de Galileo" en el índice pero tienen una sección dedicada a movimiento relativo.

2) Presentación de las Transformaciones de Galileo

Las transformaciones de Galileo incluyen las ecuaciones de transformación de la posición y del tiempo, de la velocidad y de la aceleración medidas en dos sistemas inerciales. Como ya se dijo, estas ecuaciones permiten establecer si una magnitud es invariante frente a un cambio de coordenadas.

Se debe tener en cuenta que las distintas ecuaciones mencionadas se usarán en diferentes situaciones. Por ejemplo, para analizar si la posición de un objeto (o evento) se modifica cuando es medida respecto de dos sistemas de referencia inerciales, se usarán las transformaciones de posición (hablamos en plural pues es una ecuación vectorial que resulta en tres ecuaciones de componentes). Las mismas ecuaciones se pueden usar cuando se miden distancias desde dos sistemas de referencia inerciales. Si, en cambio se desea estudiar la velocidad de un objeto o una magnitud que depende de la velocidad (energía, fuerza magnética) desde dos sistemas inerciales se deberá recurrir a las transformaciones de velocidad. Por último, si queremos analizar la validez de la segunda ley de Newton en dichos sistemas deberemos utilizar forma galileana para la transformación de aceleración.

A continuación se detallan las presentaciones de cada texto

[1] (Capítulo 2): En su planteo inicial analiza el desplazamiento respecto de dos sistemas de referencia. A partir de este planteo deduce la ecuación de transformación para las velocidades. No explicita el nombre de estas transformaciones.

[2] (Capítulo 4): Muestra las ecuaciones de posición, velocidad y aceleración. Aclara que estas ecuaciones son válidas para velocidades pequeñas comparadas con la de la luz.

[3] (Capítulo 3): Encuentra la transformación de la posición y de la velocidad en una dimensión y luego la extiende para dos y tres dimensiones. No las nombra como Transformaciones de Galileo.

[4] (Capítulo 6): Presenta las transformaciones de posición (vectorial y en componentes) y tiempo y las denomina Transformaciones Galileanas. Luego encuentra la de velocidad y la de aceleración. Se refiere explícitamente a la invariancia de la aceleración frente a estas transformaciones.

[5] (Capítulo 2): Plantea las ecuaciones de transformación para la velocidad en una dimensión. Más adelante, en el Capítulo 3, muestra la misma transformación de manera vectorial. No les asigna un nombre.

[6] (Capítulo 3): Explicita las ecuaciones de posición, tiempo, velocidad y aceleración. Aclara el rango de velocidades en el cual son válidas estas transformaciones que llama transformaciones Galileanas. En este mismo capítulo menciona que las Leyes de Newton son "esencialmente correctas" para los sistemas con velocidades bajas.

[7] (Capítulo 3): Encuentra la ley de transformación de velocidades. No le asigna nombre. Al final del libro (Capítulo 27) se hace un análisis de la relatividad clásica y se deducen las Transformaciones de Galileo.

[8] (Capítulo 4): Deduce la ley de transformación de posición, velocidad y aceleración. A las ecuaciones obtenidas las denomina Ecuaciones de Transformación Galileana.

[9] (Capítulo 4): Obtiene la ley de transformación de posición, velocidad y aceleración. Como las leyes de Newton las presentó en un capítulo anterior se explicita su invariancia respecto de dos observadores en movimiento relativo uniforme. En el capítulo 20 retoma el tema de las transformaciones de Galileo y las explicita agregando la transformación del tiempo.

[10] (Capítulo 3): Encuentra la transformación de posición, velocidad y aceleración. Las nombra como Transformaciones de Galileo.

[11] (Capítulo 4): Encuentra la transformación de posición, tiempo, velocidad y aceleración. Las nombra como Transformaciones de Galileo.

[12] (Capítulo 11): Encuentra la transformación de posición y velocidad en dos dimensiones. Las nombra como Transformaciones de Galileo.

[13] (Capítulo 10): Encuentra la transformación de posición y velocidad como una introducción para encontrar las transformaciones de Lorentz. Las nombra como Transformaciones de Galileo.

[14] (Capítulo 3): Encuentra la transformación de velocidad y la nombra como Transformaciones de velocidades.

[15] (Capítulo 3): Encuentra la transformación de posición, velocidad y aceleración. En el capítulo 14: Mecánica Relativista nombra a las transformaciones de posición y velocidad como Transformaciones de Galileo.

2) Uso de las transformaciones de Galileo en la presentación de Leyes de Newton (explicitación de su invariancia)

Como se dijo anteriormente, la opción de mínima para mostrar al lector el valor de las Transformaciones de Galileo se reduce a la mención de la invariancia de las Leyes de Newton bajo dichas transformaciones. Se debe aclarar que, en nuestra opinión, dicha valoración es todavía escasa para atraer la atención de lectores en aclimatación. Sin embargo, como se verá a continuación, es lo máximo que se puede esperar de los libros analizados.

[1] (Capítulo 4): Cuando enuncia las Leyes de Newton no explicita su validez en sistemas inerciales ni aclara su invariancia frente a las transformaciones de Galileo.

[2] (Capítulo 5): No hace referencia en ninguna sección a que las Leyes de Newton son invariantes frente a las transformaciones de Galileo.

[3] (Capítulo 4): Usa la transformación de velocidades para explicar la Primera Ley de Newton. En la presentación de la Segunda Ley no explicita que es invariante frente a las Transformaciones de Galileo.

[4] (Capítulo 7): Se refiere de manera escueta a que las magnitudes medidas por dos observadores inerciales se relacionarán mediante las transformaciones de Galileo o de Lorentz dependiendo de sus velocidades pero no detalla cómo se comporta cada una de las magnitudes dinámicas estudiadas en el capítulo.

[5] (Capítulo 4): No explicita la invariancia de las Leyes de Newton.

[6] (Capítulo 4): No explicita la invariancia de las Leyes de Newton.

[7] (Capítulo 4): En el texto se refiere someramente a la dependencia de la velocidad con el sistema desde el cual se realiza el análisis. Recién en el capítulo 27 se establece que las leyes de movimiento de Newton no cambian con las transformaciones de Galileo.

[8] (Capítulo 3): No explicita la invariancia de las Leyes de Newton.

[9] (Capítulo 3): A pesar de no haber definido a esta altura las transformaciones de Galileo, los autores explicitan claramente la validez de las leyes de la mecánica clásica sólo en un conjunto de marcos en los cuales todos los observadores miden la misma aceleración.

[10] (Capítulo 4): Define sistemas inerciales usando la Primera Ley de Newton y las Transformaciones de Galileo.

[11] (Capítulo 4): Concluye que las leyes básicas de la física son invariantes frente a las transformaciones de Galileo. Establece que los observadores en sistemas inerciales medirán la misma fuerza independiente de las velocidades relativas.

[12] (Capítulo 3): Cuando enuncia las leyes de Newton no analiza su invariancia frente a las transformaciones de Galileo. En el capítulo 11 establecen que las fuerza medidas en sistemas moviéndose a distintas velocidades son iguales y definen sistemas inerciales.

[13] (Capítulo 3): Cuando enuncia las leyes de Newton no analiza su invariancia frente a las transformaciones de Galileo.

[14] (Capítulo 4): Cuando enuncia las leyes de Newton no analiza su invariancia frente a las transformaciones de Galileo.

[15] (Capítulo 4): Analiza claramente la 1º y 2º ley de Newton desde dos sistemas de referencial que se mueven con velocidades uniformes. No menciona en su análisis las transformaciones de Galileo

A continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos en la Tabla 1 para mostrar más claramente el patrón encontrado.

Libros	Índice	Transformaciones de Galileo				Invariancia de Leyes de Newton	
		x	**v**	**a**	t	Primera	Segunda
[1]			x				
[2]	x	x	x	x			
[3]		x	x			x	
[4]	x	x	x	x	x		
[5]			x				
[6]	x	x	x	x	x		
[7]	x		x			x	x
[8]	x	x	x	x			
[9]	x	x	x	x		x	x
[10]	x	x	x	x		x	
[11]	x	x	x	x	x	x	x
[12]	x	x	x				x
[13]	x	x	x				
[14]			x				
[15]	x	x	x	x		x	x

Tabla 1: Características de los textos de mecánica básica (destinados a lectores "en aclimatación"). La cruz indica la existencia de la característica.

La Tabla 1 muestra de manera inequívoca que los libros destinados a lectores en aclimatación no explicitan el valor de las Transformaciones de Galileo durante la presentación de las Leyes de Newton. Hay que tener en cuenta, además, que el protocolo diseñado corresponde al caso de la mínima explicitación posible del valor de estas transformaciones, i. e., la sola mención de que las Leyes de Newton son invariantes frente a dichas transformaciones fue tomada como un indicador positivo. A nuestro criterio, dicha mención no es suficiente para captar el interés del lector en aclimatación.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo muestran que, en el caso de un tema fundamental como lo es el de las Transformaciones de Galileo, los libros no parecen presentar las características necesarias para facilitar la comprensión de los lectores "en aclimatación". A nuestro criterio, dichas transformaciones están "subvaluadas" en los textos ya que en la mayoría están limitadas a una lista de ecuaciones y su potencial en otros temas no es explotado. El problema de una valoración pobre de las transformaciones de Galileo se verá agravado posteriormente durante el estudio del electromagnetismo: si un alumno no comprende las implicaciones de una invariancia frente a las transformaciones de Galileo de las leyes de la mecánica, es muy difícil que pueda analizar la invariancia de las leyes del electromagnetismo y que sea capaz de analizar en forma crítica el paradigma clásico.

Los resultados hallados constituyen un llamado de atención para los docentes que se limitan enseñar en base a las presentaciones realizadas en los textos, vemos que, a veces dichas presentaciones no resultarán suficientes para comprender el valor intrínseco de un tema.

Una pregunta para futuras investigaciones es cómo la falta de un conocimiento cabal de las Transformaciones Galileanas puede afectar la comprensión de interacciones como la de la fuerza magnética que depende de la velocidad de la partícula sobre la cual está aplicada o como la de la fuerza electromotriz inducida que también depende de las velocidades relativas.

REFERENCIAS

Alexander, P. A. (1997). Mapping the multidimensional nature of domain learning. The interplay of congnitive, motivational, and strategic forces. En P. R. Pintrich y M. L: Maehr (Eds.), *Advances in motivation and achievement* (vol 10, pp. 213-150). Greenwich, CT: JAI Press.

Alexander, P.A. y Jetton, T.L. (2000). Learning from Text: A multidimensional and developmental perspective. En (Kamil, Mosenthal, Pearson, Barr, Eds.) *Handbook of Research of Reading Research. Vol III.*(pp.285-311) NJ: LEA, Inc.

Alexander, P.A. y Kulikowich, J.M. (1994). Learning from a Physics text: A Synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching, 31,* 9, 895-911.

Alonso, M. y Finn E. J. (1971). *Física Vol 1 Mecánica*. México D. F.:Fondo Educativo Interamericano.

Alvarez, M. y Risko, V. (2009). Motivation and Study Strategies. En Flippo y Caverly (Eds.) *Handbook of College Reasing and Study Strategy Research* (2° Ed.) pp. 199-219. NY: Routledge.

Armbruster, B. B. (1984) The problem of "inconsiderate texts". En (Duffy, Roehler y Mason, Eds.) *Theoretical issues in reading comprehension*. (pp. 202-217) NY: Longman

Blatt F. J.(1991). *Fundamentos de Física* (3°Ed.), México: Pearson Educación.

Eisberg, R. L. y Lerner, L. S. (1984). *Física Fundamentos y aplicaciones Volumen 1.*Mexico: Mc Graw Hill

García García, J. J. (2005). El uso y el volumen de información presentadas en los libros de textos de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias.* 23 (2), pp. 181 – 199.

Garner, R., Alexander, P. A. Guillingham, M. G., Kulikowich, J. M. y Brown, R. (1991) Interest and Learning from text. *American Educational Reseach Journal*, 28, 643-659.

Giancoli, D. C. (1997). *Física Principios con Aplicaciones*. Cuarta Edición. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.

Goldman, S.R. y Rakestraw, J.A. (2000). Structural aspects of constructing meaning from text. En (Kamil, Mosenthal, Pearson, Barr, Eds.) *Handbook of Research of Reading Research. Vol III.*(pp.311-337) NJ: LEA, Inc.

Goldman, S.R. y Varma, S. (1995). CAPing the construction –integration model of dicourse comprehension. En Weaver, Mannes, Fletcher (Eds.) *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch* (pp. 337-358) Hillsdale, NJ: LEA.

Hetch, E. (2000). *Física 1 Algebra y trigonometría* 2º edición. México: International Thomson Editores.

Ingard, U. y Kraushaar, W. L. (1984). *Introducción al Estudio de la Mecánica, Materia y Ondas.* Argentina: Editorial Reverté

JENKINS, J.J. (1979). Four Points to remember: A tetrahedral model of memory experiments. En *Levels of Processing in Human Memory* (Eds. Cermak y Craik). Nj: Erlbaum. 429-446

Kelly, G.J. (2007). *Discourse in Science Classrooms.* En (Abell y Lederman, Eds.) Handbook of Research on Science Education. (pp. 443-470) London: LEA, Publishers.

Kittel, C., Knifht, W. D. y Ruderman, M. A. (1999). *Mecanica Berkely Physics course-volumen 1*.2º Edición. España: Editorial Reverté

Maxwell, M. (1997). Improving student learning skills. Clearwater, F:: H & H Publishing.

McKelvey, J. P. y Grotch, H. (1980). *Física para Ciencias e ingeniería 1*.Primera Edición. México: Harla.

Mckeown, M.G., Beck, I.L., Sinatra, G.M., Loxterman, J.A. (1992). The contributions of prior knowledge and coherent text to comprehension. *Reading Research Quarterly, 27,*79-93.

Nist, L. y Simpson, M. L. (2000). College Studying en Kamil, Mosenthal, Pearson y Barr (Eds.) *Handbook of Reading Research*. Volume III, pp. 645-666. Londres: Lawrence Erlbaum Associates.

Otero, M.R., Moreira, M.A. Y Greca, I.M. (2002). El uso de las imágenes en textos de Física para la enseñanza secundaria y universitaria. *Investigaçoes em Ensino de Ciencias*,7(2).

Posner, G.J., Strike, K. A., Hewson, P. W. y Gerzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 26 (5).

Pressley, M.; Yokoi, L., van Meter,P., Van Etten, S. y Freebern, G. (1997). Some of the reasons preparing for exams is so hard: What can be done to make it easier? *Educational Psycology Review, 9*, 1-38.

Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K. S. (2010). *Física Volumen 1* (4º Ed.) México: Grupo Editorial Patria.

Scott, P., Asoko, H. y Leach, J. (2007). Students conceptions and conceptual learning in science. En Abell y Lederman (Eds.) *Handbook on Science Education.* Londres: LEA, Publishers.

Sears, F. W. Zemansky, M. W., Young, H. D., Freedman, R. A. (1999). *Física Universitaria*. *Volumen 1* (Novena Edición). México: Pearson Educación.

Semat, H., Baumel, P. (1976). *Fundamentos de Física.* 5º Edición. México: Nueva Editorial Interamericana

Serway, R. A. (1982). *Física Tomo I 4º edición*. Mexico: Mc Graw Hill.

Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e Ingeniería* Volumen 1 (7° Ed.), Cenage Learning.

Tipler, P. A. y Mosca, G. (2005). *Física para la Ciencia y la Tecnología. Volumen 1A Mecánica* (5º Edición). España: Editorial Reverté.

Wade, S. E. (1992). How interest affects learning from text. En K. A. Renninger, S. Hidi y A. Krapp (Eds.) *The role of interest in learning and development* (pp- 255-277). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Young, H. D. (1966). *Fundamentos de Mecánica y Calor*. España: McGraw-Hill Book Company

COMUNICACIONES ORALES 2

BLOQUE A

EL AULA VIRTUAL: NTICS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Aiziczon, Beatriz; Moya, Mónica; Colombo de Cudmani, Leonor
Cátedra de Biofísica. Departamento Biomédico. Facultad de Medicina. UNT
Cátedra de Física. Facultad de Ciencias Naturales. UNSa. Salta.
Instituto de Física. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. UNT.
baiziczon@gmail.com
moyam@unsa.edu.ar
lcudmani@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

En la búsqueda por incorporar las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Sociales (NTICS) se analizan los aportes de distintas teorías del aprendizaje a fin de elaborar criterios para diseñar, desarrollar e implementar una propuesta concreta para la enseñanza de la Física en contextos de carreras para no físicos usando el aula virtual.

Palabras claves: Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Sociales, Aprendizaje significativos, enseñanza y aprendizaje de la Física, Aula virtual.

SUMMARY

In seeking to incorporate the New Technologies of Information and Communications (NICT) analyzes the contribution of different learning theories to develop criteria to design, develop and implement a concrete proposal for the teaching of physics in contexts nonphysical races using the virtual classroom.

Keywords: New Technologies of Information and Communications, significant learning, teaching and learning of physics, virtual classroom.

REPRESENTACIONES DEL MOVIMIENTO: DESDE EL VIDEO AL MODELADO MATEMÁTICO[1]

Concari, Sonia Beatriz[1]; Pérez Sottile, Ricardo[1]

[1] Facultad Regional Rosario - Universidad Tecnológica Nacional
sconcari@gmail.com

RESUMEN

Se presentan resultados de un estudio del aprendizaje de estudiantes universitarios sobre el movimiento de los cuerpos en dos dimensiones, especialmente el vinculado a las representaciones gráficas del mismo y su modelado matemático. La actividad de aprendizaje propuesta incluyó el empleo de cámaras digitales y teléfonos celulares. El móvil y la situación fueron seleccionados por los estudiantes y los movimientos fueron registrados por ellos con esos recursos. Los estudiantes procesaron el video y lo analizaron utilizando para ello, programas computacionales de uso libre. Los resultados obtenidos dan cuenta de las dificultades de los estudiantes en la comprensión de los múltiples lenguajes involucrados en el problema de la experimentación en física.

Palabras clave: Representación gráfica - Cinemática - Cámara digital – Teléfono móvil – Video - Tracker

ABSTRACT

Results of a study of university students' learning on the motion of bodies in two dimensions, especially those related with graphic representations and mathematical modelling are presented. The proposed learning activity included the use of digital cameras and cell phones. The mobile and the situation were selected by the students and the movements were registered by them with these resources. Students processed the video and analyzed it using free use computer programs to do this. The results realize the difficulties of students in the understanding of the multiple languages involved in the experimentation in physics problem.

Key words: Graphic representation – Kinematics – Digital camera – Movil phone – Video - Tracker

[1] Una versión preliminar de este trabajo ha sido presentada en el XVII Congreso Internacional Tecnologías para la Educación y el Conocimiento Tecnologías Emergentes XVIICITEC2012, Madrid, 3 al 5 de Julio 2013, bajo el título: Cámara digital y teléfono celular como recursos para el estudio cinemático de cuerpos en movimiento.

ALGUNOS RESULTADOS DE LA INCORPORACIÓN DE LAS TICS A LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES

Capuano, Vicente Conrado
Bigliani, Juan Cruz

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba

vcapuano@com.uncor.edu ; jbigliani@com.uncor.edu

RESUMEN

En este trabajo ofrecemos los resultados de utilizar distintos diseños para la incorporación de las TICs al laboratorio (práctica experimental asistida-PEA y práctica experimental crucial asistida-PECA), comparándolos con aquellos que se obtienen al realizar prácticas tradicionales (PET). La PECA se caracteriza por no incorporar totalmente, como si lo hace la PEA, las TICs en la práctica experimental, con el propósito de mantener ciertas características de las mismas, que favorecen la construcción de conceptos. Las prácticas, que se aplicaron en un curso de Física del ciclo básico universitario, en distintas comisiones agrupadas en un "grupo control" y dos "grupos experimentales", estudiaron aspectos cinemáticos y relacionados con la energía mecánica, de un carrito desplazándose por un plano inclinado. Como metodología de investigación se utilizó la cuantitativa. Los resultados nos alientan a continuar con las investigaciones.

Palabras clave: práctica experimental, TICs, práctica asistida, práctica crucial.

ABSTRACT

In this paper we show the results obtained while using different designs of incorporation of ICTs to the laboratory (assisted experimental practice-AEP and assisted crucial experimental practice-ACEP), compared with those of traditional experimental practice. (TEP). The ACEP is characterized by not fully incorporate, as if the AEP does, ICTs in experimental practice, in order to maintain certain characteristics of those who favor the construction of concepts. The practices that were applied in a physics course in the basic cycle university in various committees grouped into a "control group" and two "experimental groups" studied aspects related kinematic and mechanical energy of a cart moving along an inclined plane. The research methodology used was quantitative. The results encourage us to continue research.

Keywords: experimental practice, ICTs, assisted practice, crucial practice.

TIC Y ESTRATEGIAS METACOGNITIVAS: EXPERIENCIA DIDÁCTICA SOBRE EL MOVIMIENTO OSCILATORIO ARMÓNICO

Alvarez, Marcelo[1]; Raviolo, Andrés[1,2]

[1]Sede Andina, Universidad Nacional de Río Negro, Río Negro, Argentina.
[2]Universidad Nacional del Comahue. Bariloche, Río Negro, Argentina

maalvarez@unrn.edu.ar, araviolo@bariloche.com.ar

RESUMEN

Los procesos de reflexión y metacognición son de crucial importancia en la formación inicial del profesorado. Se presenta una experiencia didáctica sobre el tema movimiento oscilatorio armónico llevada a cabo con un número reducido de estudiantes futuros profesores de física, donde se plantea una secuencia de enseñanza que articula: experimentos, simulaciones y simulaciones realizadas por los estudiantes. Esta secuencia de enseñanza se complementa con una propuesta de seguimiento y evaluación coherente al modelo de enseñanza aprendizaje que se pretende hacer vivenciar a los alumnos futuros docentes. Se describen, fundamentalmente, los resultados de carácter cualitativo. La propuesta está orientada al desarrollo e identificación de procesos metacognitivos puestos en juego.

Palabras clave: Formación inicial de profesores, simulaciones, movimiento oscilatorio armónico, metacognición.

ABSTRACT

In early teacher training the reflection and metacognition processes are very important. In this article we present a didactic experience on the subject of harmonic oscillatory movement, carried out with a small number of students who are future physics teachers. A teaching sequence is proposed which links experiments, simulations and simulations carried out by the students. The teaching sequence is complemented by a proposal for follow up and evaluation that is coherent with the teaching-learning model we want these future teachers to experience. This model stimulates permanent reflection on the part of the students on their own learning. We describe the results mainly in a qualitative way. Worthy of special note is the development and identification of the metacognitive processes involved.

Keywords: Early teacher training, simulations, harmonic oscillatory movement, metacognition.

RELACIONES ENTRE CONTENIDOS CONCEPTUALES Y HABILIDADES COGNITIVAS DERIVADAS DEL USO DE TICs EN EL LABORATORIO

Yanitelli, Marta S.; Scancich, Miriam M.; Massa, Marta B.
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario
Av. Pellegrini 250. 2000 Rosario. Santa Fe. Argentina
Teléfono-Fax: 0341- 4802649, interno 229
E-mail: myanitel@fceia.unr.edu.ar – scancich@fceia.unr.edu.ar- mmassa@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

La incorporación de las TICs en el laboratorio contribuye a promover en los estudiantes procesos reflexivos durante el análisis y la interpretación de resultados cuando resuelven situaciones experimentales. La presente investigación se orientó hacia el reconocimiento de los vínculos entre las relaciones conceptuales establecidas por los estudiantes y las habilidades cognitivas puestas en juego. La misma se efectuó en dos fases: la primera organizando en una red los conceptos y relaciones y la segunda, analizando las habilidades cognitivas específicas aplicadas por los estudiantes debido al uso del sistema de adquisición de datos en tiempo real.

Palabras clave: TIC – laboratorio – nivel universitario – habilidades cognitivas

ABSTRACT

The incorporation of ICT in the laboratory helps to promote thinking during the analysis and interpretation of results when students solve experimental situations. This research was directed towards recognition of relationships between concepts and cognitive skills. It was conducted in two phases: in the first one, the concepts and relationships were organized in a network and in the second one, the specific cognitive skills expressed by the students due to using the data acquisition system in real time, were analyzed.

Keywords: ICT – laboratory – university level – cognitive skills

INTRODUCCIÓN

En la última década, la enseñanza de la Física en las carreras de Ingeniería de las universidades nacionales se vio favorecida por la incorporación de nuevos equipos experimentales a través de diversos programas de financiamiento tales como: Fondo para el Mejoramiento de la Calidad Universitaria (FOMEC) y Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza de la Ingeniería (PROMEI). Los sistemas de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real, como recurso informático, fue uno de los componentes básicos que introdujo cambios en las propuestas didácticas de las prácticas de laboratorio. De esta manera, los estudiantes tienen, desde su ingreso a la universidad, actividades orientadas al dominio de la automatización. Este último es un requisito indiscutible en la Ingeniería moderna (Li, 1998).

Sin embargo, la transformación de las formas de enseñar no se produce sólo por la renovación de los recursos, sino por "una reconstrucción de los enfoques didácticos basada en reflexiones profundas en relación con las representaciones que promueven en el sujeto que aprende" (Yanitelli, 2011, p.6).

Diferentes estudios (Hamne y Bernhard, 2001; Newton, 2000; Testa, Monroy y Sassi, 2002) muestran que experimentos en tiempo real para el estudio de movimientos constituyen herramientas efectivas para el desarrollo de una buena comprensión conceptual. Los buenos resultados obtenidos se atribuyen a la visualización en tiempo real de los datos y de las representaciones gráficas que vinculan los mismos (Bernhard, 2003 y 2007; Russell, Lucas y McRobbie, 2003 y 2004).

En el marco de un proyecto de investigación iniciado en el 2010 se han venido realizando algunos estudios sobre la comprensión de contenidos de Mecánica con estudiantes universitarios de un primer curso de Física para carreras de Ingeniería. Los estudios han mostrado diferencias en los rendimientos entre aquellos que utilizan el sistema informático como una "caja negra" que provee datos y quienes organizan un modelo mental de su estructura y funcionamiento y desde allí interpretan los registros obtenidos (Yanitelli, 2011; Yanitelli, Massa y Moreira, 2011). De estos resultados han emergido nuevas preguntas: ¿De qué modo el uso de los recursos informáticos en las prácticas de laboratorio pueden promover la conceptualización? ¿Cuáles son los contenidos conceptuales sobre los cuales inciden ya sea para revisarlos, re-significarlos o integrarlos? Estas preguntas orientaron la indagación hacia las habilidades cognitivas, por cuanto interesó reconocer aquellas sobre las que opera específicamente el sistema informático, incorporado a un equipo experimental, frente a otros dispositivos tradicionalmente empleados en el laboratorio.

En las últimas décadas el desarrollo de las habilidades cognitivas de los estudiantes ha sido un tema de especial interés para educadores e investigadores (Sánchez, 2002). El análisis del desempeño de los estudiantes ha llevado a suponer que muchas de sus dificultades se deben a debilidades en la organización de estructuras cognitivas para construir, extender y transferir el conocimiento adecuadamente (Gardner, 1985; Iafrancesco, 2003; Pozo y Gómez-Crespo, 1998).

El desarrollo de tales estructuras puede ser estimulado en ambientes de aprendizaje debidamente diseñados que demanden al estudiante seleccionar, organizar y procesar información: identificar características, reconocer entre ellas las relevantes para la situación en estudio, establecer relaciones, producir inferencias y formular conclusiones. El logro de aprendizajes perdurables y significativos se hace evidente en la medida en que el sujeto pueda aplicar su organización conceptual a situaciones diferentes.

La incorporación de las actuales tecnologías ha agilizado el registro y el procesamiento de información en el laboratorio de Física. Sin embargo, su uso en entornos de aprendizaje requiere una selección de situaciones didácticas específicas que potencien una interacción activa de los estudiantes con el equipo experimental y pongan en acción la capacidad de conceptualización y simbolización de los fenómenos reales que dispone el estudiante. En particular, el diseño de las actividades experimentales ha de prever enfatizar el análisis de las condiciones de trabajo; explorar y seleccionar procedimientos alternativos; elaborar hipótesis y, ante la inmediatez de resultados emergentes del programa de gestión empleado, promover procesos reflexivos durante el análisis y la interpretación de resultados.

Así el resultado se enriquece como producto de un proceso complejo en el que las habilidades cognitivas desarrolladas por el sujeto le permitan buscar, organizar, reorganizar, transformar y emplear creativamente la información en tiempo real brindada por el sistema informático, en una participación conciente y activa, propia de una perspectiva constructivista del aprendizaje (Bernhard, 2003; Russell, Lucas y McRobbie, 2003).

Actualmente, se registran algunos estudios que enfatizan la importancia de reconocer posibles habilidades cognitivas específicas que devienen del uso de un sistema de adquisición de datos en tiempo real y su interrelación con los contenidos conceptuales (Kwon, 2002; Lapp y Cyrus, 2000; Yanitelli, 2011) a fin de promover un aprendizaje significativo. Este estado de situación y nuestras inquietudes por producir entornos de aprendizaje donde el estudiante sea un sujeto activo, situado, que aprende incorporando los nuevos significados en su estructura cognitiva y donde el docente actúa como coordinador-mediador entre el conocimiento y la construcción interna del mismo, nos motivó a formular, específicamente, la siguiente pregunta:

> *¿De qué manera se relacionan los contenidos conceptuales y las habilidades cognitivas específicas derivadas de la incorporación de un sistema de adquisición de datos en las prácticas experimentales?*

En este contexto, la presente investigación se orientó hacia el reconocimiento de las redes conceptuales y su relación con habilidades cognitivas específicas que desarrollan los estudiantes de Física I de carreras de Ingeniería, cuando resuelven situaciones experimentales asistidas por un sistema informático. Se trabajó en torno a una práctica experimental que permite profundizar en el estudio del movimiento de un planeador sobre una pista de aire. El mismo se efectuó atendiendo a conceptos que derivan de los enfoques cinemático y dinámico.

REFERENTES TEÓRICOS

Mayer (1983) considera que pensar es un proceso mental por medio del cual el sujeto le da sentido a su experiencia. Destaca que pensar involucra un conjunto de operaciones mentales tales como recordar, resolver problemas, tomar decisiones, razonar, evaluar. La reflexión sobre las operaciones y las maneras en se realizan las tareas ayuda a articular y a clarificar, en forma más precisa, la naturaleza de este proceso complejo.

La ejecución de las tareas de pensamiento antes mencionadas requiere del uso de ciertas operaciones mentales, de un conocimiento acerca del dominio específico sobre el cual se piensa y de estrategias que se utilizan para razonar. Además, se involucran actividades metacognitivas para controlar y evaluar el pensamiento, así como la disposición para invertir tiempo en la realización de las tareas y para examinar alternativas antes de elegir una como la más apropiada en función de las condiciones de contexto. Pensar, de acuerdo con el modelo de Mayer, es un fenómeno construido por varios componentes clave: operaciones cognitivas, conocimientos y disposiciones. Estos tres componentes están íntimamente relacionados y no pueden separarse.

Las operaciones permiten describir la actividad mental. Todo acto de pensamiento combina operaciones cognitivas diseñadas para producir significados con operaciones metacognitivas que explican y dirigen la manera como se producen y mejoran estos significados. En particular, las operaciones cognitivas permiten generar o aplicar el conocimiento e incluyen una variedad de operadores mentales y estrategias de pensamiento que facilitan la toma de decisiones, la resolución de problemas y la conceptualización, así como operaciones más simples como la comparación, la clasificación, la síntesis, entre otras.

Un operador mental, capaz de transformar un estímulo externo en una representación mental, o una representación mental en otra representación o en una acción motora, tiene un significado que lleva implícito la acción que lo caracteriza, la cual es ejecutada siguiendo el procedimiento que le corresponde. La práctica de procedimientos, bajo condiciones controladas, genera las habilidades cognitivas. El operador mental existe por sí mismo, independientemente del sujeto que lo ejecuta y la habilidad es una facultad de la persona, cuyo desarrollo requiere de un aprendizaje sistemático y deliberado. En particular, "las habilidades cognitivas son las operaciones mentales que un estudiante utiliza para aprender en una situación dada" (Laorden, García y Sánchez, 2005, p.4), mientras que las metacognitivas las emplea para controlar su propio aprendizaje y evaluarlo.

Según Sánchez (2002) desarrollar una habilidad cognitiva implica la superación de la siguiente secuencia de etapas: conocimiento y comprensión de la operación mental que define el operador; concientización de los pasos que conforman la definición operacional de dicho operador; aplicación, transferencia del mismo a diversas situaciones y contextos; generalización de la aplicación del procedimiento y evaluación, y mejora continua del procedimiento. Aplicar habilidades cognitivas de manera efectiva requiere practicarlas hasta lograr el hábito de utilizarlas, en forma natural y espontánea, en variedad de situaciones y contextos, adaptándolas de acuerdo a las demandas de la tarea.

Desde esta perspectiva, el aprendizaje humano se concibe como un proceso activo y constructivo. Es activo porque cuando aprendemos, se ponen de manifiesto un conjunto de habilidades cognitivas que permiten procesar la información que recibimos, y es constructivo, porque éstas permiten elaborar significados que van a depender de la interacción entre la nueva información y un aspecto relevante de la estructura cognitiva del sujeto.

Laorden, García y Sánchez (2005) reconocen *habilidades cognitivas básicas*, que están constituidas por operaciones mentales elementales, tales como: observar, comparar, clasificar, describir, resumir, narrar, inferir; y *habilidades cognitivas integradoras*, que exigen la comprensión genuina de un concepto e implican la posesión de significados claros, precisos, diferenciados y transferibles que funcionen como punto de anclaje de la nueva información. Entre estas pueden citarse: analizar, discernir, argumentar. Si se atiende a su acción, las habilidades pueden ser caracterizadas como *cognitivas analíticas* si involucran operaciones tales como: comparar, clasificar, relacionar, analizar o como *cognitivas críticas* que suponen tareas de justificar, discernir, elegir, argumentar, por ejemplo. Algunas de ellas se detallan a continuación:

- *Observar:* Consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos, fenómenos o hechos. Es el acto por el cual la mente capta un fenómeno interno o externo (percepción) y, lo registra con objetividad.
- *Comparar*: Implica establecer las diferencias y semejanzas entre diversos fenómenos, hechos, objetos o comportamientos. Como proceso implica pasos como definir el propósito de la comparación, precisar el o los aspectos que se van a comparar y hallar las características semejantes y diferentes.

- *Identificar:* Supone ubicar y reconocer la identidad de una cosa con otra.
- *Reconocer*: Consiste en distinguir a una persona, cosa o hecho entre varios por una serie de características propias.
- *Relacionar*: Involucra el establecimiento de vínculos entre dos elementos, variables, comportamientos.
- *Clasificar***:** Involucra el proceso de organizar la información y los datos en grupos según las características comunes. La clasificación en tanto y en cuanto proceso, incluye varios pasos: identificar el propósito, determinar las características que describen cada objeto, aspecto o elemento, establecer las características semejantes y diferentes, agrupar características referidas al mismo aspecto, definir criterio(s) de clasificación, conformar grupos de elementos que comparten las mismas características, asignar cada objeto, aspecto o elemento a la clase que corresponda, y, anotar o describir los conjuntos que forman las clases.
- *Describir***:** Supone listar las características que permiten distinguir objetos, personas y situaciones en forma organizada, precisa, completa y coherente. Constituye en sí una habilidad cognitivo -lingüística.
- *Analizar***:** Implica la descomposición mental de un objeto estudiado en sus diferentes elementos o partes componentes para obtener nuevos conocimientos acerca de dicho objeto para determinar los nexos o relaciones que hay entre ellas y las leyes que rigen su desarrollo.
- *Narrar*: Consiste en realizar una referencia lingüística de una sucesión de hechos que se producen a lo largo de un tiempo determinado.
- *Discernir***:** Consiste en distinguir algo de otra cosa, señalando la diferencia que hay entre ellas, por ejemplo, de las relaciones de causa y efecto de los acontecimientos para proporcionar indicaciones para una eventual experimentación que pueda esclarecer mejor lo ocurrido y que facilite una actuación más consciente y eficaz frente a la realidad. Durante su ejecución, lleva al sujeto a describir situaciones, comparar hechos y fenómenos, clasificar elementos y materiales.
- *Interpretar*: Supone atribuir un significado personal a los datos contenidos en la información que se recibe en función de una estructura conceptual disponible.
- *Justificar*: Implica sustentar, con argumentos convincentes, una idea, una acción o una forma de pensar. Constituye en sí una habilidad cognitivo -lingüística.

METODOLOGÍA

La investigación, de perfil cualitativo y descriptivo, se desarrolló con 70 estudiantes de Física I de carreras de Ingeniería. Se conformaron 14 grupos de trabajo que realizaron la actividad experimental "Análisis de fuerzas y movimientos utilizando una pista de aire", luego de desarrollar los contenidos teóricos sobre *movimiento* y *principios de Newton.* El trabajo experimental se realizó en paralelo con la resolución de problemas de lápiz y papel.

El tratamiento colectivo de las actividades de resolución de situaciones experimentales, como investigación orientada, favoreció la incorporación activa de los estudiantes a través de una tarea permanente de reflexión compartida entre ellos. De la misma emergió la producción de una memoria escrita que se constituyó en uno de los instrumentos de recolección de datos. Se complementó con la observación de uno de los autores de las acciones e intercambios discursivos durante el desarrollo de la actividad por cada grupo. Durante la misma se tomaron registros escritos. Posteriormente, se realizaron entrevistas grupales para profundizar en aspectos emergentes del análisis de los razonamientos y/o argumentaciones presentes en las memorias escritas.

Para el procesamiento de datos se recurrió al análisis interpretativo textual (Bernárdez, 1995) basado en la identificación de expresiones en los documentos escritos que actuaron como indicadores del siguiente conjunto de categorías de análisis: *Diferenciación de velocidades, Caracterización del movimiento, Interpretación de gráficas en tiempo real* y *Representación de fuerzas*. Tales categorías se definieron a priori, en relación con las demandas consignadas en la guía. En función de los indicadores identificados, se establecieron las modalidades asociadas a cada categoría, según se muestra en la Tabla 1. De acuerdo con las relaciones conceptuales elaboradas y de los aportes que devienen del uso de un sistema informático, en una primera etapa, se pudieron identificar tres niveles de conceptualización entre los grupos que se denominaron: *conceptualización significativa*, *conceptualización sesgada* y *conceptualización reducida* (Yanitelli, Scancich y Massa, 2010).

Categorías	Modalidades		Descripción
Diferenciación de velocidades Atiende a la interpretación de las condiciones experimentales del límite implicado en la definición de velocidad instantánea.	Sólo velocidad media		Referencia sólo al concepto de velocidad media, centrado en el cálculo $\Delta x/\Delta t$.
	Aproximación a velocidad instantánea		Centrado en $\Delta t \rightarrow 0$.
	Sólo velocidad instantánea		Referencia sólo a velocidad instantánea, sin especificar definiciones cinemáticas.
Caracterización del movimiento Hace referencia a los supuestos explicitados por los estudiantes para la caracterización del movimiento del planeador.	Afirmación MRU		
	Tendencia MRU		
	Contradicción entre MRU y MRUV		
	Impacto en términos de MRUV		
	Impacto sin identificar tipo de movimiento		
Interpretación de gráficas en tiempo real	Lectura Δt. Atiende a la identificación y cálculo del intervalo de tiempo en los diferentes momentos del recorrido del planeador.	Correcta	Los diferentes momentos del recorrido del planeador corresponden a: tramo comprendido por los cuatro sensores y el correspondiente al choque contra la banda elástica.
		Incorrecta	
		Sin lectura	
	Gráfica de v=v(t). Hace referencia a la diferenciación de los valores representados en la gráfica de velocidad del planeador en función del tiempo transcurrido.	Interpretación física de la gráfica v vs t en los tramos rectos	Atiende a las respuestas donde se reconoce que el programa de gestión representa gráficamente el módulo de la velocidad y no da cuenta de la inversión del sentido de movimiento del planeador.
		Interpretación física de la gráfica v vs t en los extremos	Considera el reconocimiento explícito de los cambios en el módulo de la velocidad y también la inversión en el sentido de movimiento debido a los choques con la banda elástica.
		Sin interpretación	
	Gráfica a=a(t). Se refiere al significado otorgado a la aceleración en los diferentes tramos del recorrido del planeador.	Interpretación física correcta de la gráfica a vs t en los tramos rectos	Considera aquellas producciones que tienen en cuenta la tendencia de los valores de aceleración registrados en estos tramos.
		Interpretación física incorrecta de la gráfica a vs t en los extremos	Incluye las elaboraciones que afirman que durante el choque con la banda elástica existe un valor máximo de aceleración.
		Sin interpretación	
Representación de fuerzas Considera los elementos incorporados en la construcción del diagrama de cuerpo libre (DCL) del planeador en el movimiento a lo largo de la pista de aire.	Completa (tramos rectos y extremos)		Atiende a la diferenciación de las interacciones en los tramos rectos y en la colisión con la banda elástica en los extremos.
	Incompleta (tramos rectos)		Incluye los casos en los que se indican las fuerzas actuantes sobre el planeador sólo en el tramo recto.

Tabla 1. Caracterización de las categorías y las modalidades asociadas.

El presente trabajo se centra en una segunda etapa en la que se procedió, en una primera fase, a organizar una red atendiendo a los conceptos y relaciones conceptuales que entramaron los estudiantes. Se tuvo en cuenta específicamente la incidencia de los registros del sistema informático sobre tal organización. Cabe aclarar que si bien se elaboraron redes para cada uno de los grupos, en este trabajo se muestra la correspondiente al prototipo de cada nivel, es decir, el que reúne las características comunes a los constituyentes del grupo. Las redes organizadas permitieron profundizar en el nivel de conceptualización evidenciado y analizar, en una segunda fase, las habilidades cognitivas que los estudiantes pusieron en juego debido al uso del sistema de adquisición de datos en tiempo real.

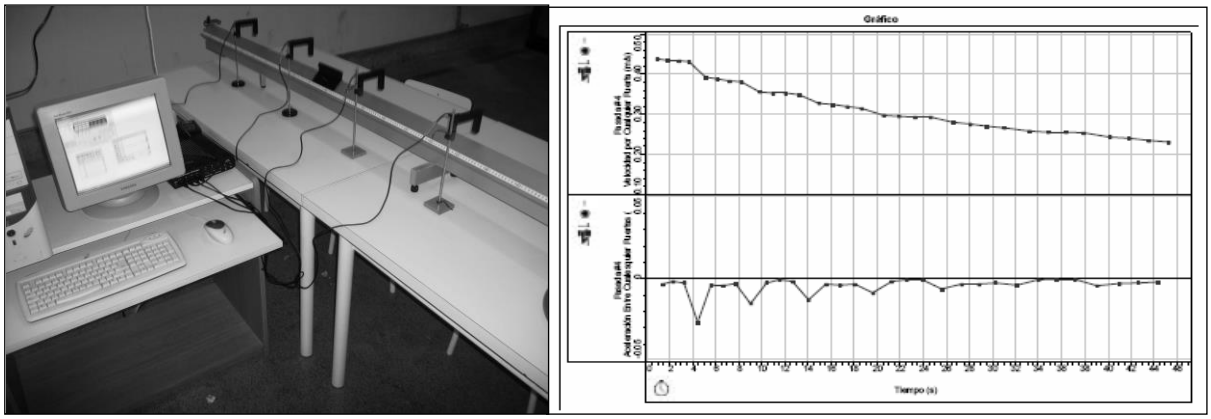
Actividad experimental. Se analizó el movimiento de un planeador que flota sobre un colchón de aire, eliminándose el contacto entre superficies (Figura 1a). El movimiento del planeador se inicia por la aplicación de un impulso. La pista posee bandas elásticas en ambos extremos, donde el planeador choca e invierte su movimiento.

El estudio del movimiento del planeador se realiza, siguiendo una guía orientativa, desde dos enfoques:

- Cinemático, utilizando los conceptos de velocidad y aceleración en relación al cambio temporal de dichas variables físicas.
- Dinámico, recurriendo al concepto de fuerza que explica el movimiento de un sistema.

Los datos de velocidad y aceleración en función del tiempo en distintos formatos (tablas de datos y gráficas) se registran mediante un sistema de cuatro sensores distribuidos uniformemente a lo largo de la pista y conectados a una computadora por medio de una interface. Un programa de gestión recoge la información en tiempo real. El equipo experimental brinda la posibilidad de disminuir la influencia de acciones externas que perturban el movimiento, lográndose una aproximación a las condiciones necesarias para obtener un movimiento rectilíneo y uniforme.

Las gráficas obtenidas a través del programa de gestión han de ser ajustadas, en general, a un modelo teórico requiriendo a los estudiantes un espacio de reflexión sobre marcos de referencia, el modelo conceptual utilizado y las características del movimiento como así también un espacio para interpretar los efectos producidos por las interacciones entre el sistema y su medio ambiente.



(a) (b)

Figura 1. (a) Dispositivo experimental. (b) Módulo de v y componente de a en función del tiempo, gráficas superior e inferior respectivamente.

En la Figura 1(b) se muestran las gráficas del módulo de velocidad y la componente de la aceleración en función del tiempo. Los picos pronunciados que se destacan en la gráfica a=a(t) no tienen significado físico, sino que son resultado del algoritmo de cálculo.

RESULTADOS

Primera fase. A continuación se sintetizan los aspectos significativos de cada uno de los niveles de conceptualización y la red elaborada de un grupo representativo.

Conceptualización significativa: constituida por el 36% de los grupos. Se caracterizan por analizar e interpretar el movimiento del planeador otorgando significado a la gráfica v=v(t): (a) aplicando conceptos del enfoque cinemático y (b) considerando las interacciones actuantes en los tramos horizontales desde un enfoque dinámico. Sin embargo, se observaron dificultades en la interpretación de la gráfica a=a(t). La mayoría caracterizó el movimiento a lo largo de la pista en términos de tendencia. Los choques con la banda elástica colocada en los extremos de la misma se constituyeron, para algunos estudiantes, en objeto de estudio. Esto indicaría que el registro de intervalos de tiempo muy pequeños les permitió construir modelos conceptuales más completos al incluir procesos físicos que se desarrollan en períodos de tiempo breves. Relacionaron las interacciones -rozamiento con el aire- con los cambios de las variables de estado mecánico -disminución del módulo de la velocidad a lo largo de la pista-, denotando procesos de asimilación e integración de conceptos relevantes asociados tanto al enfoque dinámico como al cinemático.

Con respecto a la interpretación de la gráfica v=v(t) obtenida con el sistema informático, los estudiantes apelaron a conceptos físicos y a nociones matemáticas reconociendo que los registros corresponden al módulo de la velocidad media del planeador. La mayoría de ellos extendió esta explicación para justificar la aproximación de los valores obtenidos a la velocidad instantánea.

Los estudiantes dan evidencias de un proceso de reorganización de ideas establecidas en sus estructuras cognitivas y con ello de la adquisición de nuevos significados. En la Figura 2 se presenta la red que sintetiza las relaciones conceptuales detectadas en un grupo de estudiantes, referido como GRP10, representativo de este nivel de conceptualización. En la misma, las líneas de trazos identificadas con notación alfanumérica dan cuenta de los vínculos establecidos entre los distintos componentes del sistema informático –sensor, computadora/programa de gestión– y los conceptos y relaciones puestos en juego en el análisis del movimiento de un planeador sobre una pista de aire, a partir de enfoques cinemático y dinámico. (El análisis de estos vínculos se consigna en la segunda fase de esta investigación).

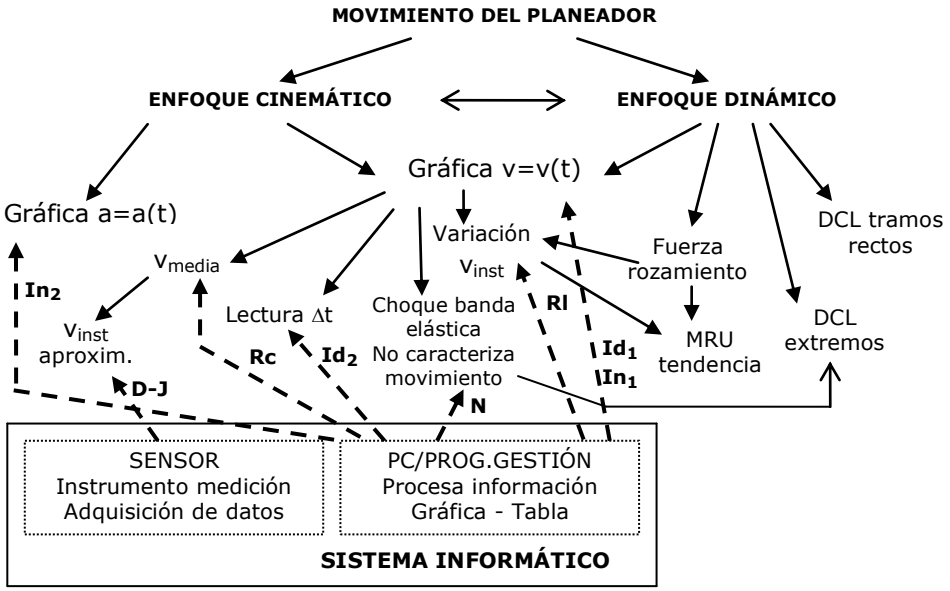


Figura 2. Red correspondiente al nivel *conceptualización significativa* asociado al GRP10.

Conceptualización sesgada: constituida por el 43% de los grupos. Los estudiantes que la componen se caracterizan por analizar e interpretar el movimiento del planeador apoyándose básicamente en contenidos teóricos que devienen tanto del enfoque cinemático como del dinámico. Se evidencian tratamientos no precisos, en particular en aquéllos que se sustentan en conceptos cinemáticos, y contradicciones en la descripción del movimiento rectilíneo uniforme al incluir en el Diagrama de Cuerpo Libre del planeador, en los tramos rectos, la fuerza de rozamiento entre éste y el colchón de aire. Se infiere que aún no han asimilado en su estructura cognitiva que idealmente se podría concebir la repetición del movimiento sin roce y, entonces, el cuerpo persistiría indefinidamente en su estado de movimiento rectilíneo uniforme. El análisis de la gráfica v=v(t) está sesgado por argumentos de tipo icónico ya que el análisis se realizó permanentemente vinculado con las pendientes de los segmentos, sin un análisis del significado físico de las mismas. La gráfica de a=a(t) no se constituyó en objeto de estudio relevante para describir el movimiento del planeador. No consiguieron elaborar relaciones fundamentadas entre los conceptos físicos y los elementos de las gráficas. La red que sintetiza las relaciones conceptuales observadas en un grupo de estudiantes, identificado como GRP03, representativo de este nivel de conceptualización se presenta en la Figura 3. Se incluyen, además, los vínculos establecidos entre los componentes del sistema informático y los conceptos y relaciones puestos en juego.

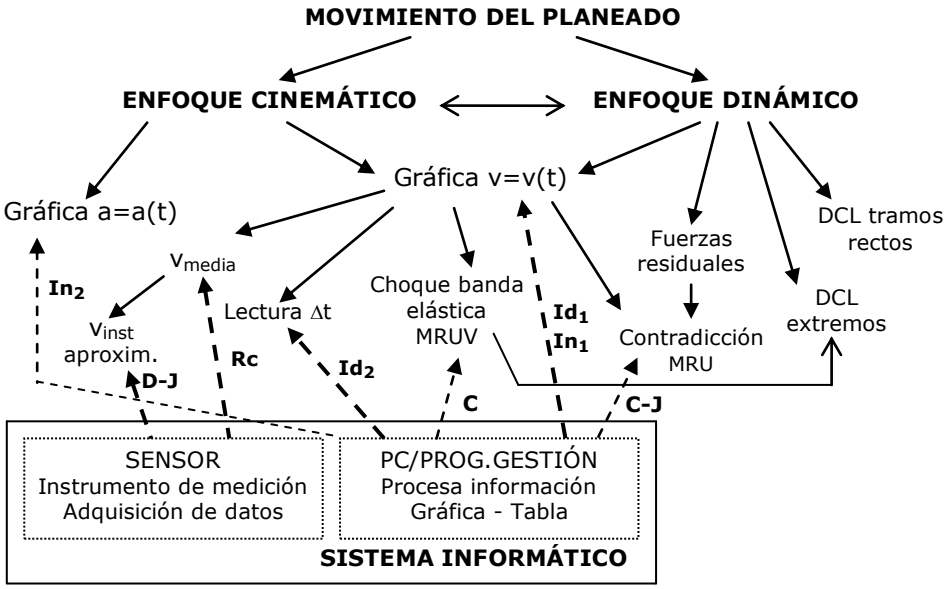


Figura 3. Red correspondiente al nivel *conceptualización sesgada* asociado al GRP03.

Conceptualización reducida: compuesta por el 21% de los grupos. Los estudiantes que la conforman apelan a contenidos teóricos correspondientes a los enfoques cinemático y dinámico para analizar e interpretar el movimiento del planeador. Sus explicaciones son incompletas. Así, sin efectuar ninguna aclaración al respecto que denote el razonamiento desarrollado, asociaron a los registros de velocidad el carácter de instantánea. La indicación incorrecta de los signos asociados a las variables cinemáticas y las explicaciones ambiguas basadas en algunos conceptos y elementos matemáticos evidencian un tratamiento limitado de las gráficas v=v(t) y a=a(t). Estos estudiantes no habrían asimilado aún información relevante que les permita establecer conexiones significativas entre los conceptos físicos y los elementos de las gráficas. En la Figura 4 se muestra la red que resume las relaciones conceptuales observadas y los vínculos establecidos entre éstas y el sistema informático, en un grupo representativo identificado como GRP09.

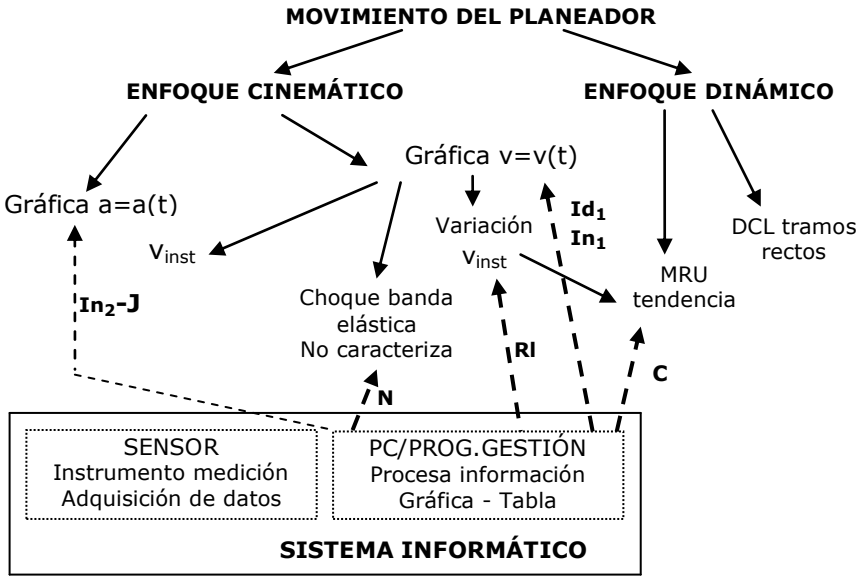


Figura 4. Red correspondiente al nivel *conceptualización reducida* asociada al GRP09.

Las redes elaboradas se constituyeron en aspectos claves para la segunda fase de la investigación centrada en el reconocimiento de las relaciones entre los contenidos conceptuales y las habilidades cognitivas específicas derivadas del uso de un sistema de adquisición de datos en la actividad experimental mencionada.

Segunda Fase. Los vínculos identificados con la notación alfanumérica en las Figuras 2 a 4 dan cuenta de las habilidades cognitivas, tanto básicas como integradoras, promovidas por la incorporación del sistema informático. En la Tabla 2 se consigna la caracterización de estas habilidades correspondientes al nivel de *conceptualización significativa.* En la columna de la derecha se incluye una breve descripción de cada una. En algunos casos, a fin de ampliar el significado atribuido a las mismas, se acompaña la descripción con citas textuales extraídas de las memorias escritas.

En la Tabla 2, con la notación **(∗)**, se indican las habilidades cognitivas, que si bien no fueron identificadas en el grupo GRP10, se evidenciaron en las redes de otros grupos pertenecientes al mismo nivel. En la habilidad cognitiva *Reconocer* se incorporó además una cita del GRP06 donde hace referencia explícita a la longitud del planeador como una variable necesaria para determinar la velocidad media, mientras que el GRP10 lo hace en forma implícita al indicar que "el planeador atraviesa" el sensor.

En relación al nivel de *conceptualización sesgada* se detectó que las habilidades cognitivas desarrolladas son coincidentes con las del nivel de *conceptualización significativa*. Sin embargo, las habilidades *Interpretar* (**In_2**) y *Clasificar* (**C**) adquirieron características diferentes, de allí que en la Figura 3 los vínculos entre el sistema informático y los conceptos y las relaciones aplicadas se los identificó con líneas en trazos más finos.

Así, al aplicar la habilidad cognitiva *Interpretar* (**In_2**) apelaron a una estimación de la aceleración promedio en cada tramo de ida y vuelta del planeador. El valor negativo de la aceleración promedio obtenida para todos los tramos de 4 puntos fue interpretado en términos de pendiente negativa y no como componente de la aceleración. Por tal motivo, para ellos la interpretación fue matemáticamente satisfactoria no generándoles, por tanto, ninguna discusión respecto al carácter vectorial de la aceleración que implicaría la necesaria inversión en signo de su componente.

En referencia a la habilidad cognitiva *Clasificar*, se observó que los grupos individualizaron el movimiento como MRU, si bien *justificaron* utilizando criterios diferentes: "*la velocidad del planeador se mantiene constante (posee una variación que podría considerarse despreciable) hasta que el mismo choca con la banda elástica*" GRP03, mientras que otros grupos recurrieron a la idea de "fuerzas residuales". Por otra parte, al *Clasificar* el movimiento en los extremos de la pista como rectilíneo uniformemente variado (MRUV), se evidencia una atención selectiva hacia información conocida sin tener en cuenta que la descripción del movimiento durante el contacto del planeador con la banda elástica demanda apelar a otros contenidos teóricos asociados a movimientos con aceleración variable.

Cabe destacar que en un solo grupo se identificó la habilidad *Comparar* al contrastar la inclinación de los trazos que unen cada conjunto de 4 puntos –correspondientes al desplazamiento sobre la pista– con las líneas que dan cuenta del choque con la banda elástica, para enunciar una conclusión sobre el tipo de movimiento en los distintos recorridos.

En el nivel de *conceptualización reducida* se registró que los grupos aplicaron algunas de las habilidades cognitivas desarrolladas por sus pares pertenecientes al nivel de *conceptualización significativa.* En particular, la habilidad *Interpretar* (**In_2**) alcanzó características diferentes. Así, centraron su atención en *"los picos notorios que muestra la gráfica* –en relación a la gráfica de a=a(t)– *es la desaceleración producida por el rebote en la banda…"* GRP09, arribando a una interpretación inmediata, sin demasiado análisis que involucre la consideración del algoritmo de cálculo utilizado por el programa de gestión a pesar de disponer de datos en la tabla de valores correspondiente. Al continuar con la interpretación de los picos de la gráfica a=a(t) *justificaron* su disminución indicando que *"…como la velocidad va disminuyendo progresivamente el tamaño de estos picos también va disminuyendo ya que la desaceleración por el rebote es cada vez menor. Entonces llega un momento en que dicha desaceleración no es muy diferente a la desaceleración que sufre el cuerpo durante el trayecto por la pista."* GRP09.

Habilidades cognitivas básicas	
Descriptivas	***Narrar*** **N**. Referencia al movimiento durante el contacto del planeador con la banda elástica asociándolo a los escalones entre dos conjuntos sucesivos de 4 puntos sin caracterizarlo.
Habilidades cognitivas integradoras	
Analíticas	***Identificar*** **Id_1**. Cada conjunto de 4 puntos en la Figura 1b (superior) representa la información emergente del paso del planeador por cada uno de los sensores. **Id_2**. Los intervalos de tiempo en las gráficas correspondientes a: (a) los tramos comprendidos entre el primer y último sensor, en uno y otro sentido del movimiento y (b) los pasos por el sensor próximo al extremo de la pista antes y después del choque con la banda elástica. ***Interpretar*** **In_1**. Los escalones entre dos conjuntos sucesivos de 4 puntos corresponden a la inversión en el sentido de movimiento debido a los choques con la banda elástica. **In_2**. El cálculo, efectuado por el programa de gestión, de las aceleraciones medias en los tramos rectos no tiene en cuenta el cambio del signo de la velocidad después de la inversión del sentido de movimiento. Por lo tanto, en las "idas" la aceleración media debería tener el signo opuesto a la de las "vueltas". *"Los registros corresponden a aceleraciones medias, calculadas entre velocidades registradas en el paso del planeador por los sensores".* Durante la entrevista el grupo manifestó: "*…al considerar las sucesivas idas y vueltas del planeador la aceleración media tendría que tener signos contrarios."* GRP10 **(*)** El programa de gestión no registra la inversión del movimiento por lo tanto los valores de la gráfica v=v(t) corresponden al módulo de la velocidad. *"Puede observarse que se trata de una magnitud escalar (rapidez), debido a que, con el cambio en el sentido de desplazamiento del planeador no se observa cambio en el signo de la velocidad."* GRP01 ***Reconocer*** **Rc**. A partir del tiempo de paso del planeador a través del haz infrarrojo del sensor y de su longitud, sólo es posible determinar la velocidad media. *"La velocidad registrada corresponde a la velocidad media del planeador, debido a que el sensor toma el tiempo en que el planeador atraviesa el mismo."* GRP10 *"Dado que los sensores miden el tiempo que el planeador tarda en pasar por éstos, conociendo el ordenador la longitud del planeador, se concluye que los valores de velocidad registrados corresponden a velocidades medias del planeador."* GRP06 ***Relacionar*** **Rl**. La disminución de los valores de velocidad en cada conjunto de 4 puntos correspondientes a los tramos rectos puede asociarse a la interacción con el aire. *"La velocidad no se mantiene constante en la gráfica porque es imposible aislar totalmente al planeador, por lo cual siempre existirán fuerzas que actúen sobre él afectando su velocidad."* GRP10 *"…como no podemos eliminar totalmente el pequeño rozamiento con el aire existente, el planeador va disminuyendo la velocidad en su movimiento a lo largo de la pista como se nota en la gráfica."* GRP13 ***Clasificar*** **(*)** La especificación del movimiento en términos de tendencia al movimiento rectilíneo uniforme está asociada a la proximidad entre los valores de velocidad en cada conjunto de 4 puntos. *"El movimiento tiende a ser rectilíneo uniforme porque existe una leve variación en los valores de velocidad de la gráfica."* GRP01
Críticas	***Discernir*** **D**. La velocidad media se puede aproximar a la velocidad instantánea considerando el intervalo de tiempo de paso por cada sensor. *"En realidad la velocidad registrada corresponde a la velocidad media... Sin embargo, se considera a la velocidad registrada como velocidad instantánea."* GRP10 ***Justificar*** **J**. La aproximación a velocidad instantánea se puede justificar apelando al breve intervalo de tiempo (10^{-1} s) durante el pasaje del planeador a través del haz infrarrojo del sensor. Se da sentido físico a la velocidad instantánea como magnitud medible. *"Como el intervalo de tiempo es pequeño la velocidad registrada se la considera una buena aproximación a la velocidad instantánea."* GRP10

Tabla 2. Habilidades cognitivas, derivadas del uso del sistema informático, correspondientes al nivel *conceptualización significativa*.

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio del movimiento del planeador a largo de una pista de aire desde las características concretas del mismo, posibilitado por la incorporación del sistema informático, les permitió a los estudiantes llegar de forma progresiva a sus características más abstractas. Este proceso de interiorización a través del cual fueron conformando sus ideas les demandó la aplicación de habilidades cognitivas específicas incluyendo la aptitud para comprender y utilizar el lenguaje. Así, las relaciones conceptuales elaboradas por los grupos pertenecientes al nivel de *conceptualización significativa* muestran que el uso del sistema informático favoreció el desarrollo de habilidades cognitivas, en su mayoría, *Integradoras* que implican disponer de significados relevantes en la estructura cognitiva que funcionen como base para el anclaje de la nueva información. Dentro de éstas, se reconocieron habilidades tanto *Analíticas* como C*ríticas* dando evidencias de una comprensión genuina del movimiento en estudio. En particular, la interpretación de la gráfica v=v(t) la realizaron a partir del análisis explícito sobre la distribución del conjunto de puntos registrados, desde un enfoque cinemático. Diferenciaron zonas de la gráfica donde se observan comportamientos significativos de las variables para la comprensión del fenómeno en estudio articulando ideas que devienen de un enfoque dinámico.

En el nivel de *conceptualización sesgada* se evidencian debilidades al *Interpretar* las gráficas del movimiento registradas en tiempo real y al *Clasificar* para caracterizar el movimiento del planeador en su recorrido a lo largo de la pista y en los choques contra la banda elástica. Las dificultades para expresar verbalmente el significado de las gráficas y las contradicciones detectadas al especificar el tipo de movimiento dan cuenta de ello.

Finalmente, los grupos pertenecientes al nivel de *conceptualización reducida* aplicaron, en su mayoría, habilidades cognitivas *Analíticas* pero con algunas limitaciones que devienen de *interpretaciones* en algunos casos ambiguas.

Es nuestra intención, a partir de los resultados obtenidos en la presente indagación, continuar y profundizar en el estudio de las habilidades cognitivas específicas que devienen de incorporar los recursos informáticos en las prácticas de laboratorio. Consideramos que estos primeros resultados pueden aportar elementos al delinear estrategias para una mayor incorporación, integración y aprovechamiento de las tecnologías en la formación de los estudiantes universitarios de manera de aprovechar sus fortalezas, disminuir sus debilidades y superar los obstáculos que impiden utilizar completamente el potencial de los recursos informáticos en la educación.

REFERENCIAS

Bernárdez, E. (1995). *El papel del léxico en la organización textual*. Publicación de la Universidad Complutense de Madrid.

Bernhard, J. (2003). Physics Learning and Microcomputer Based Laboratory (MBL) – Learning effects of using MBL as a technological and as a cognitive tool. *Science Education Research in the Knowledge Based Society*, pp. 313-321.

Bernhard, J. (2007). Perspectives on use of artifacts in education. Some contributions from philosophy of technology and engineering science. *Abstracts of the Workshop on Philosophy & Engineering 2007*, pp. 70-71.

Gardner, H. (1985). *The mind's new science: a history of the cognitive revolution*. Nueva York: Basic Books.

Hamne, P. y Bernhard, J. (2001). Educating pre-service teachers using hands-on and microcomputer based labs as tools for concept substitution. In R. Pinto and S. Surinach (eds), *Physics Teacher Education Beyond 2000*, pp. 663-666. Paris: Elsevier.

Kwon, O. (2002). The effect of calculator-based ranger activities on students' graphing ability. *School Science and Mathematics*, 102 (2), pp. 57-67.

Iafrancesco Villegas, G. (2003). La investigación en educación y pedagogía: fundamentos y técnicas. Costa Rica: Cooperativa Editorial Magisterio.

Laorden, C., García, E. y Sánchez, S. (2005). Integrando descripciones de habilidades cognitivas en los metadatos de los objetos de aprendizaje estandarizados. *Revista de Educación a Distancia*, IV (0IV).

Lapp, D. y Cyrus, V. (2000). Using data-collection devices to enhance students' understanding. *The National Council of Teachers of Mathematics*, Vol. 93, pp. 504-510.

Li, H. (1998). Information-Technology-Based tools for reengineering construction engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 6, pp. 15-21.

Mayer, R. (1983). *Thinking, problem solving and cognition*. Nueva York: W. H. Freeman and Co.

Newton, L. (2000). Data-logging in the science classroom: approaches to innovation. *Second International Conference of the European Science Education Research Association* (ESERA) *Research in Science Education: Past, Present, and Future*.

Pozo, J. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Russell, D., Lucas, K. y McRobbie, C. (2003). The role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in kinematics. *Research in Science Education,* 33 (2), pp. 217-243.

Russell, D., Lucas, K. y McRobbie, C. (2004). Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in thermal Physics. *Journal of Research in Science Teaching,* 41 (2), pp. 165-185.

Sánchez, M. (2002). La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades de pensamiento. *Revista Electrónica de Investigación Educativa 4,* (1). http://redie.uabc.mx/vol4nº1/contenido-amestoy.html

Testa, I., Monroy, G. y Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24 (3), pp. 235-256.

Yanitelli, M. (2011). Un cambio significativo en la enseñanza de las ciencias. El uso del ordenador en la resolución de situaciones experimentales de Física en el nivel universitario básico. *Tesis Doctoral*. Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Burgos. España.

Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M. (2011). Representaciones de los estudiantes sobre sensores en tanto instrumento de medición. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24(1), pp. 21-42.

Yanitelli, M., Scancich, M. y Massa, M. (2010). Un experimento asistido por un sistema informático. Una indagación de relaciones conceptuales en el estudio del movimiento sobre una pista de aire. *Memorias X Simposio de Investigación en Educación en Física*. Posadas, Argentina.

COMUNICACIONES ORALES 2

BLOQUE B

ACTITUDES DE PROFESORES DE FÍSICA HACIA ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE ACTIVO: UN CASO DE ESTUDIO EN UN TALLER DE FORMACIÓN DE FORMADORES

Tecpan, Silvia[1]; Zavala, Genaro[1]; Benegas, Julio[2]

[1] Departamento de Física, Tecnológico de Monterrey
[2]Departamento de Física/IMASL, Universidad Nacional de San Luis

jbenegas@unsl.edu.ar

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue indagar sobre las actitudes que tienen los formadores de formadores de física en servicio de terciario y universitarios respecto a ciertas estrategias de aprendizaje activo de la física presentadas en un taller de formación docente constructivista desarrollado con base en los resultados de investigación educativa en enseñanza de la física. Se eligió la forma de un estudio de caso descriptivo, ya que aún no se cuenta con una teoría sobre las actitudes hacia estas estrategias. Se aplicó análisis de contenido de evidencia escrita. La investigación se realizó sobre muestras de participantes en dos años consecutivos en los que se impartieron las mismas estrategias pero con distintos tópicos. Se ha investigado principalmente el desarrollo cognitivo que promueven estas estrategias en los estudiantes de grado y pregrado, pero se ha indagado poco sobre las actitudes hacia ellas de los profesores en servicio. Los resultados de esta investigación podrían ser útiles a quienes diseñan programas de formación docente en el aprendizaje activo de la física, sugieren que los profesores que asisten al taller valoran de forma positiva las estrategias de aprendizaje activo lo que constituye el primer paso en un proceso de transformación de su práctica educativa.

Palabras clave: aprendizaje activo, física, profesores en servicio, actitudes.

ABSTRACT

The purpose of this work was to find out the in service tertiary and university trainers of trainers physics attitudes toward specific active learning strategies in physics presented in a constructive teacher training workshop developed based on the results of educational research in physics education. Descriptive case study was chosen since there is not a theory on attitudes toward these strategies. We applied content analysis of written evidence. The research was conducted on samples of participants in two consecutive years. The same strategies were given but with different topics. The cognitive development in graduate and undergraduate students because of the active learning strategies has been mainly investigated, but little research has been done on attitudes toward them of in service teachers. The results of this research could be useful to those who design teacher training programs in active learning of physics they suggest that teachers attending the workshop positively valued active learning strategies. This is the first step in a process of transformation of educational practice.

Keywords: active learning, physics, in service teachers, attitudes.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Gunstone (2001) los formadores de formadores necesitan, tanto entender la disciplina que enseñan como conocer el estado de conocimiento de la enseñanza y aprendizaje de su disciplina y haber aprendido a través de la reflexión en la práctica. En el mismo sentido se expresan (Chrobak, 2010; Gil, Carrascosa, Furió, y Martínez-Torregrosa, 2002) quienes además resaltan la importancia de cuestionar el pensamiento docente de sentido común sobre la enseñanza de las ciencias. Con base en los resultados de investigación educativa en la enseñanza de la física que enfatizan el involucramiento de los estudiantes en una variedad de actividades en el aula (Meltzer y Thornton, 2012), se desarrolló un curso taller de enfoque constructivista con énfasis en las metodologías de aprendizaje activo de la física que permite a los profesores construir a través de la acción su propio conocimiento sobre ellas (Zavala, Alarcon y Benegas, 2007). Esta modalidad de actualización docente demanda mayor implicación en el conocimiento que se adquiere, además de que promueve la reflexión sobre la propia enseñanza. Gunstone (2001) menciona que la reflexión en la práctica y el aprendizaje que esta experiencia genera es un aspecto fundamental en la formación docente, ya que no se aprende sólo de la experiencia sino de la reflexión en la experiencia. Las investigaciones previas han enfatizado el interés en el conocimiento de los profesores al emplear las estrategias de aprendizaje activo (Etkina, 2010) y en el cambio conceptual con respecto a la enseñanza de la física (Bailey y Nagamine, 2012) pero hay pocas investigaciones sobre las actitudes de los profesores hacia las estrategias de aprendizaje activo. En este trabajo se reportan las actitudes de los profesores a través de un estudio de caso descriptivo ya que de acuerdo con Jones y Carter (2007) las actitudes y creencias de los docentes son claves para entender el cambio en la educación pero no son bien comprendidas por lo que se requiere mayor investigación al respecto. Las actitudes que los profesores desarrollan hacia las estrategias de aprendizaje activo pueden influir en la forma en que las aplican, ya que un compromiso para varios de los asistentes es replicar este taller para formar a más profesores en el aprendizaje activo de la física. Por otra parte, para los formadores de formadores de este taller la evidencia de aprendizaje disciplinar es una evidencia de la efectividad de las estrategias presentadas pues como menciona Anderson (2007) la mejor evidencia de la efectividad de estas estrategias se encuentra en el aprendizaje que demuestran los estudiantes.

REVISIÓN DE LITERATURA

La actitud es comúnmente definida como una predisposición a responder positiva o negativamente a cosas, personas, lugares, eventos o ideas. Dese la psicología social el concepto de actitud se subdivide en tres elementos: a) conjunto organizado y duradero de convicciones o creencias (elemento cognitivo), b) dotadas de una predisposición o carga afectiva favorable o desfavorable (elemento evaluativo o afectivo) y c) que guían la conducta de la persona respecto a un determinado objeto social (elemento conductual) (Manassero y Vázquez, 2001). De acuerdo con Simpson, Koballa, Oliver, y Crawley (1994) las actitudes involucran sentimientos, cognición y conducta, mientras que las creencias solamente se enfocan en aspectos cognitivos. La investigación de las actitudes hacia las ciencias de los estudiantes se ha incrementado en los últimos 40 años. Uno de los factores que ha promovido su incremento es el declive del interés en los jóvenes por estudiar carreras científicas (OCDE, 2008; Vázquez y Manassero, 2008). La mayoría de las investigaciones didácticas dirigidas a explorar las actitudes se han centrado en el diagnóstico del alumnado, aunque recientemente se ha dirigido la atención hacia los profesores, por la hipotética influencia que pueden tener sus actitudes en la enseñanza y por lo tanto en las ideas de los estudiantes (Manassero y Vázquez, 2001). Se han documentado las dificultades que enfrentan los docentes al tratar de cambiar su práctica docente desde la enseñanza tradicional hacia la enseñanza de las ciencias como investigación (Anderson, 2007); el proceso de cambio conceptual en la enseñanza de la física (Bailey y Nagamine, 2012), y la influencia del nivel de razonamiento del docente en la aplicación de estrategias de enseñanza de las ciencias por investigación (Benfor y Lawson, 2001), pero se ha indagado poco sobre las actitudes de los docentes hacia las estrategias de aprendizaje activo de la física (Tecpan, Zavala, Benegas, 2012). En la concepción constructivista del aprendizaje se concede gran importancia a los fundamentos y creencias que los sujetos tienen sobre el conocimiento y que enmarcan tanto los aspectos conceptuales como los actitudinales (Alvarado y Flores-Camacho, 2010), sin embargo, se ha indagado poco sobre el tipo de actitudes que promueven las estrategias de aprendizaje activo en los profesores.

DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

Los Talleres Regionales del Cono Sur sobre Aprendizaje Activo de la Física fueron pensados como Escuela de Otoño para formadores de formadores en Física del Cono Sur de América Latina. En el 2010 se abordaron estrategias de enseñanza para el Aprendizaje Activo de temas de Electricidad y Magnetismo (AAEyM), mientras que en el 2011 se trataron temas de Termodinámica y Fluidos (AATyF). Estos talleres son anuales y se abordan desde una aproximación didáctica constructivista. Las metodologías propuestas en los Talleres han demostrado su efectividad para incrementar el aprendizaje conceptual en múltiples aplicaciones y se fundamentan en la investigación educativa en física llevada a cabo en los últimos 30 años (Meltzer y Thorton, 2012).

Con estos talleres se pretende:

- Alentar la utilización de metodologías innovadoras de enseñanza de la física, en el enfoque denominado de aprendizaje activo.
- Intercambiar ideas y discutir sobre las metodologías de enseñanza de la Física en las distintas universidades y centros de formación docente del Cono Sur de América Latina.
- Proveer experiencia en la utilización de equipamiento de laboratorio para implementar metodologías de enseñanza que estimulen la activa participación estudiantil.
- Adquirir experiencia práctica en la utilización de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TICs) como sensores, interfases, computadoras, análisis de videos, simulaciones, uso de los recursos de Internet, etc.
- Preparar grupos de formadores de formadores para replicar talleres de aprendizaje en las distintas regiones de los países del Cono Sur.

Participaron de estos talleres representantes de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México y Uruguay, quienes se desempeñan como profesores de física y contribuyen en sus regiones a la formación de profesores de física.

Se utilizaron principalmente actividades de Física en Tiempo Real (Sokoloff, Thornton, y Laws, 2004), Clases Demostrativas Interactivas (Sokoloff y Thornton, 2004) y Tutoriales para Física Introductoria (McDermott y Shaffer, 2001). Se trabajó además en la utilización de análisis de videos con el programa LoggerPro, de Vernier software & Technology. Estos recursos permiten la apreciación didáctica de los resultados experimentales, y, en el caso del análisis de videos, trabajar con la visualización de experimentos aún en aquellas instituciones que no posean instalaciones de laboratorio adecuadas o en los casos en que no se dispone de las condiciones para realizar los experimentos estudiados. Concordante con la visión de aprendizaje activo de la física, en el taller se propone que la formación del profesorado tenga la misma aproximación constructivista con que se pretende se enseñe física. Para ello fue importante que los participantes pudieran reflexionar, al inicio y final de la jornada de cada tema, sobre las dificultades de aprendizaje de sus propios alumnos en el tema tratado, y cómo las actividades propuestas por cada una de las estrategia podría contribuir a resolver dichas dificultades, en su propio entorno de enseñanza.

La mayoría de los participantes argentinos estuvieron becados por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) y el Instituto Nacional de Formación Docente (INFOD). Estas becas tienen como condición la presentación post taller, de un proyecto de aplicación/duplicación del taller mecanismo que en ocasiones anteriores ha demostrado ser efectivo para alentar a los participantes a aplicar las experiencias recogidas en el taller. Se escogió este taller pues cuenta con la característica distintiva de que asisten profesores de distintos países con distintos perfiles profesionales por lo que se puede contar una mayor diversidad de opiniones.

En este marco y con estas circunstancias nos planteamos indagar sobre cómo valoran los formadores de formadores las estrategias Tutoriales para Física introductoria, Clases Demostrativas Interactivas y Física en Tiempo Real experimentadas en el taller de aprendizaje activo de la física y también sobre la opinión de los formadores de formadores respecto de que factores dificultan la implementación de dichas estrategias.

METODO

Se determinó responder a estas preguntas a través de un estudio de caso descriptivo. Mertens (2005) define el estudio de casos como una investigación sobre un individuo, grupo, organización o comunidad que es visto y analizado como una entidad. Para Stake (1995) el estudio de casos es un enfoque de investigación que no se define por un método específico, sino por su objeto de estudio.

Se tomo un diseño de investigación por cuestionario con evidencia escrita. Se utilizaron cuestionarios con preguntas abiertas y test conceptuales que se describen con más detalle en la siguiente sección. El análisis de datos se realizó a través de la técnica de análisis de contenido (Hernández, Fernández, y Baptista, 2006).

Debido al formato elegido para recabar la información y por las limitaciones de tiempo que no permitieron realizar entrevistas las ideas que expresaron los profesores se tomaron tal como se plasmaron en el papel. Fueron clasificadas en función de lo escrito aunque tal vez quien lo escribió lo haya hecho en otro sentido. De tal forma que se sugiere continuar con entrevistas a profundidad para avanzar en la comprensión de las actitudes de los docentes hacia estas estrategias.

Instrumentos

Se eligió el cuestionario auto-administrado con respuestas abiertas. En el 2010 la encuesta estuvo integrada por siete preguntas: con las tres primeras preguntas se indagaron las ventajas y las desventajas de las tres estrategias didácticas centrales del curso: Clases Demostrativas Interactivas (CDI), Física en Tiempo Real (FTR) y Tutoriales para Física Introductoria, con las siguientes dos se investigó la estrategia preferida por los asistentes al taller y la que tenía más posibilidad de ser aplicada en su contexto educativo y finalmente las dos últimas se destinaron a indagar el tópico del siguiente taller y la estrategia que deseaban que fuera profundizada. Como resultado del análisis de la evidencia del taller del 2010 (Tecpan, Zavala, Benegas, 2012) en el 2011 el cuestionario se modificó por lo que en las tres primeras preguntas se pidió la mayor ventaja y la mayor desventaja de cada estrategia lo que implicó un proceso de jerarquización en la respuesta. También se preguntó cuál estrategia podría promover mayor/menor aprendizaje y por qué. El cuestionario auto-administrado sobre las estrategias del taller se aplicó en la parte final del último día de actividades.

El conocimiento disciplinar de los asistentes se evalúo con test conceptuales respaldados por investigación en la enseñanza de la física. En el 2010 se aplicó la Encuesta Conceptual de Electricidad y Magnetismo (CSEM, por sus siglas en inglés) en una versión modificada que incluye 12 preguntas de circuitos eléctricos (Zavala y Alarcon, 2008). En el 2011 se utilizó la Evaluación Conceptual de Calor y Temperatura (HTCE, por sus siglas en inglés) (Thornton y Sokoloff, 1987).

Los datos pre-/post-instrucción tanto del CSEM como del HTCE se presentaron como un ejemplo práctico del uso de una prueba desarrollada en base a resultados previos de investigación educativa sobre dificultades características y modelos alternativos en estos temas de física. El pre test se aplicó inmediatamente después de la introducción al taller y antes de iniciar con los contenidos. El post test fue aplicado cuando ya se habían abordado todos los temas y estrategias previstos y antes de la reflexión final del taller.

Las pruebas conceptuales de los docentes se complementaron con reflexiones escritas. Los profesores reflexionaron de forma individual sobre las preconcepciones de sus alumnos al inicio de cada tema, posteriormente, al finalizarlo, volvieron a reflexionar en pequeños grupos colaborativos sobre la utilidad de las estrategias didácticas presentadas para transformar las preconcepciones reportadas al inicio.

Análisis de contenido

El cuestionario y las reflexiones escritas se sometieron al análisis de contenido. Los párrafos se dividieron en frases y ésta fue la unidad de análisis. Se analizaron 234 frases de 39 cuestionarios sobre las estrategias del taller AAEyM en 2010 y 226 frases de 36 cuestionarios de las estrategias del taller AATyF en 2011.

Se registró la palabra Ninguna en el 2010, debido a que los profesores expresaron que no encontraban Ninguna desventaja tanto en la estrategia CDI (8%) como en FTR (5%). Esto no ocurrió en 2011, sin embargo, se observó que hubo un aumento de profesores que no comentaron tanto en las ventajas de CDI como en las desventajas de las tres estrategias (ver Figura 2). Si bien esto no puede interpretarse en el sentido de que la estrategia en cuestión no tiene ventajas o desventajas, se sugiere una revisión más profunda. En los dos años se encontraron más frases positivas (ventajas) que negativas (desventajas), lo que sugiere que los profesores tienen una opinión positiva hacia estas estrategias.

Muestra

Se recurrió al *purposeful sampling* en el que los individuos tienen una experiencia y competencia especial en el asunto de interés (Merriam, 2009). Esta muestra intencional no se toma como representativa de los profesores de física en general ya que los asistentes son, en primer lugar, formadores de formadores y, en segundo lugar, demuestran estar interesados en el aprendizaje activo de la física. Los participantes elegidos tienen un perfil similar integrado por las siguientes características: son profesores de física, tienen algún conocimiento de los resultados de investigación educativa en física, son profesores en servicio, cuentan con apoyo institucional para asistir a talleres de formación y comparten el interés de aprender estrategias de aprendizaje activo para transmitirlas a sus estudiantes de profesorado en física. Se analizaron los cuestionarios sobre las estrategias de 39 profesores en 2010 y 36 en 2011. En el caso de los test conceptuales dado que es necesario contar con información por alumno pre y post taller se analizaron 26 en 2010 y 30 en 2011. En las reflexiones diarias de cada tema la cantidad de frases por día fue variable pero todas fueron analizadas.

En 2010 la muestra se integró con 50% hombres y 50% mujeres. En relación a su formación el 35% corresponde a profesores de física de Institutos de Formación Docente, mientras que 38% provienen de Universidades Argentinas y el 27 % restante de distintas universidades de otros países latinoamericanos, todos ellos con formaciones diversas, incluyendo varios con doctorado en física. En el 2011 en el taller AATyF 60% fueron mujeres y 40% hombres. 43% de Universidades Argentinas, 37% de Institutos de Formación Docente y 20% de profesores latinoamericanos. Todos tienen clases frente a alumnos, aunque no todos imparten los temas del taller. En la Figura 1 se muestra la distribución de profesores que imparten los distintos temas del taller de Aprendizaje Activo de Temperatura y Fluidos (AATyF 2011).

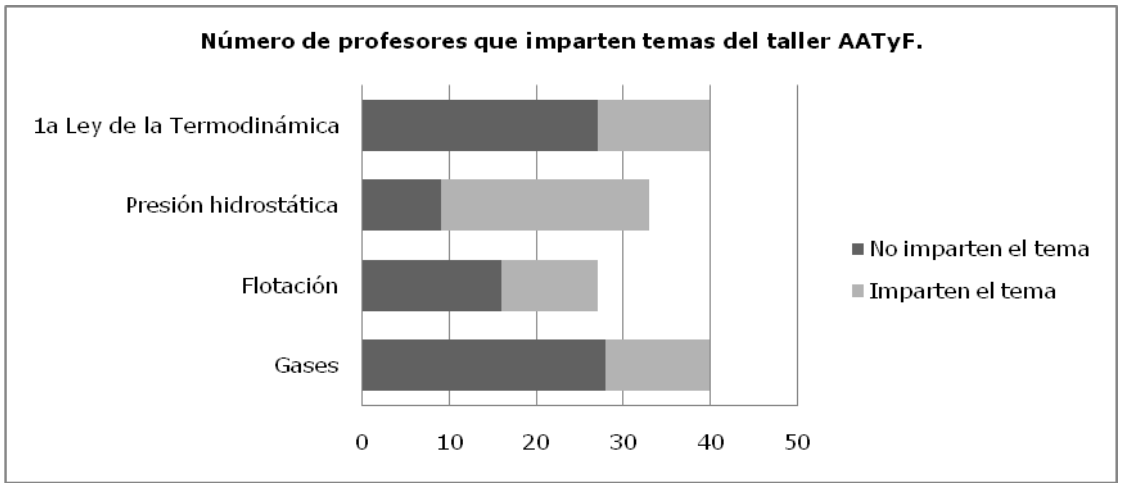


Figura 1. Número de profesores que imparten los cuatro temas del Taller AATyF.

RESULTADOS

Etkina (2010) menciona que la formación de los profesores de física abarca tres aspectos: a) conocimientos en física (disciplinar), b) conocimiento pedagógico y c) conocimiento pedagógico del contenido (*pedagogical content knowledge*) es decir cómo se aprende un solo tema física. A continuación se describe el perfil que exhiben al respecto los profesores que forman parte de la muestra.

En el aspecto pedagógico se observó que los profesores que asisten al taller no muestran el pensamiento espontáneo de atribuir el fracaso en las ciencias a las carencias de los alumnos (Gil et al., 2002). En el 2010 se encontraron muy pocos comentarios que hicieran alusión a la dificultad de impartir un tema porque el alumno no sabe o no tiene conocimientos previos, en el 2011 no se encontró ningún comentario en ese sentido. En relación al conocimiento disciplinar se encontró que los formadores de formadores asisten al taller con preconcepciones que pueden ser transmitidas y reforzadas con sus alumnos. Ya se ha documentado que algunos profesores en servicio muestran concepciones alternativas similares a las de los estudiantes (Chrobak, 2010), por lo que también se debe reforzar su conocimiento disciplinar.

Con respecto al conocimiento sobre cómo enseñar física se descubrió que los profesores mostraron dificultades para describir las preconcepciones de sus estudiantes, la gran mayoría mencionó el tema en el que muestran dificultades de aprendizaje y algunos describieron en qué consisten como la confusión de términos, pero solo pocos lograron enunciar las preconcepciones. En el 2010 en el Taller AAEyM la preconcepción de que la corriente se gasta es la que se describe con mayor frecuencia (33%), lo que podría estar relacionado con el hecho de que está ampliamente tratada en la literatura de enseñanza de las ciencias (Gil et al., 2002). Esta preconcepción fue reportada por 17 de 40 profesores en el tema de circuitos eléctricos. En el taller del 2011 AATyF la preconcepción que se reportó con mayor frecuencia (66%) en el tema de flotación fue que todos los objetos metálicos se hunden independientemente de su forma o del líquido que se analice. La preconcepción fue reportada por 25 de 40 profesores.

Los formadores de formadores que asistieron al taller mostraron ser reflexivos en su responsabilidad docente, no responsabilizan al alumno de que no aprenda, muestran dificultades conceptuales en los tópicos que enseñan, reflexionan poco en los modelos alternativos de sus estudiantes pues no son capaces de describirlos claramente y poseen cierto grado de conocimiento sobre la investigación educativa de la física pues expresan su preocupación por el aprendizaje conceptual y el conflicto cognitivo.

Opiniones y Actitudes

De acuerdo con Vázquez y Manassero (1995) las opiniones son precursoras de las actitudes por lo que conociendo la valoración de los docentes hacia las estrategias se puede infererir su actitud hacia ellas. Para integrar la valoración se utilizaron las respuestas sobre ventajas y desventajas de las tres estrategias centrales del taller. Dicha información se complementó con las preguntas: ¿Cuál estrategia piensas implementar? y ¿Cuál estrategia promueve mayor/menor aprendizaje y por qué? En otra sección se discuten los factores que pueden dificultar la implementación de las estrategias.

A. Ventajas y desventajas, reportadas por los asistentes, de las tres estrategias centrales del taller de aprendizaje activo de la física: Tutoriales para Física Introductoria, Clases Demostrativas Interactivas (CDI) y Física en Tiempo Real (FTR).

Tiempo

De acuerdo con las frases analizadas se refiere al tiempo necesario para completar la estrategia en el aula. No incluye el tiempo de preparación previo, ya que eso fue considerado como trabajo docente. Esta categoría es reportada en la literatura como uno de los principales dilemas que enfrentan los docentes al tratar de utilizar estrategias constructivistas (Anderson, 2007). En la Figura 2 se muestran las tres estrategias centrales de los talleres y los rubros en que se agruparon los comentarios, se aprecia que el tiempo es la principal desventaja que reportan de Tutoriales y que esta opinión se mantiene de un año al siguiente. Algunas frases de esta categoría son: Encuesta 9-2010: "Involucra mucho tiempo del cual no se dispone por lo extenso de los programas a cubrir". En la Figura 3 se observa que es el segundo rubro en importancia dentro de las desventajas, solamente superado por los recursos materiales y el costo. Es mencionado como ventaja solamente en la estrategia CDI pero no se mantiene de un año para otro como se aprecia en la Figura 4.

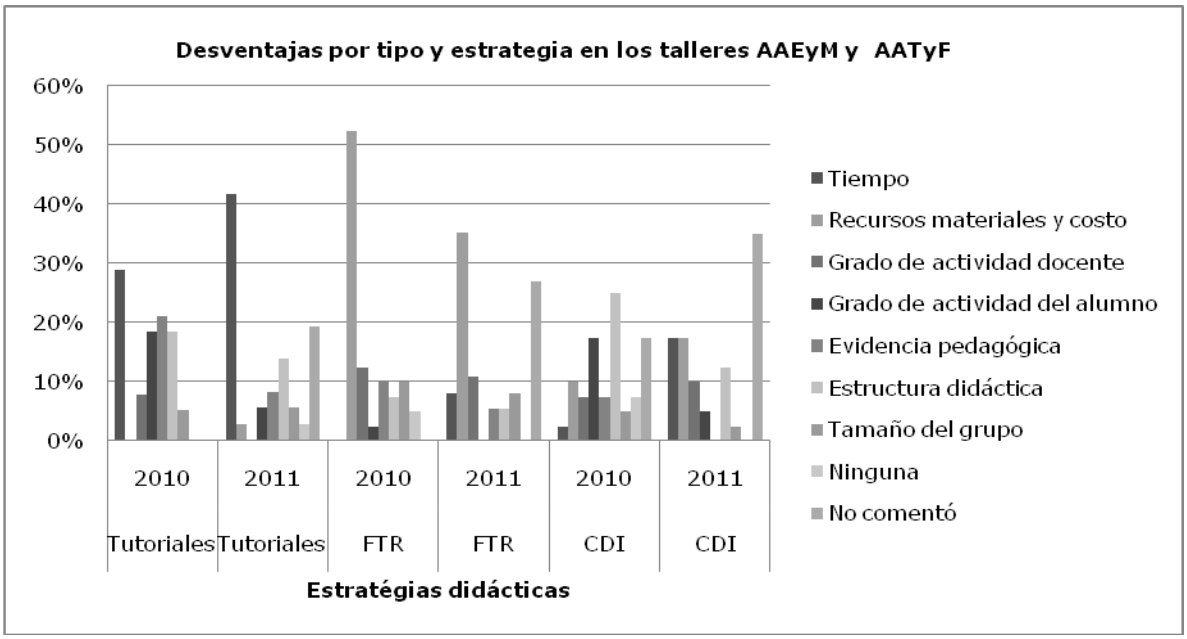


Figura 2. Porcentaje de frases con desventajas por estrategia en los talleres AAEyM 2010 y AATyF 2011.

Recursos materiales y costo

De acuerdo a las frases analizadas se refiere a los recursos materiales y económicos que son necesarios para implementar la estrategia didáctica. Entre las intenciones de estos talleres se encuentran: presentar estrategias didácticas de bajo costo y mostrar estrategias didácticas que hacen uso de tecnología para recabar datos en tiempo real (Benegas et al. 2010), sin embargo, los docentes que asistieron al taller identificaron a los recursos materiales y el costo principalmente como desventaja. En la Figura 3 se muestra la frecuencia acumulada de frases con desventajas por cada tipo en las tres estrategias didácticas de los talleres y se observa que los recursos materiales y el costo obtuvieron la mayor frecuencia. Representan la principal desventaja de FTR en los dos años que se reportan. Algunos comentarios son: Encuesta 15-2010: "La falta de materiales para laboratorio o escasos para un gran número de alumnos". Encuesta 12-2011: "el equipamiento es un obstáculo". Solamente se percibe como ventaja en el caso de las CDI pero con bajo porcentaje de frases.

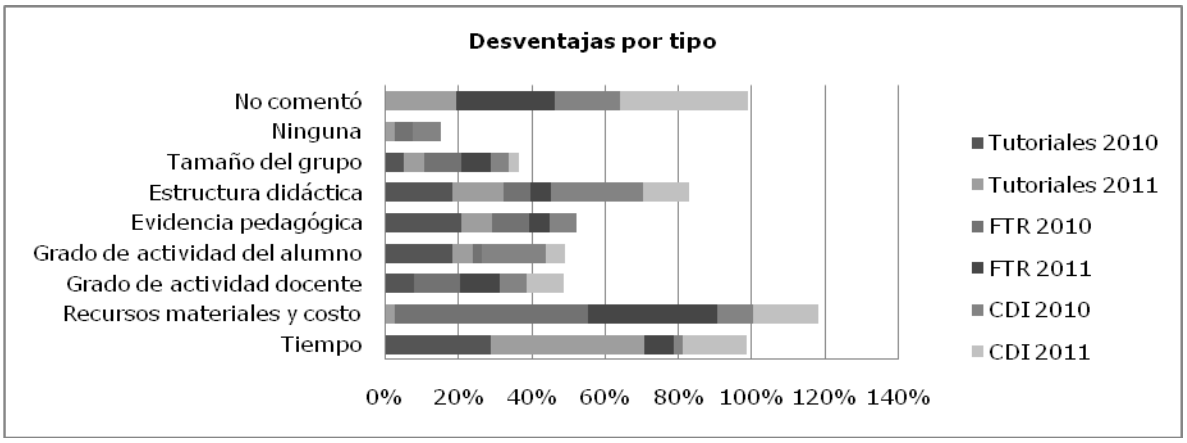


Figura 3. Porcentaje acumulado de frases con desventajas por tipo en los talleres AAEyM 2010 y AATyF 2011.

Grado de participación del docente

Aquí se agruparon todos los comentarios relacionados con la actividad del docente. Se refiere al grado de actividad que desarrolla el docente desde la preparación de la estrategia antes de ejecutarla frente al grupo, el estudio o la capacitación previa y finalmente la labor que ellos deben desempeñar dentro de la estrategia de aprendizaje activo. Este es otro aspecto que se reporta en la literatura en donde el docente enfrenta un dilema ante el proceso de transición entre el rol de proveedor de conocimiento a facilitador (Anderson, 2007). En la Figura 4 se observa que para los Tutoriales en 2010 representa el 17% de las ventajas con comentarios como el de la encuesta 21-2010: "Facilita el trabajo docente de preparación y conducción de la clase", sin embargo, esta ventaja no se reitera en el 2011. En FTR se considera principalmente como desventaja (Ver Figura 2) con comentarios como el de la encuesta 22-2010: "Requiere de mucho apoyo del profesor". En CDI también se percibe principalmente como desventaja en ambos años como se puede ver en la Figura 2 con comentarios como el de la encuesta 23-2011:"Requiere mucho tiempo del profesor para la preparación".

Grado de participación del alumno

Se agruparon todas las frases alusivas a la participación del alumno. Corresponde al grado de involucramiento y participación estudiantil que los asistentes al taller perciben que promueve la estrategia didáctica. Aunque todas las estrategias didácticas de los talleres AAEyM y AATyF son de aprendizaje activo de la física los docentes perciben mayor participación del alumno en algunas de ellas. En la Figura 5 se observa que es el segundo apartado con mayor cantidad de frases positivas. En la Figura 4 se observa que el orden del grado de participación del alumnos de acuerdo con las frases positivas de este rubro en el 2011 es: CDI, Tutoriales y FTR, lo que difiere de lo que ocurrió en 2010 en donde el mayor grado de participación del alumno se reportó en FTR. Este cambio puede provenir del tópico y las actividades de cada taller. Algunas frases positivas de esta categoría se ejemplifican con la encuesta 16-2011: "y es bueno porque provee discusión con sus pares" y la encuesta 17-2011:" Retira a los alumnos de un ambiente pasivo para llevarlos a una realidad de plena actividad". También se encontraron frases que indican que aún con estas estrategias los profesores perciben dificultades para implicar al alumno como se muestra a continuación: Tutoriales encuesta 20-2010 "No todos trabajan colaborativamente" y en CDI encuesta 18-2010: "Me parece que el estudiante no participa tan activamente".

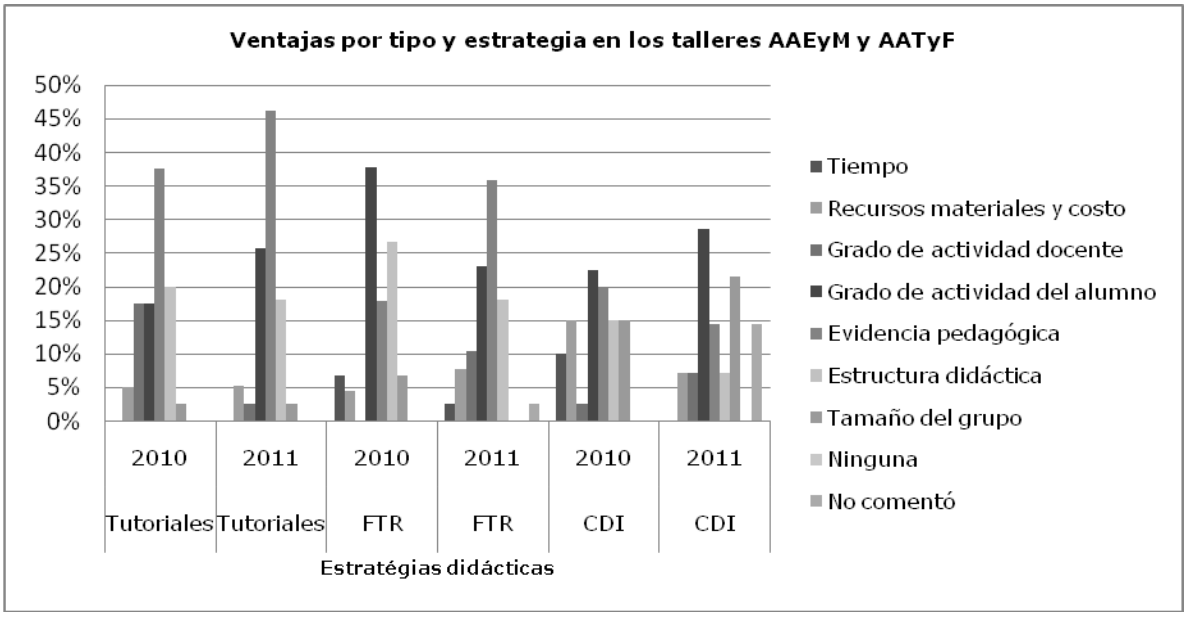


Figura 4. Porcentaje de frases de las ventajas por estrategia en los talleres AAEyM 2010 y AATyF 2011

Evidencia pedagógica

Etkina (2010) menciona que los maestros de física deben capacitarse en el conocimiento pedagógico del contenido (*pedagogical content knowledge*) que incluye el conocimiento de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes en tópicos específicos, sus preconcepciones y las estrategias instruccionales que son sugeridas para transformar las preconcepciones. Los comentarios que se agrupan bajo este título son aquellos que muestran evidencia del conocimiento pedagógico del contenido de los asistentes al taller. Se incluyeron aspectos como el desarrollo de habilidades cognitivas, superación de preconcepciones y la motivación que provoca el hecho de involucrarse de manera activa en el aprendizaje de la física. En la Figura 5 se observa que en este título se agrupa la mayor cantidad de opiniones positivas y en la Figura 4 se observa que tanto Tutoriales como FTR contribuyen de forma positiva a esta situación. Se consideraron comentarios como los siguientes: Tutoriales encuesta 17-2010 "Estimula el razonamiento y el desarrollo conceptual", FTR encuesta 24-2010: "Acerca la física a situaciones cotidianas". También se encontraron desventajas relacionadas con este tema como se expone en los siguientes comentarios: Tutoriales encuesta 20-2011: "A veces son muy extensos y la concentración decae" y en FTR encuesta 23-2011: "tratar que el experimento salga bien puede hacer que el alumno pierda el foco, que es el nuevo concepto".

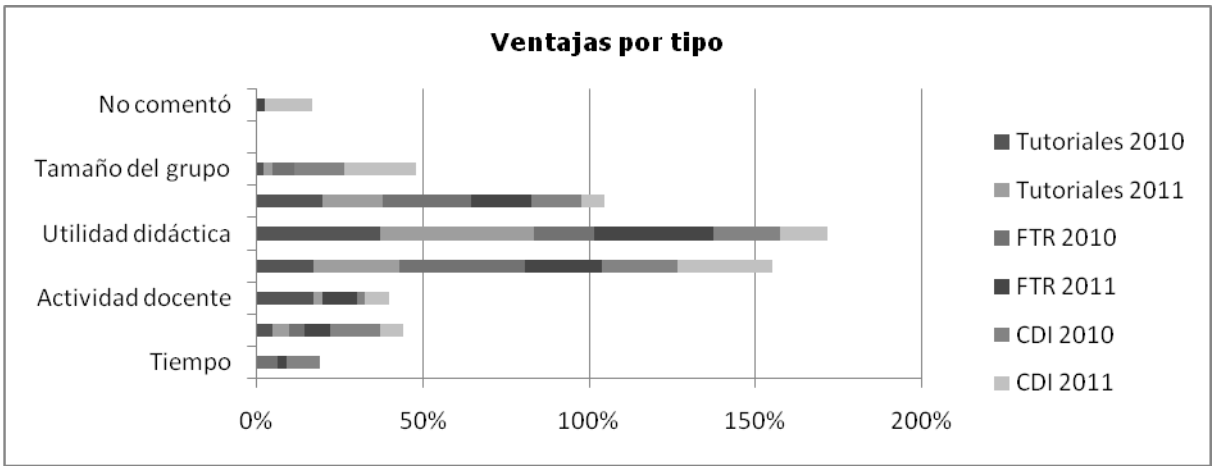


Figura 5. Porcentaje acumulado de frases con ventajas por tipo en los talleres AAEyM 2010 y AATyF 2011.

Estructura didáctica de la estrategia

Se agruparon todos los comentarios que hacen alusión a la secuencia necesaria para llevar a cabo las estrategias. Se debe tomar en cuenta que los profesores experimentaron las estrategias de forma práctica, como alumnos, por lo que estos comentarios muestran la forma en que los asistentes al taller perciben la estructura de la estrategia, si bien esta información está explícita en el manual del taller lo que plasmaron en estos comentarios es lo que percibieron al realizarlas. Se observa en la Figura 5 que es el tercer título en importancia en el caso de las ventajas. Las opiniones positivas son como las siguientes: FTR encuesta 6-2011: "sigue una secuencia de actividades tendiente a la construcción de saberes realmente significativos, de manera colaborativa"; CDI encuesta 20-2011: "contraste entre predicción y resultado experimental"; Tutoriales encuesta 18-2010: "La estructura permite llegar al concepto razonando". Por otra parte, también se percibe de manera negativa como se aprecia en la Figura 3 en donde también ocupa la tercera posición con mayor cantidad de comentarios. Las objeciones son ejemplificadas a continuación. Tutoriales encuesta 5-2010: "Demasiado conducido, muy guiado"; CDI encuesta 8-2011: "si se sigue la metodología de los 8 pasos siempre, creo que llegaría a ser muy aburrido para los estudiantes.

Tamaño del grupo

Se reunieron los comentarios de los profesores en relación a la posibilidad de aplicar las estrategias con grupos de diverso tamaño. No es un aspecto que mencionen con alta frecuencia los profesores de estos talleres tal como se aprecia en las Figuras 3 y 5. Un ejemplo de opinión positiva se encuentra en CDI encuesta 18-2010: "Permite trabajar con un gran número de alumnos". En las desventajas tiene menor número de menciones por ejemplo en FTR encuesta 23-2011: "poco posible en grupos numerosos".

B. Valoración de las estrategias para emplearlas en el aula

Al preguntar a los docentes ¿Qué estrategia piensas implementar en el aula? En ambos años los profesores mencionan con mayor frecuencia Tutoriales (33%) seguido de CDI (22%). Los profesores también indican que piensan implementar todas o una combinación de ellas en función del tema que estén impartiendo (18%). Esto se ejemplifica con el comentario de la encuesta 4-2011: "Todas, pero trataré de hacerlas combinadas; desarrollaré la clase aplicando las tres" y encuesta 2-2010: "Todas pero hay que convencer a los compañeros". Con la información de las encuestas de los dos años también se encontró que no descartan utilizar las estrategias pero depende de varios factores para que en realidad ocurra. Perciben que Tutoriales promueve mayor aprendizaje aunque es un proceso muy guiado y que FTR lo hace en menor medida por la complicación de extraer la información de los sensores, sin embargo, recalcan que depende del tema y de las condiciones de aplicación. Los profesores mencionaron que todas las estrategias promueven el aprendizaje de la física, por lo que no se debe descartar ninguna.

La psicología social establece que en ocasiones se encuentran discrepancias entre los tres componentes (cognitivo, conductual y afectivo) que integran a las actitudes (Vázquez y Manassero, 1995) lo que podría explicar que a pesar de las objeciones o desventajas que los profesores mencionan para cada estrategia, se muestren dispuestos a intentar aplicarlas. Esto indica que los profesores que asistieron a los talleres valoran de modo positivo las estrategias que experimentaron, sin embargo, su valoración parece ser crítica y reflexiva pues fueron capaces de detectar desventajas en las estrategias que deberán ser contempladas cuando ellos sean los responsables de replicar el taller.

C. Factores que dificultan la implementación de las estrategias: Tutoriales para Física Introductoria, Clases Demostrativas Interactivas (CDI) y Física en Tiempo Real (FTR) desde la perspectiva de los formadores de formadores.

En la literatura se han reportado algunos dilemas que experimenta el docente para adoptar estrategias didácticas constructivistas. Los dilemas que más frecuentemente se esgrimen para no realizar cambios en su práctica docente son: El tiempo que toma realizarlas, la dificultad para conseguir los recursos, y el cambio de rol que demanda una mayor preparación (Anderson, 2007). De estas objeciones se considera que la falta de recursos económicos es un factor que puede obstaculizar la implementación de estrategias didácticas de aprendizaje activo toda vez que los profesores de estos talleres reportan como desventaja el costo de los equipos, que suelen ser adquiridos a través de un acuerdo institucional. Los otros dilemas que mencionan los profesores pueden tener su origen en sus creencias sobre la ciencia, la enseñanza y el aprendizaje (Anderson, 2007), por lo que se sugiere mayor capacitación pedagógica, disciplinar y pedagógica de la física para apoyar al profesor en la transición hacia las estrategias de aprendizaje activo. La ganancia en aprendizaje y la retención del mismo que se ha documentado ampliamente (Meltzer y Thornton, 2012) pueden servir como alicientes para motivar a los profesores a continuar capacitándose para lograr cambios en su práctica docente.

DISCUSIÓN

Los participantes a estos talleres asisten con la intención de conocer nuevas estrategias de enseñanza de la física, lo que sugiere que están insatisfechos con los resultados que obtienen con la estrategia de enseñanza tradicional. Se observó que acuden con la intención de adoptar las estrategias de aprendizaje activo pero muestran algunas dudas sobre la pertinencia de las mismas para su entorno en particular.

El tiempo es un aspecto que preocupa a los formadores de formadores antes de iniciar estrategias que demandan mayor participación del alumno. Tanto el de preparación de la estrategia, como el de capacitación para su uso y el que consume la estrategia en el aula. Es la segunda desventaja con mayor frecuencia de comentarios, lo que coincide con lo que reportan Anderson (2007) y Bayley y Nagamine (2012) quienes mencionan que el tiempo es el principal dilema de los profesores ante el uso de estrategias didácticas constructivistas. Resulta interesante que siendo el tiempo la principal desventaja de Tutoriales para Física Introductoria sea la estrategia que muestra mayor posibilidad de implementarse.

Los asistentes consideraron a los recursos materiales como la principal desventaja de las estrategias de aprendizaje activo ejercitadas en los talleres. Gil et al., (2002) menciona que lejos de descalificar las dificultades prácticas con que se enfrenta una propuesta didáctica estas deben ser aceptadas y valoradas para avanzar en el conocimiento didáctico. En los talleres AAEyM y AATyF se contempló que los recursos materiales suelen ser escasos en varios de los países de los asistentes por lo que se propusieron estrategias didácticas para distintas posibilidades, desde aquellas que requieren mínimo equipamiento hasta las que hacen uso de sensores y computadoras. Se infiere que la preferencia por implementar Tutoriales para Física Introductoria puede estar relacionada con los recursos materiales ya que es la estrategia que requiere menor equipamiento. Se sugiere establecer redes de apoyo entre los participantes de los talleres para compartir experiencias en proyectos de implementación.

El grado de participación docente divide opiniones. Se encontraron porcentajes similares de comentarios positivos y negativos, lo que podría explicarse por el cambio de rol que experimenta el docente en las estrategias de aprendizaje activo. Esto concuerda con lo que señala Anderson (2007) quien menciona que en un ambiente constructivista de aprendizaje el grado y la forma de participación del profesor y del alumno son distintos al que desempeñan en la enseñanza tradicional. El nuevo rol del docente representa un reto para los profesores de física que buscan cambiar su práctica docente pues, como establecen Bailey y Nagamine (2012), este estilo de enseñanza puede ser muy diferente del que el profesor experimentó en sus propios cursos de física. Por otra parte, los profesores expresaron desventajas en el grado de participación del alumno al considerar que existe el riesgo de que las estrategias de aprendizaje activo desarrolladas en el taller no promuevan la participación equitativa de los alumnos, esto podría derivarse de la dificultad que muestran algunos docentes para considerar al aprendizaje y a las ciencias como procesos colaborativos con fuerte interacción social (Chrobak, 2010). Las dudas que muestran los docentes ante su nuevo rol y el de sus estudiantes concuerdan con lo que menciona Anderson (2007) al discutir los dilemas que enfrenta el profesor cuando se encuentran en la transición entre dos orientaciones de enseñanza que van en un continuo entre el profesor como proveedor de conocimientos hasta facilitador del aprendizaje; del estudiante como receptor pasivo a un aprendiz auto-dirigido.

Se aprecia que los asistentes al taller consideran que las estrategias didácticas presentadas son útiles, es decir se observó mayormente una valoración positiva. Sin embargo, requieren mayor dominio sobre ellas pues sus objeciones reflejan que no han comprendido completamente las razones por las que se llevan a cabo tal como fueron presentadas. Las estrategias de aprendizaje activo elegidas para el taller cumplen con tres características distintivas: a) son explícitamente basadas en investigación de enseñanza y aprendizaje de la física, b) requieren que todos los estudiantes expresen sus pensamientos ya sea en forma oral o escrita y c) se han probado ampliamente demostrando que mejoran el aprendizaje de los estudiantes (Meltzer y Thornton, 2012). Las modificaciones que sugieren los participantes a la estructura didáctica establecida dentro de las estrategias de aprendizaje activo sugiere que es necesario reforzar la comprensión del porqué de su construcción, aspecto que podría solventarse con la revisión de los artículos de investigación que documentan la construcción de cada estrategia y que se encuentran al final de los manuales de cada taller.

CONCLUSIONES

Las frases analizadas sugieren que los profesores asisten al taller con voluntad de aprender estrategias de aprendizaje activo de la física pero expresan recelo para utilizarlas. Con las opiniones positivas de los asistentes hacia las estrategias de aprendizaje activo y la decisión de no descartar la posibilidad de utilizar al menos una de ellas se concluye que los profesores muestran convicción hacia el uso de las estrategias didácticas practicadas en el taller lo que puede interpretarse como una actitud positiva.

Las dificultades que expresaron los asistentes para implementar las estrategias de aprendizaje activo en el aula sugieren la necesidad de involucrar a las instituciones educativas para que puedan brindar el apoyo necesario para realizar la transformación didáctica. Las restricciones de tiempo y recursos materiales podrían ser negociadas a fin de avanzar hacia el aprendizaje activo. Se considera que estos talleres contribuyen a erradicar algunas de las objeciones de los docentes para resistirse al cambio en su práctica educativa.

Estos talleres contribuyeron a incrementar el conocimiento disciplinar de los asistentes. Los resultados obtenidos en el pre test tanto del CSEM (72±19%) como del HTCE (67±22%) mostraron que los formadores de formadores sostenían algunas dificultades conceptuales al inicio del taller. Con los resultados post taller se documentaron diferencias positivas estadísticamente significativas en su aprendizaje conceptual en el CSEM ($p<0.036$, Wilcoxon Test, $Z=2.1$) y en el HTCE ($p<.033$, Wilcoxon Test, $Z=2.138$). Ambos resultados fueron calculados con SPSS v.16.

El aprendizaje disciplinar que demostraron los asistentes al término de los dos talleres podría atribuirse a la eficacia de las estrategias didácticas empleadas, lo que refuerza la necesidad de proseguir con la formación continua de los profesores en el aprendizaje activo de la física a través de estos talleres.

Los resultados obtenidos en las actitudes hacia las estrategias y en el aprendizaje disciplinar de los asistentes constituyen evidencia positiva de que este primer paso en el proceso de cambio conceptual hacia el aprendizaje activo de la física ha sido exitoso. La reflexión post taller y el proyecto de replicación del mismo al que están comprometidos varios de los asistentes representa el siguiente paso en este proceso de cambio.

AGRADECIMIENTOS

Silvia Tecpan y Genaro Zavala agradecen a la cátedra de Enseñanza de la Física del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey a través de la cuenta 0020CAT140. Julio Benegas agradece al Ministerio de Educación de la Nación Argentina y a la Universidad Nacional de San Luis por el importante apoyo otorgado para la realización de los Talleres de Aprendizaje Activo objetos de este estudio.

REFERENCIAS

Alvarado, R., y Flores-Camacho, F. (2010). Percepciones y supuestos sobre la enseñanza de la ciencia. Las concepciones de los investigadores universitarios. *Perfiles educativos, 32*(128), 10-26.

Anderson, L. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. En S. Abell y N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1151-1177). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Bailey, J., y Nagamine, K. (2012). Experiencing conceptual change about teaching: A case study from astronomy. *American Journal of Physics, 80*(6), 542-552.

Benegas, J., Zavala, G., Gangoso, Z., Gattoni, A. y Truyol, M.E. (2010). Reporte del 3er Taller Regional del Cono Sur sobre aprendizaje activo: Electricidad y Magnetismo (AAEyM-Córdoba 2010) y la 3ra. Conferencia regional del Cono Sur sobre aprendizaje activo de la Física (CRAAF-3). *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 3, 776-780

Benfor, R., y Lawson, A. (2001). Relationships between effective inquiry use and the development of scientific reasoning skill in college biology labs. Arlington, EE.UU.

Chrobak, R. (2010). *Volver a aprender el derecho a enseñar. Metodologías de enseñanzas de las ciencias.* Neuquén, Argentina: EDUCO.

Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physic teachers. En E. Meltzer y P. Shaffer (Eds.), *Teacher education in Physics. Research, curriculum, and practice* (pp. 22-23). College Park, USA: American Physical Society.

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., y Martínez-Torregrosa, J. (2002). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona, España: Horsori.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4 ed.). México: Mc Graw Hill.

McDermott, L.C., y Shaffer, P.S. (2001). Tutoriales para Física Introductoria. Buenos Aires, Argentina: Prentice Hall

Manassero, M., y Vázquez, A. (2001). Actitudes y creencias de los estudiantes relacionadas con CTS. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de la ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía.* (pp. 149-162). Madrid, España: Narcea.

Meltzer, D., y Thornton, R. (2012). Resource letter ALIP-1: Active-learning instruction in Physics. *American Journal of Physics, 80*(6), 478-496.

Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research. A guide to design and implementation*. San Francisco, CA: Jossey Bass.

Mertens, D. M. (2005). *Research and evaluation in education and psychology:Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Thousand Oaks, CA: Sage

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2008). *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana.* España: Santillana.

Simpson, R., Koballa, T., Oliver, S., y Crawley, F. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and learning. A project of the National Science Teachers Association* (pp. 211-234). Nueva York: Macmillan

Sokoloff, D.S., y Thornton, R.K., (2004). Interactive Lecture Demonstrations. New York: Wiley

Sokoloff, D.S., Thornton, R.K., y Laws, P. (2004). Real Time Physics. New York: Wiley

Stake, R.E. (1995). *The art of case study*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Tecpan, S., Zavala, G. y Benegas, J. (2012). Attitudes of in-service physics teachers towards a constructivist professional development workshop. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*

Thornton, R. y Sokoloff, D. (1987). The Heat and Temperature Concept Evaluation (HCTE). Recuperado de http://physics.dickinson.edu/~wp_web/wp_resources/wp_assessment.html#HTCE

Vázquez, A., y Manassero, M. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: Una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias, 13,* 337-346.

Zavala, G y Alarcon, H. (2008). Evaluation of instruction using the conceptual survey on electricity and magnetism in Mexico. *2008 Physics Education Research Conference, 1064*, 231-234

Zavala, G., Alarcon, H. y Benegas, J., Innovative training of in service-teachers for active learning: A short teacher development course based on physics education research, *Journal of Science Teacher Education*, 18, 559-572 (2007)

A FORMAÇÃO PÓS-GRADUADA PARA PROFESSORES E O MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO: UMA DEFESA

Paulo de Faria Borges

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca / CEFET-RJ

Av. Maracanã 229 bloco E quinto andar, Rio de Janeiro, 20271-110, RJ, Brasil
tel. +552125694495 fax +552125694495 celular +552199229899
pborges@cefet-rj.br

"...São tantas novidades que os professores, de todos os níveis, tornaram-se bastante inseguros sobre o que ensinar e como ensinar." Carvalho, (2003).

RESUMO

Neste trabalho são apresentados alguns dos pontos considerados relevantes, por diversos autores, no que tange à formação de professores e suas relações com a escola e o contexto social e histórico onde a mesma está inserida. A partir desta contextualização, se descreve uma proposta de formação pós-graduada para professores e se defende o Mestrado Profissional em Ensino como uma das vias adequadas para atingir este objetivo. Para finalizar, consideramos brevemente as diferenças entre fazer pesquisa na sala de aula e na academia, e argumentamos que é preciso definir critérios compatíveis com ambas. Dois exemplos de dissertações defendidas no âmbito de um mestrado profissional estão incluídos.

RESUMEN

En este trabajo se presentan algunos de los puntos que se consideran pertinentes, por varios autores, con respecto a la formación de maestros y su relación con la escuela y el contexto social e histórico en el que se inserta. En este contexto, se describe una propuesta de capacitación en postgrado para profesores y se aboga por el máster profesional en la enseñanza como un medio apropiado para lograr este objetivo. Finalmente, consideramos brevemente las diferencias entre hacer investigación en el aula y en la academia y argumentamos que es necesario definir los criterios que son compatibles con ambos. Se incluyen dos ejemplos de tesis defendidas bajo un posgrado profesional.

ABSTRACT

This paper presents some of the points considered relevant by various authors regarding the training of teachers and their relationships with the school and the social and historical context where it is inserted. From this context, it describes a proposal for post-graduate training for teachers and advocates the Professional Master's in Education as an appropriate means to achieve this goal. Finally, we consider briefly the differences between doing research in the classroom and in the academia, arguing that it is necessary to define consistent criteria with both. Two examples of dissertations in the context of a professional master's degree are included.

INTRODUÇÃO

O exercício do magistério tem sido no Brasil e no resto do mundo uma atividade quase que inteiramente embasada na intuição e no talento individual do professor. Shulman (1986), no entanto, defende que bons professores só o são após adquirir e amadurecer o que é chamado de Conteúdo de Conhecimento Pedagógico, PCK na sigla em língua inglesa. Além disso, se defende que esta é uma construção pessoal ao longo dos anos de exercício do magistério, e não pode ser aprendida nem ensinada nos cursos de formação de professores. Até bem pouco tempo, os cursos de formação de professores, em geral, se dedicavam ao ensino dos conteúdos específicos, e a Didática e Psicologia da adolescência para o ensino médio. A partir da mudança do diploma legal que instituiu os cursos superiores de formação de professores para atender ao ensino fundamental, nestes cursos também se ensina didática e psicologia infantil para atender a este segmento. Além disso, havia um investimento na formação administrativa do futuro professor com as disciplinas de estrutura e funcionamento dos ensinos fundamental e médio. Nesta estrutura não havia lugar para disciplinas de metodologia de ensino que abordassem ensino por investigação (Wenning, 2011a , 2011b, 2011c), aprendizagem ativa (Meltzer e Thornton, 2012), ensino por resolução de problemas (Hsu, Brewe, Foster e Harper, 2004), pesquisa-ação (Mion e Saito, 2001; Hodson, Bencze, Elshof, Pedretti e Young, 2001; Etkina, Karelina, Murthy e Ruibal-Villasenor, 2009), modelo de reconstrução educacional (Duit, Gropengieβer e Kattmann, 2005), etc. e temas ligados à epistemologia e história das disciplinas em particular e das Ciências de forma geral. As teorias de aprendizagem que fundamentam as diversas metodologias de ensino, por exemplo, que situassem as metodologias citadas no contexto do construtivismo, eram tratadas quase que de passagem e discussões mais consistentes sobre elas, raras e circunstanciais. Já nos anos 1980 algumas licenciaturas introduziram cursos de história e/ou filosofia da ciência e cursos de instrumentação para o ensino das disciplinas específicas correspondentes iniciando o processo de mudança na formação, que vem se espalhando desde então. Estas mudanças ao redor do mundo levaram a que outros pesquisadores (Etkina, 2010) propusessem atividades de formação que fossem adequadas para formar PCK nos futuros professores. Estas atividades, todas baseadas nos resultados da pesquisa em ensino, se destinam a prover ao futuro professor experiência em orientação para o ensino, currículo, concepções prévias dos estudantes e dificuldades de aprendizagem, estratégias de ensino bem sucedidas, avaliação e amadurecimento do domínio dos conteúdos disciplinares. Aliadas a estas experiências, uma sólida base teórico-metodológica capaz de situá-las e permitir que o futuro professor continue, após o término dos cursos, de forma segura, a se desenvolver profissionalmente. Neste trabalho, será defendido que o Mestrado Profissional em Ensino, é um dos caminhos capazes de atingir este objetivo em função de sua flexibilidade disciplinar e poder de agregar professores de diferentes departamentos com diferentes especialidades.

A ESCOLA E O PROFESSOR

A escola não mudou muito nos últimos 100 anos, no entanto, o público que vai à escola e o entorno social e político no qual a escola está inserida mudou radicalmente. As novas relações sociais, mediadas por uma cada vez maior ausência de limites, a moda, o consumo de álcool e drogas, a gravidez precoce, o desinteresse dos estudantes mais pobres em função da baixa auto-estima e de perspectivas de futuro pífias (Santos, Yonekura, Soares e Campos, 2012). Além disso, aos 12 anos de idade os jovens já não se comportam como crianças e sim como adolescentes, sendo que em alguns grupos sociais a adolescência pode se estender até ao término do curso universitário (Tolchinsky, 2004). Estes fatos são acompanhados pelo declínio da imagem social do professor devido aos baixos salários e sua associação com baixa qualificação e competência. Professores bem preparados deixam o magistério em busca de salários melhores e padrões sociais de maior status.

A introdução das novas tecnologias de informação e comunicação no ambiente escolar, convivendo com as velhas tecnologias que ainda não desapareceram, especialmente nas escolas públicas e nas mais pobres, tem sido um desafio para o professor. Estas tecnologias podem ser usadas simultaneamente ou não e em geral, quando se trata de computadores, os estudantes estão mais bem preparados para o uso que o professor. A tecnologia está lá, mas o treinamento para sua utilização, a relação entre a forma de uso das tecnologias e os processos psicológicos descritos nas teorias de aprendizagem que deveriam justificar as escolhas pedagógicas dos professores, os exemplos de uso bem sucedido, entre outros, não estão à disposição do professor. Qual a relação entre as metodologias baseadas nas teorias psicológicas e epistemológicas com o uso das tecnologias? Como estes referenciais teóricos ajudam a escolher a tecnologia e a maneira de usá-la? Já temos uma didática das tecnologias? As tecnologias podem substituir o laboratório didático no processo de ensino-aprendizagem? Como as tecnologias de informação e comunicação entram no ambiente do laboratório? O laboratório didático pode ser o lugar privilegiado onde desenvolver uma didática das tecnologias? (Sweeney e Paradis, 2005). Os recursos multimídia: imagem e som, movimento e luz. Assistir a uma apresentação multimídia pode substituir a experiência? A multimídia pode substituir o laboratório didático na medida em que é capaz de simular a experiência concreta? (Kearney, 2005).

A escola está diante das questões postas acima, que não são únicas, outros autores têm apresentado questões relevantes nesta discussão. A proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o conceito de conteúdo é muito mais ampla do que o significado que essa palavra tem no ensino tradicional, que está limitada nos conteúdos disciplinares a ser ensinados. Ela propõe que "na escola se ensinem e se aprendam outras coisas consideradas tanto ou mais importantes que os fatos e conceitos como, por exemplo, determinadas estratégias ou habilidades para resolver problemas, selecionar informações pertinentes em situações novas ou inesperadas; ou, também, saber trabalhar em equipe, mostrar-se solidário com os companheiros, respeitar e valorizar o trabalho dos demais ou não discriminar as pessoas por razões de gênero, idade ou outro tipo de características individuais" (Carvalho, 2003; Coll, Pozo, Sarabia e Valls, 1992). Então, como tornar claro, para cada uma das disciplinas do currículo, essa ampliação do significado da palavra conteúdo. É necessário redefinir esse ensino, vencer o obstáculo da experiência primeira do futuro professor para que ele não repita a sua própria experiência escolar, e aja de tal forma que as competências a serem alcançadas nos conteúdos específicos se desenvolvam de maneira inter-relacionada com os conteúdos procedimentais, que representam as habilidades para desenvolver o conteúdo conceitual e, também, as atitudes, os valores e as normas, pois sem estes os outros dois tipos de conteúdo (os conceitos e procedimentos) não poderão ser aprendidos. Quais são os conteúdos procedimentais (habilidades) de cada uma das disciplinas? Onde buscar esses novos conteúdos?

Em relação ao ensino de ciências, o que os professores precisam para compreender a relação entre os conteúdos conceituais e os procedimentais e, assim, estar aptos a preparar novas atividades de ensino, é: desenvolver o próprio PCK (Etkina, 2010); desenvolver qualidades como inquietação, curiosidade e pesquisa; ser capaz de explorar o saber advindo da experiência, refletindo e pesquisando sobre a mesma; ter consciência do papel do seu saber específico no conjunto dos saberes a ser ensinados; reintegrar o conhecimento ultrapassando sua fragmentação e descontextualização; ter domínio dos recursos de informática; interagir com novos espaços de conhecimento; manter engajamento permanente em sua autoeducação e educação continuada (Massetto, 1994; Hypólito, 1999). Cabe também ao professor fazer a transcrição entre a cultura própria da comunidade científica e o resto da sociedade ao guiar seus estudantes na apropriação da cultura científica (Galvão, Reis e Freire, 2011). Se considerarmos em uma perspectiva construtivista, este professor deverá questionar, induzir, desafiar, estimular a discussão de idéias, permitindo uma exposição democrática delas e completa liberdade de aprender e transmitir informações novas, dessa forma favorece o pensamento cooperativo, induz ao conflito cognitivo que estimula a crítica, cria momentos de síntese e revisão das situações vivenciadas, produzindo novas formas de pensar e dar significado ao mundo.

Este professor deve ainda com base nos resultados de seus alunos avaliar critica e honestamente sua prática, e em conseqüência planejar as alterações que se tornem necessárias em seu cotidiano escolar (Carvalho, 2003). Carvalho e Gil-Pérez (1993) ainda defendem os seguintes pontos que se superpõem com os já citados:

. Conhecer os problemas que originaram a construção de tais conhecimentos e como chegaram a articular-se em corpos coerentes, evitando assim visões estáticas e dogmáticas que deformam a natureza do conhecimento. Trata-se, portanto, de conhecer a história das ciências, não só como suporte básico da cultura científica, mas principalmente como uma forma de associar os conhecimentos com os problemas que originaram sua construção, sem o qual tais conhecimentos aparecem como construções arbitrárias. Pode-se, assim, conhecer quais foram as dificuldades, os obstáculos epistemológicos que se teve de superar, o que constitui uma ajuda imprescindível para a compreensão das dificuldades dos alunos.

. Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos, isto é, conhecer a forma como os cientistas definem e tentam resolver os problemas de seu campo do saber, as características mais notáveis de sua atividade, os critérios de validação e aceitação de suas teorias.

. Conhecer as interações Ciências-Tecnologia-Sociedade associadas à construção de conhecimentos, sem ignorar o freqüente caráter conflitivo dessa construção e a necessidade da tomada de decisão.

. Ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas, para poder transmitir uma visão dinâmica do conteúdo a ser ensinado.

. Adquirir conhecimentos de outras disciplinas relacionadas, de tal forma que possa abordar problemas transdisciplinares, a interação entre distintos campos e também os processos de unificação. Existe uma forte correlação entre "conhecer o conteúdo que se deve ensinar", isto é, o domínio do conteúdo pelo professor e como esse conteúdo deve ser trabalhado com o aluno, isto é, o conteúdo escolar.

Estes pontos podem ser generalizados para outras disciplinas que não apenas as ciências (Silva, 2002; Carvalho, 2003) e, além disso, podem também servir de parâmetro para discussões em outros campos do conhecimento.

Quando os professores conhecem o conteúdo que pretendem ensinar abrangendo os pontos citados anteriormente, provavelmente ele terá condições de planejar um ensino que alcance o conceito de "conteúdo escolar" (Coll, 1992) ou terá adquirido um altamente denso Conteúdo de Conhecimento Pedagógico (PCK) (Shulman, 1986; Etkina, 2010). Não é fácil desenvolver atividades de ensino, dentro de um conteúdo específico, de forma a possibilitar que os alunos trabalhem inter-relacionando os conteúdos conceituais, os procedimentais, isto é, as habilidades inerentes à construção de cada conteúdo conceitual, bem como o atitudinal. O importante é que os professores, em cada escola, possam discutir amplamente esses pontos, primeiro com seus colegas de área para depois, ampliando a discussão, apresentar aos demais professores os conteúdos conceituais e procedimentais a serem abordados e, conseqüentemente, as competências e habilidades que esperam alcançar com seus alunos. A formação de uma comunidade de praticantes em que as narrativas e os saberes se misturam e contribuem para o crescimento de todos é condição fundamental para o desenvolvimento do PCK comunitário. O estabelecimento de relações de confiança profissional neste desenvolvimento é de fundamental importância (Wallace e Melville, 2007).

A ESCOLA E O CURRÍCULO

Nesta seção uma curta reflexão sobre os currículos escolares é realizada. Não tentamos ser originais neste ponto, seguimos basicamente Gil Perez (1996), que acreditamos ainda atual. Atualmente há um movimento de renovações curriculares no ensino de Ciências, que atinge boa parte dos países ibero-americanos e que responde às rigorosas análises das limitações dos currículos vigentes. As novas propostas curriculares apóiam-se, em geral, no recente desenvolvimento da Didática das Ciências e pretendem ir muito mais além de uma simples mudança temática. A renovação curricular que se propõe tem, pois, uma sólida fundamentação e responde ao consenso crescente em torno das proposições construtivistas, apesar das controvérsias envolvidas em torno desta posição filosófica (Laburu, Carvalho e Batista, 2001). Contudo, a investigação educacional evidencia a existência de diferenças marcantes entre o que os planejadores de currículos almejam e a prática efetiva dos professores. Não basta, pois, planejar cuidadosa e fundamentadamente um currículo se o professorado não recebe a preparação adequada para implementá-lo. E não se trata simplesmente de proporcionar aos professores e professoras instruções detalhadas através de manuais ou de cursinhos ad hoc. Tais procedimentos têm mostrado sua ineficácia, revelando que a transformação da docência tem sérias exigências e não pode ser concebida como uma questão de rejeição voluntarista do "ensino tradicional", tampouco como simples retoques pontuais da mesma. Este ensino tradicional, ou seja, por transmissão de conhecimentos já elaborados, constitui um modelo coerente, muito utilizado, que abarca todos os aspectos da aprendizagem de Ciências, o que faz com que sua transformação exija tanto um conhecimento claro e preciso de suas deficiências como a elaboração de um modelo alternativo igualmente coerente e eficaz, não envolvendo apenas aspectos pontuais (Gil Perez, 1996).

A ESCOLA E O CONTEXTO

Inovação tecnológica, novas tecnologias, inovação técnico-científica, inovação científico-tecnológica, 2ª ou 3ª revolução industrial são expressões que, corriqueiramente, vêm sendo utilizadas para definir a natureza de determinadas transformações que se encontram em curso nas relações econômicas e sociais deste início de século.

O eixo comum para onde convergem as diversas teses existentes sobre estas transformações é o reconhecimento de que o desenvolvimento da ciência, sua aplicação na forma de tecnologia, e a materialização desta última enquanto meio de produção interferem, de algum modo, nos processos de trabalho e nas relações sociais e técnicas de produção. De forma mais ampla, interferem na formação social, política, econômica e cultural das sociedades. Se verifica que o fenômeno da flexibilização produtiva decorre não só da introdução de inovações tecnológicas, mas, sobretudo, da adoção de inovações organizacionais.

Em termos globais, o processo de difusão das inovações tecnológicas nas empresas vem se dando de modo heterogêneo, havendo diferenças marcantes nos padrões adotados entre países, entre setores de um mesmo país, entre empresas de um mesmo setor. Muitos foram os entraves, historicamente constituídos, que obstaculizaram o processo renovador. É neste contexto que a Educação do futuro cidadão passa a ser colocada em questão, discutindo-se sua pertinência e exeqüibilidade num contexto de amplas transformações. Em detrimento de uma formação fragmentária, estreita e especializada em relação a uma ocupação ou posto de trabalho, surge o debate em torno da Politecnia, da Polivalência e das Competências, novos espaços para o repensar da Educação (Grinspun, 1999).

Face a este panorama, refletir e articular experiências na área científico-tecnológica de modo a contribuir para o aprofundamento do conhecimento crítico sobre as transformações e tendências acima apontadas e, especialmente, dela participar de forma pró-ativa torna-se urgente. Isto significa afirmar que as instituições devem se sentir no dever de direcionar seus esforços para o fomento de pesquisas que busquem não apenas a compreensão das dimensões técnica, científica e organizacional / educacional das transformações em curso, mas especialmente, que sejam capazes de gerar novas estratégias e alternativas para a sociedade.

Do ponto de vista da compreensão sobre as mudanças geradas pelo desenvolvimento científico-tecnológico contemporâneo, defendemos que as dimensões técnica, organizacional e educacional constituem os pilares do processo em questão. A dimensão técnica estaria entendida no âmbito da emergência de novos processos tecnológicos, enquanto que a dimensão organizacional / educacional estaria relacionada às novas formas de gestão da produção e do trabalho, em paralelo ao aprofundamento da reordenação social das profissões, e à mudança no perfil de qualificação da mão-de-obra, aspectos estes redefinidores dos requisitos e das características que tendem a marcar a Educação neste final de século.

A área de Ensino de Ciências e Matemática recebe a responsabilidade de incorporar a revolução tecnológica da segunda metade do século XX ao processo educacional a partir da multidisciplinaridade entre as duas áreas em questão.

Neste nível educação, pesquisa e ensino ocorrem de modo conjugado significando, por um lado, que os Projetos implicam na permanente atualização e enriquecimento do curso e, de outro lado, o espaço educacional em questão assume vital importância para o debate e o aprofundamento teórico-prático dos Projetos.

O pressuposto básico desta discussão constitui-se no fato de que o desenvolvimento acelerado do conhecimento científico, assim como suas conseqüências no progresso tecnológico, estariam pondo em crise a tradição em torno da fragmentação do próprio saber científico-tecnológico; ou seja, o atual estágio de fragmentação do conhecimento humano está absolutamente congruente com o modo de produção em voga, associado ao estágio do desenvolvimento e da tecnologia. Por outro lado, o próprio desenvolvimento científico-tecnológico nos possibilita mais a vivência da interdisciplinaridade. Neste sentido, a relação ciência-tecnologia não é só demanda do processo produtivo, mas do processo de produção do conhecimento.

Isso denota que a especialização do saber, resultante da clássica divisão social e técnica do trabalho, cede lugar a visões mais abrangentes e totalizadoras dos fenômenos físicos e sociais, ocorrendo uma dilatação nos limites das áreas ou campos do conhecimento científico. Sem comprometer a especificidade de determinados campos científicos e tecnológicos, o saber emergente tende ao resgate da unidade do conhecimento, gerando com isso, novas áreas, de maior abrangência, articuladas com a nova realidade, definindo o que se poderia denominar *saber tecnológico*.

A união deste saber com os saberes oriundos das teorias de aprendizagem, da Pedagogia, da Psicologia, deve fundamentar uma didática das tecnologias que permita realizar a proposta de formação defendida na proposta de mestrado profissional.

Este novo saber reflete-se na formação dos Mestrandos em mestrados profissionais como um conjunto de Competências que podem, criticamente, ser aplicadas em vários contextos de trabalho como, por exemplo, centros tecnológicos públicos e privados, órgãos governamentais de fomento à ciência e tecnologia, empresas de base tecnológica, instituições de educação, ensino e formação profissional, etc.

De modo distinto dos mestrados convencionais, a formação do Mestre Profissional se distancia da unilateralidade característica das especializações em áreas tradicionais da educação. Não se trata, com isto, de uma proposta que vise o aprofundamento curricular em áreas de conhecimento já consagradas nem, tampouco, que busque uma formação generalista nos moldes das antigas escolas politécnicas. É concepção de pós-graduação cuja relevância encontra-se posta na especificidade do conhecimento tecnológico moderno, em sua vinculação com o mundo produtivo e social contemporâneo e com as modernas bases do pensamento pedagógico, para onde, cada vez mais, convergem inúmeras áreas do saber historicamente construídas pelos homens.

Assim, o Mestre em Ensino de Ciências e Matemática trará a marca da multidisciplinaridade agregando em sua formação competências para:

- Conhecer e utilizar as inovações tecnológicas, com ênfase em suas aplicações educacionais.
- Analisar, difundir e aplicar informações pertinentes às políticas públicas de expansão do Ensino de Ciências e Matemática.
- Desenvolver, avaliar e implantar estratégias e projetos de cooperação e transferência de tecnologia voltada para o ensino de base tecnológica.
- Acompanhar e identificar tendências nacionais e internacionais de desenvolvimento tecnológico e de adoção de tecnologias face o processo de reestruturação / modernização do sistema educacional.
- Diagnosticar e especificar necessidades de educação, de formação e de reconversão profissional em ambientes marcados por transformações tecnológicas e organizacionais.
- Planejar, implantar, avaliar e atuar em programas de educação e formação inicial ou continuada, presenciais ou à distância, em seus múltiplos níveis.
- Refletir, criticamente, em relação aos impactos do desenvolvimento tecnológico e à adoção de inovações organizacionais e tecnológicas sobre as instituições, a sociedade em geral e, em particular, sobre o mundo da escola.

Diferentemente das concepções que marcaram as décadas de 60/70, a educação básica de conteúdos gerais assume centralidade face os novos requisitos do mundo produtivo e social. O reforço dos aspectos científicos desta educação básica exige uma melhor formação dos professores de Ciências e Matemática. Assim, a relevância do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática localiza-se na necessidade de levar ao professor os avanços tecnológicos disponíveis no mundo em que vive e trabalha, mas também familiarizá-lo com sua utilização e estimular a inovação educacional a partir do uso destes recursos, apresentando a Ciência e a matemática de forma conseqüente com as necessidades destes tempos. A *informação* e o *conhecimento* passam a constituir objeto das estruturas organizacionais modernas não se podendo perder de vista que, apesar do conhecimento ser uma construção social e histórica, é através da educação que ele é, ao mesmo tempo, produzido e distribuído para os diferentes grupos e classes sociais.

Os impactos do desenvolvimento tecnológico sobre a educação começaram a ser sentidos no final dos anos 80, época em que se fizeram referências mais diretas à ciência e tecnologia, destacando-se a inadequação da proposta tradicional do ensino médio e sugerindo uma melhor compreensão de como o trabalho deve-se apresentar neste nível de ensino. Considerando que um projeto pedagógico que atenda a estas novas necessidades passa a ser necessário, uma base sólida e profunda dos processos científicos e tecnológicos, tanto das ciências da natureza quanto das humanas e sociais se torna fundamental. Isto possibilita ao aluno perceber que a realidade é produto das ações humanas e que lhe é permitido compreendê-la e intervir sobre ela.

O MESTRADO PROFISSIONAL

Dois grupos de professores de Ciências se interessam pela Educação em Ciências: o primeiro é o crescente número de professores cuja área de pesquisa é ou pode vir a ser a Pesquisa em Educação em Ciências; o segundo é a comunidade de professores praticantes cujo interesse está em fazer uso dos resultados da pesquisa como guia para obter melhores resultados de ensino e aprendizagem na sua sala de aula. A necessidade de se aplicar os conceitos modernos de conflito cognitivo, aprendizagem significativa, área de desenvolvimento proximal, natureza da ciência, mudança conceitual, perfil conceitual, professor pesquisador, entre outros, se tornou imprescindível na formulação de estratégias de formação de professores em todos os níveis. No entanto, temos o desejo de receitas didáticas (Trivelato, 2003) e, além disso, a existência de conflito cognitivo não significa necessariamente assimilação: pode haver também rejeição e até a simples indiferença (Kang, Sharmann e Noh, 2004). Assim, o desafio de construir seqüências didáticas que sirvam simultaneamente para o processo de aprendizagem do professor e como uma possível sugestão de processo de ensino que ele possa desenvolver com seus alunos, se torna um problema concreto de investigação. Atividades que, por fugirem do modelo de reprodução e transmissão de conteúdos, promovam a aprendizagem significativa do professor, tanto das questões conceituais envolvidas como da metodologia de ensino empregada, ultrapassando o obstáculo da experiência primeira decorrente de sua vida escolar desde o ensino fundamental. Dessa forma, com uma compreensão ampliada dos aspectos conceituais específicos, o professor pode construir uma postura mais autônoma em relação à seleção e organização de conteúdos. E, se o que ele vivenciou como aprendiz em uma seqüência didática demonstrou-se efetivo e relevante, aumenta seu repertório metodológico e sua possibilidade de escolher adequadamente seus procedimentos de ensino.

Conciliar os interesses dos pesquisadores em educação em ciências com aqueles dos professores praticantes interessados apenas nos resultados da pesquisa e ainda atender as questões referentes à formação de professores, discutidas anteriormente, nos levaram a defender um programa em nível de mestrado que capacite professores do ensino de Ciências e Matemática e os instrumentalize para a nova realidade das tecnologias de informação e comunicação na vida escolar e social moderna e simultaneamente utilize e dissemine os resultados da pesquisa em ensino / educação em Ciências e Matemática. Este é o objetivo do Mestrado Profissional em ensino de Ciências e Matemática. Este objetivo é duplo, já que pretende, simultaneamente, qualificar profissionais para desenvolver programas de formação de recursos humanos (professores para licenciaturas, e novos professores para outros mestrados) além de formar professores de ciências e matemática para os ensinos médio e fundamental capazes de produzir conhecimento pedagógico novo na sua área de atuação. Conhecimento este fortemente apoiado nos recursos tecnológicos disponíveis, nos referenciais teóricos da Psicologia, Epistemologia, Filosofia, Sociologia, Pedagogia, aliados a um profundo domínio dos conteúdos disciplinares, e na cooperação com instituições ligadas à Ciência e sua divulgação na sua região geográfica de atuação.

O exercício das funções atribuídas a um Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática requer, necessariamente, a adoção de metodologia participativa por tratar-se de um processo de construção coletiva, que pressupõe o envolvimento e a contribuição efetiva de profissionais de diferentes áreas de conhecimento e especializações. Neste sentido, as opções metodológicas relativas ao processo de construção e reconstrução de conhecimentos, valores, atitudes e habilidades a serem desenvolvidas nos cursos e disciplinas oferecidos, deverão ser orientadas pelos seguintes pressupostos:

- Os objetivos pretendidos: Gerar novos procedimentos e produzir conhecimento sobre o uso da tecnologia no ensino de Ciências e Matemática; outra forma de definir objetivos poderá ter sua justificativa em problemas de construção de conhecimento já identificados por pesquisas como SAEB (Avaliação do Ensino Básico feitas pelo MEC através do Sistema de Avaliação do ensino Básico - SAEB), resultados de pesquisas disponíveis na literatura relativa ao Ensino / Educação em Ciências e Matemática, e aquelas constatadas durante a prática cotidiana dos professores.

- Os sujeitos da aprendizagem: professores dos ensinos fundamental e médio, possuidores de uma licenciatura e professores que atuam na formação de outros professores que trazem vivência própria que deve ser respeitada mesmo que eventualmente precise ser modificada. As necessárias contextualização e transposição dos conceitos implicam em considerar os sujeitos da aprendizagem (professores mestrandos e seus alunos presentes e futuros) como sujeitos cognitivos e emocionais, contemplando assim, sua dimensão psicológica, suas atitudes e representações, sob pena das atividades não provocarem interesse, participação e desenvolvimento. Assim, o nível de escolaridade e / ou o conhecimento dos participantes, o grau de complexidade dos conceitos e teorias envolvidos, a duração da atividade e os recursos disponíveis, etc., serão considerados não só no momento de definição das estratégias metodológicas, mas também em possíveis adequações que se fizerem necessárias ao longo do processo. Dessa forma, buscando atender ao trinômio modelagem, estudo orientado, apoio estratégico / metodológico (Yung e Tao, 2004).

- A natureza do conteúdo: ciências básicas, Física e Matemática, informática, produção de software, uso de software livre, história da ciência e da educação, teorias de aprendizagem, metodologia do ensino, o laboratório didático, gestão da escola e gestão da tecnologia na escola; conteúdos científicos que se constituem de princípios, conceitos, informações relacionados por operações de classificação, de causa e efeito, negação, correlação, implicação, entre outras. A explicitação das características e propriedades de cada conteúdo deverá ser objeto de atenção tanto na etapa de planejamento das atividades como durante a realização e avaliação. Esta exigência metodológica é particularmente importante no caso de participantes professores, para que o real domínio do conteúdo lhes permita flexibilidade e criatividade na adoção de novas estratégias de ensino e avaliação de seus alunos. Interessa trabalhar a nível de fundamentação teórico-empírica e não de coleção de "receitas" didáticas.

- A duração: o elemento duração da atividade é de difícil e complexa definição, pois deve ser a resultante "ótima" da disponibilidade de tempo do professor e do aluno para permanecer no local de estudo e o tempo necessário para a apresentação, discussão e avaliação do conteúdo e das linguagens (recursos tecnológicos) utilizados. A estratégia adotada será a de propor conjuntos de eventos, visitas, oficinas, palestras, cursos, etc. a partir do qual o professor em curso possa escolher as que estiverem ao seu alcance participar, garantindo sua presença em um núcleo básico obrigatório e naquelas que forem indicadas explicitamente pelo orientador. Neste sentido, à exceção de cursos que serão planejados com maior duração, os demais eventos serão únicos enquanto temática abordada, mas poderão estar relacionados a outros que os ampliem e aprofundem. Como exemplo pode-se citar oficinas e seminários, entre outros, que desde sua concepção, englobam várias temáticas complementares. Tem-se, portanto, clareza que a programação das atividades e a duração de cada uma é um dos condicionantes do grau de aprofundamento com que cada objetivo poderá ser definido e alcançado.
- Contexto: o de um curso de mestrado profissional realizado no interior de um grande centro tecnológico / universitário onde se realiza pesquisa e educação científico-tecnológica; esta proposta considera de especial importância ter em conta o contexto em que as atividades serão planejadas e utilizadas, as redes de relações internas e externas decorrentes do trabalho institucional não podem ser minimizadas; Museus, escolas, famílias, centros de pesquisa, comunidades se apresentam com práticas, valores, rituais bastantes diferenciados em termos institucionais que refletem as diversidades sociais e culturais tão presentes na realidade da sociedade brasileira.

Não menos importante para a educação científica é a forma e a qualidade do acesso do professor, aos diversos recursos tecnológicos hoje disponíveis para uso. As áreas de informática, de tecnologia mecânica, de eletrônica, de eletrotécnica, de rádio e TV, de software para o ensino de física e de matemática, etc. aliados a um corpo docente de grande qualificação científica permitem este acesso ao professor. Os Museus de Ciência, O Jardim Botânico e o Museu Nacional, e os diversos centros de pesquisa científica, enquanto instrumentos de educação apresentam um elevado potencial de momentos de reflexão e redefinição de concepções em relação à história, ciência, cultura, instituições públicas etc. A forma de abordagem e realização das atividades a partir de equipamentos e recursos tecnológicos, caracterizam um programa em Ensino de Ciências e matemática que pretende ser interativo, multidisciplinar e capaz de abordar as mais variadas metodologias para este ensino. São inúmeras as questões que devem ser permanentemente equacionadas tanto no que se refere às relações entre áreas do conhecimento como a Biologia, a Física, a Química, a Matemática, quanto destas com as ciências sociais e humanas, sempre que possível com a mediação de linguagens artísticas. Neste sentido, especial atenção merecem os conceitos transdisciplinares que exercerão um papel importante na concepção e avaliação das ações pedagógicas. Conceitos como "energia", "função", "código", "informação", "modelo", "comunicação" e "ludicidade", presentes nos mais variados aspectos das ciências, da Matemática e da vida cotidiana, precisam ser objeto de reflexão e crítica. O domínio destes conceitos é que permitirá uma visão articulada das situações concretas e a transposição didática do conhecimento científico formal para o cotidiano do indivíduo. Os avanços da ciência e da tecnologia podem assim ser relacionados à vida do cidadão. A coerência e consistência internas de cada atividade do curso devem ser perseguidas, não só para garantir a qualidade pedagógica das mesmas, mas também, ao ser objeto de reflexão e avaliação pelos participantes, contribuir para uma melhor instrumentalização didático / pedagógica. Considera-se que os participantes das atividades já detêm algum tipo e nível de conhecimento, atitude, representação social e experiência face aos conteúdos propostos ou passem a ter perplexidade, curiosidade, conflito cognitivo diante de situações desafiadoras fornecidas durante o curso. As estratégias pedagógicas a serem adotadas devem provocar a manifestação através de diferentes meios e linguagens desse estado de conhecimento e de atitudes anteriores. Qualquer mudança qualitativa seja para superar lacunas seja para ultrapassar concepções superadas deve sofrer desequilíbrio, em termos piagetianos, para que o novo patamar de conhecimento seja alcançado. Em decorrência das falhas do ensino, provocadas pela divulgação de informações na mídia de forma superficial e fragmentada, livros didáticos contendo erros conceituais, e eventuais falhas de formação, é urgente saber como pensam os professores.

Quanto à fundamentação teórica nos aspectos relativos à concepção epistemológica e das teorias psicológicas sobre desenvolvimento e aprendizagem, considera-se que tanto na construção do conhecimento do indivíduo como da ciência, interatuam processos individuais e sociais. De acordo com a concepção construtivista / interacionista do desenvolvimento é na relação sujeito / objeto que ambos se modificam. O sujeito, por se tornar mais apto a conhecer objetos de forma mais elaborada por meio da construção de novos esquemas e estruturas e os objetos que, conseqüentemente, se complexificam e passam a requerer teorias cada vez mais potentes e abstratas para serem conhecidos.

Atendendo às dimensões individuais e coletivas do conhecimento e sua valoração, a metodologia - dimensão pedagógica - deverá englobar momentos de experiência física com os objetos, proporcionando abstração empírica e experiências lógico-matemáticas que devem favorecer uma abstração desta experiência. Ou seja, uma reflexão sobre as ações realizadas para conhecer o objeto. Embora a atividade seja do sujeito (assimilações e acomodações) ela se dá a partir de situações sociais em que as trocas interpessoais e culturais são essenciais. Assim, a troca e confronto de experiências, de pontos de vista, de informação poderão gerar os conflitos sócio / cognitivos necessários ao indivíduo e ao grupo para conhecerem suas formas de pensar, detectar contradições, lacunas, etc. A necessidade de verbalizar e objetivar suas concepções e explicações ao mesmo tempo em que acompanha a verbalização do outro permite rever argumentos, categorias de análise, raciocínios, etc. O conhecimento científico, que tradicionalmente é identificado com operações lógicas, exigência de rigor, abstrações e generalizações crescentes, freqüentemente é ensinado de forma árida, distanciada da realidade empírica que o desencadeou. A contextualização / transposição pedagógica abordadas acima buscam reintroduzir a curiosidade, a criatividade, o prazer da inquietação e da descoberta que tem sido negados aos estudantes que, em geral, memorizam informações fragmentadas e sem sentido que, ao se tornarem conteúdos escolares, perderam o nexo escola-vida. A metodologia a ser adotada se baseia na compreensão de que a aprendizagem se concretiza na interseção entre o desejo e a razão. O incentivo inicial cumpre o papel de despertar a curiosidade, o interesse, mas será a motivação intrínseca alimentada pelo desejo de saber e a inteligência operando que alcançará um novo patamar de conhecimento. Com isso se reintroduz a dimensão lúdica e a estética do saber e o esforço e a dedicação necessários à produção do saber que se apóia no significado das ações e procedimentos que devem ser cumpridos com rigor e empenho.

É com base neste contexto que propomos como áreas de Concentração Novas tecnologias aplicadas ao Ensino da Física e Novas Tecnologias aplicadas ao Ensino da Matemática e linhas de pesquisa que direcionem seus trabalhos para a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos de ensino / aprendizagem, relacionando a teoria com a prática no ensino, atendendo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação e aos Parâmetros Curriculares nacionais. Deste modo, o objetivo geral das Linhas de Pesquisa propostas é desenvolver um quadro de ações articuladas em torno dos seguintes temas: "Ensino de Física", "Ensino de Matemática" e "Currículo e processo Ensino-Aprendizagem no Ensino de Física e no ensino de Matemática", de modo a permitir a flexibilidade necessária para dar resposta às questões acima elencadas.

São objetivos específicos dessas Linhas de Pesquisas:

- Desenvolver estudos sobre as experiências em educação apoiada em tecnologia em instituições similares, tanto a nível nacional quanto internacional que sejam aplicáveis ao ensino de Física e ou de Matemática;
- Conhecer as transformações do trabalho pedagógico, analisando os efeitos da adoção de inovações organizacionais e tecnológicas sobre a estrutura do emprego e do perfil de qualificações dos professores de Física e Matemática;
- Definir novas dimensões pedagógicas para a Educação apoiada em Tecnologia, incentivando a integração dos níveis médio e superior de ensino, e ao mesmo tempo, contribuindo para a reforma e atualização curricular de ambos.

A necessidade de formar uma visão crítica, adequar às novas realidades sociais e tecnológicas, capacitar e produzir conhecimento, de forma permanente na escola, aliada à necessidade de um ensino voltado para a vida e para a cidadania, aspectos fundamentais nos novos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) nos leva a formular esta proposta do papel a ser cumprido por um mestrado profissional.

Em instituições que apresentam disponibilidade de laboratórios equipados e em funcionamento nas áreas de informática, com aplicação ao ensino de Física e Matemática, de vídeo e TV, de pesquisa em diversos aspectos de ensino científico-tecnológico, junto a um corpo profissional altamente capacitado cientificamente, acreditamos que é possível oferecer um curso de mestrado profissional voltado para o ensino com tecnologia de grande qualidade e abrangência. Por outro lado, possuir no quadro professores doutores qualificados em Psicologia, História das Ciências e da Educação, Filosofia da Ciência, Gestão de Políticas Públicas, Física, Matemática, Química e Biologia já envolvidos em trabalho de pesquisa e inovação do Ensino de Ciências e Matemática, pode contribuir para a qualidade da formação dos futuros professores e seu aprimoramento. O uso de recursos tecnológicos e das modernas teorias de aprendizagem, a discussão de currículos, a evolução histórica da tecnologia e das Ciências, e um fator que pensamos ser de grande importância que é a gestão da tecnologia dentro da escola devem ser abordados a partir da experiência destes docentes-pesquisadores com uma tradição de trabalho nestas áreas, e das experiências trazidas pelos professores mestrandos que se dedicarem ao trabalho acadêmico para obtenção do grau de mestre.

CONSIDERAÇOES FINAIS

Ensino / Educação em Ciências e Matemática é uma área de conhecimento genuinamente interdisciplinar. As disciplinas de conteúdo são o núcleo básico, mas os saberes de várias outras disciplinas também são necessários para seu desenvolvimento. Nos últimos 30 anos duas tradições se estabeleceram na pesquisa em ensino/educação em ciências: a pedagógica e a empírica. De um lado temos um grupo de pesquisadores mais próximo a uma área disciplinar específica, voltados para temas de sua ciência e menos preocupados com as necessidades e interesses de seus estudantes. De outro lado encontram-se aqueles preocupados com seus estudantes, com uma melhor adequação dos ambientes de aprendizagem, mas nem sempre com a devida atenção aos conteúdos disciplinares (Duit, 2007). Uma conseqüência possível destas duas escolas de pensamento pode estar na proposta de reforma da educação em Ciências ora em discussão nos E.U.A. Esta proposta defende a implantação nas escolas americanas do ensino por investigação científica (teaching scientific inquiry) e mereceu um número dedicado do Journal of Physics Teachers Education online no ano de 2011. Em outra abordagem está o professor pesquisador / investigador de sua sala de aula. O professor sonhado por um bom número de pesquisadores em Educação / Ensino de Ciências (Villani e Guridi, 2009; Sudan, 2006, 2008). A inclusão da sala de aula como lugar de pesquisa ao mesmo tempo em que é objeto de pesquisa leva a se renovar a crítica relativa aos critérios tradicionais de pesquisa. Incluir o olhar e as especificidades do pesquisador / professor praticante em sua sala de aula se torna uma necessidade. A validação e a valorização da pesquisa deste professor, que é orientada por epistemologias diferentes, a da universidade e a da escola, traz o risco do desenvolvimento de uma rede paralela de pesquisa. Esta pesquisa, considerada em princípio produtora de conhecimento essencialmente prático e sem o rigor necessário da pesquisa acadêmica, não seria considerada de fato. A solução está no estabelecimento de critérios compatíveis tanto com a academia quanto com a sala de aula, sem excluir novas epistemologias, fortalecendo o que ambas tem em comum e a colaboração entre a academia e a escola (Ludke, 2001). Como exemplo desta desejável colaboração, reproduzimos a seguir alguns resumos de dissertações defendidas no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, que tenta conciliar ambas as visões. O leitor interessado pode encontrar o texto integral das dissertações defendidas e os produtos pedagógicos construídos a partir de 2005 na página do CEFET-RJ e pode visitar o sitio http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/, portal de domínio público para acesso a teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (CAPES-MEC).

1- ANA MARIA SANTOS MENEZES - Teoria da Relatividade Geral no Ensino Médio: linhas retas e curvas no caminho da Física, da Literatura e da História e Filosofia da Ciência, 23/06/2010.

Orientadora: Andréia Guerra de Moraes.

Resumo: Um dos objetivos do Ensino de Ciências é a investigação por parte dos alunos sobre a natureza da Ciência, de modo que os inúmeros limites e possibilidades desse conhecimento possam ser apropriadamente explorados. Compreende-se que uma abordagem histórico-filosófica para a Ciência contribui para esse objetivo. Neste sentido, o propósito deste trabalho é o de desenvolver uma análise que privilegia o caminho da Literatura e da História e Filosofia das Ciências para apresentar alguns conceitos da Teoria da Relatividade Geral, para os alunos do Ensino Médio. Para tanto, uma pesquisa qualitativa foi realizada, com a elaboração de textos para se trabalhar a relação Ciência/ Literatura, com um olhar específico para a Física.

Trabalhos publicados:

i) FÍSICA E LITERATURA: intersecções possíveis em sala de aula. In: XVIII SNEF, 2009, Vitória. XVIII SNEF. Vitória: UFES, 2009.

ii) LITERATURA NA FÍSICA: UMA POSSÍVEL ABORDAGEM PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS?. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências. Belo Horizonte : UFMG, 2009.

2- ANA PAULA DAMATO BENFEITO - Ondas de rádio no ensino médio com ênfase CTS. 01/09/2008

Orientador: Deise Miranda Vianna

Resumo: Apresentamos aqui uma proposta educacional que se constitui em um produto de aplicação para a sala de aula de física do ensino médio. A partir da polêmica que envolve as rádios não legalizadas, denominadas rádios pirata, escolhidas como tema organizador, propõe-se uma seqüência de etapas voltadas para o ensino de ondas de rádio com ênfase CTS. O grande objetivo é colaborar com a prática de educadores em ciência que desejam dar conta de um ensino que apresente um bom aprofundamento dos conceitos científicos em concomitância com uma visão crítica de ciência e que colabore com uma formação voltada para a ação cidadã. Para tanto, após um panorama dos estudos CTS e das concepções de ciência e sociológicas que sustentam esse campo de pesquisa, apresentamos os pilares metodológicos que fundamentam a proposta: as atividades investigativas e a utilização de controvérsias simuladas em sala de aula. Em seguida, explora-se a adequação do tema organizador para essa linha pedagógica, destacando as diversas dimensões presentes. Por fim, a seqüência de trabalho é apresentada seguida de uma série de orientações e sugestões ao professor. O produto propriamente dito encontra-se no Apêndice, em formato de material para o aluno. Anexamos, também, uma vasta documentação de apoio, alguns vídeos e sugestões de trabalho com filmes e sites.

http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/resumo.html?idtese=2008431022014002P0

REFERÊNCIAS

Carvalho, A.M.P. (2003). *Formação Continuada de Professores Uma releitura das Áreas de Conteúdo.* São Paulo: Pioneira.

Carvalho, A. M. P. & Gil Perez, D. (1993). *Formação de professores de Ciências*. São Paulo: Cortez,. 120 p.

Coll, C., Pozo, J. I., Sarabia, B. e Valls, E. (1992). *Los contenidos em la reforma: enseñanza y aprendizaje de los conceptos, procedimientos y actitudes.* primeira edição, Madrid: Aula XXI, Santillana.

Duit, R., Gropengieβer, H. & Kattmann, U. (2005). Towards Science Education Research that is Relevant for Improving Practice: The Model of Educational Reconstruction. In H. E. Fisher, ed., *Developing Standards in Research on Science Education* (pp. 1-9). London : Taylor and Francis.

Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* 3(1) pp. 3-15.

Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school Physics teachers. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 6, pp. 020110.

Etkina, E., Karelina, A., Murthy, S. & Ruibal-Villasenor, M. (2009). Using action research to improve learning and formative assessment to conduct research. *Physical review Special Topics - Physics Education research,* 5, pp. 010109.

Galvão, C., Reis, P. e Freire, S. (2011). A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. *Ciência e Educação* 17(3) pp.505-522.

Gil Perez, D. (1996). Orientações didáticas para a formação continuada de Professores de Ciências. *in Formação continuada de Professores de Ciências no âmbito ibero-americano.* L.C. Menezes *org.* São Paulo: Ed. Autores Associados.

Grinspun, M.P.S.Z. (1999). *Educação Tecnológica.* São Paulo: Cortez editora.

Hodson, D., Bencze, L., Elshof, L., Pedretti, E. & Young, J. N. (2001). *Changing Science Education through action research: Some experiences from the field*. Imperial Oil Centre for Studies in Science, Mathematics, and Technology Education and Ontario Institute for Studies in Education - University of Toronto. Toronto, 363 p.

Hsu, L., Brewe, E., Foster, T. M. & Harper, K. H. (2004). Resource Letter RPS-1: Research in problem solving. *American Journal of Physics*, 72 pp. 1147-1156.

Hypólito, D. (1999) Conceitos, polêmicas, controvérsias. *Integração: ensino, pesquisa, extensão*, 16 pp. 56-59.

Kang, S. Sharmann, L.C. e Noh, T. (2004*)* Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning*. Research in Science Education 34, pp. 71-96.*

Kearney, M. *(2004)* Classroom use of multimedia-supported predict-observe-explain tasks in a social constructivist learning environment. *Research in science education 34, pp. 427-453*.

Laburu, C. E., Carvalho, M. e Batista, I. L. (2001) Controvérsias construtivistas*. Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(2) pp. 152-181.

Ludke, M. (2001) O Professor, seu saber e sua pesquisa. *Educação e Sociedade*, ano XXII, 74, pp.77-96.

Masetto, M. T. (1994) *Pós-graduação e formação de professores para o terceiro grau*. Mimeografado, São Paulo 88p.

Meltzer, D. E. e Thornton, R. K. (2012) Resource Letter ALIP-1: Active learning instruction in Physics. *American Journal of Physics*, 80(6) pp. 478-496.

Mion, R. A. e Saito, C. H. org. (2001) *Investigação-ação: mudando o trabalho de formar professores*. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Fundação Araucária, Ponta Grossa, 148 p.

Santos, V. E., Yonekura, T., Soares, C. B. & Campos, C. M. S. (2012). Valores sociais: com a palavra a juventude. *Acta Paulista de Enfermagem*, 25(2) pp. 263-269.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2) pp.4-14.

Silva, G. A. (2002). *A era pós-método: o professor como um intelectual*. http://www.ufsm.br/lec/02_04/Gisvaldo.htm consultado em 11/07/2012.

Sudan, D. C., Freitas, D. ; Villani, A. (2006) Professor-pesquisador: o caso da professora Flora. In 29ª Reunião Anual da ANPED, Caxambu. *Anais da 29ª Reunião Anual da ANPED*.

Sudan, D. C., Freitas, D. (2008). *A* professora pesquisadora: contribuições dos interlocutores. *Interacções*, 8, pp. 110-133.

Sweeney, A. E. e Paradis, J. A. *(2004).* Developing a Laboratory model for the professional preparation of future science teachers. A situated cognition perspective. *Research in Science Education 34, pp. 1-25.*

Trivelato, S. L. F. (2003). Um programa de ciências para educação continuada*. In Formação Continuada de Professores. Uma releitura das áreas de conteúdo.* A. M. P. de Carvalho Org*.* São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Tolchinsky, L. (2004). *Processos de Aprendizagem e Formação Docente em condições de extrema diversidade.* Porto Alegre: Artmed.

Villani, A. e Guridi, V. (2009). Professor - pesquisador de sua prática: dificuldades e motivações. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra* VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 1638-1640.

http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1638-1640.pdf, acesso em 06/03/2012.

Wallace, J. e Melville, W. (2007). Workplace as community: perspectives on science teachers' professional learning. *Journal of Science Teacher Education*, 18 pp.543-558.

Wenning, C. J. (2011a). Experimental inquiry in introductory physics courses. *Journal of Physics teachers Education online*, 6(2) 2-8. consulta em Março de 2012.

Wenning, C. J. (2011b). The levels of inquiry model of science teaching. *Journal of Physics teachers Education online*, 6(2) 9-16. Consulta em Março de 2012.

Wenning, C. J. (2011c). Levels of inquiry model of science teaching: Learning sequences to lessons plans. *Journal of Physics teachers Education online*, 6(2) 17-30. Consulta em Março de 2012.

Yung, B. H. W. e Tao, P. K. *(2004)* Advancing pupils within the motivational zone of proximal development: A case study in science teaching. *Research in Science Education 34, pp. 403-426*.

LA FORMACIÓN DOCENTE INICIAL EN FÍSICA EN LA PROVINCIA DE SANTA FE: UN ESTUDIO EN EL CONTEXTO NACIONAL

Giuliano, Mónica[1]; Giorgi, Silvia[2] y Giacosa, Norah[3]

[1] Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas - Universidad Nacional de La Matanza. Florencio Varela 1903. 1754. San Justo - ISFD Nº 56. Buenos Aires. Argentina; [2]Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829. S3000AOM. Santa Fe. Argentina; [3]Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552. N3300LQ. Posadas. Misiones. Argentina.

giulianomonica@gmail.com

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de la situación de la matrícula de profesorados en Ciencias Básicas, y de las disciplinas que las conforman, en las cinco jurisdicciones de mayor población de Argentina. El análisis se realizó a partir de datos de Anuarios 2008 y 2009 de la Secretaría de Políticas Universitarias y de la Dirección Nacional de la Información y Evaluación de la Calidad Educativa, respectivamente. Se encontró que la matrícula de los profesorados en Ciencias Básicas, y especialmente en Física, es alarmantemente baja. En el caso particular de la provincia de Santa Fe, los resultados evidencian una situación notoriamente desfavorable respecto a la media nacional. La Ley de Educación Nacional prioriza a las disciplinas frente a las áreas, por lo que la necesidad de contar con profesores de nivel secundario formados en la enseñanza de la Física, tanto en Santa Fe como en el resto de las jurisdicciones analizadas, es inminente.

Palabras claves: matrícula, profesorados en Física, jurisdicciones de mayor población en Argentina, Santa Fe

ABSTRACT

A study about the situation of the enrolment of professoriate students in Basic Sciences, and in the disciplines that form part of them, was carried out in the five jurisdictions with the largest population of Argentina. The analysis was performed using data from 2008 and 2009 yearbooks of the University Policies Secretary and of the National Directorate of Information and Evaluation of Educational Quality, respectively. It was found that the enrolment of professors in Basic Sciences, and especially in Physics, is alarmingly low. In the particular case of the province of Santa Fe, the results show a markedly unfavourable situation in respect of the national average. The National Education Law gives priority to the disciplines more than the areas, so the need for counting on secondary professors formed in Physics teaching, both in Santa Fe and the rest of the jurisdictions studied, is imminent.

Key words: enrolment, professoriate in Physics, jurisdictions with the largest population of Argentina, Santa Fe.

INTRODUCCIÓN

El sistema educativo argentino se caracterizó, hasta la década del '90, por la fuerte intervención del Estado Nacional. A partir de la sanción de la Ley Federal de Educación (1993), junto a la definición de una nueva estructura conformada por ciclos y niveles, reformulación curricular y ampliación de los años de educación obligatoria, se produjo la descentralización. A casi dos décadas de dicha reforma, el proceso ha generado fragmentación y desigualdad educativas. Con respecto al área de las Ciencias Naturales en el nivel medio (ex Polimodal), las consecuencias más directas fueron: la eliminación o reducción de la carga horaria destinada al espacio curricular Física y reubicación para su enseñanza a docentes de otras disciplinas. Esto trajo aparejado que, en la actualidad, se presenten situaciones de desventaja para estudiantes que están cursando el ciclo básico universitario de carreras científico tecnológicas con conocimientos de Física impartidos en la escuela media muy deficientes en la gran mayoría de los casos. Además, algunos estudiantes que eligieron ciertas modalidades del Polimodal mencionan no haber recibido ningún tipo de formación en Física en dicho nivel.

En 2004 el Consejo Federal de Cultura y Educación (CFCyE), mostró gran preocupación por la desigualdad y la fragmentación del sistema educativo argentino en su conjunto. A tal fin, se emitió la Resolución N° 214/04 en la que se acuerda la identificación de Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP) y el compromiso de realizar las acciones necesarias para asegurar la calidad, equidad e igualdad de aprendizajes.

En ese marco, se elaboró un documento (MECyT, 2006) el que se presentaron los NAP para el Tercer Ciclo de la EGB/Nivel Medio referentes a las áreas de Ciencias Sociales y Ciencias Naturales, Lengua y Matemática. Se acordó en poner el énfasis en saberes que se priorizan atendiendo a los siguientes criterios generales, entre otros:

- **Su presencia se considera indispensable**, pues se trata de modos de pensar o actuar fundamentales desde el horizonte de las condiciones de igualdad y equidad.
- Como **saberes claves**, refieren a los problemas, temas, preguntas principales de las áreas/disciplinas y a sus formas distintivas de descubrimiento/razonamiento/expresión, dotadas de validez y aplicabilidad general.
- **Son relevantes** para comprender y situarse progresivamente ante problemas, temas y preguntas que plantea el mundo contemporáneo en que los niños y jóvenes se desenvuelven.
- **Son una condición para la adquisición de otros aprendizajes** en procesos de profundización creciente.

Con respecto a los NAP de Ciencias Naturales para el Tercer Ciclo de la EGB/Nivel Medio, su formulación incluye los saberes que se propone promover para 8° y 9° años. Entre los mismos se detallan los contenidos de Física que se mencionan a continuación.

En relación con los Fenómenos del Mundo Físico se establecen para Octavo Año los siguientes contenidos: introducción a la noción de campo de fuerzas: gravitatorios, eléctricos y magnéticos; energía potencial; análisis de experiencias donde aparecen interrelaciones eléctricas y magnéticas; introducción a la descripción corpuscular de la materia; energía en los procesos submicroscópicos. Para Noveno Año los NAP corresponden a: la comprensión de que los fenómenos físicos pueden ser modelizados y descriptos a través de expresiones matemáticas; la utilización de las leyes de Newton como marco explicativo para algunos fenómenos físicos; la interpretación de la radiación como otra forma de intercambio de energía, junto al trabajo y el calor; la aproximación a la idea de la luz como fenómeno ondulatorio y la contrastación histórica entre los modelos corpuscular y ondulatorio de la luz; la caracterización cualitativa del espectro de radiación electromagnética.

Con respecto a La Tierra, el Universo y sus Cambios, los NAP para Octavo Año contemplan: la descripción de los principales efectos que experimenta la Tierra como integrante del Sistema Solar a causa de las interacciones gravitatorias, por ejemplo, las mareas; la explicación del movimiento de diversos materiales entre la atmósfera, la geósfera y la hidrósfera, como efecto de la energía proveniente del Sol. En Noveno Año: la interpretación del clima terrestre, modelos geocéntrico y heliocéntrico del universo; la comprensión del alcance de algunos modelos cosmogónicos del Sistema Solar; la aproximación a los procesos energéticos básicos del interior de las estrellas; el reconocimiento de grandes objetos cósmicos, estableciendo comparaciones entre, por ejemplo, tamaños y distancias.

Cabe mencionar que estos contenidos son menos pretensiosos que los propuestos para la antigua EGB3, brindando mayor flexibilidad para la elaboración de diseños curriculares más cercanos a lo que efectivamente se pueda realizar en el aula. Pero se debe tener en cuenta que esta flexibilidad puede ser realmente aprovechada siempre y cuando dichos diseños sean elaborados por docentes formados en la disciplina y su didáctica.

Por otro lado, más recientemente, en la Resolución Consejo Federal de Educación (CFE) Nº74/08 ANEXO I Capítulo VI. Titulaciones para las carreras de Formación Docente se establece en el Ítem 129.9, con referencia a las titulaciones para el ejercicio de la docencia, que: *"El título de "Profesor/a de Educación Secundaria en…" se otorgará para* ***una sola disciplina****, con o sin especificación de orientación"* (CFE, 2008).

En la lista de titulaciones que se presenta, con relación a la docencia en Física en el nivel medio se instituye que la nominación del título que habilita a la enseñanza en el nivel medio es "Profesor/a de Educación Secundaria en Física", sin la especificación de orientaciones. Lo mismo se menciona en la Guía del Estudiante de Carreras de Formación Docente 2011.

Se sostiene que esto significa un avance importante para la educación en Física en el mencionado nivel puesto que se vislumbra que, en un futuro no muy lejano, la formación de los estudiantes del nivel medio estará en manos de profesores formados específicamente en la disciplina, a diferencia de lo ocurrido en la década de los '90.

En el documento correspondiente al Plan de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias: "2008 Año de Enseñanza de las Ciencias" (MEN y MCTIP, 2008), se menciona que a partir del diagnóstico llevado a cabo en escuelas medias de nuestro país se encontró que en el área de las Ciencias Naturales los niveles de aprendizaje alcanzados por los estudiantes resultaron bajos. A modo de ejemplo, se señala que de la totalidad de alumnos que en 2005 se encontraban cursando el último año del nivel medio, un 46,9% obtuvo un nivel de desempeño deficiente. Además, en el referido documento se advierte que las evaluaciones llevadas a cabo demostraron desigualdades entre los estudiantes, de acuerdo a su nivel socioeconómico.

El Plan de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias (op cit) nace a partir de una convocatoria realizada en 2007 por el Ministerio de Educación para formar una comisión nacional de expertos con la consigna de elaborar un informe para proponer salidas a la situación existente. El documento "Mejorar la Enseñanza de las Ciencias y la Matemática: una prioridad nacional" define los lineamientos generales propuestos para encarar el problema, aportando recomendaciones orientadoras (MEN, 2007).

En el referido documento se menciona, entre otras cosas, que la crisis generada por las deficiencias en los aprendizajes señalados trajo aparejada consecuencias importantes. Por un lado, disminución de las vocaciones científicas entre los estudiantes que continúan estudios en el nivel universitario. Por el otro, dificultades en la trayectoria educativa en el nivel superior tanto para quienes optan por cursar carreras de Ciencias Exactas y Naturales o Ingenierías, como para aquellos que optan por otras carreras. Se sostiene que ciertos contenidos de Ciencias Naturales y Matemática son fundamentales para la comprensión adecuada de cualquier ámbito del conocimiento.

El objetivo de las acciones propuestas se vinculó a la necesidad de mejorar la formación de docentes de Ciencias Naturales y Matemática, tanto en el manejo de la disciplina como en sus capacidades pedagógicas, de manera de promover mejores resultados de aprendizaje.

Entre las recomendaciones orientadoras se menciona, con relación a La Formación Docente Inicial y Continua, que dado el lugar central que ocupan los docentes en pos de lograr una mayor calidad en los aprendizajes de los alumnos, una de las principales dimensiones que se consideró debían abordar las acciones, se refirieron al fortalecimiento de la *formación inicial y el desarrollo profesional de los docentes* en Ciencias Naturales y Matemáticas.

Con relación a la Formación Docente Continua, se planearon acciones de capacitación orientadas a la formación disciplinar y su didáctica de manera de formar docentes que estén en condiciones de crear ambientes que favorezcan los procesos de indagación en las aulas y la construcción de modelos científicos por parte de los estudiantes.

Por otro lado, se propuso aprovechar la experiencia acumulada y el potencial innovador que poseen tanto los Institutos Superiores de Formación Docente (ISFD) como las Universidades, promoviendo el trabajo articulado y coordinado entre ambas instituciones, tanto en lo que refiere a la socialización de investigaciones sobre la enseñanza, la actualización en los campos disciplinares específicos y el desarrollo de prácticas docentes en escuelas.

En el marco de los Proyectos de Mejora Institucional se convocó a todos los ISFD de gestión estatal que dictan carreras de formación docente en Ciencias y/o Matemática de todas las jurisdicciones, a diseñar y desarrollar proyectos pedagógicos destinados al fortalecimiento interno de sus instituciones a partir de procesos de autoevaluación institucional, la priorización de trabajo sobre problemáticas y temas relevantes.

Por otra parte, se estableció que los ISFD con carreras en enseñanza de las Matemáticas y las Ciencias Básicas formulen proyectos que apunten a los siguientes temas, entre otros: actualizar y capacitar a los profesores formadores para fortalecer procesos de renovación pedagógica y profundizar la enseñanza de las disciplinas, su didáctica y de las operaciones cognitivas que la sustentan; proveer de equipamiento, materiales didácticos, bibliografía y dispositivos para la formación que faciliten a los docentes y los estudiantes la aplicación del método experimental, la incorporación de TIC en la formación docente y el uso de laboratorios en las disciplinas, para el logro de experiencias formativas valiosas.

Se considera que todas las buenas intenciones argumentadas por parte de las autoridades nacionales y jurisdiccionales que se desprenden de los párrafos anteriores pueden caer en saco roto si no se toman medidas para alentar en los estudiantes de escuela media con vocación por la docencia, la enseñanza de las Ciencias Básicas (Física, Matemática, Biología y Química).

Se sostiene que la Formación Docente Inicial (FDI) en Física de los profesores que se desempeñan en la escuela media y en el nivel superior es uno de los factores críticos que interviene en la calidad de la educación científico–tecnológica en el ciclo básico universitario.

Resultados de un proyecto de investigación anterior (PICT 2003), relacionado con la articulación escuela media y universidad en la Argentina, y en Santa Fe en particular, dieron cuenta de la presencia de un alto porcentaje de docentes a cargo de la enseñanza de la Física en la escuela media sin formación específica y con la necesidad de contar con material didáctico actualizado y validado.

En el marco de la problemática de la formación de los docentes responsables de la enseñanza de esa disciplina en los niveles secundario y superior en nuestro país, se desarrolló un proyecto de investigación recientemente finalizado (PICT, 2006) en el que se estudiaron las fortalezas y debilidades de la FDI en Física (Giacosa y col, 2009; Giorgi y col, 2010; Giuliano y col, 2011). En otro proyecto actualmente en marcha (CAI+D Universidad Nacional del Litoral -UNL-, 2009) se está profundizando en la misma temática en la provincia de Santa Fe en particular. El trabajo que se presenta se enmarca en este último proyecto.

Los resultados alcanzados en los proyectos mencionados en el párrafo anterior, abarcan caracterizaciones de las instituciones que ofrecen carreras docentes para la enseñanza de la Física y de sus docentes. Algunos resultados evidencian un alarmante detrimento de la matrícula correspondiente a profesorados en Física frente a los profesorados de las demás disciplinas de las Ciencias Básicas -Matemática, Biología y Química- (Giuliano y col, op cit).

Dado el carácter obligatorio, según la Ley de Educación Nacional (2006), de la Escuela Secundaria y la normativa actual sobre las titulaciones para el ejercicio de la docencia, se sostiene que resulta imperioso atender a la necesidad de formar docentes preparados para la enseñanza de dicha disciplina.

Un panorama general de la Educación Superior en Argentina

La mencionada ley entiende por sistema educativo nacional, al *"...conjunto organizado de servicios y acciones educativas reguladas por el Estado que posibilitan el ejercicio del derecho a la educación"* (Art. 14). En su estructura se distinguen 4 niveles y 8 modalidades. Mientras que los primeros ordenan, organizan y articulan los diferentes tipos de educación común - Educación Inicial, Educación Primaria, Educación Secundaria y Educación Superior- las modalidades atienden a particularidades personales y/o contextuales de carácter permanente o temporal y garantizan el derecho a la educación.

La formación del profesorado en Argentina está a cargo de dos subsistemas de Educación Superior (ES). El primero, está conformado por Institutos (Institutos Superiores de Formación Docente e Institutos Superiores de Formación Técnico Profesional) con dependencia de los Ministerios o Secretarías de Educación Provinciales y del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, con el apoyo del Ministerio de Educación de la Nación (MEN) a través del Instituto Nacional de Formación Docente (INFD) creado en el año 2007, identificado en este estudio como "Educación Superior en instituciones No dependientes de Universidades" (ESNU). El segundo subsistema, "Educación Superior Universitaria" (ESU), reúne instituciones universitarias (Universidades e Institutos Universitarios), dependientes del MEN.

La ESU tiene por finalidad *"... la generación y comunicación de conocimientos del más alto nivel en un clima de libertad, justicia y solidaridad, ofreciendo una formación cultural interdisciplinaria dirigida a la integración del saber así como una capacitación científica y profesional específica para las distintas carreras que en ellas se cursen...".* (Ley 24.521, Art.27). Dicho subsistema, según datos oficiales correspondientes al año 2007, cuenta con 106 instituciones educativas. El 45% de los establecimientos educativos universitarios es de gestión estatal, el 53% corresponde a gestión privada y el porcentaje restante concierne a instituciones catalogadas como extranjeras e internacionales (Giuliano y col, 2011).

La ESNU ofrecida por institutos, pese a las modificaciones introducidas en la Ley 24.521, se sigue citando en las fuentes oficiales como "Educación Superior No Universitaria" y tiene por finalidad *"... tanto la formación de docentes, para desempeñarse en todos los niveles de enseñanza incluido el propio nivel, como de técnicos especializados en diversas áreas profesionales"* (Dirección Nacional de la Información y Evaluación de la Calidad Educativa – DINIECE, 2005:30). En este subsistema el 45% de las unidades educativas, de un total de 1955 instituciones, es de gestión estatal (Giuliano, op cit)

La situación de Física entre las Ciencias Básicas

Como ya se mencionó, se denomina Ciencias Básicas (CB) al conjunto de disciplinas conformado por Matemática, Biología, Química y Física. Es de destacar que en nuestro país, en el área de CB, la matrícula del sector estatal representa un 80% del total, o sea que por cada 100 estudiantes argentinos que estudian CB, 80 lo hacen en instituciones de gestión estatal. Con respecto a Física en particular, esta relación es de más del 90%. O sea que la matrícula de estudiantes argentinos de CB, y de Física en particular, se concentra en instituciones estatales, por este motivo en el trabajo que se presenta se focalizó el análisis en este sector.

Teniendo en cuenta ambos subsistemas de ES en Argentina, se puede decir que la cantidad de instituciones de la ESNU es sensiblemente mayor en todas las áreas respecto de la ESU, por lo que las CB no escapan de esta situación.

El sistema binario de ES produce dos circuitos paralelos y diferenciados de estudios cuyas principales características son la desarticulación y la marcada asimetría en la demanda (Dirié y equipo, 2002).

Entre las mayores debilidades de la ESU Dirié y equipo (op cit) señalan: la tradición enciclopedista (reflejada en diseños curriculares extensos en duración, rígidos en contenidos y con una escasa articulación entre el "saber" y el "saber hacer"); la heterogeneidad en la calidad de la educación (producida por la expansión acelerada de la ESU y agravado por la ausencia de políticas claras en lo que respecta el tipo de formación perseguida); la escasa relación formación – empleabilidad, y la permanencia en la ESU de alumnos de bajo, o escaso, rendimiento académico.

Entre las debilidades del subsistema de ESNU indican: la lógica de organización institucional (similar a los niveles previos de escolarización); la inexistencia de trabajo de equipos docentes (la enseñanza está a cargo de un único profesor responsable del curso); la ausencia de concursos para acceder a los cargos docentes y la designación de docentes por horas cátedras lo que origina la figura del llamado "profesor taxi".

Estos señalamientos y la desarticulación entre los circuitos ESU y ESNU, según la referencia indicada, provocan perjuicios en los alumnos de ambos subsistemas educativos, dificultad para administrar los recursos destinados al nivel y un marcado desfasaje entre la formación recibida y la requerida por el contexto socioeconómico.

Las debilidades en la ESNU fueron atendidas por algunas jurisdicciones con diferentes resultados. Por ejemplo, en la provincia de Buenos Aires, desde el año 2003, los cargos nuevos se cubren estrictamente por concurso de antecedentes y oposición. En cuanto a la categoría de "profesor taxi", según el censo nacional docente 2004 la mayoría de los docentes de nivel superior de Física y Química trabajan en más de una institución. Se destaca el avance de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires donde el 60% de estos docentes se desempeña en una institución, mientras que en la provincia de Buenos Aires lo hace sólo el 30%, en Santa Fe y Córdoba alrededor del 50%, y en Mendoza el 45% (Giuliano y col, 2009).

La transformación de los noventa, sumada a las tendencias mundiales de disminución del número de alumnos interesados en estudiar Ciencias (Tedesco, 2006) arrojan indicios preocupantes acerca de la situación de la FDI en las CB en Argentina. Según Marquina et al (2002) sólo el 3,5% de los estudiantes que estaban formándose en docencia eligieron esta rama de las ciencias, incluidos los subsistemas de ESU (2,7%) y de ESNU (5,8%). La comparación de las estadísticas de la SPU, de los años 1988 y 2007, indica que la matrícula estudiantil de carreras consideradas prioritarias en las Becas Bicentenario, y estratégicas para el desarrollo del país (Ciencias Aplicadas y Ciencias Básicas), disminuyó en beneficio de las Ciencias Humanas y Sociales (Giorgi y col, op.cit.).

En el trabajo de Giuliano y col (op.cit) se analizó la evolución de la matrícula estudiantil en Argentina en los subsistemas de ESU y ESNU de gestión estatal, de cada disciplina de las Ciencias Básicas. El estudio se realizó a partir de datos publicados por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) y la DINIECE, con bases disponibles de los Anuarios 2000 a 2008 y 2003 a 2009 respectivamente.

Cabe señalar que en dichos Anuarios la población del subsistema de ESU incluye a los niveles de pregrado y grado. Se utilizó el término "grado" para este subsistema entendiendo que en la contabilización de los matriculados están incluidos también los alumnos y egresados de pregrado. Con respecto al subsistema de la ESNU, la población corresponde al nivel de grado.

Del análisis de la evolución de la matrícula de la ESU entre 2000 y 2008, Giuliano y col (op cit) encontraron que específicamente en el período 2001-2003, se observaron cambios en Biología, Matemática y Química, no así en Física. En dicho período, en Biología se registró un aumento de matrícula, posteriormente la misma se mantuvo aproximadamente constante, con tendencia a aumentar después de 2007, un comportamiento similar se observó en Matemática. En cambio, en Química se registró una pequeña depresión de la matrícula en 2004, pero la tendencia global entre 2000 y 2008 fue creciente. En Física se registraron los menores valores de matrícula que se mantuvieron casi constantes a lo largo del período analizado.

La disciplina que registró los valores más altos de matrícula del subsistema de ESU fue Biología, en orden decreciente, sensiblemente por debajo de los correspondientes a Biología, se encontraron los valores de matrícula de Matemática y Química. La matrícula de Física se ubicó considerablemente por debajo de las correspondientes a Matemática y Química.

En el citado estudio se muestra que el comportamiento de la matrícula en la ESNU entre 2003 y 2009, es similar en las cuatro disciplinas. Se registró un decrecimiento entre los años 2003 y 2004, y un leve crecimiento posterior más notorio entre 2008 y 2009. En este subsistema, en el período considerado, los mayores valores de matrícula se registraron en Matemática, en orden de valores decrecientes se encontró Biología, y muy por debajo de ambas disciplinas se ubicaron las matrículas de Química y Física, siendo Física, al igual que en el subsistema de ESU, la que registró los valores más bajos.

En ambos subsistemas, Física es la disciplina con la menor matrícula en las CB en los últimos años. Esto da lugar a reiterar la preocupación señalada anteriormente respecto al cubrimiento de horas cátedra por parte de docentes formados en la disciplina, tal como se mencionó que se necesitará en el nivel secundario.

Por otro lado, es de destacar que en el subsistema de ESNU, en 15 de las 24 divisiones político-territoriales de la Argentina, existen instituciones de gestión estatal que ofrecen carreras que habilitan para la enseñanza de Física, siendo 39 el total de instituciones. Mientras que en 17 divisiones político-territoriales existen instituciones de ESU de gestión estatal, que ofrecen dichas carreras. En 22, de las 47 universidades públicas (44 nacionales y 3 provinciales) de la Argentina, se ofrecen profesorados que habilitan para la Enseñanza de Física en su oferta académica. Sólo en 2 divisiones político-territoriales, Santa Cruz y Tierra del Fuego, no existen instituciones de Educación Superior que ofrezcan profesorado en Física (Giacosa y col, op.cit.).

En este trabajo se presenta un estudio relativo al análisis de la matrícula estudiantil de la Educación Superior en instituciones de gestión estatal, en las Ciencias Básicas y especialmente en Física, en las cinco jurisdicciones de mayor población del país en el contexto nacional y en la provincia de Santa Fe en particular. Como ya se mencionó, los datos fueron obtenidos de fuentes oficiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar se estudió la distribución de la matrícula estudiantil de la ES en CB a nivel nacional y en las cinco jurisdicciones de mayor población, que según los censos nacionales de población 2001 y 2010 son las siguientes, ordenadas de mayor a menor: Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Mendoza. En el marco de estas cinco jurisdicciones se tuvo en cuenta el subsistema de pertenencia de las instituciones formadoras (ESU y ESNU). Luego, se analizó la distribución de la matrícula en ambos subsistemas según las disciplinas que conforman las CB.

En la Tabla 1 se presentan los valores de la población en 2001 y 2010 del país y de las cinco jurisdicciones de interés, y los valores de porcentajes correspondientes relativos al total del país.

Provincia / Jurisdicción	Población		Porcentaje Población	
	2001	2010	2001	2010
Total Argentina	**36.260.130**	**40.117.096**	**100%**	**100%**
Provincia de Buenos Aires	13.827.203	15.625.084	38%	39%
Provincia de Córdoba	3.066.801	3.308.876	8%	8%
Provincia de Santa Fe	**3.000.701**	**3.194.537**	**8%**	**8%**
Ciudad Autónoma de Bs. As.	**2.776.138**	**2.890.151**	**8%**	**7%**
Provincia de Mendoza	**1.579.651**	**1.738.929**	**4%**	**4%**
Subtotal 5 jurisdicciones	**24.250.494**	**26.757.577**	**67%**	**67%**

Tabla 1: Población en 2001 y 2010 en las cinco jurisdicciones de mayor población. Elaboración propia. Fuente INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010.

De la lectura de la tabla se desprende que las cinco jurisdicciones de interés en este trabajo reúnen las dos terceras partes de la población de la Argentina, destacándose la provincia de Buenos Aires con el 39% de la población del país.

¿Cómo es la situación de la matrícula de los profesorados de Física en las 5 jurisdicciones argentinas de mayor población?

La oferta de profesorados de Física, Química, Biología y Matemática está conformada por las llamadas CB. La cantidad de instituciones en las que se cursan dichos profesorados es diferente según el tipo de dependencia de las mismas (ESU o ESNU) y de las regiones del país de que se trate, sin embargo, en las cinco jurisdicciones de mayor población en Argentina, los resultados muestran una situación de desventaja para la formación de profesores en Física en general, frente a las demás disciplinas de las CB. Además, se observa una diferente distribución en la matrícula y en la población entre las cinco jurisdicciones.

En la Tabla 2 se muestran, para el país y las cinco jurisdicciones, por un lado, los valores de matrículas absolutas de profesorados más licenciaturas y las correspondientes sólo a profesorados en CB, y por otro lado, las relaciones porcentuales entre ambos valores absolutos correspondientes a cada jurisdicción relativos a la matrícula total de profesorados a nivel nacional y a las correspondientes a profesorados más licenciaturas, para el subsistema de la ESU. Para la ESNU se muestran las matrículas sólo de profesorados en CB a nivel nacional y por jurisdicción, y las relaciones porcentuales relativas a la matrícula nacional.

De la lectura de la tabla mencionada se desprende que a nivel nacional, la matrícula correspondiente a los profesorados en CB de la ENSU (33.892) es cerca de tres veces mayor que la correspondiente a los profesorados en la ESU (12.302). Teniendo en cuenta a las cinco jurisdicciones analizadas se observa que se reproduce la misma situación, ya que las mismas engloban el 24% y el 53% de la matrícula nacional en los subsistemas de ESU y ESNU respectivamente. Se puede decir que a nivel nacional la ESNU concentra la matrícula de estudiantes de profesorados en CB.

En el subsistema de la ESU se observa que los porcentajes de matrículas de profesorados más licenciaturas por jurisdicción, relativas al total del país, se pueden ordenar en forma decreciente de la siguiente manera: Ciudad Autónoma de Buenos Aires (20%), Buenos Aires (18%), Córdoba (7%), Santa Fe (5%) y Mendoza (1%). De lo anterior se desprende que, de las cinco jurisdicciones de mayor población en al país, en Santa Fe y Mendoza se observan los menores porcentajes de estudiantes de licenciaturas y profesorados en CB.

A nivel nacional se aprecia que sólo el 32% de la matrícula, relativa a licenciaturas más profesorados, corresponde a profesorados. Es decir, en dicho subsistema de la ES prevalece la elección por parte de los estudiantes de CB de las licenciaturas frente a los profesorados. El orden de las jurisdicciones en forma decreciente según los porcentajes de matrícula de profesorados relativa a la correspondiente a licenciaturas más profesorados, resulta: Santa Fe (36%), Córdoba (28%), Mendoza (23%), Buenos Aires (15%) y Ciudad Autónoma de Buenos Aires (6%). Se puede decir que Santa Fe es la jurisdicción con mayor cantidad de estudiantes con vocación por la docencia en CB.

Analizando en la ESU, por jurisdicción, los porcentajes de matrículas correspondientes exclusivamente a profesorados de CB relativas a la matrícula de profesorados a nivel nacional, se encontró que las jurisdicciones de Córdoba y Santa Fe se ubican, con un mismo porcentaje (6%), por debajo de la provincia de Buenos Aires (8%) y por arriba de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (4%) y de la provincia de Mendoza, registrándose en esta última el menor valor (sólo 1%). En Santa Fe y Córdoba, por cada 100 estudiantes de profesorados, sólo 6 eligen profesorados en CB.

Ciencias Básicas (CB)	**ESU**					**ESNU**	
	Profesorados + Licenciaturas		**Profesorados**			**Profesorados**	
Jurisdicción	**$M(P+L)_U$**	$\frac{M(Jurisd)}{M(Total)}100$	**$M(P)_U$**	$\frac{M(Jurisd)}{M(Total)}100$	$\frac{M(P)_U}{M(P+L)_U}100$	**$M(P)_{NU}$**	$\frac{M(Jurisd)}{M(Total)}100$
Total Argentina	**38.426**	**100%**	**12.302**	**100%**	**32%**	**33.892**	**100%**
Provincia de Bs. As.	7.062	18%	1.035	8%	15%	11.779	35%
Provincia de Córdoba	2.605	7%	730	6%	28%	1.418	4%
Pcia. de Santa Fe	**2.027**	**5%**	**732**	**6%**	**36%**	**1.471**	**4%**
Ciudad Aut.de Bs. As.	7.655	20%	434	4%	6%	1.349	4%
Provincia de Mendoza	324	1%	75	1%	23%	1.815	5%
Subtotal 5 jurisdicciones	**19.673**	**51%**	**3.006**	**24%**	**15%**	**17.832**	**53%**

$M(P+L)_U$: Matrícula Profesorados + Licenciaturas ESU
M(Jurisd): Matrícula correspondiente a cada jurisdicción
$M(P)_{U/NU}$: Matrícula Profesorados ESU o ESNU
M (Total): Matrícula Total de ESU o ESNU correspondiente al país

Tabla 2: Matrícula Absoluta y Porcentual en Ciencias Básicas en instituciones estatales en las cinco jurisdicciones de mayor población de Argentina para la ESU (profesorados y licenciaturas) y la ESNU (profesorados). Elaboración propia. Fuentes DINIECE (Anuario 2009) y SPU (Anuario 2008).

En el subsistema de la ESNU, analizando las relaciones porcentuales de la Tabla 2 correspondientes a las matriculas de profesorados en CB, por jurisdicción, relativas a la registrada a nivel nacional, se puede decir que dicha relación arroja un valor muy superior en la provincia de Buenos Aires (35%) respecto a los valores correspondientes a las otras cuatro jurisdicciones (5% para Mendoza y 4% para Córdoba, Santa Fe y Ciudad Autónoma de Buenos Aires). Por cada 100 estudiantes de profesorados en CB del país que cursan sus estudios en instituciones no dependientes de universidades, 35 lo hacen en la provincia de Buenos Aires y muy pocos en las cuatro jurisdicciones restantes.

Se consideró pertinente analizar también las relaciones aproximadas entre la matrícula total de los profesorados de CB en ambos subsistemas y la población, tanto a nivel nacional como jurisdiccional. Se habla de aproximaciones en el sentido de las diferencias de los años de procedencia de los datos oficiales presentados en las Tablas 1 y 2 (2008 y 2009, respectivamente), de los datos del Censo Nacional (INDEC, 2010), y del hecho de que dado las características de las fuentes de datos utilizadas, no fue posible contemplar la movilidad de estudiantes entre las provincias, pero muestran una tendencia. Se encontró que la matrícula de estudiantes de profesorados de CB en Argentina con respecto a la población nacional es del 0,12%. Por su parte, la provincia de Buenos Aires cuenta con un 28% de la matrícula total de los profesorados en CB pero representa sólo un 0,08% de su población, mientras que en Santa Fe la matrícula es de sólo el 5%, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires del 4% y en Córdoba del 5%; representando dichos porcentajes relaciones, similares a la de Buenos Aires, del 0,07%, 0,06% y 0,07% de sus poblaciones respectivas. La jurisdicción con mejor relación es Mendoza donde la matrícula de profesorados representa el 4% del total de CB y el 0,11% de su población. De esto se desprende que, entre las cinco jurisdicciones de mayor población del país, Mendoza se destaca con el mayor porcentaje de habitantes con vocación por la docencia en CB.

A continuación se presenta un análisis de la situación de ambos subsistemas de la ES con relación a la matrícula por disciplinas que conforman las CB a nivel nacional y en las cinco jurisdicciones de interés para este trabajo.

Con respecto al subsistema de la ESU, en la Tabla 3 se muestra información acerca de la matrícula correspondiente a los profesorados de las CB y la distribución de porcentajes por disciplinas que la conforman en el país y en las cinco jurisdicciones de mayor población.

	ESU					
Jurisdicción	**Matrícula Profesorados en CB**		**Porcentaje de Matrícula por Disciplinas**			
			Física	**Química**	**Biología**	**Matemática**
Total Argentina	**12.302**	**100%**	**7%**	**34%**	**18%**	**41%**
Provincia de Bs. As.	1.035	100%	23%	26%	8%	44%
Provincia de Córdoba	730	100%	5%	41%	5%	49%
Provincia de Santa Fe	**732**	**100%**	**0%**	**23%**	**27%**	**50%**
Ciudad Aut. de Bs. As	434	100%	12%	60%	9%	19%
Provincia de Mendoza	75	100%	0%	9%	81%	9%
Subtotal 5 jurisdicciones	**3.006**	**100%**	**11%**	**33%**	**14%**	**42%**

Tabla 3: Matrícula Absoluta y Porcentual de profesorados en Ciencias Básicas y Porcentual según disciplina en la ESU estatal en las cinco jurisdicciones de mayor población en Argentina. Elaboración propia. Fuente Anuario 2008 – SPU.

De la lectura de la tabla mencionada se desprende que a nivel nacional el porcentaje de matrícula del profesorado en Física es sensiblemente menor que los correspondientes a las restantes disciplinas de las CB. Es así, que en la Argentina por cada estudiante de profesorado de Física, hay aproximadamente 6 estudiantes de profesorado de Matemática, 5 de Química y 3 de Biología.

En la ESU, en tres de las cinco jurisdicciones analizadas (Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe), la disciplina con presencia más sólida es Matemática (44%, 49% y 50% respectivamente); en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires es Química (60%) y en Mendoza Biología (81%).

En tres de las cinco jurisdicciones analizadas (Santa Fe, Córdoba y Mendoza) los profesorados de Física de la ESU registran los menores porcentajes de matrículas, respecto a los correspondientes a las otras disciplinas que conforman las CB (0%, 5% y 0%, respectivamente). Cabe señalar que en Córdoba se encontró que el menor valor de matrícula porcentual en los profesorados corresponde a Física y Biología, resultando el mismo valor para ambas disciplinas (5%). En este subsistema, en Buenos Aires y Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Biología es la disciplina con menor representación de matrícula porcentual de las CB (8% y 9% respectivamente).

Las situaciones más críticas para Física en la ESU se evidencian en las jurisdicciones de Santa Fe y Mendoza ya que, en ambas, el porcentaje de matrícula de profesorados en dicha disciplina es nulo. Al respecto, cabe señalar que en Santa Fe no existe ninguna institución dependiente de universidades que ofrezca la carrera de profesorado en Física, sin embargo, en Mendoza, en el Instituto de Ciencias Básicas dependiente de la Universidad Nacional de Cuyo, que posee cuatro sedes en el territorio de Mendoza: Sede Mendoza, Sede Gral. Alvear, Sede Malargüe y Sede San Martín, se ofrece la carrera de Profesor de Grado Universitario en Ciencias Básicas, Orientación Física, la cual según los datos del Anuario de la Secretaría de Políticas Universitarias de 2008 no contaba con alumnos cursantes.

Teniendo en cuenta a las cinco jurisdicciones analizadas en conjunto, se puede apreciar que las mismas concentran el 11% de la matrícula nacional de profesorados de Física siendo dicho porcentaje similar a Biología (14%) y muy inferior a los correspondientes a Química y Matemática (33% y 42%, respectivamente).

En lo que sigue se presenta un análisis similar al anterior, pero ahora para el subsistema de ESNU. En la Tabla 4 se muestra información acerca de la matrícula correspondiente a los profesorados de las CB y la distribución de porcentajes por disciplinas que la conforman, en el país y en las cinco jurisdicciones de mayor población, obtenidas a partir del Anuario 2009 de la DINIECE.

De la lectura de la Tabla 4 se desprende que a nivel nacional la distribución de matrícula porcentual relativa al total correspondiente a las CB, según disciplinas reproduce, en Física y Matemática, lo observado en la Tabla 2 para la ESU (7% y 41% en la ESU y 4% y 49% en la ESNU, respectivamente). En el subsistema de ESNU se ve desfavorecida Química con un 10%, frente al 34% registrado en la ESU, mientras que Biología mejora con un 36%, en comparación con el subsistema de ESU en el que se registró el 18%. Matemática continúa siendo la disciplina mejor posicionada en ambos subsistemas (41% en ESU y 49% en ESNU) y Física la peor (7% en ESU y 4% en ESNU), sin embargo, Química y Biología revirtieron su situación con valores de 34% y 18% en la ESU y de 10% y 36% en la ESNU, respectivamente.

	ESNU					
Jurisdicción	**Matrícula Profesorados en CB**		**Porcentaje de Matrícula por Disciplinas**			
			Física	**Química**	**Biología**	**Matemática**
Total Argentina	**33.892**	**100%**	**4%**	**10%**	**36%**	**49%**
Provincia de Bs. As.	11.779	100%	5%	10%	39%	46%
Provincia de Córdoba	1.418	100%	3%	18%	28%	51%
Provincia de Santa Fe	**1.471**	**100%**	**4%**	**0%**	**58%**	**38%**
Ciudad Aut. Bs. As.	1.349	100%	10%	20%	38%	31%
Provincia de Mendoza	1.815	100%	6%	8%	47%	39%
Subtotal 5 jurisdicciones	**17.832**	**100%**	**5%**	**10%**	**41%**	**44%**

Tabla 4: Matrícula Absoluta y Porcentual de Profesorados en Ciencias Básicas y Porcentual según disciplina en la ESNU estatal en las cinco jurisdicciones de mayor población en Argentina. Elaboración propia. Fuente Anuario 2009 – DINIECE.

En la ESNU, se aprecia una notable disminución de la matricula porcentual en Física en la provincia de Buenos Aires desde un valor del 23% en la ESU, al 5% en la ESNU. En las jurisdicciones de Santa Fe y Mendoza, si bien los porcentajes son bajos (4% y 6% respectivamente), no son nulos como en la ESU. En las jurisdicciones de Córdoba y Ciudad Autónoma de Buenos Aires se obtuvieron para esta disciplina porcentajes similares en ambos subsistemas (5% y 12% en la ESU, y 3% y 10% en la ESNU respectivamente).

Teniendo en cuenta ahora a las cinco jurisdicciones se nota una disminución a menos de la mitad de la concentración de la matrícula en Física respecto al total de la matrícula en CB en las cinco jurisdicciones analizadas, del 11% en la ESU al 5% en la ESNU, esto mismo se ve recrudecido en Química con una disminución del 33% en la ESU al 10% en la ESNU, en Matemática la situación es similar en ambos subsistemas (42% en la ESU y 44% en la ESNU) y en Biología se observa una situación más favorable para la ESNU con un 41% frente al 14% correspondiente a la ESU.

Con respecto a Química y Biología, en la ESNU se observa una reversión de los porcentajes de matrícula de dichas disciplinas. Mientras que en la ESU los porcentajes son mayores para Química que para Biología en las cinco jurisdicciones, en la ESNU son mayores los correspondientes a Química que los respectivos de Biología.

En cuatro de las cinco las jurisdicciones analizadas (Buenos Aires, Córdoba, Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Mendoza) Física es la disciplina con menor porcentaje de matrícula de las Ciencias Básicas. Sólo en Santa Fe la disciplina menos favorecida es Química con un porcentaje de matrícula nulo.

En este subsistema se observa que en Santa Fe, Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Mendoza los valores de porcentajes de matrícula por disciplina relativa a las CB son mayores en Biología (58%, 38% y 47%, respectivamente) que en las otras disciplinas. Mientras que en Buenos Aires y Córdoba la disciplina con mayor presencia es Matemática (31% y 51%, respectivamente). Por otro lado, Física es la disciplina con menor porcentaje de matrícula en las cinco jurisdicciones exceptuando a Santa Fe en donde se registró un valor muy bajo (4%) pero por arriba del correspondiente a Química (0%).

Cabe destacar que en la provincia de Santa Fe, hasta 2009, la oferta de profesorados en Física se reducía a una institución en la ESNU. Sólo se ofertaba dicha carrera en el Instituto de Educación Superior Nº28 "Olga Cossettini" que se encuentra en la ciudad de Rosario. Más recientemente, en 2010, se abrió otro profesorado en Física que se cursa en la Escuela Normal Superior N° 32 "General José de San Martín" sita en la ciudad de Santa Fe con sólo 9 alumnos cursando en 2011, según una entrevista personal realizada a la Directora del establecimiento. Cabe señalar que recientemente, en oportunidad de llevarse a cabo el Tercer Festival de Física "Quántico" que se desarrolló a principios de junio en la Facultad de Ingeniería Química de la UNL, la actual Directora de Carrera de Profesorado en Física manifestó su interés en pedir colaboración a docentes del Departamento de Física de dicha institución.

SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de datos de matrícula publicados por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) y la DINIECE, con bases disponibles de los Anuarios 2008 y 2009 respectivamente. Cabe mencionar que dichos datos se informan por jurisdicción.

Se concluye que, tanto a nivel nacional como en las cinco jurisdicciones de mayor población en Argentina, el susbsistema de ESNU concentra la matrícula de estudiantes de profesorados en Ciencias Básicas.

En el subsistema de la ESU se observa en las jurisdicciones de Santa Fe y Mendoza los menores porcentajes de alumnos de licenciaturas y profesorados en CB. En este subsistema prevalece la elección por parte de los estudiantes de CB de las licenciaturas frente a los profesorados. Sin embargo, Santa Fe muestra una situación particular, destacándose entre las cinco jurisdicciones de interés, con el mayor porcentaje de estudiantes con vocación por la docencia en las CB. Por su parte, Mendoza presenta el mayor porcentaje poblacional en la matrícula de CB.

En el subsistema de la ESNU resulta notoria la concentración de la matrícula de profesorados de CB en la provincia de Buenos Aires que, además de ser casi el doble que en la ESU, es significativamente superior a las correspondientes a las otras cuatro jurisdicciones. Por cada 100 estudiantes de profesorados en CB del país, 35 cursan sus estudios en el subsistema de la ESNU de la provincia de Buenos Aires y muy pocos lo hacen en las cuatro jurisdicciones restantes. Sin embargo, esta relación se diluye teniendo en cuenta la matrícula relativa a la población.

Con relación al análisis por disciplina, se encontró que las situaciones más críticas para Física en la ESU se evidencian en las jurisdicciones de Santa Fe y Mendoza ya que, en ambas, el porcentaje de matrícula de profesorados en dicha disciplina es nulo. Si bien en Santa Fe no existe ninguna institución dependiente de universidades que ofrezca la carrera de profesorado en Física, resulta llamativo que el Instituto de Ciencias Básicas dependiente de la Universidad Nacional de Cuyo, con cuatro sedes en el territorio jurisdiccional, en el que se ofrece la carrera de Profesor de Grado Universitario en Ciencias Básicas, Orientación Física, no haya contado con ningún alumno cursando en 2008.

Cabe mencionar que en la provincia de Santa Fe no existe ninguna institución de la ESU, de gestión estatal o privada, que ofrezca la carrera de Profesorado en Física, sí lo hay para Matemática, Biología y Química. Al respecto, se menciona la reciente puesta en marcha de un proyecto de creación de la carrera de Profesorado en Física en el ámbito de la Universidad Nacional del Litoral.

En la ESNU se repite para Física la situación descripta anteriormente, con la excepción de la jurisdicción de Santa Fe en la que la disciplina mejor posicionada es Biología y la menos favorecida es Química en lugar de Física.

En el caso particular de la provincia de Santa Fe, los resultados evidencian una situación notoriamente desfavorable respecto a la media nacional en ambos subsistemas de la Educación Superior.

En la actual Ley de Educación Nacional se extienden los años obligatorios de educación de 10 a 15 y se revalorizan las disciplinas por sobre las áreas. Se sostiene que la baja matrícula en los profesorados de Física da lugar a una situación realmente alarmante si se espera contar con profesores formados específicamente en la disciplina en las aulas de la Escuela Secundaria Obligatoria en nuestro país.

Según datos de la página WEB del Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe, en la jurisdicción existen 869 establecimientos educativos secundarios (Educación. Gobierno de Santa Fe, 2012). Entonces, a partir de los resultados encontrados en este trabajo cabe preguntar ¿Quiénes enseñarán Física en la Educación Secundaria en Santa Fe en los próximos años? Si bien puede existir movilidad de profesionales docentes entre jurisdicciones, la baja matrícula de los Profesorados en Física en ambos subsistemas de la Educación Superior a nivel nacional no estaría ofreciendo un panorama alentador en ese sentido.

Por último se destaca que si bien no fue objetivo de este trabajo proponer acciones concretas para resolver la situación mostrada, se sostiene que sería necesario prestar más atención a las orientaciones vocacionales de nuestros estudiantes de nivel medio por la docencia, y especialmente por la docencia en Física. A pesar de las reformas implementadas en la Educación en la Argentina, con las idas y venidas implementadas desde el poder político, nunca debe olvidarse que la profesión docente dignifica cuando los responsables de enseñar se comprometen verdaderamente en mejorar la calidad de la educación que ofrecen a sus alumnos. El estímulo para que nuestros jóvenes se involucren de manera responsable en la concreción de sus vocaciones por la docencia en general, y en Física en particular, derivará en que tomen conciencia del papel fundamental que juegan en el complejo y maravilloso oficio de enseñar esa disciplina.

Agradecimiento: Este trabajo ha sido desarrollado en el marco del Proyecto CAI+D2009 59/255/53, UNL: "Caracterización de la formación docente inicial en física en la Provincia de Santa Fe".

REFERENCIAS

Consejo Federal de Educación (2008) En: http://www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/res08/74-08-anexo01.pdf. Consulta: mayo de 2012.

Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa (DINIECE). Anuarios 2003 a 2009. Buenos Aires. Argentina.

Dirié, C. - Coordinadora (2002) Mapa de la Oferta de educación superior en la Argentina del año 2000. Informe final. Ministerio de Educación de la Nación. Disponible en: http://www.oei.es/homologaciones/INFORMEFinal.pdf (consulta, junio 2012).

Educación. Gobierno de Santa Fe. Niveles y Modalidades. En: http://www.santafe.gov.ar/index.php/educacion. Consulta: junio de 2012.

Giacosa, N.; Meza, S.; Giorgi, S.; Lucero, I.; Giuliano, M. y Concari, S. (2009) Panorama de las ciencias básicas en la educación superior argentina e instituciones formadoras de profesores de física. 94° Reunión Nacional de Física. Asociación de Física Argentina. Rosario. Argentina.

Giorgi, S.; Giuliano, M.; Meza; S.; Giacosa, N.; Concari, S.; Marchisio, S. (2010) Avances en la caracterización de la formación docente inicial en física en Argentina. Memorias del Congreso Iberoamericano de Educación. METAS 2021, Buenos Aires, septiembre de 2010, pp: 1-17.

Giuliano, M.; Giorgi, S.; Giacosa, N.; Concari, S.; Meza, S. y Lucero, I. (2011) Una mirada a las estadísticas oficiales relativas a Física y Ciencias Básicas en la Educación Superior Argentina. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 24, Nº 1, pp. 81-96.

Giuliano, M; Sacerdoti, A.; Giorgi, S. (2009) Análisis de las características de docentes de física y química del nivel superior por jurisdicciones en base al censo docente. Memorias de la XVI Reunión de Educación en Física, 19 al 23 de octubre, San Juan.

Guía del Estudiante de Carreras de Formación Docente 2011. En: http://portales.educacion.gov.ar/infd/noticias/guia-del-estudiante-de-carreras-de-formacion-docente-2011/. Consulta: junio de 2012.

Instituto Nacional De Estadística y Censos (INDEC): Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010. En: http:// www.censo2010.indec.gov.ar/. Consulta: mayo de 2012.

Marquina M. y Straw, C. (2002) Datos Básicos sobre Educación Superior, MECyT. Argentina.

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. (2007) Mejorar la Enseñanza de las Ciencias y la Matemática: una prioridad nacional. Informe y recomendaciones de la comisión nacional para el mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática. En: http://www.educaciencias.gov.ar/archivos/acercade/doc_comision.pdf. Consulta: mayo de 2012.

Ministerio de Educación de la Nación Argentina (1993) Ley Federal de Educación N° 24.195.

Ministerio de Educación de la Nación Argentina (1995) Ley de Educación Superior N° 24.521.

Ministerio de Educación de la Nación Argentina (2006) Ley de Educación Nacional N° 26.2006.

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (2006) Núcleos de Aprendizajes Prioritarios. República Argentina, Buenos Aires.

Ministerio de Educación y Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2008) Plan de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias "2008 Año de Enseñanza de las Ciencias", Buenos Aires, Argentina. En: http://exactas.uba.ar/download.php?id=733 Consulta: mayo 2012.

PICT 2003. Estrategias de Enseñanza de la Física para una articulación nivel Medio/Polimodal y Universidad. Código: 04-13646.

PICT 2006. Caracterización de la formación docente inicial en física en Argentina. Código: 1427-BID 1728/OC-AR.

Secretaría de Políticas Universitarias. Anuarios Estadísticos 2000, 2001, 2002 a 2008. Buenos Aires. Argentina.

Tedesco, J. (2006) Prioridad a la enseñanza de las ciencias. OEI. Madrid.

CUANDO LA ENSEÑANZA DE LA CUÁNTICA EN LA ESCUELA MEDIA SE ORIENTA HACIA LA COMPRENSIÓN

Iglesias, Ana Isabel[1]
Universidad Nacional de San Martín

RESUMEN

El interés principal de este trabajo es caracterizar las clases de cuántica del Colegio Nacional de Buenos Aires en 2005. Filosóficamente consideramos que la comprensión cuántica está condicionada por el tipo de interés, racionalidad y significados prevalecientes en la escuela, el departamento y las clases. Didácticamente, por intervenciones que articulan significados connotativos y denotativos mediante actividades orientadas a aproximar (conectar conocimientos cuánticos y clásicos); familiarizar (reiterar esquemas empíricos y teóricos conocidos); diversificar (variar situaciones, contextos, lenguajes, relaciones con el contenido cuántico y ejemplos); negociar significados; traspasar el control y generar climas de trabajo distendido, comprometido y con apoyo afectivo positivo. Metodológicamente diseñamos un estudio de caso natural, etnográfico y colaborativo que enfocó la intervención didáctica de profesores expertos incluyendo las características del conocimiento enseñado y su construcción social. Buscamos reconocer, describir y analizar sujetos, situaciones, escenarios, actividades y documentos escolares que lograron configurar clases comprensivas para los profesores, estudiantes y didactas participantes. Las conclusiones permiten afirmar que en el CNBA las clases de cuántica son comprensivas pues resultan de extensos y complejos procesos cognitivos, didácticos e institucionales que integran, entre otras cuestiones, los intereses de los estudiantes, diferentes lógicas curriculares, métodos pedagógicos y formas de evaluar alternativas.

Palabras clave: escuela media, intervención didáctica, comprensión, clases de cuántica

ABSTRACT

The main interest of this work is to characterize the quantum lessons from the Buenos Aires National School (Colegio Nacional de Buenos Aires) in 2005. Philosophically, we consider that the quantum understanding is conditioned by the kind of interest, rationality and prevailing meanings at school, the department and the lessons. Didactically, by interventions which join connotative and denotative meanings through activities which are oriented to bring (quantum and classic pieces of knowledge) together; to familiarize (to reiterate empiric and theoretical known schemata); to diversify (to vary situations, contexts, languages, relationships with the quantum content and examples); to negotiate meanings; to go through control and generate a relaxed and committed working atmosphere with positive affective support. Methodologically, we have designed a natural, ethnographic and collaborative case study which was focused on the didactic intervention of experienced teachers including the characteristics of the knowledge to be taught and its social construction. We seek to recognize, describe and analyze subjects, situations, sceneries, activities and school documents which were able to shape the comprehensive lessons for the teachers, students and training analysts which participated. The conclusions allow us to assert that the quantum lessons at the CNBA are comprehensive because they stem from extensive and complex cognitive, didactic and institutional processes which are part, among other topics, of the students' interests, different curricular logics, pedagogical methods and ways to evaluate alternatives.

Keywords: secondary school, didactic intervention, understanding, quantum lessons

[1] Este trabajo se enmarca en una investigación más amplia correspondiente a la tesis de doctorado de la autora bajo la dirección de Edith Litwin y José Villella. Tesis publicada en Repositorio de Tesis, Biblioteca de UDESA.

INTRODUCCIÓN

Iniciar a los más jóvenes en la *comprensión de la cuántica* es uno de los objetivos de la alfabetización científica actual pero la escuela secundaria argentina no termina de asumirlo. Los motivos pedagógicos que provocan esta situación pueden relacionarse, por un lado, con la ausencia de contenidos cuánticos en las clases habituales de física aunque no en el curriculum prescripto; también con la circulación de libros didácticos que abordan la cuántica sin considerar aspectos importantes como por ejemplo: los cambios paradigmáticos entre modelos clásicos y cuánticos, o la organización del discurso en macroestructuras facilitadoras de la comprensión, las estrategias lectoras, conocimientos previos e intereses de los estudiantes, o las dificultades lingüísticas y semánticas derivadas de la traducción de conceptos cuánticos del inglés y el alemán al español. Por otro lado, la falta de *comprensión de la cuántica* en la escuela media puede relacionarse con limitaciones de la enseñanza como desconocer la naturaleza ontológica de los objetos cuánticos y los procesos de modelización, subestimar la capacidad de figuración e imaginación de los estudiantes u omitir los procedimientos sociocognitivos necesarios, entre otras cuestiones relevadas por la didáctica. (Gil Pérez et al., 1987; Canals Frau, 1993; Rivière, 1996; Sutton, 1997; Klimovsky, 1999; Iglesias y Speltini, 1997; Gurgel y Pietrocola, 2003; Wagensberg, 2004; Cuadrado Esclapez y Berge Legrand, 2007; Iglesias, 2008).

En la búsqueda de conocer las características que tienen las clases de cuántica consideradas comprensivas por los propios profesores y estudiantes participantes, realizamos una investigación que focalizó el estudio de la intervención didáctica desarrollada durante los cursos de física en una escuela pública argentina, el Colegio Nacional de Buenos Aires, en el año 2005. Este propósito general requirió específicamente:

1. Describir el conocimiento enseñado considerando sus aspectos teórico – filosóficos y técnico-experimentales.
2. Estudiar la intervención didáctica examinando cómo el profesor gestiona (organiza y estructura) el contenido de enseñanza mediante prácticas cognitivas (propósitos, métodos, actividades, recursos, evaluación) y prácticas metacognitivas (interpretación y anticipación de obstáculos).
3. Relatar la construcción social del conocimiento considerando cómo interactúa el profesor con los conocimientos y su desarrollo profesional (tipo de preguntas, lenguajes, climas, resistencias) en el marco de la participación de los estudiantes.

Al focalizar la *intervención didáctica* nos estamos refiriendo a las decisiones y acciones desarrolladas por buenos profesores, es decir por docentes que conocen significativamente su área disciplinar, ofrecen una propuesta constructiva y provisional del conocimiento, respetan a sus alumnos, desarrollan en profundidad los tópicos centrales de la FMyC[2], entre otras cuestiones. Pero también nos referimos a considerar la reflexión y valoración que dichos profesores despliegan respecto de sus clases de física, el aprendizaje de sus estudiantes, el lugar de la ciencia y de su desarrollo profesional en la EM. Cuando decimos *comprensión* de un conocimiento científico en la EM aludimos a un proceso subjetivo y objetivo de aprehensión del significado cuya finalidad difiere de otros procesos involucrados en el aprendizaje[3] (Luque et al., 1997, Hernández, 1997). Mientras que al describir los *contenidos cuánticos enseñados* en el CNBA nos referiremos a conceptos y modelos físicos sobre las interacciones entre materia y energía y la estructura de la materia desarrollados en las primeras décadas del siglo XX enfocados históricamente[4].

En el ámbito de la investigación en enseñanza de la física existe consenso sobre la necesidad de incluir contenidos cuánticos en la EM pues contribuyen a que los estudiantes se interesen por la explicación de fenómenos del micro y macrouniverso[5], la producción de nuevas tecnologías y materiales, como así también conozcan ideas adecuadas sobre la ciencia y el trabajo científico actual, entre otros. (Terrazan, 1992; Ostermann y Moreira, 2000; Lombardi, 2005; etc.).

---

[2] En este texto utilizamos las siguientes abreviaturas: CNBA (Colegio nacional de Buenos Aires), EM (Escuela Media), FMyC (Física Moderna y Contemporánea), TC (Teoría Cuántica), FC (Física Cuántica).

[3] Si la intervención didáctica se orienta a que los estudiantes *comprendan* las actividades pretenden: aproximar (conectar conocimiento académico nuevo con previos); familiarizar (conectar con esquemas familiares específicos); diversificar (variar los ejemplos, situaciones, contextos…). En cambio si la finalidad es *relacionar* los procedimientos se orientan a: analizar (profundizar la interrelación entre componentes, aspectos, funciones) y enmarcar (ampliar la interrelación entre causas, efectos, circunstancias, semejanzas). (Hernández, 1997).

[4] El *enfoque histórico* en la enseñanza de la FC enmarca temporal y filosóficamente los procesos internos de cambio científico permitiendo establecer puentes conceptuales entre la descripción macroscópica de la materia y las explicaciones microscópicas de la interacción entre materia y energía como así también entender qué es la ciencia, cómo avanza y cuál es su impacto social a lo largo de la historia (Kragh, 1992; Lühl, 1992). El *enfoque contemporáneo*, sugerido por Dirac (1957), postula en cambio que se deben evitar los conceptos clásicos (Fischler y Lichtfeldt 1992; Niedderer y Deylitz, 1999; Greca y Herscovitz, 2002).

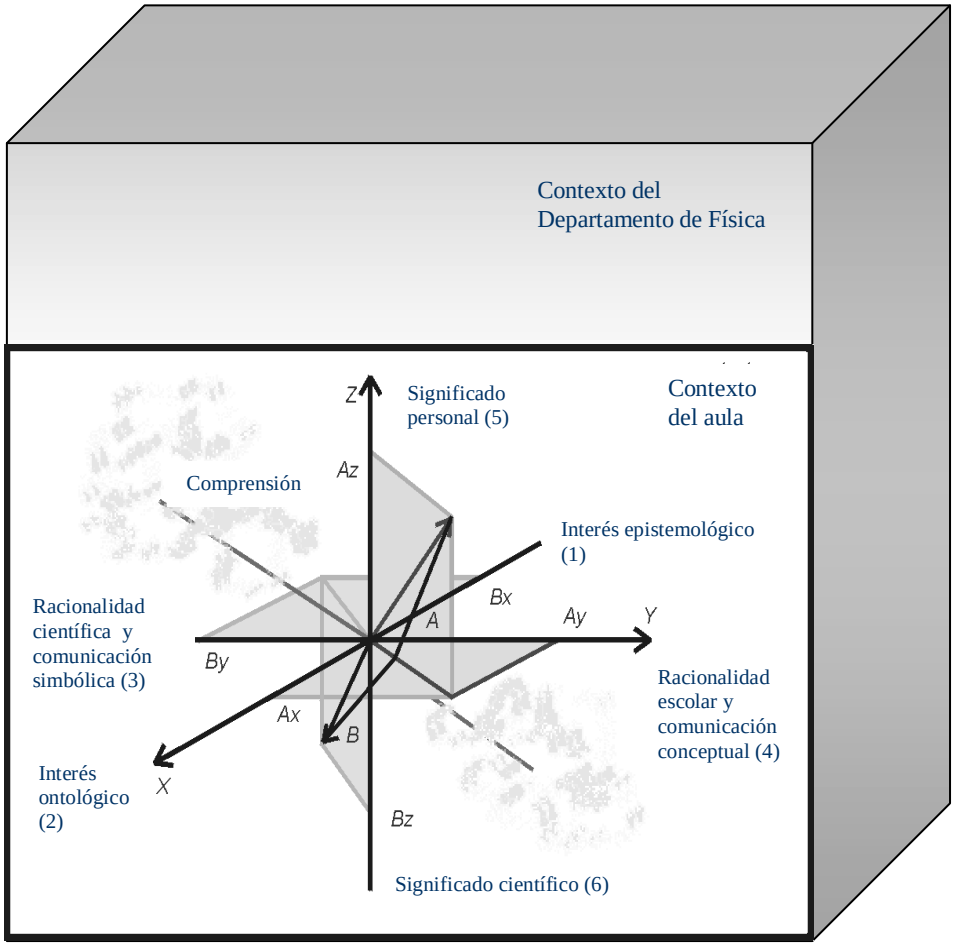
[5] Física Cuántica Boletín educ.ar Año 8, n° 272. Secuencias Didácticas.

Una exploración de las investigaciones sobre enseñanza de la FMyC brindó una visión panorámica del estado del arte. Mientras que el análisis de trabajos como los de Stefanel (1998); Pinto y Zanetic (1999); Porlán et al. (2001); Paulo y Moreira (2004); Barbosa y Pacca (2007) aportó, además, enfoques y criterios importantes sobre la enseñanza de la cuántica, los profesores, su conocimiento y desarrollo profesional. El diálogo desplegado con la obra de los autores mencionados permitió detectar que en el área coexisten variedad de enfoques y criterios para encarar la enseñanza de la FMyC; se utilizan términos como comprender, comprensión, comprensión de la ciencia pero no se los definen explícitamente; se valora la intervención didáctica con-fundiéndola con los resultados del aprendizaje dificultándose, así, el análisis de la acción realizada por el profesor; se excluye la valoración del propio docente acerca de cómo proyecta, desarrolla o evalúa sus clases; no se estudia la comprensión de la cuántica articulando la intervención didáctica, el desarrollo profesional del docente y las características de la enseñanza de la física en la institución. Pensamos que estas cuestiones no debiesen obviarse y por eso este estudio intenta considerarlas.

MARCO TEÓRICO

Las ausencias detectadas en las fuentes consultadas llevaron a preguntarnos ¿qué es la comprensión? y particularmente ¿qué es la comprensión de la cuántica en la EM? Filosófica y pragmáticamente la comprensión científica puede estudiarse considerando tres dimensiones. Una *dimensión social,* relacionada con los significados denotativos, estudia los tipos de racionalidad, el uso colectivo de conceptos y el aprendizaje institucional (o enculturación) de los sistemas conceptuales, procedimentales y representacionales de la ciencia mediante modos simbólicos y abstractos del lenguaje. Una *dimensión individual,* relacionada con los significados connotativos, considera los procesos de conciencia (intelecto y afectividad), de internalización de conceptos y de construcción del significado mediante modos conceptuales y naturales del lenguaje. Una *dimensión de mediación* que permite estudiar el significado de la interacción social y lingüística, del trabajo, la reflexión y la regulación intersubjetiva en función del tipo de interés -ontológico o epistemológico- prevaleciente en cada acción y situación. (Toulmin, 1977; Gabas 1980; Vygotsky, 1987, 1991; Wertsch, 1988; Habermas, 1988, 1992, 2010; Moreira, 2000).

Una reelaboración personal de las ideas de los autores mencionados nos animó a definir gráficamente la *comprensión*. El procedimiento seguido admite concebir la comprensión como el resultado de una combinación vectorial de conceptos variables en tres dimensiones que denominamos interés, racionalidad y significado. Por ejemplo: ¿cómo podríamos describir el proceso de construcción de la comprensión a partir de las acciones que se desarrollan en una clase de física mediante nuestra representación gráfica? (ver cuadro I). Podríamos considerar dos actividades de enseñanza A y B diferentes –ya sea en sus objetivos, contenidos, métodos, estrategias- y las combinaríamos mediante el producto vectorial de dos vectores representativos de ellas en tres direcciones X, Y, Z. Cada dirección representa a alguna de la tres dimensiones constitutivas de la comprensión. Es decir, la dirección X representa el interés, la dirección Y representa la racionalidad y la dirección Z el significado, mientras que sus propiedades pueden variar entre características opuestas. Así el *interés* podrá ser más epistemológico o más ontológico, la *racionalidad* podrá ser más reflexiva o más comunicativa y el *significado*, producto de ambos, podrá resultar más personal (connotativo) o más científico (denotativo). Finalmente la *comprensión,* ubicada en una cuarta dimensión no graficable, la definimos como el resultado de componer vectorialmente las dos actividades consideradas (vectores A y B) con sus respectivos valores (propiedades) según las tres dimensiones mencionadas.



Eje X: Interés epistemológico (1), Interés ontológico (2)

Eje Y: Racionalidad científica y comunicación simbólica (3); Racionalidad escolar y comunicación conceptual (4)

Eje Z: Significado personal (5), Significado científico

Cuadro I: Comprensión, una trama de racionalidades, intereses y significados

La definición de comprensión descripta resultó demasiado general como para poder estudiar detalladamente dicho proceso en las clases de cuántica por lo cual desarrollamos mayores especificaciones considerando la obra de especialistas en psicología, lingüística, didáctica general, didáctica de la ciencia, nuestra experiencia docente y la revisión continua de los registros empíricos. La operacionalización de dicha definición devino en un glosario (cuadro III) con la definición de las principales funciones relativas a la comprensión y en un esquema analítico con dimensiones, fases e indicadores (cuadro IV). Ambos fueron las bases para el análisis y la interpretación. (Hodson, 1994; Rivière, 1996; Blanchard Laville, 1996; Litwin, 1997, 2008; Hernández Hernández, 1997; Luque Lozano et al., 1997; Porlán et al., 1998; Guridi y Salinas, 1999; Moreira, 2000; Astolfi, 2001; Mortimer y Scott, 2002; Bolívar Botía et al., 2004; Petrucci et al., 2006; entre otros).

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Se realizó un estudio de caso[6] que focaliza la intervención didáctica en cuántica desde un enfoque etnográfico, colaborativo, naturalista, no intervencionista e influenciado por el interaccionismo simbólico[7] (Stake, 1999, Taylor y Bodgan, 2009). Se seleccionó el caso a partir de tres criterios: existencia de colegios secundarios en Buenos Aires donde se enseñase FC, factibilidad de acceso a dichas instituciones y presencia de buenos profesores dispuestos a colaborar con la investigación.

[6] El caso del CNBA puede considerarse un caso excepcional porque los profesores son buenos profesionales que enseñan cuántica, los estudiantes son estrictamente seleccionados y en el departamento de Física predominan intereses, racionalidades y significados que permitieron anticipar el desarrollo de procesos comprensivos durante la enseñanza. Pensamos que es importante estudiar casos excepcionales pues pueden proveer de elementos para cambiar dificultades extendidas, como es la falta de comprensión en las clases de física.

[7] El interaccionismo simbólico atribuye máxima importancia a los significados sociales que las personas asignan al mundo. (Taylor y Bodgan, 2009).

Estudiar la enseñanza en las clases habituales requirió que el trabajo de campo se realice en el escenario y el momento en que el tema es enseñado. Esto implicó observar clases, realizar entrevistas, aplicar cuestionarios y recolectar documentos durante el segundo cuatrimestre del año 2005. También durante ese período observamos clases de Mecánica, Ondulatoria, Relatividad, tomamos notas sobre la vida en las aulas y fuera de ellas (laboratorios, sala de profesores de física, biblioteca, patios del CNBA) y asistimos a la presentación del Museo Didáctico de Física. Durante los años 2006 y 2007 se completó la recolección de información mediante otras entrevistas, mapeo y fotografiado de escenarios que configuró un espacio general de análisis didáctico[8]. Los instrumentos de registro fueron guiones de entrevistas[9], cassettes de audio, cuestionarios de opinión, cuaderno de notas y la autora del estudio. La observación fue no participativa y los registros corresponden al discurso de profesores, estudiantes y ayudantes de laboratorio. Las unidades de observación fueron la clase y la entrevista. Las unidades de análisis fueron el tema y la sesión, respectivamente. Las clases de FM en 6° del CNBA incluyen tópicos y temas de nivel introductorio[10]. Una distribución de los mismos según el n° de clase, profesor y n° de unidad del programa de física de 6° en Ciencias Exactas figura en el siguiente cuadro II.

Tópico[11]	**Tema**	**Hardoy Clase n°**	**Casas Clase n°**	**Unidad n°**
1-Transmisión del calor por radiación	1.1- Radiación del cuerpo negro. 1.2 – Leyes de Stefan – Boltzmann y Wien 1.3- Ley de Rayleigh – Jeans 1.4- Ley de Planck	1 1 1 2	1 1 1 1	8
2-Interacción radiación - materia	2.1- Efecto Fotoeléctrico 2.2- Efecto Compton 2.3- Rayos X	2 3 3	2 2 y 3 3	8
3- Formación y aniquilación de pares: electrón/positrón		-	4	8
4- Modelos atómicos	4.1- Modelos clásicos 4.2 - Modelo de Bohr	3 3	4 4	8
5- Introducción a la Relatividad Restringida	5.1 - Experimento de Michelson - Morley 5.2 – Transformación de Lorentz 5.3 - Efecto Doppler	4 4	5 5 5	9

Cuadro II: Tópicos, temas, profesor y n° de clase, n° de unidad curricular

[8] El espacio general de análisis didáctico (Litwin, 2005) es un conjunto de acontecimientos que incluyó: a) 46 horas de clase[8] de Física (3 clases de Ondulatoria, 32 de Cuántica y 5 de Relatividad en 6° año y 6 clases de Mecánica Clásica en 3°; b) 20 entrevistas y una encuesta de opinión; c) notas de campo; d) documentos (programas, reglamentos de TPL -versiones del 2001, 2003, 2004, 2005-, página WEB del Gabinete de Física del CNBA, fotos de aulas, laboratorios y del CNBA); e) folletos de dispositivos; fotocopias de textos, informes de tareas de los alumnos.

[9] Las entrevistas implementadas fueron de distinto tipo. *Entrevistas comprensivas*: desarrolladas previamente al diseño de la investigación con el propósito de reflexionar con docentes participantes de una experiencia didáctica sobre la enseñanza introductoria de Cuántica la escuela ORT II. El análisis permitió establecer criterios de selección de colegios y participantes. *Entrevistas preparatorias*: permitieron organizar, anticipar cuestiones generales y recabar información para realizar el trabajo de campo. *Entrevistas analíticas posclase:* pretendieron conocer el significado que para el profesor tiene la intervención didáctica desarrollada en cada clase. *Entrevistas analíticas generales* buscaron recabar opiniones sobre la función del laboratorio de física y sobre el desarrollo profesional del profesor de física en el CBA. *Entrevistas selectivas*: Aplicadas al finalizar todas las clases de FM, buscaron conocer cuáles fueron las clases más comprendidas desde la perspectiva de los profesores. *Entrevistas colaborativas*: Corresponde al análisis crítico del profesor sobre nuestro análisis didáctico. Buscaron que los profesores participantes evalúen los universales concretos y significados creados por nosotros.

[10] La enseñanza que observamos se orientó básicamente a desarrollar el concepto de cuantización, sin embargo, especialistas en el tema consideran que son tres los conceptos a ser enseñados: cuantización de la energía, dualidad onda-partícula y la relación determinismo-indeterminismo. (Barboza y Pacca, 2004).

[11] Los títulos coinciden con los del texto Física Moderna de Tipler (1989) que se utilizó en las clases.

La decisión de realizar un estudio etnográfico y colaborativo implicó considerar los procesos de enculturación y la propia opinión de los participantes sobre las clases más comprensivas. Es así que construimos una muestra intencional a partir de seleccionar las clases con los temas de cuántica más comprendidos y los motivos de dicha elección, según la opinión de profesores y estudiantes obtenida mediante entrevistas y cuestionarios aplicados al finalizar las clases. Efecto fotoeléctrico y átomo de Bohr[12] fueron los temas más comprendidos por lo cual la muestra intencional quedó configurada con las clases sobre dichos temas y con las entrevistas posteriores a esas clases.

El criterio general de análisis se basó en la *argumentación*, por combinación de inducción y deducción, y en la *serendipia* o búsqueda estratégica de datos para construir teoría. Los niveles de análisis fueron de diferente profundidad. Realizamos *descripción* sobre el *espacio general de análisis didáctico*. Este proceso permitió representar la situación problemática y construir una visión amplia sobre la enseñanza de la física en el CNBA. Desarrollamos *microanálisis* de la muestra intencional para descubrir cómo la intervención didáctica se orientó hacia la comprensión, y *macroanálisis,* inductivo y deductivo, de todas las entrevistas y cuestionarios de opinión para reconstruir la mirada de los propios participantes. Dado que focalizamos la intervención didáctica decidimos no analizar la producción de los estudiantes que será considerada en otro trabajo.

El microanálisis consistió en el estudio de la interacción discursiva desarrollada en las clases de los profesores Casas y Hardoy (son apellidos figurados) y en las entrevistas. Como fue mencionado, para poder realizarlo, se utilizó un glosario (cuadro III) y un esquema analítico (cuadro IV).

TÉRMINO	FUNCIÓN
Acción comprensiva	Acción didáctica instrumental o comunicativa orientada a aproximar, familiarizar, diversificar, negociar significados, traspasar el control, crear climas con andamiajes.
Aproximar	Conectar conocimientos académicos nuevos con los previos.
Familiarizar	Vincular esquemas conocidos, subjetivos, connotativos con esquemas nuevos, objetivos, denotativos.
Diversificar	Ampliar y variar intereses, racionalidades, significados, situaciones, recursos, ejemplos.
Negociar significados	Reconstruir colaborativa y colectivamente las representaciones individuales.
Traspasar el control	Transferir el poder y los modos de usar el conocimiento académico a los estudiantes.
Esquema	Entidad adquirida a partir de la experiencia en situaciones recurrentes. Es eficaz en la interpretación del contexto, proporciona "sentido" y da apariencia de plausibilidad al flujo de acontecimientos. Pueden ser de distinto tipo: marco, guión, esquema social.
Concepto	Elemento discursivo que integra: situación (*referencia*), invariantes (*significado*), forma (*significante*).

Cuadro III: Glosario

El esquema analítico -construido mediante la articulación entre teoría y empiria- permitió microanalizar los registros según tres *dimensiones* denominadas conocimiento físico enseñado (A), actuación del profesor (B) y construcción social del conocimiento (C). Cada dimensión incluye *fases*[13] y éstas, a su vez, incluyen *indicadores*. Éstos fueron redefinidos operacionalmente durante gran parte del estudio con el propósito de focalizar aquellos aspectos de la intervención didáctica que se orientaban a la comprensión de los estudiantes. Los elementos considerados en cada dimensión son de diferente naturaleza: la dimensión A incluye *elementos constitutivos*, la dimensión B indica *elementos y acciones instrumentales* (ej. contenidos y prácticas de enseñanza) y la dimensión C señala *acciones comunicativas* (ej. tipos de preguntas, lenguajes y modos de participación) según las ideas planteadas en la Teoría de la Acción de Habermas (1992; 2010). El cuadro IV, además de organizar los elementos señalados, especifica la finalidad de cada indicador.

[12] Distribución de votos en la elección del tema más comprendido

	Estudiantes	Casas	Hardoy	Totales
Átomo de Bohr	11		1	12
Efecto Compton	6			6
Efecto fotoeléctrico	5	1	1	7
Rayos X	4	1		5
Cuerpo negro	3			3

[13] Fase: tipo de configuración que estructura el objeto de análisis como un todo y no como una agregación de pasos (Samaja, 1993: 210).

	FASE	INDICADOR	FINALIDAD	
CONOCIMIENTO FÍSICO ENSEÑADO (A)	A1.Teórico-filosófica	A11. Elementos ontológicos	Señalar la naturaleza de los objetos enseñados (TE: términos empíricos y TT: términos teóricos).	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS
		A12. Elementos epistemológicos	Indicar aspectos metodológicos de la producción y de la enseñanza del conocimiento físico.	
		A13. Elementos axiológicos	Expresar valores y principios éticos que sostienen la labor científica y su enseñanza por medio de normas y comportamientos.	
	A2. Técnico-experimental	A21. Trabajo práctico de laboratorio	Indicar funciones del TPL.	
		A22. Otros referentes experimentales y técnicos	Apuntar a otros dispositivos didácticos diferentes al TPL como problemas, gráficos, dispositivos, etc.	
ACTUACIÓN DEL PROFESOR (B)	B1. Tratamiento del contenido	B11. Lógica y macroestructura	Marcar: a) modos generales de argumentación (lógica de conceptos, de la acción y pedagógica; b) macroestructuración del contenido: causación, problema-solución, comparación.	ACCIONES INSTRUMENTALES
		B12. Organización del contenido	Insinuar formas específicas de tratamiento de conceptos cuánticos: descripción, explicación, repetición, recapitulación.	
		B13. Relaciones	Apuntar distintos tipos de vínculos en el tratamiento del contenido: internos (R1) y externos (R2).	
	B2. Prácticas cognitivas	B21. Propósitos	Indicar las intenciones y fines del profesor.	
		B22. Actividades	Señalar tareas pensadas o implementadas.	
		B23. Recursos	Marcar tipos y formas de usar los recursos materiales.	
		B24. Evaluación	Apuntar acciones de control formal (a) y de brindar soportes (b)	
		B25. Métodos	Señalar modos generales de conducir la clase: expositivo-suscitador o interactivo-productivo.	
	B3. Prácticas metacognitivas	B31. Más allá de las fórmulas	Insinuar situaciones y metamensajes que alientan a reflexionar sobre las ecuaciones y los procesos.	
		B32. Obstáculos conceptuales	Señalar la forma de operacionalizar los supuestos del profesor sobre las dificultades conceptuales y procesuales.	
CONSTRUCCIÓN SOCIAL CONOCIM.	C1. Tipos de preguntas	C11. Preguntas aproximativas	Señalar interrogaciones del profesor o expositor que buscan conectar conceptos cuánticos con conceptos previos.	ACCIONES COMUNICATIVAS
		C12. Preguntas familiarizadoras	Indicar interrogaciones del profesor o expositor orientadas a vincular conocimientos cuánticos con esquemas conocidos.	
		C13. Preguntas diversificadoras	Apuntar interrogaciones del profesor o expositor orientadas a ejemplificar, variar situaciones.	
		C14. Preguntas aclaratorias	Señalar interrogaciones del profesor o expositor orientadas a generar ajustes, recapitulaciones y síntesis.	
	C2. Otras prácticas comunicativas del profesor	C21. Lenguaje ficcional	Señalar el empleo de formas discursivas metafóricas, analógicas y conjeturales.	
		C22. Proceso cognitivo propio	Señalar formas discursivas que transparentan modos de conocer del profesor.	
		C23. Múltiples lenguajes	Señalar el uso de distintos modos de usar el lenguaje. MC: modo conceptual o extenso MS: modo simbólico, abreviado, abstracto MG: modo gráfico mediante esquemas (EE, EG, EM[14]).	
		C24. Clima	Indicar conjuntos discursivos y gestuales amplios orientados a la comprensión.	
	C3. Modos de participación de los estudiantes	C31. Preguntas	Señalar enunciados interrogativos de los alumnos orientados a comprender.	
		C32. Cognición	Apuntar enunciados de los estudiantes que describen, explican, comparan, ejemplifican contenidos cuánticos	
		C33. Resistencia	Mencionar situaciones que aluden a limitaciones de la comprensión ya sea por falta de anticipación del P en la detección de obstáculos o por dificultades del E.	

Cuadro IV: Dimensión, fase, indicador y su finalidad

[14] El modo gráfico (MG) refiere a tres formas habituales de representar en física: (EE) esquema experimental (bosquejo gráfico de aparatos e instalaciones para la observación de fenómenos), (EC) esquema cartesiano (gráfico geométrico que relaciona conceptos físicos variables y registros empíricos mediante sistemas de ejes coordenados perpendiculares), (EM) esquema de modelo (dibujo de modelos teóricos: átomos, núcleos, partículas).

Ejemplificamos el microanálisis realizado mediante la presentación de algunas citas textuales tomadas de las clases y de las entrevistas de la muestra intencional.

A13. Elementos axiológicos

PROFESOR: … Cuando se hace un modelo respecto de la física o de cualquier cosa, ¿qué es lo primero que se hace? No es que a alguien se le ocurre de la nada hacer un modelo. Primero se dice: "mirá lo que está pasando". Claro, debe pasar esto. Pero pasa esto y pasa esto. Cuando uno hace un experimento y no da lo previsto, se pregunta "¿qué pasó?", e inicia la investigación. Si no tenemos cierta honestidad decimos: "es la función" y no investigamos más. En la investigación, uno intenta dar explicaciones dentro de lo que pasa. En la vida real hacemos lo mismo… cuando un amigo te falla… Y lo que estamos diciendo es: cada uno inventó, con todos los conocimientos de la física clásica que tenían, "si pasa esto, entonces esto y esto", sería tal ecuación. Pero tal ecuación no da. O da justito por acá; pero por acá no da. Eso es lo que hay que mostrar. (HCN2, pág. 149)

La intervención del profesor alude a la importancia que él asigna a los valores humanos, como la honestidad intelectual (*elemento axiológico*), en el marco del trabajo científico y de la enseñanza de la modelización (*elemento epistemológico*) que a su vez conecta con un ejemplo de la vida cotidiana, la amistad, para facilitar a los estudiantes una comparación entre el proceso de modelizar en física y un esquema conocido y cotidiano como es la amistad. (*Intención de familiarizar*).

B11 Macroestructura del discurso

1. *PROFESOR:… ¿Qué queremos hacer con esto? Queremos trabajar con esta ecuación… esta y obtener v, e ir allá y obtener e. Entonces, la cuestión es ver cómo la idea de la cuantización del momento cinético arrastra a la cuantización de r, a la cuantización de... Por ejemplo, queremos despejar v. Nos queda v en términos de r. Y ponerla acá. Entonces, si tengo v en términos de r… De acá se despeja r. Y, después de obtener r, supongamos, volver a la velocidad y a la cuantización de la energía. Lo hacemos rápido. Les ponemos "1", "2" y "3". De la primera, dijimos que despejamos v. Por favor, concéntrense, así no cometemos errores… Despejamos v…*
2. *ALUMNO: n h…*

3. $L = \frac{n\,h}{2\pi} = m\,r\,v$

4. $v = \frac{n\,h}{2\pi\,r\,m}$

5. *PROFESOR: n h sobre (…), r (…). Esto lo llevamos a 2, ¿cómo nos queda?*

6. $\frac{k\,Z\,e^2}{r} = \frac{m\,n^2\,h^2}{4\pi^2\,r^2\,m^2}$

7. *PROFESOR:…k Z e cuadrado sobre r, m, todo esto al cuadrado; ponemos: m cuadrado, h cuadrado, 4 e cuadrado, r cuadrado, m cuadrado. Reducimos un m; reducimos un r. Despejamos r. ¿Está bien?*

8. $r = \frac{n^2 h^2}{Z\,4\pi^2\,k\,e^2\,m}$

9. *ALUMNO: (varios a coro…).*
10. *PROFESOR: n cuadrado lo dejo acá. ¿Dónde va ir el Z?*
11. *ALUMNO: Abajo.*
12. *PROFESOR: Entonces, el Z lo pongo aparte. h cuadrado, 4 e cuadrado…, por m. ¿Está bien? ¿Falta algo? Analicémoslo dimensionalmente.*
13. *ALUMNOS: (… varios siguen los cálculos).*
14. *PROFESOR: (…). Sí, pero lo dejamos como está, porque de k sabemos el valor y vamos bien. Dimensionalmente, h joule segundo (como está al cuadrado, joule-cuadrado, segundo-cuadrado). n es un número, Z es un número, este es un número. k. ¿Recuerdan k? Newton metro cuadrado coulomb cuadrado. e cuadrado, coulomb cuadrado, masa kilogramo. Reducimos coulomb cuadrado.*

15. $[r] = \frac{\mathrm{J}^2\,\mathrm{s}^2}{\frac{\mathrm{N}^2\,\mathrm{m}^2}{\mathrm{C}^2}\mathrm{C}^2\,\mathrm{kg}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{N}} = \mathrm{m}$

16. *ALUMNO: (…).*
17. *PROFESOR: ¿Qué más? Newton metro es joule; o sea que newton y el cuadrado se van con este. Este segundo cuadrado lo mandamos abajo. Kilogramo, metro sobre segundo al cuadrado; newton. ¿Joule sobre newton? ¿Qué da?*
18. *ALUMNOS: (… varios juntos) …está bien, el radio es en metros.*
19. *PROFESOR: Metro. Ah, está bien, el radio tiene que dar en metros. Es un radio, o sea que dimensionalmente (…).*

20. $r_0 = \frac{h^2}{Z\,4\pi^2\,k\,e^2\,m}$ $\qquad r = r_0\,n^2$ (CAB4)

El profesor Casas, en el marco de desarrollar la idea de cuantización (*lógica conceptual*), jerarquiza qué variables se deben trabajar, señala la actitud de concentrarse (*busca el clima adecuado*), pone en práctica un esquema conocido por los estudiantes que es el análisis dimensional (*intención de familiarizar*) y plantea el "arrastre" de la idea más importante (*macroestructura de causación*) de manera que la cuantización del momento cinético "arrastra" a la cuantización del radio, de la velocidad y la energía. (*La macroestructura de causación implícita es si cuantizamos el L entonces cuantizamos r…).*

B22 Actividades

PROFESOR: … Durante 40 años el Jefe de Departamento fue Perazzo. Seguimos métodos tradicionales, TP y bibliografía unificada. Ahora no… El Reglamento actual lo redacté yo y es una solución de compromiso entre lo que se hacía antes y lo que se pretende hacer ahora…Me pesa mucho la historia. Antes se controlaba mucho la asistencia, a mi no me interesa, pero sólo… Antes se veía todo del libro de Perazzo, Castiglione, Rela que son los apuntes de clase y trabajos de laboratorio que realizábamos acá. Ahora cada docente usa el texto que quiere, que le parece adecuado. Yo propuse los "viernes de charlas con los docentes" para conversar sus propuestas, sus dificultades, como ateneos, pero no resultan demasiado, quiero abrirlo a la comunidad, alumnos, padres,… En el tema museo hay muchos chicos trabajando, inclusive ese alumno mío que va a seguir Matemática. Él se interesó por el experimento de Galileo y su explicación matemática. Yo le pedí que no haga un desarrollo tan matemático si no más histórico. (*EHEF2*)

El ejemplo, tomado de una entrevista a Hardoy, menciona cambios y nuevas actividades en el departamento de Física del CNBA tales como ateneos y charlas con docentes, padres y estudiantes o el desarrollo del Museo Didáctico de Física. Dichas actividades aluden a intenciones orientadas a promover la comprensión por *negociación de significados* en comunidades más amplias, por *variación y ampliación de situacione*s mediante el *desarrollo de relaciones externas* con el conocimiento escolar (o R2) (*intención de diversificar*).

C21 Lenguaje ficcional

PROFESOR: Imaginemos un átomo: el núcleo, en órbita tenemos los electrones, viene radiación; imaginemos un balde, una pelotita de ping pong en el fondo del balde, y un chorro de agua con una manguera. La consigna es que la pelotita salga del balde. Uno podría pensar: echo agua, y agua, y agua, un caudal prolongado de agua y, en última instancia, cuando se llene el balde, la pelotita que flota va a salir del balde. Esta sería una concepción clásica. Acá viene el frente de onda, una onda que –digamos– transporta energía. Sería cuestión de que acumule más y más y más y más, energía y, a la larga, ese electrón recibió, acumuló, tanta energía de la radiación que termina escapando a la interacción del núcleo. O sea que uno podría pensar que si interpreto la radiación viajando como una onda (imaginemos que acá tengo el foco emisor, onda (…) esférica, y llegan acá, donde está la materia de este átomo, sería de esperar que, en más o menos tiempo, al final se produzca el desprendimiento del electrón por "rebalsamiento". Las cosas son como si el balde tuviera agujeros, es decir, en ocasiones esto no ocurre. Y no ocurre principalmente cuando la radiación es de frecuencia muy baja. O sea, es como si las radiaciones de muy baja frecuencia son incapaces de arrancar los electrones. No todo se logra. La otra es: radiaciones de mayor frecuencia. En las radiaciones de alta frecuencia las cosas son, no como si hubiera un chorro constante de agua, sino como, por ejemplo, una pistola que tira balines. Si el balín le da justo a la pelotita de ping pong sin romperla, y se pega a esa pelotita de ping pong, el balín y la pelotita se pegan y saltan (…). CEF2

En la descripción inicial del EF, el profesor Casas utiliza variadas formas comunicativas metafóricas, analógicas y conjeturales (*lenguaje ficcional*) tratando de que los estudiantes trasladen mentalmente esquemas conocidos y familiares hacia situaciones desconocidas y así poder iniciar la modificación de la concepción clásica hacia la cuántica, (*intención de familiarizar*).

El macroanálisis de todas las entrevistas y cuestionarios de opinión aplicados a los estudiantes participantes permitió examinar los registros inductiva y deductivamente y luego cruzar los resultados con los obtenidos del microanálisis. En el macroanálisis consideramos tres dimensiones: *intervención didáctica* (con los indicadores ya establecidos), *conocimiento y desarrollo profesional del docente,* y *otros temas* (comentarios de los participantes sobre la ciencia en la escuela y sobre la investigación desplegada). Por otro lado, el análisis de los motivos por los cuales los estudiantes eligieron EF y AB como los temas más comprendidos permitió detectar amplias coincidencias entre los motivos y opiniones de los estudiantes y los planteos de la pedagogía constructivista[15].

[15] Un análisis de las opiniones de los estudiantes que acompañan la selección de los temas más comprendidos por ellos (EF y AB) desde la perspectiva de los indicadores construidos permiten considerar que los "motivos y aspectos interesantes" se relacionan básicamente con: Asunción del autocontrol del conocimiento (Opiniones 1, 3, 10). Conexión entre conocimientos académicos nuevos y previos (Opiniones 3, 6, 8, 14, 15, 18). Vinculación entre conocimientos nuevos y esquemas conocidos (Opiniones 2, 9, 11, 12). Negociación de significados entre pares (Opiniones: 5, 16, 17). Dar importancia a las relaciones internas y externas del contenido cuántico (Opiniones: 7, 8, 13, 19, 20). Interés personal (Opinión 4).

RESULTADOS

Los resultados -construidos mediante una síntesis descriptiva del micro y macroanálisis- permitieron responder a los tres objetivos específicos de la investigación. También permitieron generalizar situaciones y acciones orientadas hacia la comprensión cuántica y comparar rasgos entre el desarrollo didáctico y profesional de cada profesor. Dicha comparación mostró dos estilos diferenciados de intervención didáctica orientada hacia la comprensión cuántica. Por ej.: el caso de Hardoy –*con clases grupales, exposición de los estudiantes* e *intervención continua del profesor*- muestra la actitud colaborativa del profesor hacia el expositor alumno y da cuenta de un pormenorizado y extendido trabajo de negociación de significados y de traspaso del poder hacia los estudiantes. También Casas busca la comprensión del estudiante pero desde una *intervención didáctica expositiva* pues despliega continuamente un esquema que él define como *describa, explique e interprete* y que es similar al planteado por Barbosa et al (2007) para desarrollar clases de cuántica desde la lógica piagetiana[16].

CONCLUSIONES

El estudio desarrollado permite concluir que cuando en las clases de física se busca desarrollar la comprensión de la cuántica la intervención didáctica se orienta a:

- Conocer, respetar y estimular los intereses de estudiantes.
- Utilizar métodos variados (expositivos, interactivos) que armonizan la orientación psicocéntrica (hacia el estudiante) y la logocéntrica (hacia el conocimiento).
- Aproximar (desarrollar conexiones) conocimientos académicos cuánticos y clásicos. La secuencia de la clase debe permitir la reaparición de conceptos clásicos para reelaborar sus significados en contextos cuánticos académicos y cotidianos.
- Familiarizar o reiterar esquemas empíricos y teóricos recurriendo a referentes experimentales y técnicos (ej. el análisis dimensional).
- Diversificar o variar ejemplos, contextos, situaciones, relaciones curriculares (internas y externas) y canales comunicacionales en función del avance o dificultad en la enseñanza.
- Construir comprensión cuántica es un proceso extendido en el tiempo que se inicia desde los primeros cursos de física y en el contexto de toda la EM.
- Desplegar los contenidos cuánticos mediante macroestructuras de problema-solución, causación y comparación.
- Utilizar simultáneamente múltiples formas comunicacionales -realistas y ficcionales- dando prevalencia al modo conceptual y modo gráfico (EE, EC, EM) sobre el modo simbólico o algorítmico.
- Expandir y diversificar los soportes cognitivos, metacognitivos y afectivos.
- Dar prevalencia a la lógica conceptual y pedagógica sobre la lógica de la acción.
- Relativizar las actividades de resolución de problemas de lápiz y papel y de ejercicios de aplicación.
- Jerarquizar los procesos de identificación de la naturaleza de los objetos cuánticos, de conjeturación, de problematización y de anticipación de obstáculos conceptuales.
- Generar climas de trabajo colaborativo (traspaso del control), de confianza, respeto y apoyo emocional (andamiaje).
- Evaluar mediante indicadores cualitativos y acordes con el tipo de estudiantes (ej. modos de preguntar, grado y calidad de la participación en actividades).
- Desarrollar la pertenencia institucional de los profesores. La inseguridad laboral interfiere en la capacidad docente de brindar andamiajes y tensiona las lógicas de intervención didáctica.

[16] Barbosa et al. (2007) indican que una clase de cuántica constructivista debería armonizar con un ciclo dialéctico "Intra, Inter y Trans". *Intra* pues permite describir los observables, *Inter* configurar el funcionamiento de un sistema (explicar), y *Trans* permite subsumir relaciones a una estructura total y justificar (interpretar).

REFERENCIAS

Astolfi, J.P. (2001) *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas.* Sevilla: Díada Editora.

Barbosa, U. y Pacca, J. 2007. A Mecanica Quantica no Ensino Médio: Como ser construcivista. *XVII Simposio de Ens. Fisica.* http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0478-1.pdf. (Consultado 12/12/2010)

Blanchard Laville, C. (1996) *Saber y relación pedagógica*. Buenos Aires: Novedades Educativas- UBA.

Bolivar Botía et al. (2004) Investigar la identidad profesional del profesorado: una triangulación secuencial. *For. Qualit. Soc.Research.* http://217.160.35.246/fqs-texte/1-05/05-1-12-s.pdf

Canals Frau, D. (1993) Acerca del fotón. *Revista de Enseñanza de la Física* 6 (2): 8 a 18.

Cuadrado Esclapez, G. y H. Berge Legrand (2007) Aportaciones al estudio de la metáfora en la física cuántica a partir de textos en inglés y en español. *Ibérica* 13: 85-108. http://www.aelfe.org/documents/05%20cuadrado.pdf (Consultado 15/05/06)

Gil Pérez, D., F. Senent y J. Solbes (1987) Análisis crítico de la introducción de la Física Moderna en la enseñanza media. *Revista de Enseñanza de la Física* 2 (1).

Gurgel, I. y M. Pietrocola (2003) A imaginacao científica: aspectos da construcao do conhecimento. sob a perspectiva da criacao subjetiva. *IV Encontro Nac. Pesquisa em Educ. Ciencias*. Bauru. SP,

Guridi, V. y Salinas, J. (1999) El perfil epistemológico en la enseñanza de la física clásica. *XI Reunión Nacional de Educación en la Física.* Mendoza.

Hernández Hernández, P. (1997) Construyendo el constructivismo: criterios para su fundamentación y su aplicación instruccional. En *La construcción del conocimiento escolar* Rodrigo, y Arnay. comp. Barcelona: Paidós.

Hodson, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo del laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 12(3): 299-313.

Iglesias, I. y C. Speltini (1997) Criterios para analizar y textos didácticos del nivel secundario sobre la teoría actual de la estructura de la materia. *VI Conf. Interamericana Educ. en Física*. Cba.

Klimovsky, G. (1999) *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología.* Buenos Aires: A-Z editora.

Litwin, E. (1997) *Las configuraciones didácticas*. Buenos Aires: Paidós.

Litwin, E. (2008) *El oficio de enseñar*. Buenos Aires: Paidós.

Lombardi, O. (2005) Mecánica cuántica: ontología, lenguaje y racionalidad. CONICET - Universidad Nacional de Quilmas. (*pre-print*)

Luque Lozano, A. (1997) Concepciones constructivistas y práctica escolar. En *La construcción del conocimiento escolar*. Rodrigo, M.J. y Arnay, J. comp. Barcelona: Paidós.

Moreira, M. A. (2000) Aprendizaje significativo crítico. Conferencia dictada en el *III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa.* Lisboa. Publicada en Actas, p. 33-55.

Mortimer, E. y Scott, F. (2002) Atividades discursiva nas salas de aula de ciencias: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias* 7(3).

Ostermann y Moreira. (2000) Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias* 18(3): 391-404.

Paulo, G. y Moreira, M. (2004) Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. *Revista da Associacao Brasileira de Pesquisa em Educacao em Ciencia*. V4, pp 63-73.

Petrucci, D., Ure, J. y Salomone, H. (2006) Cómo ven a los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física* 19 (1): 7-20.

Pinto, A. C. y J. Zanetic. 1999. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 16 (1): 7-34.

Porlán Ariza, R. y A. Rivero. (1998) *El conocimiento de los profesores.* Sevilla: Díada Editora.

Porlán Ariza, R., R. Martín Del Pozo, J. Martín y A. Rivero. 2001. *La relación teoría – práctica en al formación permanente del profesorado.* Sevilla: Díada Editora.

Rivière, A. (1996) Comprensión del discurso. En: *Psicología del lenguaje. Investigación y teoría.* Belinchón, M. et al. Valladolid: Trotta.

Stake, R. E. (1999) *Investigación con estudio de casos.* Madrid: Morata.

Sutton, C. (1997) Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* Año IV. 12 (8): 33.

Taylor, S. y Bogdan, R. (2009) *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós.

Terrazzan, E. (1992) A inserçao da física moderna e contemporanea no ensino de fisica na escola de 2° grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Fisica* 9 (3): 209-214.

Wagensberg, J., (2004) *Sobre la imaginación científica.* Barcelona: Tusquets.

LA FLEXIBILIDAD EPISTÉMICA EN ALUMNOS SECUNDARIOS: SU POTENCIALIDAD PARA EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA.

Coleoni, Enrique Andrés[1]; Buteler, Laura María[1]

[1] Instituto de Física Enrique Gaviola. Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba - CONICET.

ecoleoni@famaf.unc.edu.ar

RESUMEN

Se presenta un estudio de caso en el cual se analizan las habilidades epistémicas de tres estudiantes resolviendo una situación de mecánica. El marco teórico adoptado es el de los Recursos Cognitivos, que asume que las tareas cognitivas se enmarcan epistémicamente mediante la activación de ciertos y determinados recursos epistémicos. Los resultados muestran que los alumnos de 5to año de secundario, que participaron del estudio, poseen herramientas cognitivas que les permiten una sofisticación y flexibilidad epistémicas comparable a la de sujetos de trayectorias académicas muy superiores, como estudiantes universitarios avanzados.

Palabras Clave: resolución de problemas, epistemologías personales, recursos cognitivos.

ABSTRACT

A case study is presented in which the epistemic abilities of three students are analyzed during the solving process of a Mechanics problem. The theoretical framework adopted is that of Cognitive Resources, which assumes that students' cognitive activities are epistemically framed via the activation of epistemic resources. Results show that the studied high-school students exhibit epistemic sophistication compared to that of more advanced university students reported in the literature.

Keywords: problem solving, personal epistemologies, cognitive resources.

INTRODUCCIÓN

Existe consenso entre la comunidad de investigadores en educación en Física que las concepciones epistemológicas de los estudiantes son una clave para interpretar sus dificultades de aprendizaje. (Salinas et al.,1995; Campanario y Otero, 2000; McComas, 2000; Staphopoulou y Vosniadou, 2005).

Aún dentro de este consenso, existe disparidad sobre cuáles son los aspectos de las concepciones epistemológicas de los estudiantes que resultan relevantes para entender sus dificultades de aprendizaje. Algunos autores proponen que son aquellos descriptos desde una perspectiva que ha sido denominada de "alfabetización científica", la cual indaga sobre las imágenes que los estudiantes tienen *sobre los científicos y la actividad científica* (por ejemplo, Guridi, 1999). Alternativamente, otros autores sostienen que la perspectiva más fructífera de la epistemología para entender las dificultades de aprendizaje es aquella que indaga sobre la *naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de la Física* (Wainmaier y Salinas, 2005; Wainmaier y otros, 2011) Esta perspectiva se ha denominado de "formación científica". Estos dos aspectos, si bien diferentes, abordan ambos las características *públicas* de la epistemología, es decir, las maneras en que los conocimientos se construyen y se validan en el *contexto de la comunidad de científicos*.

Sandoval (2005) señala que existe una brecha entre las capacidades de indagación de los estudiantes y sus concepciones epistemológicas de la Ciencia. En su trabajo revisa un extenso conjunto de investigaciones que han abordado el estudio de las concepciones de las personas acerca de la Naturaleza de la Ciencia (referidas como *NOS*, por las siglas de *Nature of Science*) y argumenta por qué es poco probable que estudiar las ideas de los estudiantes sobre los aspectos epistemológicos de la ciencia formal (epistemología pública) ayude a comprender mejor sus propias capacidades y/o dificultades para la indagación. Su argumentación se basa en dos cuestiones fundamentales. En primer lugar, porque las visiones epistemológicas de la ciencia no serían marcos estables y coherentes, sino más bien un conjunto de creencias fragmentadas e inestables, susceptibles al contexto. Como ejemplo, los trabajos de Leach et. al (2000) y de Sandoval & Morisson (2003), muestran esta inconsistencia entre contextos. Las respuestas de los alumnos muestran concepciones epistemológicas inconsistentes entre sí tanto al variar el instrumento de recogida de información, como al registrar esas concepciones en momentos diferentes. En segundo lugar, señala Sandoval, porque se está buscando en el lugar equivocado: las epistemologías públicas de los sujetos se refieren a una epistemología "distante", término que connota la distancia que existe entre la actividad científica pública (formal) y las propias experiencias de indagación, de construcción de conocimiento, de argumentación científica y de aprendizaje. En lugar de buscar en las epistemologías públicas de los estudiantes las claves para entender sus prácticas de aprendizaje, Sandoval propone cambiar el foco hacia lo que él denomina *epistemologías personales*. Estas epistemologías personales son el conjunto de creencias que los alumnos tienen (explícita o implícitamente) sobre su *propio* conocimiento, y sobre sus maneras de construirlo. Son creencias vinculadas a la propia práctica de aprendizaje. La utilización del término "creencias" debe tomarse con cuidado, porque no nos estamos refiriendo a un conjunto estable, explícito y coherente de ideas, sino más bien a ideas tácitas, dependientes del contexto, y que se ven reflejadas en las decisiones epistémicas de las personas durante la construcción y evaluación de ideas y conceptos.

Otros investigadores, en coincidencia con lo que plantea Sandoval (op. cit.), también sugieren que el foco debería estar puesto no sobre las epistemologías públicas, sino sobre las epistemologías personales de los alumnos (Hammer & Elby, 2003; Russ et. al., 2008; Sandoval & Çam, 2010), justamente porque son estas epistemologías las que permiten a las personas decidir (implícita o explícitamente) cuál es el conocimiento adecuado para ser utilizado en el abordaje de cada situación a la que se enfrentan. Dicho de una manera sintética, son lo que permite a los alumnos dar respuesta a la pregunta tácita "¿de qué se trata esta actividad? / "¿qué se supone que tengo que hacer acá?". Esta perspectiva "personal, o funcional" de las epistemologías, vinculado a las concepciones personales de cada sujeto sobre el propio conocimiento permite entender mejor sus producciones en relación a tareas cognitivas como la argumentación y la resolución de problemas que tienen lugar durante el aprendizaje. En coincidencia con estos autores, consideramos que el principal atractivo de correr el foco del análisis de las epistemologías públicas hacia las epistemologías personales, radica en que son estas últimas las que operan (muy a menudo de manera implícita) a la hora de aprender Física.

Un caso que permite ver hasta qué punto es productivo este cambio de enfoque hacia las epistemologías personales, es el reportado por Lising y Elby (2005). Estos autores analizan las producciones de un sujeto, a quien dan el nombre de *"Jan"*. Los registros corresponden tanto a la producción de Jan junto con otro compañero durante sesiones de resolución de problemas, como también a entrevistas personales. Los autores observan que según el contexto, Jan aborda la tarea cognitiva en cuestión de dos maneras diferentes. En algunos casos, ella aborda la tarea como una de tipo "cotidiana", en la cual es válido y pertinente su razonamiento de sentido común, y su recuerdo de experiencias de interacción con otros fenómenos similares. En otras ocasiones, Jan responde a la demanda cognitiva de la tarea, como una a la que hay que responder mediante "herramientas formales". En estas ocasiones, su respuesta a la pregunta implícita "de qué se trata esto", parece ser la de aplicar herramientas formales, basándose su validez en la autoridad de la fuente de la cual proviene. El análisis global que los autores hacen les permite entender que las dificultades de aprendizaje de Jan están relacionadas con una barrera entre estos dos tipos de respuestas epistemológicas. Observan que Jan es capaz de comparar razonamientos diferentes cuando ambos se producen en el mismo tipo de contexto, ya sea formal, o cotidiano, pero que sus conciliaciones entre diferentes razonamientos no ocurren cuando ambos se producen en contextos diferentes.

Hutchinson y Hammer (2009) analizan cómo un grupo de estudiantes universitarios de un curso introductorio, en interacción con su docente, enmarcan la tarea en la clase de dos maneras diferentes. Uno de estos enmarques es al que los autores se refieren como "el juego de clase" (the classroom game). En este enmarque el conocimiento que "vale" es aquél que coincide con el que la autoridad sanciona como "correcto". Es decir, los alumnos entienden que su papel es el de reproducir conocimiento correcto, de manera que éste coincida con el conocimiento que la autoridad enuncia. En contraposición, los autores describen un enmarque epistemológico, al que califican de productivo, al cual dan el nombre de "dar sentido a un fenómeno natural". En este enmarque, los alumnos se comprometen con la construcción de conocimiento a partir de sus observaciones, su experiencia, su instrucción previa, y evalúan si las afirmaciones que construyen tienen sentido en relación al resto de su conocimiento. Esa investigación permite ver cómo las acciones de los docentes podrían instar a los estudiantes a enmarcar epistemológicamente la tarea en el aula de una manera productiva o improductiva.

Bing y Redish (2009, 2012) estudian la complejidad epistémica de estudiantes universitarios referida al uso de la matemática durante la resolución de problemas de física. Los sujetos estudiados en estos casos son estudiantes avanzados de nivel universitario, típicamente aquellos que ya han aprobado los cursos introductorios de física. El objetivo de estos autores es el de describir la componente epistémica involucrada en la experticia en desarrollo de esos alumnos. En el primero de los trabajos (Bing y Redish, 2009) muestran cómo un grupo de estudiantes intermedios (segundo año de universidad) se estancan en un enmarque epistémico. En ese enmarque, cualquier fórmula que utilicen debe provenir de la autoridad, y el significado físico de las variables involucradas no es considerado. Estos alumnos persisten en este enmarque de manera sostenida, aún ante diferentes pistas del docente para enmarcar la tarea de manera diferente, lo cual no les permite advertir que la fórmula que utilizan es inapropiada. En el segundo de los trabajos (Bing y Redish, 2012), otro conjunto de alumnos intermedios enmarcan la tarea de resolución como una en la cual el conocimiento válido es aquel proveniente de la autoridad, y la confiabilidad de los resultados está dada por la ejecución correcta de pasos matemáticos. Dado que en ese marco epistémico no hay lugar para una interpretación física del problema, estos alumnos se enfocan en ejecutar correctamente el algoritmo de cálculo. Como han establecido incorrectamente los límites de una integral, y el resultado matemático no está definido, se convencen de que el problema no tiene respuesta. Sólo cuando uno de los estudiantes enmarca la situación de manera diferente, logran advertir que han estado intentando resolver la integral equivocada. Este alumno cambia el enmarque epistémico de la tarea por uno en el cual su tarea es la de dar sentido físico a la descripción matemática. Estos dos ejemplos muestran cómo el análisis del enmarque epistémico de los estudiantes en lo referente al uso de la matemática permite entender mejor lo que ocurre cuando se "estancan" en soluciones incorrectas (e infructuosas), y cómo un cambio de enmarque epistémico les permite redireccionar su actividad de resolución. Los autores se refieren a esta capacidad de re-enmarcar la tarea de resolución, como una componente epistémica de la evolución de estos alumnos intermedios y la denominan sofisticación epistémica. Un ejemplo más rico de sofisticación epistémica es el último de los casos analizados por estos autores en Bing y Redish (2012). Corresponde a un sujeto que ya tenía un título universitario en una carrera de ciencias, y que luego de haber estado en el campo laboral, regresó a la universidad, y se encontraba cursando una materia del cuarto cuatrimestre de su carrera. A diferencia de los casos anteriores, este sujeto muestra un grado de sofisticación epistémica mayor. Es capaz de enmarcar la tarea de tres maneras diferentes, cada una dominada por tres objetivos epistémicos diferenciados: dar sentido físico a las ecuaciones, recuperar información correcta de la autoridad y evaluar la consistencia interna en la representación matemática. Dado que es capaz de pasar a un nuevo marco sin desestimar el anterior, puede buscar coherencia entre las conclusiones que hace en cada uno de ellos.

En el estudio que se presenta aquí, usaremos el análisis del enmarque epistémico de los alumnos para entender cómo abordan un problema de mecánica. Mostraremos que aquella sofisticación epistémica que Bing y Redish (op. cit.) encuentran recién en alumnos intermedios y avanzados de universidad, también es observable en alumnos de trayectoria académica considerablemente menor. Nuestro estudio analiza características del enmarque epistémico de alumnos de 5$^{to.}$ año de un Bachillerato en Gestión, y muestra que la sofisticación epistémica de estos alumnos les permite abordar el comportamiento de un sistema físico que aún no ha sido objeto de su instrucción. Veremos cómo su flexibilidad epistémica, dada por la capacidad de analizar la misma situación desde enmarques diferentes, les permite además aprender acerca de qué saben y qué no saben.

UNA DESCRIPCIÓN TEÓRICA PARA LAS EPISTEMOLOGÍAS PERSONALES

El marco teórico que nos permitirá el análisis de las epistemologías personales de los alumnos es el de los Recursos Cognitivos. Este marco teórico es el mismo que utilizan por Bing y Redish (op. cit.) para analizar los enmarques epistémicos involucrados en el uso de la matemática al resolver problemas de física. Desarrollado sobre la base del trabajo de diSessa (1993), propone que la cognición de las personas es el resultado de la activación de recursos cognitivos. Estos recursos se activan de manera contextual y asociativa. Algunos de estos recursos, llamados *conceptuales*, son los que permiten dar sentido al comportamiento de los sistemas físicos, mientras que otros, denominados *epistémicos*, se activan para dar lugar a una estructura de control, la cual permite dar sentido epistémico a la tarea que el sujeto realiza (Hammer & Elby, 2003; Redish, 2004; Hammer, 2005; Bing, 2008; Hutchinson y Hammer, 2009).

Dado que apuntamos a analizar la componente epistémica de la cognición de las personas, en este estudio atenderemos a los recursos epistémicos activados por los estudiantes. Asumimos que, al abordar una tarea cognitiva, las personas activamos un cierto y determinado conjunto de recursos epistémicos y que a este proceso se lo denomina enmarcado epistémico (Epistemic Framing). Por ejemplo, en un enmarque epistémico en el cual los sujetos tienen como objetivo producir resultados numéricos sobre la base de manipulación de ecuaciones, Bing y Redish (2012) identifican dos recursos epistémicos que dominan el enmarque: a) "Cálculo" (respetar un algoritmo de cálculo establecido arroja resultados confiables) y b) "Invocar autoridad" (la información proveniente de una fuente con autoridad, como el libro de texto o el profesor, es confiable para producir respuestas correctas). Una vez establecido el marco, éste está representado por estos dos recursos que lo dominan.

En el estudio realizado por Hutchinson y Hammer (2009), los autores describen el enmarque epistemológico de estudiantes en interacción con su docente durante algunas clases consecutivas. Estos autores describen dos enmarques diferentes durante esas interacciones, para mostrar cómo uno resulta más productivo que el otro. Estos dos enmarques son denominados por los autores como "el juego de clase" (Classroom game) y el "dar sentido al fenómeno" (Making sense of a natural phenomenon).

En el enmarque del juego de la clase, los estudiantes tratan al conocimiento como información que es provista por el libro de texto o el docente. Enmarcando una tarea como un juego de clase, los estudiantes asumen que su tarea es la de recibir esa información y reproducirla de manera adecuada. Esa información es valiosa si al reproducirla coincide con la información que la autoridad (el docente, el libro, etc.) establece como "correcta". En términos de recursos, diríamos que este enmarque está dominado por el recurso epistémico de "invocar a la autoridad". Decimos esto porque este recurso da cuenta de la tarea principal a la que se abocan los sujetos en este enmarque: reproducir información de manera acorde a lo que la autoridad dictamina como correcto.

En el enmarque de dar sentido al fenómeno, los estudiantes seleccionan y evalúan el conocimiento de manera diferente. El conocimiento puede provenir de diversos lugares (experiencia previa, sentido común, instrucción previa) y el rol que le corresponde al sujeto es el de *elaborarlo* y *evaluarlo*. *Elaborarlo*, implica que los estudiantes a través de sus razonamientos conectan diferentes elementos provenientes de su experiencia previa, de su instrucción previa, y *evalúan* la validez de sus razonamientos cotejando si los mismos *tienen sentido*. En esta evaluación para observar si algo *tiene sentido*, comparan el conocimiento que elaboran con todo aquello que creen o entienden. En términos de recursos, diríamos que este enmarque está dominado por el recurso epistémico de "dar sentido", porque es ésta la principal tarea que realizan los estudiantes, es lo que caracteriza la respuesta cognitiva a la pregunta implícita "¿qué se espera de mí en este contexto?"

En este trabajo, analizamos las producciones de los sujetos y hacemos foco en sus enmarques epistémicos, los cuales resultan caracterizados por estos dos recursos epistémicos: dar sentido e invocar a la autoridad. Veremos cómo, durante el transcurso de la tarea, el enmarque epistémico, descripto en términos de la activación de estos recursos, permite valorar cuán epistémicamente sofisticadas son sus producciones, de manera comparable a sujetos universitarios avanzados, como el caso reportado por Bing y Redish (2012).

EL ESTUDIO

El trabajo que se presenta es el estudio de un caso en el cual se analizan las producciones de un grupo de tres alumnos mientras abordan una situación problemática. Estos sujetos cursan el 5to año de un bachillerato con orientación en Gestión. La institución a la que pertenecen los alumnos es una escuela secundaria dependiente de la Universidad Nacional de Córdoba. El modo de recoger datos sobre el proceso de resolución fue el de entrevista semiestructurada. Se presentó a los alumnos un problema (ver Figura 1), y se les dio la consigna de acordar en las respuestas. La participación de los investigadores se limitó a pedir aclaraciones sobre las respuestas que ellos daban, de modo de establecer tanto como fuese posible, un clima de interacción entre pares. Los estudiantes accedieron a participar de la entrevista de manera voluntaria.

Una pelota de bowling y otra de fútbol tienen el mismo volumen pero distinto peso. Las dos se dejan caer simultáneamente desde una terraza situada a 4 m del piso. Elija cuál de las opciones es correcta justificando su respuesta:

Al llegar al suelo, la velocidad de la pelota de bowling es:

a) mayor
b) menor
c) igual

que la velocidad de la pelota de fútbol

La aceleración de la pelota de bowling es:

a) mayor
b) menor
c) igual

que la aceleración de la pelota de fútbol

El tiempo que tarda en llegar al suelo la pelota de bowling es:

a) mayor
b) menor
c) igual

que el tiempo que tarda la pelota de fútbol

Figura 1: el problema utilizado

Estos alumnos, al momento de la entrevista, habían cubierto contenidos de cinemática en una dimensión, y como parte de esos contenidos, conocían la descripción de móviles animados de M.R.U.V. como por ejemplo cuerpos que caen en las proximidades de la superficie de la Tierra. No habían visto aún ningún contenido de dinámica, aunque sí sabían que los cuerpos son atraídos hacia el centro de la Tierra mediante la interacción de la fuerza de gravedad.

Las entrevistas fueron registradas en audio y video, y el análisis realizado apunta a establecer cómo enmarcan la tarea, identificando los recursos epistémicos que dominan esos enmarques. El objetivo es analizar cómo sus razonamientos se ven potenciados por su capacidad de negociar entre dos tipos de enmarques dominados por dos recursos epistémicos diferentes. Esto les permite no solamente entender lo que están concluyendo, sino también advertir las limitaciones de las formalizaciones cinemáticas idealizadas, con las cuales han trabajado durante el curso.

RESULTADOS

Primer momento: La tarea es enmarcada como una en la cual se debe dar sentido a la descripción física de la situación bajo análisis.

Apenas terminan de leer el enunciado, y enfocándose en la primera pregunta (acerca de la velocidad con que los cuerpos llegan al suelo), los estudiantes (S1, S2 y S3) recuerdan que una profesora suplente les había contado sobre un experimento en el cual una pluma y una piedra caen al mismo tiempo y con la misma velocidad, siempre y cuando lo hagan *en el vacío*. Ellos diferencian aquél caso del presente y notan que acá no están tratando con el mismo tipo de problema. Así, el enmarque está dominado por el recurso epistémico de dar sentido, ya que es esta la tarea a la cual se abocan para responder a la demanda. Aún así, el recurso de invocar a la autoridad muestra estar activado, ya que contrastan los productos de sus razonamientos con información "correcta" proveniente de la autoridad.

Entrevistador: *¿me pueden contar lo que están pensando?*

S1: *… que la otra vez que vino una profe, no la de física* [una suplente]*, y nos contó que no sé quién había hecho un experimento, y que una pluma y una piedra…*

S2: (interrumpe) *…una piedra, y una pluma, en el vacío, y las dos caían al mismo tiempo, y con la misma velocidad… como que el peso no tiene nada que ver en cuanto a la velocidad con que caen…*

S1: *pero para hacer ese experimento tuvieron que hacer algo especial, porque si uno tira acá… en… en cualquier lado, una pluma y una piedra, ¡va a caer más rápido la piedra!*

S2: *y como acá no explica si hay que contar o no el roce con el aire… pero bueno, no dice nada… así que suponemos que HAY ROCE, y que no es un caso en el vacío, y no van a caer las dos al mismo tiempo.*

S3: *para mí sí, porque tienen el mismo volumen… y tienen la misma forma…*

Ent: *¿vos decís que el roce, aunque lo tengamos en cuenta, el roce es el mismo para los dos cuerpos porque tienen la misma forma?*

S3: *yo supongo que sí… obviamente tiene más, más… masa la pelota de bowling, y capaz que la afecte menos el aire…*

S1: *pero si tenés dos pelotas, con la misma forma, y una tiene más masa que la otra…*

S2: (interrumpe) *para mí va a caer primero la que tiene más masa…*

S1: *¡sí!*

Ent: *y esto ¿por qué lo piensan ustedes? ¿Alguien se los enseñó así? ¿Lo leyeron en algún lado?...*

S1: *¡no! Lo SABEMOS porque hemos tirado una… dos cuerpos… semejantes, o sea, de volumen… y de diferente… masa… y ha caído… primero, ¡el que tiene más masa!*

S2: *… como que estamos <u>respaldando</u> lo que nosotros creemos con lo que estamos estudiando.*

Se advierte que el recurso de "dar sentido" domina el enmarque epistémico porque es justamente ese recurso el que dirige la actividad cognitiva. Ante la pregunta implícita "¿de qué se trata esta tarea?" la respuesta es "se trata de dar sentido a lo que pasa". Sin embargo, los estudiantes no descartan la necesidad de echar mano a un conocimiento validado por la autoridad para "respaldar" lo que están pensando. Por esta razón, decimos que el recurso epistémico de "invocar la autoridad" también ha sido activado, aunque no es el que domina el enmarque, ellos no basan sus razonamientos en enunciados provenientes de la autoridad, sino que los utilizan para cotejar sus razonamientos producidos al dar sentido a la situación.

Segundo momento: Dar sentido como enmarque fructífero. La comparación con cuerpos sumergidos en el agua.

Hasta el momento, estos alumnos se han convencido de que, en presencia del aire, la pelota más pesada llegará al suelo con mayor velocidad. Arriban a este resultado habiendo intentado dar sentido a la situación presente en relación a su experiencia previa con la caída de objetos más pesados y más livianos. El pasaje que se presenta a continuación permite ver cómo, al continuar en este enmarque epistémico de dar sentido a la situación, hacen una analogía. Recuerdan que en una clase de matemática, surgió el ejemplo de un rey quien hizo sumergir dos coronas en agua para saber cuál era de oro puro. La analogía consiste en comparar el caso de dos coronas, visto en clase, con las dos pelotas del problema. En ambos casos se trata de cuerpos de igual forma y tamaño y diferente masa. En ambos casos, estos cuerpos están sumergidos en un fluido (agua / aire). Vale notar que esta analogía les permite afianzar una hipótesis que ellos ya habían comenzado a construir y que claramente muestra cómo ese "dar sentido" involucra considerar el mecanismo físico de interacción entre el cuerpo y el fluido que lo rodea. Ambos cuerpos, al tener la misma forma y tamaño, tienen que vencer la misma resistencia para desplazarse en el seno del fluido, pero, aquél cuerpo con mayor masa (y mayor peso) está siendo más ayudado por la gravedad para moverse hacia abajo.

S2: *…la profe de matemática nos había dado el ejemplo de una corona… que el rey quería saber si estaba hecha de oro puro o si…*

S3: *no… Lo que vos decís es que las dos coronas se sumergían en el agua y como tenían el mismo volumen, y el oro tenía más …*

S1: *o sea, ¡el oro tenía más masa!*

S2: *sí, claro, más masa y por lo tanto mayor densidad, entonces, se sumergía más*

S3: *iba a desplazar más agua, claro, ¡tenía que ver con la masa!*

S1: *Claro, tenía que ver con la masa… si tenía más masa… va a desplazar… lo que tenga que desplazar… ¡más rápido!*

Ent: *ah… a ver si entiendo… ¿están tratando de hacer una analogía con lo que pasa cuando sumerjo un cuerpo en el agua… como si el agua fuese el aire?*

S2: *sí, o sea, sabemos que el agua y el aire no son lo mismo, pero…*

S1: *como si fueran dos cuerpos iguales pero de distinto peso*

Ent: *o sea, ¿si los cuerpos tienen distinta masa, pasan distintas cosas?*

S1, S2, S3: *sí*

S3: *probablemente porque sea más atraído por la Tierra.*

S2: *pero…o sea… la gravedad siempre es la misma, pero el peso del cuerpo, o sea, la atracción que tiene hacia el centro de la Tierra sí depende de la masa, claro*

Ent: *ah… o sea, ustedes se acuerdan de este ejemplo que les contó la profe sobre cuerpos sumergidos en el agua, y dicen: "la fuerza que el aire le hace a las cosas tiene que tener las mismas características que la fuerza que el agua le hace a las cosas" ¿es eso?*

S2: (duda, se sonríe) *no tienen las mismas características…nosotros solamente, sobre algo que nos explicaron, y que sabemos que está bien porque nos lo dijo una profesora, estamos tratando de resolver este problema porque no estamos completamente seguros de que lo que estamos diciendo esté bien o esté mal… solamente estamos tratando de respaldar que…*

S1: *que sí tiene que ver, que la masa sí incide en la velocidad con que el cuerpo llega al suelo.*

En este pasaje puede verse que el enmarque epistémico continúa dominado por el recurso de "dar sentido". La evocación de un ejemplo de clase les permite encontrar coherencia entre una predicción que hasta el momento se había basado en la experiencia cotidiana, con un ejemplo que, proviniendo de una fuente con autoridad, es considerada confiable. Esto muestra que el recurso epistémico de invocar a la autoridad, continúa activado. Lo interesante, y productivo, es que se incorpora al enmarque epistémico, y no se desactiva el recurso de dar sentido físico que domina el enmarque.

Tercer momento: el análisis de la aceleración. El recurso de invocar a la autoridad domina temporalmente el enmarque.

Al responder a la siguiente pregunta (respecto de las aceleraciones de ambos cuerpos) los estudiantes no dudan en responder que son iguales. El entrevistador les pregunta por qué lo piensan, y su respuesta muestra claramente que están invocando una pieza de información que proviene de la autoridad y que eso solo basta para que sea confiable: "porque está en la Tierra". Ante este contundente cambio en el enmarque epistémico, el entrevistador intenta dar un pequeño empujón hacia el enmarque anterior, y pregunta si esto es así en el vacío, o en el aire, dado que en las preguntas anteriores ese fue un tema de discusión, e incluso ellos afirmaban que sus predicciones no serían las mismas en uno u otro caso. El discurso de S1 da una clara indicación de que el enmarque ha pasado a estar dominado por el recurso de invocar a la autoridad: casi de manera impaciente, sin terminar de oír la pregunta del entrevistador "recita" un afirmación de manera prácticamente textual a como ha sido obtenida de la autoridad: "en la Tierra, la aceleración es 10 m/s^2". Incluso cuando el entrevistador vuelve a aclarar que la pregunta es si la aceleración es la misma considerando que los cuerpos caen en el aire o en el vacío, vuelve a responder enfatizando que ese es el valor de la aceleración en la Tierra. El sustento de su afirmación está en algo que ha obtenido de la autoridad y que no está siendo cuestionado: su enmarque epistémico está dominado por el recurso de invocar a la autoridad, y el recurso de dar sentido ha sido desactivado.

S1: (leyendo en voz alta) *después dice, la aceleración de la pelota de bowling es mayor, menor o igual que la aceleración de la pelota de fútbol.*

S1, S2, S3: (de manera inmediata) *¡Igual!*

Ent: *¿por qué dicen que es igual?*

S1, S3: *porque está en la Tierra. /* **S2:** (al mismo tiempo) *porque es la gravedad.*

Ent: *¿En el vacío? ¿O en el aire?*

(Pausa)

S1: (muestra desconcierto con la pregunta)

Ent: *yo les digo esto porque al principio ustedes me habían dicho que si había aire contestaban una cosa, y si había vacío contestaban otra…*

S1: (interrumpiendo) *en la Tierra, la aceleración es 10 m/s^2, o bueno… o -10 m/s^2, según… el eje, el sistema que se elija, pero acá sería, en la Tierra, sería igual la aceleración.*

Ent: *consideres o no vacío…*

S1: (aún un poco desconcertado por la pregunta) *¿Cómo?*

Ent: *¿consideres o no vacío?*

S1: *¡no! Si… tuviéramos acá la pelota de bowling y la pelota de fútbol, y las tiramos desde acá, ¡la aceleración es la misma! … en la Tierra, la gravedad… la aceleración, ¡es igual!*

Varios son los indicios de que el recurso que domina el enmarque epistémico en este pasaje es el de invocar a la autoridad. En primer lugar, la primera respuesta que dan, inmediatamente y sin titubeos, de que las aceleraciones son iguales, viene sustentada por una afirmación enunciada casi como un "mantra": en la Tierra, la aceleración es la aceleración de la gravedad [1]. En segundo lugar, ante el cuestionamiento del entrevistador, que pregunta acerca de si están considerando el caso en presencia o ausencia de aire, la respuesta del alumno, otra vez recitando el enunciado de manera textual, indica que no está intentando dar sentido a su predicción, tal como hiciera antes, sino que está utilizando el conocimiento proveniente de la autoridad como base suficiente para dar una respuesta. En su respuesta de que "en la Tierra la aceleración vale 10 m/s^2" no atiende de manera alguna al cuestionamiento del entrevistador sobre la presencia o no del aire. Sencillamente intenta imponer una respuesta sobre la base de una afirmación (proveniente de la autoridad) que no está sujeta a cuestionamientos. Más aún, la actitud de incomodidad de S1 ante la pregunta del entrevistador muestra hasta qué punto su enmarque epistémico ha cambiado. Habiéndose desactivado el recurso de dar sentido, y habiendo pasado su enmarque a estar dominado por el recurso de invocar a la autoridad, cuestionarse sobre la presencia del aire resulta para S1 una tarea que está fuera de lugar y que carece de sentido.

Cuarto momento: S2 gestiona una negociación de marcos.

En el siguiente pasaje, mostramos cómo, ante el "empujón" del entrevistador, S2 vuelve a activar el recurso de dar sentido, y promueve una negociación entre los dos marcos epistémicos: uno dominado por "invocar autoridad" y otro dominado por "dar sentido". Esto los lleva a darse cuenta de que cuando dicen que la aceleración es la misma, están asumiendo que no hay roce con el aire. Más aún, ella (S2) recuerda un episodio de clase en el cual se mencionó la cuestión del roce con el aire. Sus compañeros se suman a esta negociación y es así que comienzan a advertir que: a) están resolviendo un problema diferente a todos los que han resuelto en el ámbito de clase[2]; b) sus respuestas respecto de la velocidad y de la aceleración son inconsistentes entre sí (si las aceleraciones son iguales, y los dos cuerpos caen al mismo tiempo desde la misma altura, no podrían tener velocidades diferentes al llegar al suelo); c) lo que saben formalmente acerca de la caída de los cuerpos adolece de limitaciones para tratar el caso de cuerpos que caen en presencia de aire.

[1] Más allá de las palabras usadas, un fuerte indicio de que esta afirmación es enunciada como un "mantra" está en el tono de voz utilizado por el alumno, y en la manera en que, al repetir este enunciado, vuelve a utilizar las mismas palabras, con la misma entonación. Estos cambios, de una entonación "suave y conciliadora", a un modo "firme y dirigido" ya han sido señalados por otros autores, como Hutchinson y Hammer (2009), como indicadores de cambios en los enmarques, tanto para los investigadores, como para participantes de una conversación.

[2] Si bien en el primer momento ya habían advertido que el problema es diferente a los que han trabajado en clase, en esta ocasión se dan cuenta de las implicancias que esas diferencias tienen en el análisis de cómo son las velocidades finales de caída.

S2: pero… ¿por qué nosotros dudamos tanto, con la velocidad, si hay roce o no hay roce, y por qué no dudamos con la aceleración, si hay roce o no hay roce?

S3: según lo que venimos haciendo [en clase] la aceleración va a ser siempre la misma.

S2: …según lo que venimos haciendo, siempre, es como si no hay roce con el aire… La profesora cuando vino [una suplente], cuando la profe había faltado, nos dijo: "ah, claro, ustedes en todos los problemas pusieron que no había que tener en cuenta el roce con el aire"… entonces dijimos "no no habíamos…" y nos dijo "bueno, no importa: no hay que tenerlo en cuenta"… es que si no… las cosas cambian. ¡Nosotros estamos trabajando todo [en clase] como que no hay roce con el aire!

S1: *claro… lo que pasa es que nosotros… un problema como éste… no lo analizamos nunca en clase… no hicimos problemas así…*

Ent: *¿así, cómo?*

S1: *Así como esto, que tenemos que dudar si es en el vacío o si no…*

S2: *sí los vimos, lo que pasa es que nosotros hacíamos de cuenta que no hay roce con el aire… Si tuviéramos que trabajar como hasta ahora [como en clase], yo diría que las velocidades son iguales, y que las aceleraciones son iguales…*

S3: *¡y sí! Lo que pasa es que si nosotros decimos que la velocidad de una va a ser mayor que la de la otra, que arrancan desde la misma… desde cero, es obvio que… ¡la aceleración en un caso va a ser mayor y en otro va a ser menor! Algo que no sé si hicimos bien es decir que la velocidad de una va a ser mayor que la de la otra… y ¡yo supongo que sí! Si la velocidad de la pelota de bowling, como dijimos, va a ser mayor, la aceleración también va a ser mayor y el tiempo va a ser menor, que el de la pelota de fútbol.*

S1: *lo que pasa es que acá dice "la aceleración de la pelota de fútbol"… ¿en qué momento? ¿Apenas caen? … no… nosotros, si lo tuviéramos que trabajar como si estuviéramos en clase, diríamos que las velocidades son iguales, que las aceleraciones son iguales, y que caen el mismo tiempo…*

Ent: *¿y ustedes coinciden con eso?...*

S1: *(interrumpiendo) (enfáticamente) Si lo hiciéramos como si estuviéramos en clase, pero… no es la realidad eso…*

S2: *Claro… si yo tiro la cartuchera al piso, llena, y la tiro vacía, la cartuchera llena va a llegar antes…*

Vemos cómo a instancias de S2, S1 vuelve a activar el recurso de dar sentido. Más aún, siendo discordantes los análisis que han hecho en los dos enmarques epistémicos (dar sentido, para analizar las velocidades, e invocar autoridad para las aceleraciones) los tres alumnos negocian estos enmarques, de manera que ambos permanecen activados: tanto el recurso de dar sentido como el de invocar a la autoridad como fuente de información "correcta" (la aceleración de los cuerpos en las proximidades de la Tierra es 10 m/s^2) Esto les abre la posibilidad de analizar las limitaciones del modelo de cinemática aprendido en clase. Un primer indicio de esto, es la duda de S1 acerca de a qué momento se refiere la pregunta sobre las aceleraciones. Efectivamente, en un estudio de las distintas explicaciones de estos mismos alumnos (Coleoni et.al., 2009) se muestra cuán apropiados son sus análisis para abordar el problema de la caída de los cuerpos en presencia del aire. Luego de este pasaje, los estudiantes incluso intentan obtener alguna evidencia experimental para respaldar o refutar su predicción de que el cuerpo más pesado cae antes y con mayor velocidad.

Momento final: La negociación de marcos les permite establecer límites de validez a los modelos simplificados que manejan.

Habiendo activado nuevamente el recurso de dar sentido, los estudiantes vuelven a analizar la validez de su conclusión sobre la primera parte de la resolución: la pelota más pesada llega antes y con más velocidad al suelo. Asimismo, entienden que este resultado no es compatible con otro que han producido en el marco de invocar la autoridad: todos los cuerpos en la proximidad de la superficie terrestre tienen la misma aceleración, que es 10 m/s^2.

Esta negociación de marcos les permite enmarcar la tarea de una manera nueva. En este nuevo enmarque, sigue activado el recurso de dar sentido, a la vez que también aceptan el conocimiento proveniente de la autoridad, pero con el condicionamiento de que aquellos enunciados tienen límites de validez que ellos desconocen.

> **S1:** *yo pienso que… si hay dos cuerpos, con el mismo volumen, y diferente masa, cae más rápido el más pesado…NO SÉ POR QUÉ…se supone que la aceleración es igual al principio, y después me parece que hay algo en el cuerpo que tiene más masa que lo acelera un poco más… o sea, la aceleración es la misma, es la de la gravedad, es 10 m/s^2, pero hay algo que al más pesado lo va a hacer llegar más rápido, algo que no lo vimos nosotros* [se refiere a que no lo vieron en clase]
>
> **S3:** *pero si vos decís eso, es porque en algún punto tiene más aceleración uno que el otro.*
>
> **S1:** *no sé… pero hay algo que va a hacer que el de más masa llegue más rápido… y para explicarlo no tenemos más que eso que tiene que empujar el aire que tiene adelante, y la de más masa le cuesta menos desplazar el aire.*

En el enmarque epistémico que se observa en este pasaje, "dar sentido" sigue siendo el recurso que guía la tarea cognitiva, pero a la vez sigue activado el recurso de invocar a la autoridad, y hay una negociación epistémica entre esos dos recursos. Esto permite a S1 hacer afirmaciones no sólo sobre cómo se comporta el sistema físico en cuestión, sino también acerca de qué saben y qué no saben resolver (la aceleración es la de la gravedad, pero hay algo que hace que el más pesado caiga antes, algo *que no vieron en clase*). Lo fructífero de esta negociación de marcos vuelve a quedar claro un poco más adelante, cuando S1 expresa lo que haría si tuviera que resolver este problema (no instruccional, y que los "invitó" a dar sentido) en una situación de clase (en donde presumiblemente sea mucho más común activar el recurso de invocar a la autoridad):

> **S1:** *Si nos dan un problema así en clase, lo primero que vamos a hacer es decir:* [la pelota de bowling tiene una velocidad] *mayor,* [aceleración] *mayor,* [tiempo] *menor… Profe: ¿cómo calculamos esto del aire? … porque en los problemas de clase lo resolvíamos… o sea… sin tener en cuenta el rozamiento con el aire… no nos hacían estas aclaraciones "pero distinto peso"… estábamos trabajando sin tener en cuenta el peso.*

Esta última transcripción nos permite ver cómo la negociación entre dos enmarques epistémicos, caracterizados por dos recursos diferentes (dar sentido e invocar a la autoridad) permite a este alumno ir más allá de detectar el problema. No sólo advierte que el modelo cinemático simplificado no da cuenta de esta situación, sino que también advierte dónde está la limitación de este modelo y puede formular una pregunta clara para hacer a su profesor en una situación hipotética de clase.

CONCLUSIONES

El análisis de este caso permite advertir la flexibilidad epistémica de alumnos de 5$^{to.}$ año de secundaria. Esta flexibilidad se evidencia en dos aspectos. En primer lugar, porque activan un recurso que resulta sumamente fructífero para abordar una tarea de construcción de conocimiento: dar sentido. Tal como señalan Hutchinson y Hammer (2009) y Bing y Redish (2009, 2012), la activación de este recurso permite a los sujetos abordar tareas de indagación de manera más productiva. En el caso de este estudio, este enmarque les permite establecer que, en base a su experiencia cotidiana con la caída de los objetos, cualquier descripción que hagan deberá dar cuenta de que los objetos más pesados, en presencia del aire, llegan al piso antes y con más velocidad que los más livianos (primer momento). En este primer momento, si bien "dar sentido" domina el enmarque, "invocar a la autoridad" muestra estar activado, ya que ellos declaran explícitamente que intentan "respaldar lo que están pensando con lo que les enseñaron". En el segundo momento, vemos que el mismo enmarque los habilita a hacer una analogía útil (la de las dos coronas de diferente densidad) para pensar en cómo caerán las dos pelotas en un fluido como el aire. Vemos cómo el recurso de invocar a la autoridad les permite articular sus razonamientos con información que, por provenir de la autoridad, consideran confiable. Así es que pueden afianzar su hipótesis de que "la masa sí tiene que ver" (con la velocidad final de caída), puesto que este resultado es coherente con el ejemplo (de las coronas) que "saben que está bien porque se los dijo una profesora". Cabe resaltar que la instrucción de estos alumnos hasta el momento de la entrevista no había cubierto contenidos de dinámica[3]. Solamente habían visto modelos cinemáticos idealizados (aceleraciones constantes, caída de cuerpos en el vacío) en una dimensión. Es importante notar que este enmarque productivo les permitiría también un punto de partida potencialmente útil para abordar contenidos de dinámica.

[3] Un detalle a tener en cuenta, que se omitió en las transcripciones, es que el ejemplo de las coronas surgió en una clase de matemática, mientras abordaban el tópico de ecuaciones lineales.

En segundo lugar, la flexibilidad epistémica de los estudiantes queda de manifiesto en la manera en que negocian enmarques epistémicos dominados por recursos diferentes. Luego de haber hecho un cambio abrupto hacia un enmarque dominado por "invocar a la autoridad" (tercer momento), un pequeño disparador, en la pregunta del entrevistador, permite a uno de los estudiantes (S2) proponer una negociación de marcos, la cual es aceptada por sus compañeros, y continúa hasta el final de la entrevista. En el Cuarto Momento, esa negociación de marcos muestra su productividad al permitirles advertir cuáles son las limitaciones del modelo cinemático idealizado que aprendieron en clase. Una última muestra de esta productividad se observa en el Momento Final: logran poner de manifiesto qué características del movimiento no pueden justificar formalmente (*si hay dos cuerpos, con el mismo volumen, y diferente masa, cae más rápido el más pesado…NO SÉ POR QUÉ…se supone que la aceleración es igual al principio, y después me parece que hay algo en el cuerpo que tiene más masa que lo acelera un poco más… o sea, la aceleración es la misma, es la de la gravedad, es 10 m/s^2, pero hay algo que al más pesado lo va a hacer llegar más rápido, algo que no lo vimos nosotros*) y posteriormente pueden elaborar una pregunta que podrían hacer al docente que apunta exactamente en la dirección de esta limitación del modelo que manejan (*Profe: ¿cómo calculamos esto del aire?*...)

La sofisticación epistémica de estos estudiantes es comparable a la del caso reportado por Bing y Redish (2009). Lo interesante de notar es que en aquél caso, se trataba de un sujeto con una historia de instrucción universitaria, y aquí estamos analizando el caso de adolescentes que aún no han terminado sus estudios secundarios. Es importante notar que estas herramientas epistémicas son parte del bagaje de conocimientos previos con el que estos estudiantes contarán en su instrucción posterior. En tal sentido, creemos que es útil para los docentes estar advertidos de las habilidades epistémicas de sus alumnos para poder hacer uso en el aula de esas habilidades de la manera más productiva posible.

REFERENCIAS

Bing, T.J. (2008) Ph. D. thesis. University of Maryland. http://www.physics.umd.edu/perg/dissertations/

Bing, T.J., Redish, E.F. (2009). Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 5, 020108 [15 pages]

Bing, T.J., Redish, E.F. (2012). Epistemic Complexity and the Journeyman-Expert Transition. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 8, 010105 [11 pages]

Campanario, J.M. y J. Otero (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades en el aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2) 154-169.

Coleoni, E.A., Buteler, L.M., Moyano, M.T. (2009). Alumnos que resuelven, alumnos que explican: análisis de explicaciones durante la resolución de un problema de Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2(2) 7-16.

diSessa, A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2/3) 105-225.

Guridi, V.M. (1999). ¿Puede vincularse la comprensión conceptual en Física con el perfil epistemológico de un estudiante? *Tesis de Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia*, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Hammer, D. & Elby, A. (2003). Tapping Students' Epistemological Resources. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1) 53-91.

Hammer, D. et al. (2005) Resources, framing and transfer. *In: Mestre, J. (Ed.). Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich: Information Age, p. 89-119.

Hutchinson, P., & Hammer, D. (2009). Attending to Student Epistemological Framing in a Science Classroom. *Science Education*, *94*(3), 506-524.

Leach, J., Millar, R., & Séré, M.G. (2000). Epistemological Understanding in Science Learning: The Consistency of Representations Across Contexts. *Learning and Instruction*, 10, 497-527.

Lising, L., & Elby, A. (2005). The Impact of Epistemology on Learning: A Case Study from Introductory Physics. *American Journal of Physics, PER Section*, 73(4) 372-382.

McComas, W.F. (2000). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Redish, E. (2004) A theorical framework for physics education research: modeling student thinking. *In: Redish, E.; Vicentini, M. (Eds.) Proceedings of the Enrico Fermi Summer School, Course CLVI.* Bologna: Società Italiana di Física, p. 1-63.

Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing Mechanistic Reasoning in Student Scientific Inquiry: A Framework for Discourse Analysis Developed from Philosophy of Science. *Science Education 92*(3), 499-525

Salinas, J.J.; Gil, D. y L.C. Cudmani (1995). La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones. *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física*, Salta, Argentina, 336-348.

Sandoval, W.A. & Morrison, K. (2003). High-School Students' Ideas About Theories and Theory Change After a Biological Inquiry Unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4) 369-392.

Sandoval, W.A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, 89(4) 634-656.

Sandoval, W.A., & Çam, A. (2010). Elementary Children's Judgements of the Epistemic Status of Sources of Justification. *Science Education*, 95(3) 383-408.

Staphopoulou, Ch. y S. Vosniadou (2005). Exploring the relationship between epistemological beliefs and physics understanding. *Journal of Educational Psychology*. En: www.cs.phs.uoa.gr/en/staff/vosniadou.html.

Wainmaier, C.O. y J.J. Salinas (2005). Incomprensiones en el aprendizaje de la Mecánica Clásica Básica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(1) 39-54.

Wainmaier, C.O., Speltini, C. y Salinas, J. (2011). Conceptos y relaciones entre conceptos de la mecánica newtoniana en estudiantes que ingresan a la universidad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,* 10(1) 133-152.

LOS DOCENTES UNIVERSITARIOS DE MATEMÁTICA Y FISICA Y EL USO DE LAS TIC: COMPETENCIAS, ACTITUDES Y EXPECTATIVAS

Avila, Marta del Valle[1] y Pereyra, Nora Elisa[1]

1 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Catamarca
e-mail: rodocrosita1035@yahoo.com.ar npereyra46@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo forma parte de la investigación *"Los procesos de innovación en las prácticas educativas basados en la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a las carreras de Física y Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca".* Tiene como objetivos: Indagar sobre las competencias que poseen los docentes e identificar las actitudes y expectativas predominantes que orientan a la muestra estudiada a la utilización o no de las TIC. Se adopta la Investigación-acción como una forma de analizar la propia práctica para transformarla. Se selecciona el cuestionario como instrumento de recogida de información. Consta de: 1) Datos contextuales, 2) Disponibilidad y utilización de las TIC, 3) Formación en TIC, 4) Actitudes, 5) Necesidades y 6) Expectativas. Este trabajo considera sólo los Item 2, 4 y 6. Constituyen la muestra docentes que se desempeñan en las carreras de Matemática y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca. A partir del corpus obtenido se determinan tres dimensiones de análisis: Competencias, Actitudes y Expectativas. Se incluyen los resultados y su análisis basado en el concepto de autoeficacia dado por Bandura.
Palabras clave: investigación-acción, nivel universitario, autoeficacia y recursos tecnológicos

ABSTRACT

This study is part of the research Project " Innovation processes in educational practices based on the incorporation of the Information and Communication Technologies (ICT) into the Physics and Mathematics careers at the College of Exact and Natural Sciences in the National University of Catamarca". The objectives are: Analyse the teachers' competences and identify the predominant attitudes and expectations which lead them to use or not to use the ICT. An action research approach is adopted as a way to analyse the typical practices in order to transform them. The questionnaire selected as the instrument to collect information has the following sections: 1) contextual data, 2) ICT availability and utilization, 3) ICT training, 4) Attitudes, 5) Needs, and 6) Expectations. In this work, only items 2, 4, and 6 are considered for the analysis. The sample is made up by the teachers in the Physiscs and Mathematics careers of the College of Exact and Natural Sciences. From the corpus obtained, three dimensions are determined for the analysis: competences, attitudes and expectations. The results are included, as well as the analysis based on the concept of self-effectiveness proposed by Bandura.
Key words: action-research, university level, self-effectiveness, technological resources.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo corresponde al estado de avance de la investigación *"Los procesos de innovación en las prácticas educativas basados en la incorporación de las TIC a las carreras de Física y Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca: su transferencia al nivel medio o Polimodal".*

La integración de las tecnologías de información y comunicación (TIC) –definidas como los elementos y las técnicas utilizadas en el tratamiento y la transmisión de las informaciones, principalmente de informática e Internet- en las prácticas de enseñanza puede enriquecer el aprendizaje y aumentar el logro académico de los estudiantes. Las TIC tienen presencia en el ámbito universitario. Lamentablemente, en la investigación sobre los usos de las TIC en la docencia universitaria, se repite un panorama orientado a reproducir la forma tradicional de enseñar. Es decir, los medios TIC sirven a propósitos clásicos de la enseñanza porque ayudan a la explicación como apoyos o ilustraciones, si bien recientemente también hay apertura a dejar materiales de estudio a disposición de los estudiantes en los denominados repositorios, facilitar la entrega de trabajos en sitios web o por correo electrónico, así como la tutela y las consultas electrónicas.

Los objetivos de este trabajo son: 1) Indagar sobre la competencia que poseen los docentes y 2) Identificar las actitudes y expectativas predominantes que orientan a la muestra estudiada a la utilización o no de las TIC.

Se trata de aproximar respuestas a los siguientes interrogantes: ¿Cuál es el grado de competencia que perciben de sí mismos (autoeficacia) los docentes como usuarios de las TIC?¿Cuáles son las actitudes y expectativas con respecto al uso de las TIC?. El tratamiento de estas cuestiones nos permiten esbozar algunas respuestas, parciales y provisorias, con la convicción de que cada hallazgo, por pequeño y modesto que sea, puede contribuir a comprender las dificultades que presentan los procesos, complejos y multidimensionales, que vinculan las acciones de los docentes apoyados por las TIC con respecto a las expectativas que tienen sobre las mismas.

MARCOS CONCEPTUALES

El presente trabajo pone énfasis en las competencias de los docentes reconociendo que no son potencialidades innatas del ser humano, sino que forman parte de una construcción permanente de quien aprende, desde una clara intencionalidad de producir o desempeñar una tarea específica de manera eficiente y eficaz.

Una aproximación al concepto de competencia en el ámbito educativo se extrae de la dada por Echeverría (1996) al descomponer las competencias profesionales desde los pilares de la educación propuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2008). Estas competencias son:

- *Competencias técnicas* (saber): refiere a tener los conocimientos especializados que permitan dominar, comunicar, como experto, los contenidos y las tareas vinculadas a la propia actividad cultural. La UNESCO (2008) considera que *"los docentes tienen que estar en capacidad de saber utilizar estas tecnologías para apoyar el desarrollo de las habilidades de los estudiantes tanto en materia de creación de conocimiento como para su aprendizaje permanente y reflexivo".*
- *Competencias metodológicas* (saber hacer): tiene en cuenta la aplicación de los conocimientos a situaciones laborales concretas utilizando los procedimientos adecuados, solucionar problemas de manera autónoma y transferir las situaciones adquiridas a situaciones novedosas.
- *Competencias participativas* (saber estar y saber convivir): atiende la disposición al entendimiento interpersonal así como a la comunicación y cooperación con los otros demostrando un comportamiento orientado al grupo.
- *Competencia personal* (saber ser): considera la posesión de una imagen realista de uno mismo, actuar de acuerdo con las propias convicciones, asumir responsabilidades, tomar decisiones y relativizar posibles frustraciones.

Las diversas posturas que existen frente al término competencia lleva a concebirlo como un concepto holístico que especifica la competencia como: *"El conjunto de rasgos de personalidad, actitudes, conocimientos y habilidades que posibilitan el desempeño de actuaciones profesionales reconocibles en el mundo académico y en el mundo de trabajo (Alvarez y otros, 2011).* No hay competencia sin desempeño y por ello, los elementos asociados a las competencias son: conocimientos (saber), actitudes (ser) y habilidades (hacer, estar y convivir).

Al analizar la integración de las TIC a los procesos educativos hay que considerar no sólo *"las argumentaciones racionales sino también las emociones que hay detrás de ellas"* (García-Valcárcel y Tejedor, 2007:2) emociones que vienen a aumentar la complejidad de este proceso de integración. En otras palabras, la cuestión actitudinal del docente representa un elemento clave para la renovación pedagógica.

"Las actitudes son constructos cognitivos que se expresan a través de opiniones y predisponen a determinadas actuaciones. Lo que piensan los docentes sobre el potencial didáctico de las TIC condiciona, sin duda, el uso que van a hacer de estas herramientas en su práctica profesional. De aquí la importancia de conocer no sólo la formación conceptual sino también las actitudes y expectativas que manifiestan los profesores en relación al uso de las TIC. La medida de las actitudes y expectativas como la casi totalidad de las medidas de tipo psicológico, tiene que ser necesariamente indirecta, a través de la expresión verbal, al no ser pertinente o no ser posible en todos los casos la medida de la conducta real. Las actitudes son medidas que nos permiten inferir opiniones, anticipar acciones y la disposición a actuar con respecto a un determinado objeto" (García-Valcárcel y Tejedor, 2007:2) .

"*Según Bandura (1997), la autoeficacia es la confianza en uno mismo para llevar a cabo una tarea. El modelo de la autoeficacia considera que los individuos se programan a sí mismos para el éxito o para el fracaso, ejecutando sus expectativas de autoeficacia. Los resultados positivos o negativos son consecuentemente retroalimentación para la base de experiencia personal del individuo. Distingue por un lado las expectativas de eficacia (o competencia percibida) y por otro las expectativas de resultado(o valor percibido). Las expectativas de eficacia refieren a la creencia en la capacidad de uno mismo para desarrollar una acción dada en un contexto específico. Las expectativas de resultado refieren a la creencia de que la acción realizada resultará en el objetivo deseado. En este estudio, se utiliza competencia percibida y valor percibido como los dos componentes de las creencias de la autoeficacia*" (Karsenti y Lira-Gonzalez, 2011)

MARCOS METODOLÓGICOS

La metodología de Investigación-acción es una forma de manifestar que la profesión de docente se analiza y entiende desde la propia práctica, y que desde ella puede emerger conocimiento válido, resultado de la búsqueda de una enseñanza diferente, en nuestro caso en la universidad. Tener dudas sobre las propias prácticas y flexibilizar el tipo de prácticas que se emprende, va parejo a someter a crítica toda creencia y rutina hasta conseguir una comprensión más profunda de la realidad educativa (Elliot, 2000). Al involucrar a los docentes en el proceso de investigación-acción estos se constituyen en informantes clave ya que les permite explicitar sus percepciones, creencias, etc. consideradas como relevantes a su propia práctica.

Esta investigación adopta un diseño mixto que combina el enfoque cualitativo con el cuantitativo. Según Pérez Serrano (1994:62) *"un investigador no tiene por qué adherirse ciegamente a uno de ambos paradigmas, sino que puede elegir libremente una relación de atributos que indistintamente provengan de uno u otro, si así logra una adaptación flexible a su problemática".* Al tratar las metodologías como complementarias se posibilitó una mayor coherencia para dar respuesta a los objetivos propuestos.

Se selecciona como instrumento de recogida de información el cuestionario que fue elaborado haciendo una adaptación de los existentes en antecedentes sobre la temática y testeado para determinar su fiabilidad. La finalidad del cuestionario es conocer inicialmente a los sujetos con los cuales se trabajará en la investigación. Consta de los siguientes items: 1) Datos contextuales, 2) Disponibilidad y utilización de las TIC, 3) Formación en TIC, 4) Actitudes, 5) Necesidades y 6) Expectativas.

Para este trabajo se seleccionó del Item 2, el subitem *¿Cómo calificarías tu desempeño en clase relacionado con competencias en recursos tecnológicos?.* Se toman como datos los registros de las percepciones o creencias de los docentes sobre su propia formación en competencias sobre todo las tecnológicas. Del Item 4 se tienen en cuenta los subitem a) *¿Qué facilitan en la docencia el uso de las TIC?* y b) *¿Qué facilitan en la investigación el uso de las TIC?.* Esto permitirá apreciar la actitud del profesorado en cuanto al cambio metodológico impuesto por las TIC tanto en docencia como en investigación. Las TIC se conciben como herramientas que ayudan a definir ese cambio. De los datos obtenidos se podrá determinar si el profesor está o no a favor del cambio, lo que a su vez permitirá conocer si esta suposición se materializa en la muestra estudiada. Para indagar las expectativas se estudia el Item 6 que hace referencia al subitem *¿Qué esperas obtener en docencia con el uso de las TIC?*

Constituyen la muestra quince (15) profesores de Matemática y once (11) profesores de Física que se desempeñan en distintas asignaturas de 1º a 3º año de las carreras de Matemática y de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con el propósito de facilitar la interpretación de los datos se determinan tres dimensiones: *Competencias, Actitudes y Expectativas*. De las respuestas a los ítems se han considerado para las categorías de la dimensión Competencias 6 criterios: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular e Insuficiente y No responde. Para las categorías de la dimensión Actitudes y Expectativas se adoptaron los criterios: Si, No y No responde.

Debido a la naturaleza del estudio, el análisis consistió en la realización de Tablas de Contingencia en relación a las áreas disciplinares Matemática y Física mediante el programa SPSS 15 (Statistical Package for the Social Sciences) registrando las frecuencias para las distintas categorías y de Tablas de valoración para determinar la valoración total positiva y negativa para cada área disciplinar.

Dimensión: Competencias

Variable 1: Competencia percibida por los docentes sobre el uso de PC

La Tabla de Contingencia 1 resulta de una adaptación de las tablas de contingencia dadas por el programa SPSS 15 y muestra los datos correspondientes al Item 2 del cuestionario Evaluación del desempeño que hacen los docentes de Matemática y Física sobre el uso de recursos tecnológicos. Refiere a las siguientes categorías de análisis: *Conocimientos generales en el área disciplinar, Habilidades generales de informática, Manejo de Excel, Manejo de Word, Uso de editores gráficos y Empleo de presentaciones Power Point*.

¿Cómo calificarías tu desempeño en docencia en relación con el uso de PC?	MATEMÁTICA							FÍSICA						
	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFIC.	NO RESP.	TOTAL	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFIC.	NO RESP.	TOTAL
Conoc. grales de la disciplina	0	1	7	0	0	7	15	0	9	2	0	0	0	11
Habilidades grales de inform.	0	1	8	0	0	6	15	0	5	6	0	0	0	11
Manejo de Excel	0	3	5	1	0	6	15	1	3	5	2	0	0	11
Manejo de Word	1	5	3	0	0	6	15	1	8	2	0	0	0	11
Utilización de editores gráficos	0	1	5	3	0	6	15	1	4	5	0	1	0	11
Empleo de present. Power Point	0	1	5	2	1	6	15	0	7	0	3	0	1	11
TOTAL	1	12	33	6	1	37	90	3	36	20	5	1	1	66

Tabla de contingencia 1

Según los datos expuestos en la Tabla de Contingencia 1, se puede concluir que los profesores en general tienen una percepción elevada de su desempeño, un buen sentido de su autoeficacia en relación a competencias disciplinares y tecnológicas dado que:

A. Los profesores de Física dicen tener un MUY BUEN y BUEN desempeño en casi todas las categorías donde la frecuencia más baja es 7 que corresponde al *Uso de presentaciones Power Point.*

B. Los profesores de Matemática expresan tener BUEN desempeño en casi todas las categorías observando un MUY BUEN desempeño también en el *Manejo de Excel* y de *Word*. Es preocupante la frecuencia que se registra en la categoría NO RESPONDE con un valor de 6 para todas las categorías salvo *Conocimientos generales de la disciplina* con un valor de 7.
Para la Dimensión "*Competencia*" se construyeron Tablas de valoración asignando puntajes a los diferentes criterios: a) se considera 5 puntos (50%) para la valoración negativa que incluye los criterios No responde e Insuficiente asignando 2,5 puntos a cada uno de ellos. La valoración positiva se establece asignando 1,25 puntos para cada uno de los criterios: Excelente, Muy Bueno, Bueno y Regular totalizando 5 puntos (50%).

¿Cómo calificarías tu desempeño en docencia con referencia al uso de PC?	MATEMÁTICA							FÍSICA						
	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFICIENTE	NO RESPONDE	TOTAL	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFICIENTE	NO RESPONDE	TOTAL
Conocimientos grales de la disciplina	0	1,25	8,75	0	0	17,5	27,5	0	11,25	2,5	0	0	0	13,75
Habilidades grales de informática	0	1,25	10	0	0	15	26,25	0	6,25	7,5	0	0	0	13,75
Manejo de Excel	0	3,75	6,25	1,25	0	15	26,25	1,25	3,75	6,25	2,5	0	0	13,34
Manejo de Word	1,25	6,25	3,75	0	0	15	26,25	1,25	10	2,5	0	0	0	13,75
Utilización de editores gráficos	0	1,25	6,25	3,75	0	15	26,25	1,25	5	6,25	0	2,5	0	17,50
Empleo de present. Power Point	0	1,25	6,25	2,5	2,5	15	27,5	0	8,75	0	3,75	0	2,5	12,50
Valoración parcial	1,25	15	41,25	7,50	2,5	92,5	160	3,75	45	25	6,25	2,5	2,5	85
Valoración total	**65**				**95**			**80**				**5**		

Tabla de valoración 1.1

La Tabla de valoración 1.1 posibilita obtener una visión global considerando todas las categorías, ya que:

A. Los profesores de Física tienen un puntaje más elevado para la valoración positiva de las categorías que los profesores de Matemática, de 80 y 65 puntos respectivamente.

B. Los profesores de Matemática registran una valoración negativa mayor que la positiva registrando puntajes de 95 y 65 respectivamente.

Variable 2: Competencia percibida por los docentes sobre el uso de internet

"Internet no es un fenómeno exterior a la sociedad sino un reflejo de la misma que a su vez moviliza al resto de las instituciones sociales. De esta manera se conforma lo que Adolfo Plascencia (1998) denominó cuarta cultura que se caracteriza por presentar una concepción del pensamiento multidisciplinar, en estrecha relación con la ciencia y la tecnología" (Castro, 2004:6).

Las herramientas de la sociedad informacional (e-mail, chat, foro y navegar en la web) brindan la posibilidad de acceder de modo rápido y actualizado a informaciones que favorecen la creación y difusión del conocimiento. Con este fin se buscó conocer cuál era la vinculación de los docentes con estas herramientas informacionales.

La Tabla de Contingencia 2 presenta los datos obtenidos para las categorías de análisis relacionadas con el uso de Internet que son: Manejo de correo electrónico, Manejo de chat, Uso de foro, Simulaciones, Adquisición de datos con PC en experimentación y Diseño de secuencias didácticas.

¿Cómo calificarías tu desempeño en docencia con referencia al uso de Internet?	MATEMÁTICA							FÍSICA						
	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFIC.	NO RESP.	TOTAL	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFIC.	NO RESP.	TOTAL
Uso de correo elect.	1	4	4	0	0	6	15	1	7	2	1	0	0	11
Empleo de chat	0	3	3	1	0	8	15	0	2	0	2	2	5	11
Uso de foro	0	0	1	2	1	11	15	0	2	0	2	2	5	11
Utilización de simul.	0	3	1	0	0	11	15	1	5	4	0	1	0	11
Adquisición de datos con PC para exp.	0	2	0	1	0	12	15	1	4	1	3	0	2	11
Diseño de sec. Didáct.	0	3	2	0	1	9	15	0	2	2	2	4	1	11
TOTAL	1	15	11	4	2	57	90	3	22	9	10	9	13	66

Tabla de contingencia 2

De acuerdo a los datos expuestos en Tabla de Contingencia 2 se puede observar un autoconcepto bajo en relación al uso de Internet ya que:

A. Los profesores de Física dicen tener MUY BUEN desempeño en casi todas las categorías pero con bajas frecuencias salvo para el *Uso del correo electrónico* con una frecuencia de 7. Igual observación se hace para los profesores de Matemática donde las frecuencias son más bajas que las de los profesores de Física a excepción de la categoría *Empleo de foro* donde es nula la respuesta.

B. Los profesores de Matemática obtienen elevadas frecuencias para el criterio NO RESPONDE sobre todo en las categorías *Adquisición de datos con PC para experimentación en Física* (frecuencia 12), *Uso de foro* (11) y *Utilización de simulaciones* (11).

C. Los profesores de Física también tienen registros de frecuencia (5) en el criterio NO RESPONDE para las categorías *Empleo de chat* y *Uso de foro*.

La Tabla de valoración que sigue se obtiene a partir de la Tabla de Contingencia 2 de la misma forma que la considerada para la variable 1.

¿Cómo calificarías tu desempeño en docencia con referencia al uso de Internet?	MATEMÁTICA							FÍSICA						
	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFIC.	NO RESP.	TOTAL	EXCELENTE.	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	INSUFIC.	NO RESP.	TOTAL
Uso de correo elect.	1,25	5	5	0	0	15	26,25	1,25	8,75	2,5	1,25	0	0	13,75
Empleo de chat	0	3,75	3,75	1,25	0	20	28,75	0	2,5	0	2,5	5	12,5	22,5
Uso de foro	0	0	1,25	2,5	2,5	27,5	33,75	0	2,5	0	2,5	5	12,5	22,5
Utilización de simulaciones	0	3,75	1,25	0	0	27,5	32,5	1,25	6,25	5	0	2,5	0	15
Adquisición de datos con PC para exp.	0	2,5	0	1,25	0	30	33,75	1,25	5	1,25	3,75	0	5	16,25
Diseño de sec. Didáct.	0	3,75	2,5	0	2,5	22,5	31,25	0	2,5	2,5	2,5	10	2,5	20
Valoración parcial	1,25	18,75	13,75	5	5	142,5	186,25	3,75	27,5	11,25	12,5	32,5	32,5	110
Valoración total	**38,75**				**147,5**			**45**				**65**		

Tabla de valoración 2.1

De acuerdo a la Tabla de valoración 2.1:

A. Los puntajes obtenidos en valoración positiva por los profesores de Física son también superiores a los registrados para los profesores de Matemática pero no se observa tanta diferencia con los referidos al uso de PC dado que los puntajes son de 45 y 38,75 respectivamente.

B. Tanto los profesores de Matemática como los de Física presentan un puntaje para la valoración negativa que resulta mayor que la valoración positiva con un valor de 147,5 y 65 respectivamente.

Lo expresado hasta aquí por los docentes encuestados en relación a éste Item corresponde a una autoevaluación o evaluación del propio accionar docente por lo tanto responde a una valoración subjetiva. Los docentes de Física evidencian un autoconcepto elevado de si mismo lo que influye en la motivación del sujeto. Según Fierro (1999) "*el autoconcepto es el conjunto de representaciones mentales que incluyen imágenes y juicios y no solo conceptos, que el individuo tiene acerca de sí mismos (…) Refiere a operaciones y esquemas, autopercepciones, juicios descriptivos y evaluativos, etc.*"

Los resultados correspondientes a los Items 2, 4 y 6 del cuestionario destinado a los docentes no pueden considerarse aislados ya que se presenta la posibilidad de introducir sesgos en la investigación. Para evitarlo se someterán estos resultados a contrastación empírica con los resultados de la encuesta a los estudiantes.

Dimensión: Actitudes

Variable 1: Valor percibido por los profesores sobre el uso de las TIC en la docencia

Las TIC facilitan en la docencia	MATEMÁTICA			TOTAL	FÍSICA			TOTAL
	SI	NO	NO RESPONDE		SI	NO	NO RESPONDE	
La comunicación entre alumnos y profesores	7	4	4	15	9	2	0	11
La preparación de las clases	7	4	4	15	10	1	0	11
El acceso abierto a todo tipo de inform.	7	4	4	15	7	4	0	11
La rapidez en la gestión docente	6	5	4	15	2	8	1	11
La satisfacción profesional	4	7	4	15	4	6	1	11
TOTAL	31	24	20	75	32	21	2	55
	31	44			32	23		

Tabla de Contingencia 3

De la Tabla de Contingencia 3 se puede inferir que:

A. Tanto los profesores de Física como los de Matemática registran en forma global para todas las categorías una frecuencia para el SI de 32 y 31 respectivamente. Las categorías que registran valores de frecuencia más elevados corresponden a *Preparación de las clases*, *Comunicación* y el *Acceso abierto a la información*.

B. Los profesores de Matemática manifiestan una frecuencia para el NO y NO RESPONDE mayor que los profesores de Física con valores de 44 y 23.

Para las Dimensiones Actitudes y Expectativas se elaboraron Tablas de valoración siguiendo estos criterios: 5 puntos (50%) para la valoración positiva (Si) y 5 puntos (50%) para la valoración negativa (No y No responde) donde se asigna un puntaje de 2,5 para cada uno de ellos.

Las TIC facilitan en la docencia	MATEMÁTICA			TOTAL	FÍSICA			TOTAL
	SI	NO	NO RESPONDE		SI	NO	NO RESPONDE	
La comunicación entre alumnos y profesores	35	10	10	55	45	5	0	50
La preparación de las clases	35	10	10	55	50	2,5	0	52,5
El acceso abierto a todo tipo de inform.	35	10	10	55	35	10	0	45
La rapidez en la gestión docente	30	12,5	10	52,5	10	20	2,5	32,5
La propia satisfacción personal	20	17,5	10	47,5	20	15	2,5	37,5
Valoración parcial	155	60	50		115	47,5	5	167,5
Valoración total	155	110		265	115	52,5		

Tabla de valoración 3.1

De los datos expuestos en la Tabla de valoración 3.1 se puede inferir que:

A. Los profesores de Matemática y los profesores de Física muestran una valoración positiva un tanto aproximada para las categorías analizadas, es decir con escasa diferencia ya que el puntaje es de 155 y 115 respectivamente.

B. Los profesores de Matemática presentan una valoración negativa casi el doble que los profesores de Física con puntajes de 110 y 52,5 respectivamente.

Variable 2: Valor percibido por los profesores respecto al uso de las TIC en investigación

Las TIC facilitan en la investigación	MATEMÁTICA			TOTAL	FISICA			TOTAL
	SI	NO	NO RESP.		SI	NO	NO RESP.	
El tratamiento de gran cantidad de datos	9	2	4	15	10	1	0	11
El rápido acceso a base de datos, bib.dig. etc.	9	2	4	15	9	2	0	11
La comunicación con científicos e investig.	9	2	4	15	6	5	0	11
El acuerdo sobre términos científicos	4	7	4	15	4	7	0	11
TOTAL	31	13	16	60	29	15	0	44
	31	29			29	15		

Tabla de contingencia 4

La Tabla de Contingencia 4 permite deducir que los profesores de Matemática y de Física registran puntajes aproximados de valoración positiva con 31 y 29, respectivamente. La valoración negativa es mayor para los profesores de Matemática que para los de Física dado que los puntajes obtenidos son de 29 y 15, respectivamente.

Las TIC facilitan en la investigación	MATEMÁTICA			TOTAL	FÍSICA			TOTAL
	SI	NO	NO RESP.		SI	NO	NO RESP.	
El tratamiento de gran cantidad de datos	45	5	10	60	50	2,5	0	52,5
El rápido acceso a base de datos, bib.dig.	45	5	10	60	45	5	0	50
La comunicación con científicos e investigadores	45	5	10	60	30	12,5	0	42,5
El acuerdo sobre términos científicos	20	17,5	10	47,5	20	17,5	0	37,5
Valoración parcial	155	32,5	40	227,5	155	37,5	0	192,5
Valoración total	155	72,5			155	37,5		

Tabla de valoración 4.1

La Tabla de valoración 4.1 permite visualizar que tanto los profesores de Física como los de Matemática tienen el mismo puntaje de 155 para la valoración positiva. En cambio los profesores de Matemática tienen un puntaje de 72,5 para valoración negativa y los profesores de Física registran un puntaje de 37,5.
En general, los profesores registran una actitud positiva hacia el uso de Internet y hacia una integración de las TIC en el aula. Implícitamente se encuentra el pensamiento que Internet aporta recursos para la docencia y la investigación y que su uso aumenta la motivación de las clases y la satisfacción profesional.

Dimensión: Expectativas

Variable: Valor esperado por los docentes sobre el uso de las TIC

¿Qué esperas obtener con el uso de las TIC?	**MATEMÁTICA**			TOTAL	**FÍSICA**			TOTAL
	SI	NO	NO RESPONDE		SI	NO	NO RESPONDE	
Aprendizaje colaborativo	6	5	4	15	7	4	0	11
Aprendizaje autónomo	7	4	4	15	8	3	0	11
Variedad de códigos de información (texto, sonido, imágenes etc.)	6	5	4	15	4	7	0	11
Aumento en el interés y motivación de los alumnos	11	0	4	15	10	1	0	11
TOTAL	30	14	16	60	29	15	0	44
	30	30			29	15		

Tabla de contingencia 5

De los datos expuestos en la Tabla de contingencia 5 se infiere que la valoración positiva tiene puntajes aproximados en forma global tanto para los profesores de Matemática como los de Física siendo de 30 y 29, respectivamente. Para esa relación la valoración negativa es el doble.

¿Qué esperas obtener con el uso de las TIC?	**MATEMÁTICA**			TOTAL	**FÍSICA**			TOTAL
	SI	NO	NO RESPONDE		SI	NO	NO RESPONDE	
Aprendizaje colaborativo	30	12,5	10	52,5	35	10	0	45
Aprendizaje autónomo	35	10	10	55	40	7,5	0	47,5
Variedad de códigos de información (texto, sonido, imágenes etc.)	30	12,5	10	52,5	20	17,5	0	37,5
Aumento en el interés y motivación de los alumnos	55	0	10	65	50	2,5	0	52,5
Valoración parcial	150	35	40	225	145	37,5	0	182,5
Valoración total	150	75			145	37,5		

Tabla de valoración 5.1

Según la Tabla de valoración 5.1 los puntajes son aproximados tanto para los profesores de Matemática como para los profesores de Física ya que los registros son de 150 y 145, respectivamente. La valoración negativa es mayor para los profesores de Matemática que para los de Física con registros que muestran puntajes de 75 y 37,5 respectivamente. En general, las expectativas de los profesores son elevadas aunque todavía algunos se resisten a incorporar las TIC. Esto no debe ni puede considerarse como un reto a dominar o algo que se deba ignorar, sino como un logro más, en cuanto a estrategias de enseñanza e investigación.

Todas las categorías de la variable *Valor esperado en el uso de las TIC* apuntan a la flexibilidad pedagógica como una tendencia característica de los nuevos modelos educativos lo que significa pasar de una enseñanza centrada en el docente a una centrada en el aprendiz.

Según Gros Salvat (2008), promover el aprendizaje colaborativo implica el desafío de desarrollar experiencias de trabajo conjunto. Al considerar la participación como proceso de construcción y transformación de identidades permite el abordaje de la dimensión sociocultural de la construcción del conocimiento. El aprendizaje colaborativo no se realiza de forma espontánea ya que es preciso atender las condiciones y los entornos donde el centro está puesto en el interés y la motivación de los estudiantes. Favorecer el aprendizaje autónomo implica guiar el proceso de construcción del conocimiento. No es una tarea sencilla pero no puede suceder sin la colaboración activa del profesorado. Resulta necesario avanzar en un trabajo formativo más flexible acorde con la complejidad que caracteriza a la sociedad informacional.

A MODO DE CIERRE

La integración de las TIC en el mundo educativo no solo depende de su calidad técnica y de sus posibilidades pedagógicas, sino también del enfoque y de la metodología docente de la que formen parte. Por este motivo, los conocimientos, actitudes y expectativas que tengan los profesores con respecto al uso de los recursos tecnológicos se convertirán en factores determinantes al momento de integrarlos en los procesos formativos y de investigación (Álvarez y otros, 2011). Si la formación inicial y/o permanente y las experiencias previas son positivas y fructíferas en relación al uso de las TIC el desarrollo de su profesionalidad y sus competencias será más amplio.

De este trabajo se puede deducir que en la muestra sometida a estudio se encuentran presenten dos grupos.

Grupo 1: Caracterizado por dar una valoración negativa mayor que la positiva en relación a las competencias y actitudes hacia las TIC, está integrado por docentes de Matemática. Presenta implícitamente un cierto rechazo al cambio y la innovación al demostrar, por ejemplo, escaso interés a la hora de responder los Items. Ceballos y Rose (2000) plantean que está presente un *"miedo por no saber cómo utilizar e integrar curricularmente las novedades tecnológicas y rechazo porque ante fracasos anteriores aparece la tendencia a prejuzgar negativamente las posibilidades didácticas de la comunicación digital".*

Esta actitud poco positiva de los docentes no involucrados en el cambio no es una particularidad de nuestro ámbito. *"Según Robertson (2003) las preconcepciones docentes no les permiten comprometerse con una actitud optimista respecto a la utilización de las TIC en la enseñanza. La preocupación reside en la incorrecta utilización comercial en los cursos a distancia… tienden a estar desinformados sobre la investigación que no ha logrado encontrar una relación positiva entre el uso de las TIC y el rendimiento de los estudiantes"* (Baade y otros, 2008).

Grupo 2: Compuesto por profesores de Física demuestra una actitud general positiva hacia la integración de las TIC. Ellos reconocen, implícitamente, las potencialidades que las TIC brindan al proceso formativo considerando la necesidad de su vinculación e incorporación a la educación. De esta manera, asumen una posición crítica, de reflexión sobre las ventajas y desventajas de las innovaciones tecnológicas y analizan su nuevo rol como gestores del cambio tecnológico en el currículum de acuerdo con los requerimientos y expectativas del aula, de la institución educativa y de la sociedad actual.

Estos resultados, y la observación cuidadosa de la realidad, evidencian tanto la incapacidad del uso educativo de las herramientas tecnológicas, como los nuevos desafíos y necesidades derivados de la imparable digitalización de la sociedad. Abordar estos desafíos requiere de los docentes el desarrollo y la adquisición de nuevos conocimientos, habilidades y predisposiciones y, por tanto, un replanteamiento de las visiones sobre cómo aprenden los estudiantes en un mundo saturado de información y tecnología, de los tiempos y espacios escolares, de los nuevos roles del alumnado y profesorado, etc. Es decir, implica una aproximación a los problemas de la educación actual, que no puede perder de vista en las herramientas que hoy configuran nuestra realidad, ni la dimensión sistémica de los contextos de enseñanza y aprendizaje (Sancho y otros, 2008).

Para afrontar con éxito el proceso de cambio orientado a mejorar la integración de las TIC en la práctica docente la formación metodológica de los profesores es fundamental así como el apoyo de las políticas universitarias que contemple la inversión en equipamiento tecnológico. Debemos considerar la incorporación de las TIC como un proceso de innovación pedagógica basado en la creación de las condiciones para desarrollar la capacidad de aprender y adaptarse de los docentes y estudiantes, entendiendo la innovación como un proceso intencional y planeado, que se sustenta en la teoría y en la reflexión y que responde a las necesidades de transformación de las prácticas para un mejor logro de los objetivos (Fullan, 2002). Las nuevas tecnologías por sí solas no mejoran en forma automática el modo de educar a los alumnos, ni los prepara mejor para enfrentar los desafíos del mundo actual. Hace falta un encuadre pedagógico, que haga de las TIC una herramienta eficiente, lo cual abarca objetivos generales, contenidos específicos y metodologías (Kofman, 2003). Por lo tanto, se considera necesaria la incorporación de las TIC a la enseñanza en las asignaturas de las carreras de Física y Matemática de la Facultad y por lo tanto los profesores deben percibir estos cambios no como una amenaza a su labor sino como un desafío que vale la pena asumir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, S.; Cuéllar, C.; López, B: Andrada, C.; Anguiano, R.; Bueno, A.; Comas, I; Gómez, S. (2010) *Actitudes de los profesores ante la integración de las TIC en la práctica docente. Estudio de un grupo de la Universidad de Valladolid,* en EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Nº35: (artículo en línea).

Baade, N.; Lavagna, M.; Nuñez, R. (2008) *Concepciones y realidades docentes en relación a la implementación de las NNTT en la enseñanza de las ciencias*, Rosario: Memorias IX Simposio de Investigación en Educación en Física.

Bandura, A. (1997) *Self-efficacy: the exercise of control*, New York, W.H. Freeman/Times Books/Henry Holt&Co.

Castro, G. (2004) *Los jóvenes entre los consumidores culturales y la vida cotidiana*. En Kairós Revista de Temas Sociales, Año 8 Nº14, Universidad Nacional de San Luis: http://www.revistakairos.org (artículo en línea)

Ceballos, G. y Rose, D. (2000) *Tecnofobia,* en Universidad del Valle de México http://www.uvmnet.edu/eventos/congreso

Echeverría, B. (1996) *Formación Profesional,* Barcelona: PPU.

Elliot, J. (2000) *La investigación-acción en el aula,*Madrid: Morata.

Fierro, A. (1999) *Personalidad y aprendizaje en el contexto escolar*, Cap.10 en Desarrollo Psicológico y Educación II comp. de César Coll, Jesús Palacios y Alvaro Marchesi, Madrid: Alianza.

Fullan, M. (2002) *Liderar en una cultura de cambio,* Barcelona: Octaedro.

García-Valcárcel, A. y Tejedor, F. (2007) *Estudio de las actitudes del profesorado universitario hacia la integración de las TIC en su práctica docente,* en X Congreso Iberoamericano EDUTEC Bs. As. Argentina http://gredos.usal.es/jspul/bitstream/10366/18450/1/DDOM/Estudiodelas.pdf

(artículo en línea)

Gros Salvat, B. (2008) *Aprendizajes, conexiones y artefactos. La producción colaborativa del conocimiento*, Barcelona: Gedisa.

Karsenti, T. y Lira-González, M.L. (2011) *La importancia de la motivación y las habilidades computacionales de los futuros docentes en el uso de las TIC* en Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES) Vol II, Nº3, pp 116 a 129, México: ISSUE-UNAM/Universia. http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/87

Kofman, H. (2003) *Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las NTICs en la enseñanza de la Física Universitaria y la capacitación docente* (artículo en línea)

http://www.educared.org.ar/concurso-2/resenia/pdf/04-kofman.pdf

Pérez Serrano, G. (1994) *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes,* Tomos I y II. Madrid: La Muralla.

Robertson, J. (2003) *Toward a theory of negativity. Teacher education and information and communications technology*. Journal of Teacher Education, 54, (4)

Sancho, J.M.; Ornellas, A.; Sánchez, J.A.; Alonso, C.; Bocio, Alejandra (2008) *La formación del profesorado en el uso educativo de las TIC: una aproximación desde la política educativa* en Praxis, Nº12 pp.10 a 22: Universidad Nacional de la Pampa.

UNESCO (2008) *Informe Estándares de competencia en TIC para docentes*, París: Unesco.

LA FORMACIÓN DOCENTE EN FÍSICA COMO DISCURSO Y PRÁCTICA SOCIAL

Luna, María Virginia; Concari, Sonia Beatriz

Facultad de Ciencias de la Educación –UNER (Argentina); Facultad Regional Rosario - Universidad Tecnológica Nacional (Argentina)

virginialuna11@gmail.com; sconcari@gmail.com

RESUMEN

La temática central que aborda este trabajo es la formación docente en Física desde aproximaciones conceptuales que se han ido construyendo en el marco de proyectos de investigación y de una tesis doctoral en proceso de elaboración. Se presenta un breve estado del arte de investigaciones sobre formación docente y formación de profesores en disciplinas específicas; luego se exponen algunas conceptualizaciones centrales de las que parte este trabajo, sobre todo recuperando aportes de la perspectiva teórica de Michel Foucault. Fundamentalmente nos centramos en las nociones de ***discurso*** y de ***práctica*** del autor para construir teóricamente el objeto Formación Docente en Física. Dentro de esta perspectiva teórica y metodológica se vuelve primordial atender la formación de profesores desde su propia historicidad. Expondremos rasgos fundamentales de distintos momentos históricos en los cuales la formación de los profesores de Física se vuelve un problema estatal y de la comunidad científica. Especialmente se realiza un análisis documental basado en las memorias del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) que tratan sobre el problema de la formación de los profesores y la enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria en Argentina, en el período 1958 a 1967. Finalmente presentamos algunas conclusiones.

Palabras clave: formación de profesores – enseñanza de las ciencias – Física - CONICET

ABSTRACT

The central theme of this work is the training of Physics teachers from conceptual and empirical approaches that have been built in research projects and a dissertation still in preparation. At first, it presents a brief state of art of research on teacher education and teacher training in specific disciplines. Then, there are exposed some central conceptualizations that this work parts from, recovering contributions from Michel Foucault. Mainly we focus on the notions of speech and practice of the author to construct theoretically the object Teacher Education in Physics. In this theoretical and methodological perspective it becomes essential to meet the training from its own historicity. We will present basic features of different historical moments where the training of Physics teachers became an issue for the State and the scientific community. Specifically, a documentary analysis is done about the Proceedings of the National Council of Scientific and Technical Research (CONICET) which deals with the problem of teacher training and science education in high school in Argentina in the period 1958-1967. Finally we present some conclusions.

Keywords: teacher training - Sciences education - Physics – CONICET

INTRODUCCIÓN

En este trabajo presentamos avances de investigación que tienen como tema central la formación de profesores de Física en Argentina. Los mismos se fueron elaborando en el marco de un proyecto de investigación ya concluido[1], otro en curso[2] y una tesis doctoral[3] en proceso de elaboración.

En principio se presenta un breve panorama de investigaciones argentinas sobre formación docente y formación de profesores en disciplinas específicas. Luego, se presentan elementos del marco teórico de referencia, centrado en los aportes de Michel Foucault y sus conceptos de ***discurso*** y ***práctica***. Desde esta perspectiva la categoría "formación docente" no se revela ya prefigurada sino como un objeto que debe ser construido a partir del reconocimiento de tramas históricas y condiciones de posibilidad que le dieron cierta fisonomía. En este sentido, expondremos rasgos fundamentales de distintos momentos históricos donde la formación de los profesores de Física se vuelve un problema estatal y de la comunidad científica. Esto es acompañado por un análisis documental de las Memorias del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) que tratan sobre el problema de la formación de los profesores y la enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria en Argentina, en el período 1958-1967.

PANORAMA GENERAL DE INVESTIGACIONES EN FORMACIÓN DOCENTE

Cabe aclarar que aquí sólo se presentarán algunos rasgos salientes de una elaboración más extensa y detallada (que forma parte de la tesis antes citada) para luego posicionar las decisiones teóricas en las que se enmarca este trabajo.

Algo como "la formación docente" sólo pudo emerger socialmente cuando la educación de las masas se convierte en una inquietud de los estados nacionales nacientes a fines del siglo XIX. Se puede decir que es el Estado el que empieza a dar forma a esa categoría (FD) desde sus intervenciones concretas para definir un cuerpo de enseñantes destinados a la escuela pública y en la producción de estadística e información variada sobre la población, los edificios públicos, los agentes del sistema, etc. Así, podríamos decir que la educación pública estatal, la formación docente y la investigación educativa serían prácticas co-nacientes (Palamidessi et. al., 2007) y articuladas a las prácticas estatales de organización de la población y de las instituciones públicas.

Dando un salto extenso en el tiempo, se puede advertir la proliferación de investigaciones académicas que ya refuerzan la evidencia de la formación docente como categoría social y teórica en dos momentos peculiares de nuestra historia. Por un lado, en la década de 1980 la pesada herencia social y educativa de la dictadura militar sumada a la masificación del nivel medio de la escolaridad (que ya venía creciendo desde décadas anteriores) generaron condiciones para poner en debate el sistema educativo, las prácticas de enseñanza y la formación de los profesores (Davini, 1995). Por otro, hacia la década de 1990 los movimientos internacionales de reforma de carácter neo-conservador de los Estados y de los sistemas educativos -donde también se incluyó nuestro país- asignaron un espacio central a la Formación Docente como punto estratégico de debate e intervención públicos, así como de producción académica. Según autores como Popkewitz (1994) esta situación generó nuevas formas de regulación de los sujetos y los saberes. Los esfuerzos investigativos de diversos grupos académicos en Argentina se daban en tiempos en que la Reforma Educativa impulsada desde el Estado ponía en vigor la Ley Federal de Educación y donde las cuestiones del docente, su salario, su formación y de la calidad educativa eran objeto de discursos de funcionarios y de la opinión pública. Muchas de las investigaciones intentaban mostrar, a diferencia de las posiciones evaluadoras que pretendían colocar a los docentes como responsables de la crisis y del cambio educativo, la constitución histórico-política del sujeto docente y las tradiciones que se sedimentaban y reconfiguraban en el ámbito de las prácticas de formación y de enseñanza (Davini, op. cit.).

[1] "Caracterización de la Formación Docente en Física en Argentina". PICT2006 1427. Coordinada desde la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral. Argentina.

[2] "Caracterización de la Formación Docente en Física en la Provincia de Santa Fe, Argentina". CAI+D 2009. Facultad de Ingeniería Química. UNL

[3] Luna, M. V., "Formación para la enseñanza de la Física en Argentina. Momentos, discursos hegemónicos y regulaciones didácticas". Tesis doctoral en curso. Doctorado en Humanidades y Artes. Mención Educación. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.

Respecto de los estudios existentes sobre formación docente en una disciplina específica se puede constatar que no son numerosos y que la mayor parte de las referencias sobre la formación y el trabajo de profesores de Ciencias proviene de trabajos realizados dentro de la Didáctica Específica o Didáctica de las Ciencias Naturales, campos de investigación consolidados en las últimas décadas. Dentro de la Didáctica de las Ciencias Naturales algunas investigaciones adoptan marcos de referencia provenientes de teorías cognitivistas del aprendizaje (Ver, por ejemplo, Ostermann y Moreira, 2000; Domínguez Castiñeiras y Álvarez Pérez, 2001), abordajes cognitivistas sobre el trabajo docente (ver, por ejemplo, Jiménez Pérez y Wamba Aguado, 2004), así como algunas teorías epistemológicas (por ejemplo ver Rabino et. al, 2002). De esos marcos conceptuales los estudios suelen extraer criterios de innovación didáctica para promover así transformaciones curriculares y metodológicas en la enseñanza de las ciencias.

Sobre FDF y centrándonos en Iberoamérica, encontramos algunos grupos académicos que trabajan exclusivamente en torno a este tema. Particularmente en Brasil, Pacca y Villani han conducido numerosos estudios, entre ellos, referidos al pensamiento del profesor (Pacca y Scarinci, 2010), a su capacidad dialógica (Pacca y Villani, 2000), así como a estrategias y acciones de formación (Villani y Pacca, 1992; Pacca, 2008; Villani, Pacca y Freitas, 2002). Otros grupos del mismo país han llevado a cabo estudios sobre la construcción de la disciplina escolar (Ferreira y Moreira, 2003) e investigaciones de corte cuasiexperimental para introducir contenidos usualmente ausentes en los currículos de formación de profesores (Ostermann y Moreira, 2000) y estudiar su impacto en los profesores (Masón y Moreira (2007). Otras investigaciones han dado cuenta de las características de la formación de profesores en Brasil (Gil y Pessoa, 1992; Vianna y Pessoa, 2000), y estudios longitudinales sobre la formación de profesores de ciencias (Krasilchik, 1996; Almeida, 2003). Podemos citar también, en México, un trabajo donde se estudian propuestas de formación innovadoras (López, Flores y Gallegos, 2000). En el caso de España hay trabajos que comparan las propuestas vigentes de formación de ese momento con el perfil de egresado de los diseños que se implementaban con la reforma del sistema educativo español y los nuevos desarrollos de las didácticas especiales (Domínguez Castiñeiras y Álvarez Pérez, 2001). En Argentina algunos trabajos de fines de la década de 1990 abordaban el problema de la fragmentación de saberes y su lógica acumulativa en la formación de docentes Física (Colombo de Cudmani y Pesa, 1997). También en el ámbito nacional encontramos ya un trayecto de investigación situado en las cuestiones del trabajo y la formación del profesor de Física (al respecto podemos mencionar, entre otros, Lucero et. al., 2006; Marchisio et. al., 2006; Concari et. al., 2008 y Giorgi et. al., 2009)

LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA EN CLAVE HISTÓRICA Y DISCURSIVA

Sobre todo en la orientación que ha ido tomando la investigación en el marco de la tesis antes mencionada, se fue presentando la necesidad de retomar preguntas y problemas abiertos en la trayectoria del equipo de investigación amplio de la investigación concluida al que hicimos referencia. ¿Por qué las nuevas teorías didácticas o de otra índole suelen tener escaso impacto en las propuestas? Así, se comenzaron a profundizar autores que permitían desde sus perspectivas teóricas hacerle lugar a esas preguntas, a partir de estudiar las propuestas de formación efectivamente existentes. La intención era tratar de comprender por qué se fueron disponiendo de ese modo, qué prácticas e historias mediaban en su configuración. Uno de los autores centrales en este proceso de indagación es Michel Foucault.

Elementos del marco teórico de referencia. Los aportes de Michel Foucault.

En la trayectoria investigativa del autor francés suelen distinguirse etapas en las que demuestra priorizar distintas preocupaciones teóricas. Así, en la primera etapa denominada arqueológica que va desde la década de 1950 hasta fines de la década de 1960, sus trabajos se centran en el problema del saber y la formación de los discursos que conforman espacios disciplinares. En Arqueología del saber (1972) Foucault muestra una clara confrontación con los métodos de estudio de la Historia de las Ideas que hasta el momento habían predominado en el análisis de la constitución de las ciencias y disciplinas. A lo largo de la obra va exponiendo que los límites de una disciplina no están dados por el autor célebre, las teorías o el objeto de estudio, sino que hay toda una pre-historia de juegos y relaciones de fuerza que crean condiciones de posibilidad para que surjan ciertos discursos cuyos contornos también se producen al hilo de tales condiciones. Estos juegos generan espacios discursivos para hablar y ver ciertas cosas y no otras. Allí los discursos científicos son sólo unas figuras que han podido recortarse históricamente pero que no cesan de estar en movimiento, luchando por conservar o transformar sus dominios. Son justamente esos juegos los que Foucault analiza en todo su trabajo arqueológico para entender cómo han podido surgir, por ejemplo, el discurso médico, el psiquiátrico o el judicial y en medio de qué luchas se han ido delimitando y corriendo sus conceptos, objetos, enunciados, sus problematizaciones. Esos movimientos van instalando y delineando reglas que marcan legalidades dentro de ese espacio que son los discursos disciplinares. Es decir, se mueven mediante regularidades históricamente producidas y no inmediatamente transformables por sujetos que se lo propongan intencionalmente.

Hacia la década de 1970 encontramos un desplazamiento en la obra de este autor por cuanto se orienta al problema del poder. En este contexto la preocupación por lo discursivo se vincula a la cuestión de lo no discursivo, es decir, del poder entendido como tecnología y como juego de estrategias (y no como algo que prohíbe y coacciona desde una cúspide o un centro). Desde este momento Foucault considera que los discursos no expresan "el poder" o la "falta de poder" sino que funcionan como piezas estratégicas dentro de un campo de relaciones de fuerza.

Nosotros tomamos aspectos de ambas orientaciones de la obra del autor. La primera cuestión aquí es comprender que la categoría "formación docente" no funciona como una entidad preexistente, no opera como lo dado o lo sabido. Sus alcances necesitan ser construidos y reconocidos en la historia y las prácticas efectivas en las que se conformó como tal. Es decir, nos interesa analizar las condiciones históricas de posibilidad de los discursos y prácticas de formación docente en Física.

Cuando hablamos de entender la FDF como discurso apuntamos a concebirla como un espacio históricamente delimitado a partir de ciertos juegos de poder y de saber, que supone maneras de plantear problemas, modalidades de disposición de conocimientos, formas de plantear demandas a la escuela y a la ciencia, legalidades sobre quiénes pueden hablar de la formación y los modos legítimos de hacerlo, etc. Así, el discurso no es sólo lo que "se dice" sino que –fundamentalmente- implica un modo de decir, o sea, una práctica discursiva que en definitiva es una ***práctica social***. Si seguimos el itinerario propuesto por Foucault sabremos que comprender una práctica implica preguntarnos por las regularidades o racionalidades que la organizan. En este caso, esto sería atender a lo que diversos sujetos e instituciones construyen en relación a la FDF como objeto de intervención.

Procuramos comprender la formación sin abstraerla de la historia en la que se forjaron sus saberes, sus sujetos, sus instituciones. Este posicionamiento supone no pensarla simplemente como el efecto de decisiones racionales de una voluntad conciente (el Estado, los especialistas, los formadores). Esto nos lleva a considerar que la formación no constituye un mero espacio de aplicación e innovación.

Poder reconocer los conocimientos, voces y demandas que se despliegan en la discursividad que compone lo dicho en torno al problema curricular de la formación docente permite comprender que la formación es aquello que se ha tramado en unas relaciones de saber y de poder que son históricas y concretas. Ese reconocimiento posibilita entrever que los sujetos no somos simples operadores universales de los cambios sino que nos encontramos adoptando planes, funciones, posiciones (Foucault, 1991) dentro de espacios que los propios discursos del campo educativo –en especial de la formación docente- han forjado en sus relaciones con las políticas educativas estatales, con el nivel medio de la escolaridad, con las tendencias del campo pedagógico y didáctico, con las políticas científicas y económicas más amplias, entre otras cuestiones. Para ejemplificar esto podríamos sugerir una pregunta: ¿dónde está la voz del estudiante de profesorado en los discursos sobre la formación docente? En los discursos públicos como planes y diseños curriculares el estudiante, el sujeto en formación –tal como mostró Foucault respecto del "loco" en la Época Clásica- es alguien que no habla sino que es hablado (se dice qué se espera del futuro docente, quién es, de qué sectores sociales proviene, qué falencias trae de su educación anterior, cómo deberá actuar y pensar, etc.). Cuando el estudiante habla lo hace en dispositivos bien previstos (informes pedidos por las cátedras, las evaluaciones, las planificaciones de prácticas, etc.) que suponen todo un espacio bien reglado para poder hablar. Estos espacios designados para hablar y callar se han delimitado no naturalmente sino socialmente y nos encontramos como sujetos operando ya dentro de esas demarcaciones sin advertir su propia historicidad. Con este ejemplo intentamos continuar abonando la noción de discurso que aquí es central para conceptualizar la noción "formación docente en Física".

En algunos tramos de su obra Foucault dice que el ***discurso*** constituye un nudo en una red de relaciones de fuerza, y dichas fuerzas no son algo ajeno o exterior al discurso sino que atraviesan su propia configuración (Foucault, 2002; Castro, 2011). Entonces aquellos discursos cuyo problema principal es la proposición de unos conocimientos y unas demandas para la FDF constituyen un punto de emergencia, de anudamiento de una historia de prácticas que han generado las condiciones para que se hable de tal o cual manera en relación a la formación de profesores, para que se delimiten unos conocimientos y unas relaciones con el conocimiento, para que definan unos problemas como prioritarios de atender por la formación, etc.

La formación docente en Física: un nudo en una red

Existe una fuerte marca de los inicios del sistema educativo público argentino en algunas orientaciones que tomarán los contenidos escolares incluso en la formación de profesores de escuela media. Una de esas orientaciones fue la fuerte formalización de las disciplinas escolares, entre ellas la Física. Esta especialmente se construye desde un discurso abstracto y cercano al formato de "tratado general", tal como se estaba desarrollando, por ejemplo, en los textos universitarios (Aisenstein et. al., 2004). Esta orientación alejaba a la Física de otras posibilidades efectivamente existentes, como fue el caso de los inicios de la enseñanza de las ciencias en Inglaterra (Goodson, 1995) donde los contenidos científicos eran escasamente abstractos y se dirigían a explicar aspectos de la vida cotidiana de los individuos en lo que se denominó "la ciencia de las cosas comunes".

Esa marca con la que nacen los contenidos de la Física para la escuela, pero también para la formación de profesores, remite a la batalla cultural de fines del siglo XIX que delineó el lugar otorgado a las ciencias naturales en los currículos escolares. En ese momento es cuando el discurso de las ciencias exactas y experimentales se institucionaliza progresivamente en diversos espacios, jugando estratégicamente dentro de las disputas por "modernizar" el país. Era común que en pronunciaciones de funcionarios públicos se apelara a la necesidad de que el docente que enseñaba una disciplina conociera el método científico, pues eso de algún modo garantizaría una apertura de su pensamiento, la comprensión de los procesos racionales, de una disciplina como modo de confrontar con las tendencias "irracionales", "coloniales" que los grupos liberales veían en la cultura vigente a principios del siglo XX (Aisenstein, 2000). Aquí comenzamos a ver cómo los discursos funcionan como piezas estratégicas generadas por ciertas condiciones históricas y que –a la vez- generaron unos efectos concretos dentro del espacio social. La orientación tomada por disciplinas científicas en los currículos escolares auspiciaba el comienzo de una disputa por la profesionalización de la enseñanza (quiénes pueden enseñar), por la conformación de prácticas académicas que detentaban el dominio sobre los campos disciplinares (quiénes pueden delimitar los conocimientos válidos), la conformación de discursos que hablarán de la docencia y de los problemas de su formación.

Un segundo momento parece proporcionar algunas condiciones que posibilitarán la aparición de una fisonomía más nítida al discurso de la FD en Ciencias y en Física, instalando tematizaciones acerca de las mismas que aún hoy perviven en los debates curriculares. Se puede decir que una visibilización y tematización particulares de la formación de los profesores de ciencias naturales y experimentales emerge hacia la segunda mitad del siglo XX, durante el período conocido en nuestro país como Desarrollismo. En el próximo apartado se tratarán aspectos relativos a este momento marcado por la creación del CONICET y el comienzo de una problematización de la enseñanza de las ciencias a la luz de las vicisitudes de conformación de la comunidad científica de nuestro país y de la expansión matricular de la escuela secundaria. Profundizar este aspecto, después de habernos detenido en el concepto foucaultiano de discurso, nos exige suspender la clásica distinción entre formación inicial y formación en el ejercicio profesional, para pasar a dejarnos interpelar por hechos que marcaron ampliamente el campo de la FDF.

Volviendo al aspecto presentado, podemos caracterizar brevemente este momento histórico de la Argentina desarrollista. Diremos que a mediados del siglo XX, cuando se pone en el tapete el problema del desarrollo económico y social de los países neutrales en la Guerra Fría, los sistemas educativos y sus "resultados" comienzan a ser interpelados. Según marcan algunos estudios (Suasnábar, 2004), la década de 1960 en nuestro país constituyó un momento de gran optimismo social por la percepción de que se estaba en una oportunidad histórica para transformar el país, expectativa que se constituyó en gran parte sobre la noción de "desarrollo" social, económico, educativo (noción que se apropió y significó de múltiples maneras). Este optimismo se alimentaba, en parte, por los nuevos saberes disponibles como ser las nacientes Ciencias Sociales en las universidades nacionales o el enfoque del Planeamiento Educativo que penetrará en el Estado y en las universidades. Esos nuevos saberes y prácticas que se instalan alimentan -y son alimentados por- la idea de dar una orientación racional y científica a los cambios esperados (Suasnábar, op. cit). Por otro lado en nuestro país, al compás de la preocupación desarrollista por los resultados de la escolarización, ya desde mediados de la década de 1950 se encuentran registros de una fuerte interpelación social a la función de la escuela secundaria, que –en medio de su expansión matricular- a esa altura vio debilitada su histórica misión de diferenciar los sujetos que seguirían estudios universitarios de los que pasarían directamente a formar parte del mercado laboral o de las funciones públicas menores.

Es en ese marco delimitado por la problematización de la escuela media proveniente tanto de las corrientes desarrollistas en educación como de los efectos del fenómeno de expansión, donde surgen pronunciamientos sobre la transformación de la Formación Docente en Ciencias. Un punto interesante aquí es que las ciencias naturales cobran especial relevancia social dentro del proyecto desarrollista, pues la idea de desarrollo científico se articulaba a la de desarrollo económico y social. Se advierte una creciente intervención de organismos internacionales en la orientación de las políticas públicas de los países "en desarrollo" (Erramuspe, 2008) en términos de una apuesta por acrecentar el alcance de las políticas científicas nacionales y por dotar de recursos a la enseñanza científica en las escuelas y en la formación docente. Aquí podemos comenzar a vislumbrar la conformación de una constelación discursiva específica respecto de la FD en Ciencias y en Física que ha supuesto ciertas marcas en la organización de las propuestas, las demandas de transformación de la formación, etc. A continuación se analizan las acciones efectivas realizadas por CONICET vinculadas a la capacitación de profesores de ciencias en el marco de esta preocupación política y social por la educación científica.

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO OBJETO DE INTERVENCIÓN: ANÁLISIS DE LAS MEMORIAS DE ACTIVIDADES DEL CONICET PARA LA CAPACITACIÓN DE PROFESORES ENTRE 1958 Y 1967

El contenido aquí expuesto parte de un análisis documental, aún no cotejado con entrevistas a informantes que fueron partícipes de las actividades que las memorias describen.

El abordaje de las memorias persiguió aprehender características generales de su organización textual y poner en juego herramientas de análisis del discurso y de las prácticas discursivas propuestas por Michel Foucault, sobre todo atendiendo a las nociones de ***superficies de emergencia, instancias de delimitación y sujetos enunciativos***. Dichas herramientas permiten –sobre todo- prestar atención a las condiciones históricas y tramas sociales en las que un discurso surge, a la aparición de ciertas reglas o regularidades que ordenan los discursos y generan una práctica discursiva, a los sujetos enunciativos que van configurándose en esas prácticas. El discurso que para nosotros emerge en el período histórico trabajado es el relativo a la enseñanza de las ciencias como un dominio específico, donde uno de sus objetos de enunciación privilegiado refiere a la formación de los profesores.

La enseñanza de las ciencias en las memorias

La creación del CONICET en 1958, en el marco del gobierno de facto de la Revolución Libertadora, supuso un hito en los procesos de conformación del campo científico argentino. Atravesado y tensado en su propio origen por debates nacionales acerca del papel social de la ciencia, del tipo de relación entre ciencia y desarrollo industrial, de los alcances de la relación entre campo científico e instituciones políticas, el CONICET impulsó desde sus comienzos acciones relacionadas a la enseñanza escolar de las ciencias, entre ellas la Física. Cabe aclarar que el período referido por las memorias (1958-1967) constituye un momento previo a la creación del Instituto Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias (INEC), organismo surgido a instancias del CONICET y del Ministerio de Educación y Justicia que más tarde tendrá a su cargo la elaboración de planes de acción con el explícito objetivo de mejorar la enseñanza de la ciencia en las escuelas secundarias del país. Este último proceso cuenta con abordajes investigativos recientes (Erramuspe, op. cit.).

Teniendo en cuenta los resultados a los que han llegado estudios sobre la historia de las prácticas de capacitación docente en nuestro país (Vezub, 2009), nosotros podemos decir que las acciones iniciadas en esta época por CONICET con el fin de "perfeccionar" a los profesores de ciencias serían inéditas en su tipo, abriendo así una serie de prácticas y de problematizaciones que aún atraviesan los debates de la formación docente inicial y de las didácticas específicas.

Las memorias están organizadas por capítulos que tratan las diferentes líneas de acciones llevadas adelante por el organismo entre las que se cuentan: iniciativas especiales como la presentación de nuevos planes de investigación o de institutos con especialidades, la síntesis de las becas otorgadas y de los subsidios recibidos con sus destinos correspondientes, la nómina de científicos extranjeros que realizaron misiones en Argentina, los premios otorgados a la investigación, la nómina de institutos y laboratorios, las relaciones establecidas con organismos extranjeros, los avances en la conformación del centro de documentación científica, los recursos y erogaciones hechos en el período. La primera memoria, publicada en 1961, sintetiza las acciones llevadas adelante por el Consejo entre 1958 y 1960, y ya contiene la sección que luego será constante en el resto: *"La enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria"*.

Una lectura sucesiva y cronológica de los documentos permite advertir en qué medida la sección sobre la enseñanza de las ciencias va incrementando sus páginas conforme se fueron extendiendo las actividades del Consejo en este aspecto. Tal incremento no sólo podemos vincularlo a la cantidad de acciones que se amplían y complejizan. También es posible entenderlo en términos de mayores niveles de institucionalización que va cobrando el abordaje de la enseñanza de la ciencia escolar como un problema del que los científicos toman parte activa. Estos mayores grados de institucionalización son posibles de identificar en la progresiva creación de órganos internos del CONICET como el Departamento de Enseñanza de las Ciencias o las comisiones de asesoramiento curricular que comenzaron a constituirse en torno a las disciplinas para asesorar al Ministerio de Educación en materia de planes, programas y textos de nivel secundario.

La enseñanza de la ciencia y el problema de la generación de una comunidad científica nacional

Como ya hemos sugerido, la contribución a *mejorar enseñanza de las ciencias* constituye un objetivo explícito del CONICET desde sus momentos fundacionales. En este punto es interesante indagar los sentidos construidos en relación a esa tarea que se impone el organismo, los cuales se han tejido en gran medida alrededor de las vicisitudes en la conformación de una comunidad científica nacional.

En las primeras memorias se hace explícita la justificación por la que el Consejo debe abocarse a contribuir al mejoramiento de la enseñanza y se relaciona -sobre todo al principio- con dos problematizaciones estrechamente vinculadas: la necesidad de *promover el adelanto científico en el país* (producto esto de un diagnóstico del estado de la ciencia, la tecnología y la investigación en la Argentina de mediados del siglo XX) y la de *aumentar el número y la cantidad de investigadores*. Así, los miembros fundadores y coordinadores de acciones del Consejo expresan que dichos objetivos pueden alcanzarse mediante una *colaboración espontánea* con la escuela secundaria, dado que es allí donde los jóvenes *asimilan conocimientos teóricos* y pueden *desarrollar la capacidad de razonar, de resolver problemas y de crear habilidades para la ciencia experimental* (memoria1). En los momentos iniciales de la actividad de CONICET la educación en ciencias cobra significación por ser –para esta generación de científicos- una "vía regia" para *despertar vocaciones científicas* que impulsen un incremento de la actividad científica en el país. Este amplio objetivo suponía que la mejora de la educación científica debía ir de la mano de una mejora en la enseñanza por medio –aunque no sólo- de acciones de capacitación a los profesores en ejercicio.

Si seguimos los planteos de Hurtado (2010), comprenderemos algunos rasgos que acompañaron los procesos de institucionalización de las prácticas de investigación científica en nuestro país, marco en el que el problema de la enseñanza de la ciencia se hace patente. Este autor señala que fue en el período de entreguerras cuando en los países en desarrollo –como Argentina- el poder político comenzó a elaborar políticas públicas que promovieron la investigación científica y tecnológica por considerarlas ahora una variable importante en el desarrollo social y económico. Asimismo, ya en 1933 con la creación de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC) se conforma la primera sociedad de científicos argentinos que intentó promover la investigación y la enseñanza de las ciencias. Houssay, su primer presidente y posteriormente figura clave en el CONICET, ya instaba a *ayudar al progreso de las ciencias* en Argentina, las cuales aún tenían para él un pobre desarrollo.

Los esquemas básicos de la práctica de investigación y de la organización institucional de los científicos fueron, según Hurtado, producto de los vínculos de dependencia que nuestro país tenía respecto de Europa primero y de Estados Unidos después. Según este autor, los Estados periféricos asimilaron las prácticas de investigación científica desde una *"ideología de la integración sistémica"*, la cual se sustentaba en la aceptación de un estado inicial de "atraso", con la consecuente necesidad de instalar prácticas ya cristalizadas en los países centrales. Este principio generó una serie de relaciones y prácticas como ser la notable presencia de organismos internacionales y fundaciones extranjeras (UNESCO, OEA, OCDE, National Science Fundation, Fundation Ford) en las actividades científicas locales sobre todo hacia fines de la década de 1950. También esta premisa sustentó la búsqueda de estadías de científicos (y de profesores como veremos más adelante) en el exterior y la adopción de criterios de selección de áreas relevantes, de compra e instalación de instrumentos, de evaluación y de producción de textos científicos, todo ello con una lógica Norte-Sur (Hurtado, op. cit.). Estas posiciones que fue adoptando la actividad científica en nuestro país alimentaban la percepción de un carácter universalista no sólo del conocimiento científico, sino también de los modos de producirlo. Por su parte, los modos de enseñar la ciencia también fueron percibidos con ese carácter universalista, por cuanto durante la década de 1960 y 1970 se editaron en nuestro país las traducciones de múltiples textos –sobre todo norteamericanos- que proponían nuevos enfoques para enseñar ciencias tomando a la escuela secundaria como un nivel específico, con sus propias características. Un rápido relevamiento bibliográfico en catálogos de bibliotecas de formación docente puede señalarnos el fuerte incremento de las publicaciones que toman la enseñanza de las disciplinas en la escuela secundaria como temática central en el decenio 1965-1975.

Igualmente, esas premisas sobre la ciencia y la enseñanza pretendían sostenerse a pesar de ser gestadas en un terreno de complejas disputas alrededor del campo científico y político. Pueden observarse, por ejemplo, confrontaciones entre los grupos locales que ascendieron al poder político en 1943 (y más aún luego, en el contexto de la Guerra Fría) que proclamaban una orientación de la ciencia cada vez más relacionada a lo militar y eminentes científicos formados en el exterior que buscaban generar prácticas de investigación independientes mediante la creación de instituciones privadas a través de acciones de filantropía, cuestión que no era de fácil concreción en las condiciones de nuestro país. Todo ello sin contar que las líneas y grupos de investigación incipientemente constituidos en asociaciones o universidades públicas sufrían drásticas interrupciones por los sucesivos golpes de estado que asolaron al país entre 1930 y 1966. Expulsiones, cesantías y exilios marcaron fuertemente la actividad científica local, cercenando procesos de formación de una genuina comunidad científica. Un caso emblemático de las vicisitudes que sellaron las prácticas científicas en Argentina se relaciona con la Física. E. Gaviola, figura relevante en la búsqueda de institucionalizar la disciplina en el país, aparece como un personaje del mundo académico de mediados de 1940 intentando que el Estado apuntale su gestión como director del Observatorio de Córdoba (Puiggrós 2003; Hurtado op. cit). Este observatorio había sido fundado en 1871, cuando no existían en el país astrónomos o físicos profesionales, y ni su instrumental ni su potencial científico habían sido puestos a punto aún cuando Gaviola reclamaba mayor apoyo al gobierno peronista.

La historización de Hurtado concluye que hacia fines de la década de 1950 se reorientan las preocupaciones de los científicos argentinos por la presentación de un proyecto de creación de un consejo nacional de investigaciones, vieja iniciativa ahora impulsada por figuras como la de E. Gaviola, B. Houssay y F. Leloir. Este proyecto dejaba al descubierto el complejo y diverso conglomerado de instituciones existentes (Consejo Nacional de Energía Atómica, INTI, INTA). En este contexto, el CONICET buscaba orientar su acción hacia la investigación básica, *"sostenida por valores universalistas, que en la práctica significó la adopción de las agendas de investigación de los países avanzados"* (Hurtado, 2010:108), quizás en un intento por generar espacios de investigación sustraídos de los vaivenes políticos de turno (Puiggrós, op. cit), aunque abriendo nuevas y fuertes tensiones.

Se puede vislumbrar que en ese momento la enseñanza escolar secundaria de la Física, la Química, la Biología y la Matemática se divisa como objeto de problematización y de intervención en el seno de un proceso de búsqueda de conformación de una comunidad científica que era aún incipiente, y cuyos actores centrales fueron los propios científicos. Las pronunciaciones sobre la importancia de la ciencia y de la educación científica que los actores del CONICET hacían se daban en medio de actitudes ambiguas de los gobiernos y los sectores productivos-empresariales respecto a crear políticas sostenidas de apoyo a la investigación científica local.

Las acciones de mejora en la enseñanza y la capacitación de profesores

Habiendo dado un panorama de las condiciones histórico-políticas en las que se gesta la problematización de la enseñanza de la ciencia por parte del CONICET, ahora pasaremos a describir y analizar las líneas de acción efectivas en torno de ella. Nos centraremos en las actividades de capacitación de profesores en ejercicio.

Las acciones de mejora de la enseñanza de las ciencias se condensaron sobre todo en:

- el dictado de cursos de verano a profesores de distintas disciplinas (Física, Química, Matemática y Biología) que se encontraban dando clases en escuelas secundarias
- el envío de profesores becados a instituciones científicas del exterior
- la progresiva redacción de nuevos programas de estudio y textos de las diferentes áreas destinados a la escuela secundaria

En cuanto a la capacitación, los docentes debían inscribirse y eran elegidos mediante un proceso de selección que apuntaba a lograr la mayor representatividad posible de todas las regiones del país. La información sobre los cursos a dictarse y las becas se canalizaba hacia las instituciones mediante secretarías dependientes del Ministerio de Educación y Justicia (MEyJ).

El primer curso fue precisamente de Física y se llevó adelante en 1961. Su organización estuvo a cargo de un comité del Consejo pero participaba también un delegado del Ministerio. Entre los objetivos que se cuentan en las memorias para este primer curso aparecen dos: *mostrar cómo debe encararse la enseñanza de la Física con criterio moderno* y *mostrar las posibilidades que ofrece el uso de un laboratorio de poco costo*. El dictado duraba cuatro semanas y estaba a cargo de *profesores universitarios de jerarquía* científica. En el caso del curso de Física los temas tratados fueron: física experimental, física moderna, historia y metodología de la física y aspectos de termodinámica, vibraciones y ondas.

En la memoria de 1963 se señala que en 1962 se dictaron cuatro cursos de verano, correspondientes a cada una de las disciplinas involucradas, modalidad que persistirá hasta 1966. Aquí se expresa que las intenciones de los cursos fueron lograr *mayor eficiencia en el trabajo docente*, un *mayor interés en el trabajo de laboratorio* y la *modernización* de métodos y contenidos de cada ciencia, aunque no se hace referencia a contenidos concretos tratados. En este documento especialmente se puede advertir una intensificación y diversificación de las actividades del CONICET relacionadas a la enseñanza que corren paralelas a la explicitación de una propuesta más sistemática y ambiciosa. Es en este momento cuando se habla de realizar *profundas modificaciones* en la enseñanza, acompañando los cursos con un cambio en los planes y programas de las materias escolares.

Es interesante el lugar simbólico que construye este grupo de científicos de CONICET respecto de la escuela media y la enseñanza de las ciencias. Allí se habla de una *reforma* que *debe ser encarada por los especialistas de más autoridad científica*. Se demandan a sí mismos la tarea, como universitarios, de colaborar activamente para dejar de lado las quejas permanentes sobre el nivel secundario y contribuir *así a elevar* su *nivel*. Dicha contribución cobra sentidos muy precisos para ellos: son los científicos los que deben colaborar *señalando los caminos que se deben seguir* en la escuela secundaria. En este sentido, se divisan dos caminos simultáneos. Por un lado, la preparación de textos y programas *adecuados* y, por otro, la continuidad en la capacitación de los docentes en ejercicio a la luz de los nuevos enfoques. Respecto del primer punto se habla de que trabajen *los especialistas más destacados* de cada disciplina para mostrar cuáles son *los puntos de vista modernos* de las ciencias, los *temas de mayor importancia* y los *lineamientos generales de cómo deben ser tratados*. Asimismo, se habla de una redacción conjunta entre científicos y profesores secundarios. En cuanto al segundo se afirma la necesidad de multiplicar los cursos y se propone que sean las diversas universidades nacionales las encargadas de hacerlo para que *la obra tenga más amplitud y repercusión*.

A lo largo de estas dos memorias analizadas vemos que aparecen nociones como *modernizar y actualizar la enseñanza de la ciencia* o *tener en cuenta los más recientes avances*. En este contexto aparece como central la presencia del laboratorio *ni lujoso*, *ni de alto costo*, posible de ser construido por las universidades e instalados en las escuelas. En la memoria de 1967 se especifica que existía una "parte experimental" de los cursos de *Física Moderna*[4] donde los participantes aprendían a construir instrumentos y aparatos de bajo costo. La idea era que luego estos profesores los construyan con sus alumnos. Entre los dispositivos construidos se encuentran: brújula, galvanoscopio, pila de Volta, electroscopio, balanza de Coulomb, electroimán, amperímetro, motorcito eléctrico, solenoide móvil, lentes convergentes y divergentes, cuba de ondas con accesorios. Estas actividades en un programa de capacitación trasunta la idea de que el profesor de Física debía aprender Física desarrollando capacidades experimentales.

La idea de darle mayor unidad a todas las acciones apareció tempranamente y en principio una de las alternativas propuestas fue la organización de los profesores secundarios en una entidad que permitiera la divulgación de los enfoques actuales sobre la enseñanza de las ciencias. Al mismo tiempo, se pensaba en una publicación destinada a los estudiantes con el fin de crear inquietud por la investigación. Hacia fines de 1962 se reconoce la dificultad, sobre todo de índole económica, para agrupar a los docentes en una entidad. En ese año justamente aparece mencionado por primera vez la presentación de un anteproyecto de creación del INEC como una forma de concentrar y organizar todas las acciones propuestas.

Entre 1963 y 1964 continuaron los cursos de verano, ahora de carácter latinoamericano dado que habían empezado a concurrir profesores de países limítrofes, además de que se habían incorporado docentes universitarios como asistentes. Era común que estos cursos fueran visitados por representantes de entidades extranjeras como la Fundación Ford, la cual tendrá –junto a otras instituciones del exterior- una participación activa en las tareas relacionadas a la educación en ciencias. Organismos internacionales como la OEA o la UNESCO, pero también fundaciones como la Ford o la National Sciences Foundation estadounidenses eran quienes otorgaban el financiamiento para becar profesores o para producir material didáctico. En todos los documentos analizados se puede observar la alusión a la injerencia de estas organizaciones en todas las actividades, en la medida en que operan como patrocinadoras y gestoras, financiando o estableciendo nexos con instituciones de investigación importantes a nivel mundial. Las relaciones más fluidas se establecieron, por lo que arrojan las memorias, con entidades estadounidenses, pero también brasileras e inglesas.

[4] La referencia a la Física Moderna correspondería a los últimos desarrollos científicos del electromagnetismo clásico, y no a la Física Cuántica, aún en proceso de construcción en esos años.

Durante el período 1964-1965 -documentado en la memoria de 1966- se desarrolla una nueva edición de los cursos de verano, que ya aparecen con la caracterización de ser para *actualización* y *perfeccionamiento* de los docentes. Allí se llevó a cabo un curso de Física Moderna coordinado por la Facultad de Astronomía, Física y Matemática de Córdoba. Al respecto se enuncia que se mostraron *innovaciones en las técnicas educativas*, *actualizaciones en los más importantes capítulos de la Física* y *descripciones de los fundamentos de la Instrucción Programada*. Entre los asistentes se distribuyó material didáctico impreso. Al mismo tiempo se señala que el CONICET hizo llegar a todas las escuelas secundarias del país –mediante las Direcciones Generales de Enseñanza oficiales- folletos sobre los métodos de enseñanza más modernos que desarrollaron los países avanzados y que habían sido publicados en la Revista *Ciencia e Investigación.* Esta constituyó una de las publicaciones más importantes de divulgación científica del país patrocinada por la AAPC. Su primer número se editó en 1945 (Hurtado y Busala, 2002) y continúa en la actualidad.

En esta oportunidad el CONICET se pronuncia por una *escuela secundaria moderna, más ágil y práctica*, *adaptada al estado actual de la ciencia y la tecnología*, lo cual es visto como *requisito fundamental del desarrollo científico de una nación*.

En esta misma memoria aparece mencionado un Departamento para la Enseñanza de las Ciencias, creado al interior del Consejo y responsable de las tareas en el área de enseñanza. Desde ese departamento se constituyó una Comisión Técnica Asesora de los directores de los cursos de verano. Para Física, el científico asesor fue Ernesto Galloni.

Otro punto importante en este documento es la referencia a gestiones del CONICET ante el MEyJ para obtener la resolución oficial que designe Comisiones Nacionales de Asignaturas Científicas con representantes de ambos organismos con el fin de *actualizar los programas de enseñanza*, *mejorar los métodos*, *formar y perfeccionar al personal docente* y redactar nuevos manuales escolares.

En la memoria de 1967, que resume lo hecho entre 1965 y 1966, se explicita un claro posicionamiento del CONICET como entidad científica prestigiosa no sólo a nivel nacional sino también internacional. Se considera que a esa altura el Consejo posee más investigadores formados y una infraestructura adecuada, aunque se propone la creación de nuevos institutos de investigación.

Durante este período continuaron los cursos de verano, el otorgamiento de becas (en las que se amplían los destinos) y aumentaron las actividades de asesoramiento a entidades oficiales y privadas sobre la enseñanza de las ciencias. En relación a Física, el curso se desarrolla en 1966 en Bariloche bajo la dirección de E. Galloni y las clases apuntaron a tratar *el método científico*, *la enseñanza científica y el CONICET*, *modelo científico y caja sellada*. Se sigue distribuyendo material didáctico de los cursos y también películas didácticas.

Quedan anunciadas, además, las tratativas con la Fundación Ford para que se concrete un aporte económico durante cinco años en vistas a la definitiva creación del INEC, aunque ya se menciona que desde 1966 el MEyJ tiene incorporado a su presupuesto tal instituto.

Por otro lado, se comunica que en 1966 se desarrolló la Primera Conferencia Interamericana de la Enseñanza de la Química en Buenos Ares, auspiciada por la OEA, la National Sciences Foundation y el CONICET. Allí se convocaron profesores especialistas de veintitrés países.

Si hacemos una síntesis del apartado "*La enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria*" en todas las memorias veremos que las actividades de capacitación y de elaboración de nuevos programas y textos se sitúan dentro de un espectro amplio de intervenciones que progresivamente va abriendo el CONICET. Otras acciones que se cuentan desde el comienzo fueron, por ejemplo, la emisión semanal de un programa televisivo donde se difundían las carreras universitarias ligadas a las ciencias y se presentaban clases de Física pertenecientes a un programa estadounidense. Tanto los programas televisivos como el envío al exterior de profesores becados fueron acciones sostenidas, e incluso, incrementadas. Posteriormente vemos que se mencionan otras actividades como el impulso y asesoramiento a clubes de ciencias juveniles, la visita de científicos a escuelas secundarias, la preparación de informes sobre la enseñanza de la ciencia para reuniones de ministros de educación de diversos países, asesoramiento técnico en la instalación de laboratorios escolares, colaboración en la creación de asociaciones de profesores.

REFLEXIONES FINALES

A lo largo del trabajo hemos intentado dar cuenta de cómo se ha tramado a partir de un momento histórico el problema de la formación de los profesores de Física (entre otras especialidades), tomando la figura de la "capacitación" en el ejercicio de la profesión. Esto es lo que desde el análisis foucaultiano se denominaría la identificación de la ***superficie de emergencia*** del discurso (Foucault, 1991; Castro, 2011). La cuestión del profesorado de Física (y de Ciencias) estuvo indisolublemente ligada al problema más amplio de la enseñanza de las ciencias cuya condición histórica de posibilidad fueron los procesos sociales abiertos en nuestro país por las políticas desarrollistas, la nueva configuración de la escuela media y las vicisitudes en la construcción de un campo científico profesionalizado.

La inquietud del CONICET por formar o capacitar a los docentes no fue aislada sino que convivió con una serie de esfuerzos en distintas direcciones. La retórica de las memorias transparenta una actitud francamente optimista en cuanto a la posibilidad de transformación del estado de la ciencia y de la ciencia escolar en el corto plazo, lo cual denota también una animada expectativa por los cambios sociales amplios que aquellas transformaciones supondrían. Se infiere de la letra de los documentos un entusiasmo fuerte que provocaba la delimitación y concreción de las propuestas, las cuales aparecen alejadas de cualquier acción burócrata o rutinaria.

Si nos preguntamos por la racionalidad o dirección que va tomando este campo de la enseñanza de las ciencias y de formación de profesores en la experiencia citada, tenemos que remitirnos a una serie de aspectos. En primer lugar, no podemos soslayar el hecho de que a partir de la intervención del CONICET la delimitación de esas problemáticas corre paralela a un crecimiento de los niveles de institucionalización que permiten tornar a las mismas, objetos de intervención. Desde la creación del Departamento para la Enseñanza de las Ciencias, pasando por la elaboración de informes nacionales, la organización de reuniones académicas y de cursos de capacitación, el fomento de intercambios con instituciones del exterior, la formación de comisiones asesoras curriculares, hasta el proyecto de creación del INEC, asistimos a la progresiva construcción de un espacio discursivo específico, no sólo a nivel de áreas administrativas/ejecutivas que tienen como misión intervenir en la mejora, sino también a nivel académico. Comienzan a sentarse las bases para una producción teórica (conferencias sobre la enseñanza de la ciencia, producción de material de estudio y capacitación, proyectos para crear una organización internacional de estudios sobre la enseñanza de las ciencias) específica cuyo objeto será la enseñanza de las ciencias en el contexto tan particular que describimos.

En esta experiencia del CONICET se despliega una red de relaciones entre instituciones y sujetos, que es interesante indagar. A medida que recorremos las memorias podemos ver que esa "acción espontánea" que aparece al comienzo se va sistematizando cada vez más y tornando casi como una "misión" que asume esa comunidad de científicos. Lo que empezó como una contribución voluntaria y pequeña (breves cursos y programas de TV) terminó significando la búsqueda de una injerencia cada vez más profunda en los aspectos hasta ese momento monopolizados por la órbita de acciones del "Estado educador".

En principio puede suponerse que el dominio sobre la formación de los profesores la seguía detentando el Estado, en tanto los cursos eran sólo de "verano" y para un número reducido de docentes. Allí la formación inicial no es puesta explícitamente en cuestión. Pero es cierto que la figura del científico profesional pretende ir ganando terreno en el campo de la educación mediante otras estrategias, no necesariamente premeditadas, pero sí muy consistentes: difusión de material científico en escuelas, elaboración de programas y manuales, asesoramiento curricular, etc. Dicha red de vínculos se completa con la fluida relación del CONICET con entidades de carácter extranjero o internacional. Estas vinculaciones permitirían intercambios que se volverían –en términos de Foucault- ***instancias de delimitación*** (Foucault, 1991; Castro 2011) por cuanto allí se negociaban, intercambiaban, difundían los enfoques y contornos que se daría al problema de la enseñanza y la formación de profesores. Justamente ese espacio, y no por ejemplo el de la relación con funcionarios oficiales o escolares, producía el régimen de legitimidad con el cual abordar las disciplinas científicas en la escuela. Allí las ideas de *modernización*, *innovación*, *universalidad* del conocimiento y la práctica científicos, más los avances de los criterios neoconductistas (instrucción programada) irán conformando reglas o regulaciones desde las que se dispondrá el discurso de la enseñanza y la formación docente.

Un último punto importante es la aproximación a la pregunta por el sujeto que estos discursos y reglas sustentan. Foucault dice que el poder del discurso proviene del personaje institucional que lo pronuncia (Foucault, 1987). Sin duda, la legitimidad social que va cobrando el científico profesional habilita a pensar por qué el CONICET ha podido ir penetrando en espacios de injerencia netamente técnica oficial, hasta transformarse en agente asesor e impulsor de políticas (asesoramiento en cambio curricular, creación del INEC).

El apartado en el que describíamos cómo se iba viendo a sí mismo el Consejo en las últimas etapas, donde se definía como un agente capaz de marcar los "caminos a seguir", se relaciona con este punto. Esto nos remite a las modalidades históricas de conformación de prácticas de formación que tienen, desde un momento bien preciso, al experto como el sujeto legítimo para proferir el discurso. Esto ha supuesto la instalación de modos de relación entre la escuela, el Estado y la academia que aún hoy requieren ser examinadas para comprender ampliamente las derivas de los discursos y prácticas de FDF. Esta indagación puede ayudar a desentrañar las razones por las que las acciones de formación y capacitación toman la escuela como lugar de aplicación de un saber externo y legitimado (la ciencia) por ciertos sujetos e instituciones, en vez de que sea la escuela el nudo desde el que se produzcan rupturas y la producción de nuevos criterios, por supuesto en un diálogo intenso con los propios productores del conocimiento científico. Estas cuestiones se definen a partir de las negociaciones, consensos y disputas entre sujetos e instituciones involucrados.

Reconocemos que resta cotejar estas aproximaciones con entrevistas a docentes asistentes a los cursos de verano y con el material de capacitación concreto que el CONICET elaboró.

REFERENCIAS

Almeida, M.J. (2003). *Meio Século de Educação em Ciências: uma leitura de recomendações ao professor de Física.* Tese (Livre Docência). Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas.

Aisenstein, A. (2000). *Las ciencias exactas y naturales en la escuela. Una mirada desde el currículum (1870-1983).* En Gvirtz, S. (dir.) (2000). *El color de lo incoloro*. Novedades Educativas. Bs. As.

Aisenstein, A; López Arriazu, F.; Soba, A. (2004). *Historia de la enseñanza de las ciencias. La conformación de la física como asignatura escolar para el nivel medio*, en Gvirtz, s. (dir.). Anuario de la Sociedad Argentina de Historia de la Educación. 5. Prometeo.

Castro, E. (2011). *Diccionario Foucault*. Siglo XXI. Buenos Aires.

Colombo De Cudmani, L. y Pesa, M. (1997, diciembre). *La integración de saberes en la formación de formadores en Física*. Boletín 44. Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe. UNESCO. Chile.

Concari, S.; Marchisio, S.; Giuliano, M.; Giorgi, S.; Giacosa, N.; Meza, S.; Lucero, I.; Catalán L. y Aguirre. M. (2008). *Propuesta de análisis de la formación docente inicial en Física en Argentina*. Memorias del I Congreso Metropolitano de Formación Docente – 2008. Buenos Aires, Argentina.

Davini, MC. (1995). *La formación docente. Un programa de investigaciones*. Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación (IICE-UBA). (4)7, 33-46.

Domínguez Castiñeiras y Álvarez Pérez (2001, abril). *La formación inicial de profesorado de Física y Química de educación secundaria en la Universidad de Santiago de Compostela*. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Nº40, 81 – 96. Consultado en www.aufop.com/aufop/uploaded_files/articulos/1223573638.pdf

Erramuspe, J. (2008). *Los cambios en la política de formación docente en el marco de los procesos de modernización del estado: el caso de la capacitación en el área de ciencias naturales*. VII Seminário Redestrado – Nuevas Regulaciones en América Latina. Julio de 2008. Consultar en http://www.fae.ufmg.br/estrado/cdrom_seminario_2008/textos/trabajos/LOS%20CAMBIOS%20EN%20LA%20POL%C3%8DTICA%20DE%20FORMACI%C3%93N%20DOCENTE%20EN%20EL%20MARCO%20DE%20LOS%20PROCESOS%20DE%20MODERNIZACI%C3%93N%20DEL%20ESTADO%20EL%20CASO%20DE%20LA%20CAPACITACI%C3%93N%20EN%20EL%20%C3%81REA%20DE%20CIENCIAS%20NATURALES.pdf

Feldman, D. (1994). *Currículum, maestros y especialistas*. Libros del Quirquincho. Buenos Aires.

Foucault, M. (1972). *La arqueología del saber*. Siglo XXI. México.

----------(1991). *Saber y verdad*. La Piqueta. Madrid.

----------(1987). *El orden del discurso*. Tusquets, Barcelona.

----------(1992). *La verdad y las formas jurídicas*. Gedisa. Barcelona.

----------(2001). *Defender la sociedad. Curso en el Collége de France (1975-1976)*. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires.

Ferreira, M. S., Moreira, A.F.B. (2003). *A história da disciplina escolar Ciências nas dissertações e teses brasileiras no período de 1981-1995.* Revista Ensaio. http://www.coltec.ufmg/ensaio. Consultado 26/06/12

Gil, D.P. y Pessoa, A.M.C. (1992). *Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado de ciencias.* 1º Taller Subregional sobre Formación y capacitación docente en Matemática y Ciencias. Caracas.

Giorgi, S.; Luna, M.V. y Giacosa, N. (2010). *Análisis del diseño curricular base para la formación docente inicial: Profesorado de Tercer Ciclo de la Educación General Básica y de la Educación Polimodal en Física. Provincia de Santa Fe.* Memorias SIEF 10. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Posadas. Octubre de 2010

Giuliano, M; Nemirovsky, I; Pérez, S y Sacerdoti, A. (2006). *Perfiles de docentes de física en el distrito de La Matanza (prov. de Buenos Aires, Argentina).* Memorias SIEF 8. Gualeguaychú. pp. 55 Marchisio, S.; Concari, S.; López, C.; Giuliano, M.; Meza, S.; Lucero, I.; Fogliatti, P., Catalán, L. y Giacosa, N. (2006). *Los docentes de física en la Educación Polimodal. Un estudio exploratorio en cinco jurisdicciones de Argentina*. *Memorias SIEF 8*. Gualeguaychú. pp. 256-265.

Goodson, I. (1995). *Historia del currículum: la construcción social de las disciplinas escolares*. Pomares-Corredor. Barcelona.

Hurtado de Mendoza, D. y Busala, A. (2002 junio). *La divulgación como estrategia de la comunidad científica argentina: la revista Ciencia e Investigación (1945-48)*. Revista REDES. 9 (18), 33-62. UNQ. Buenos Aires.

Hurtado, D. (2010). *La ciencia argentina. Un proyecto inconcluso 1930-2000*. EDHASA. Buenos Aires.

Jiménez Pérez y Wamba Aguado (2004). *¿Podemos construir un modelo de profesor que sirva de referencia para la formación de profesores en didáctica de las ciencias experimentales?* Revista de Currículum y Formación del Profesorado. (8)1.

Krasilchik, M. (1996). *Formação de professores e ensino de Ciências: tendências nos anos 90.* In: Menezes, L. C. (Org.). Formação continuada de professores de Ciências. Campinas: Autores Associados, pp. 135-40.

López, A., Flores, F. y Gallegos, L. (2000, enero – abril). *La formación de docentes en Física para el bachillerato. Reporte y reflexión sobre un caso*. Revista Mexicana de Investigación Educativa. (5)9, 113-135. En http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/140/14000904/14000904.html 9 de mayo de 2012

Lucero, I.; Meza, S.; Aguirre, M.; Giacosa, N. y Beck, S. (2009). *La formación docente inicial de*

profesores de física: Análisis de los diseños curriculares de las provincias de Corrientes, Chaco,

Misiones y Formosa. *Memorias REF XVI*. APFA - Univ. Nac. de San Juan, T (97), pp.1-12.

Marchisio; Concari; López; Giuliano; Meza; Lucero; Fogliatti, Catalán, Giacosa. (2006) Los docentes

de física en la educación Polimodal. Un estudio exploratorio en cinco jurisdicciones de Argentina.

Memorias SIEF 8. APFA – UNER, pp. 256-265.

Massoni, N.T. y M.A. Moreira (2007). *Um estudo exploratório sobre a contribuição de visões epistemológicas contemporâneas na transformação das concepções de professores de Física atuantes.* Tecné, Episteme y Didaxis-TEA, 22, 5-31.

Ostermann y Moreira (2000). *Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores*. Revista Enseñanza de las Ciencias. (18)3, 391-404.

Pacca, J.L.A. (2008). *Um projeto para a formaçao de professores focalizando o profissional.* Revista de Enseñanza de la Física. 21 (2), 23-32.

Pacca, J.L.A. y Scarinci, A.L. (2010). *O que pensam os professores sobre a função da aula expositiva para a aprendizagem significativa.* Ciência & Educação (Bauru), 709-721

Pacca, J.L.A. y Villani, A. (2000). *La competencia dialógica del profesor de ciencias en Brasil.* Enseñanza de las Ciencias, 2000, 18 (1), 95-104.

Palamidessi, Suasnábar y Galarza (comp.) (2007). *Educación, conocimiento y política.* FLACSO-Manantial. Buenos Aires.

Popkewitz, T. (1994). *Sociología política de las reformas educativas*. Morata. Madrid.

Puiggrós, A. (2003). *El lugar del saber. Conflictos y alternativas entre educación, conocimiento y política*. Galerna. Buenos Aires.

Rabino, M.C., Basilisa García, M., Moro, L. y Minnaard, V. (2002). *Una propuesta para secuenciar los contenidos en Ciencias Naturales desde la perspectiva Lakatosiana*. Revista Iberoamericana de Educación [versiónelectrónica: http://www.rieoei.org/deloslectores/317Rabino.pdf]. Consultado 02/07/12

Suasnábar, C. (2004). *Universidad e intelectuales. Educación y política en Argentina (1955-1976)*. FLACSO-Manantial. Buenos Aires.

Vezub, L. (2009). *Notas para pensar una genealogía de la formación permanente del profesorado en Argentina*. Revista Mexicana de Investigación Educativa. 14 (42)

Vianna, D.; Pessoa, A. (2000). *Formação permanente: a necessidade da interação entre a ciência dos cientistas e a ciência da sala de aula.* Ciência & Educação, Bauru, v. 6, n. 1, p. 31-42, 2000.

Villani, A. y Pacca, J.L.A. (1992). *Teoria e Prática Didática na Atualizacio de Professores de Física*. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol. 14(2), pp. 113-119.

Villani, A. Pacca, J.L.A. y Freitas, D. (2002). *Formação do professor de Ciências no Brasil: tarefa impossível.* En: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), Vol 7. 2002.

COMUNICACIONES ORALES 2

BLOQUE C

LA EXPLICACIÓN DE LAS FASES DE LA LUNA EN DOCENTES DE PRIMARIA EN FORMACIÓN: APORTES PARA LA REFLEXIÓN[1].

Iglesias María C[1], Dicovskiy Esteban[3], Karaseur Fernando[1], Cabrera Julio[1], Godoy Elina[1], Gangui Alejandro[2].

[1]Centro de Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

[2]Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

[3] Escuela Normal Superior Nº 10. Ministerio de Educación. Ciudad de Buenos Aires.

maryiglesias@gmail.com; esteban_dico@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo busca aportar conocimiento sobre las representaciones y los modos de conocer con los que los estudiantes enfrentan ciertos fenómenos astronómicos, en particular sobre las fases de la Luna. La utilización de una indagación semiestructurada aplicada en futuros maestros y un análisis minucioso de sus producciones escritas, gráficas y de modelización con esferas, detectaron algunas de las ideas previas encontradas en la literatura específica y otras dificultades de aprendizaje asociadas. Entre estas últimas, se destaca la imposibilidad de relacionar las vivencias astronómicas con la explicación del fenómeno, constituyendo un obstáculo para el aprendizaje de conceptos astronómicos por parte de los estudiantes. Asimismo, evidenciamos un escaso valor atribuido a sus propias producciones gráficas para apoyar las explicaciones ofrecidas.

La producción de conocimiento en didáctica de la astronomía en nuestro país es escasa, y su articulación con la formación docente es insuficiente. Consideramos que se trata de una línea de acción que no puede ser postergada si lo que se busca es profundizar la adquisición y puesta en juego de conceptos y de competencias básicas por parte de los alumnos de primaria.

Palabras clave: modelo STL, astronomía, formación docente, representaciones.

ABSTRACT

In our work we examine the different representations possessed by pre-service elementary teachers when faced to problematic situations in astronomy, focusing specially in moon phases. Applying a semi-structured inquiry test to prospective teachers, together with a detailed analysis of their written, graphical and modelling productions, we found some well-known alternative conceptions and other learning difficulties associated with astronomical concepts connected to the moon. Among the latter, prospective teachers face problems in trying to relate their local view of different moon aspects with the proper explanation of the phenomena involved. Moreover, we found that in general inquired people did not assign their graphical productions enough value to support their answers to different questions in the test.

Researches in didactics of astronomy are not well represented in our country, and their connection to teachers' education is generally regarded as insufficient. We think the relevance of this area within the science teaching topics cannot be neglected in order to endow pre-service teachers with basic knowledge in astronomy that will enable them to improve their future work in front of their own students.

Keywords: Sun-Earth-Moon model, astronomy, prospective teachers' representations

[1] Una versión preliminar fue presentada y aprobada para su presentación oral en Congreso Metas Educativas 2021: Aportes desde la Universidad. 19 a 21 de Septiembre, 2011. Ciudad de Buenos Aires, postergado para 2012.

INTRODUCCIÓN

La astronomía es una de las disciplinas con mayor poder para la integración de los conocimientos que se van adquiriendo durante el proceso de aprendizaje. Da el marco propicio para trabajar un sinnúmero de temas, ya sea de las ciencias naturales propiamente dichas, como la gravitación y las concepciones sobre la Tierra (Nussbaum, 1979; Sneider y Ohadi, 1998; Vosniadou y Skopeliti, 2005; Skopeliti y Vosniadou, 2007), como también de las ciencias sociales (incluyendo la historia y la epistemología). Además, forma parte inseparable del conocimiento que el hombre tiene de su lugar en el cosmos. La astronomía es sin duda una actividad humana con múltiples y atractivas ramificaciones en el área de la construcción significativa y natural de los conocimientos sobre el universo en donde estamos inmersos. A lo largo de toda su historia quienes se abocaron a esta ciencia han desarrollado diversos modelos para ofrecer sus explicaciones a los fenómenos registrados. Desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, los modelos son considerados una parte integral de la manera de pensar y trabajar de los científicos, por lo que forman parte de los productos de la ciencia y de la metodología científica, y como una de las herramientas más importantes de enseñanza y aprendizaje. No obstante, las investigaciones han puesto en evidencia las dificultades que presentan los alumnos a la hora de utilizar funcionalmente los modelos explicativos (Martínez Sebastià, 2004). Además, como es sabido, las personas poseen una tendencia natural a intervenir sobre el medio en el que viven, lo que conduce a construir explicaciones espontáneas para dar sentido y actuar sobre él (Driver, et al., 1985). El conocimiento intuitivo, es decir las explicaciones o ideas que construyen los sujetos, se pueden considerar como aquellas concepciones que tienen los estudiantes acerca del cómo y el porqué las cosas son como son. Ellas responden a una lógica de pensamiento, influenciada por las experiencias realizadas en la vida cotidiana (ya sean éstas de origen sensorial –*concepciones espontáneas*–, cultural –*representaciones culturales*– o escolar –*concepciones analógicas*–). Están caracterizadas por principios conceptuales, epistemológicos y ontológicos, constituyendo verdaderos obstáculos para el aprendizaje. Forman parte de lo que el sujeto ya sabe pudiendo generar interferencias que dificultan el proceso de construcción científica. Este conocimiento, y los supuestos en que se basa, se puede reestructurar, pero rara vez abandonar en tanto presenta gran eficacia cognitiva y adaptativa (Pozo, 1999).

Numerosas investigaciones realizadas en varios países, incluyendo el nuestro, ponen de manifiesto las dificultades que presentan los estudiantes del profesorado en relación a algunos fenómenos astronómicos (Callison y Wright, 1993; Camino, 1995; Atwood y Atwood, 1995; Atwood y Atwood, 1996; Parker y Heywood, 1998; Trundle et al., 2002; Trumper, 2003; Frede, 2006; Gangui et al., 2010,2011). Entre estas podemos mencionar la dificultad que poseen al intentar reconocer los cambios en los aspectos observables del movimiento del Sol. Muy pocos son capaces de identificar los días singulares y las regularidades en torno a ellos, lo cual va asociado a una visión distorsionada de cómo se producen los cambios astronómicos a lo largo del año. Asimismo, presentan dificultades para reconocer la existencia de distintos modelos alternativos que pueden dar cuenta de las mismas observaciones y no hacen uso operativo de las hipótesis del modelo para explicar las observaciones conocidas. Para el caso de las fases de la Luna, investigaciones anteriores muestran que la explicación sobre cómo se origina no resulta del todo adecuada, asignándole por lo general a la sombra de la Tierra la responsabilidad de este fenómeno por no poder observarla (*Teoría del eclipse)*. Sin embargo, en este caso, son pocas las investigaciones que den cuenta de las dificultades encontradas a la hora resolver situaciones relacionadas a este fenómeno.

En trabajos anteriores, a través de indagaciones escritas llevadas a cabo en Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires, nuestro grupo pudo poner en evidencia varias ideas espontáneas y otros obstáculos de aprendizaje sobre tópicos básicos de astronomía presentes en futuros docentes de la escuela primaria (Gangui et al., 2008). En particular, entre las dificultades evidenciadas en esta población, las explicaciones astronómicas de la Luna, con sus fases y el movimiento espacial de los tres cuerpos celestes involucrados, fue uno de los tópicos indagados que mayor dificultad presentó. Las fases de la Luna que percibimos desde nuestro lugar en la Tierra son vivencias astronómicas topocéntricas. Sin embargo, para dar una explicación sobre su origen, hay que recurrir a un punto de vista situado en el espacio. En este sentido, uno de los principales obstáculos en el aprendizaje de la astronomía es aquel que está ligado a la visión espacial, es decir, a la capacidad mental de ver y trabajar en tres dimensiones (Camino, 2004).

Como hemos podido comprobar, la didáctica de la astronomía es un área de vacancia en nuestra universidad y, salvo casos particulares, en general no presente en los grupos de investigación de nuestro país, una diferencia importante si la comparamos con otras disciplinas como física, química o biología. Por otro lado, en las escuelas primarias la enseñanza de estos temas, cuando están presentes, suele quedar reducida a la exposición del docente, sin tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos ni su reflexión sobre las dificultades de aprendizaje asociadas, lo cual lleva a que se enseñen temas sin tener en cuenta la situación de los alumnos, los alcances esperados y miradas apropiadas para cada uno de ellos. Para el caso de las fases de la Luna, se reduce a explicar el fenómeno desde una perspectiva externa a la Tierra, con la intención de que los alumnos recuerden la posición relativa de los tres cuerpos intervinientes para configurar las diferentes fases. Esto refleja de alguna forma, las creencias sobre la naturaleza del conocimiento en general, y del conocimiento científico en particular que circula en las escuelas, entendiéndolo como un producto y no como un proceso, donde la explicación del contenido por parte del docente – o la lectura del libro de texto- se consideran suficiente (Pintó, et al., 1996). Si reconocemos, además, las dificultades que presentan los docentes y futuros docentes en temas de astronomía e intervenimos en consecuencia, el efecto multiplicador que se obtendrá intentando mejorar la forma en que la ciencia es impartida y aprendida en la escuela primaria será significativo. Asimismo, es importante señalar que la enseñanza de la astronomía en la Escuela Secundaria es escasa y hasta en ciertas jurisdicciones inexistente. Hasta el año 2009 los lineamientos curriculares para la formación docente primaria, para la Ciudad de Buenos Aires, como así para otras jurisdicciones, no incluían una profundización de los tópicos relativos a esta disciplina y hemos podido comprobar que su enseñanza estaba casi ausente. La reciente extensión de la formación a cuatro años estuvo acompañada de la ampliación de la materia Enseñanza de las Ciencias Naturales, en donde uno de los ejes centrales refiere a la astronomía y a su enseñanza. No obstante aquello, hemos detectado una ausencia de investigaciones que ayuden a definir las condiciones en las que se debe desarrollar una enseñanza de los conceptos astronómicos en este nivel, y que facilite que el docente en formación construya y maneje unos modelos acordes con los modelos científicos. En este sentido, nuestro proyecto de investigación "Enseñanza formal de la astronomía: situación actual y perspectivas futuras", tiene por objetivo principal contribuir al diagnóstico situacional de docentes de primaria en formación en relación con algunos temas de astronomía buscando poner en evidencia los posibles obstáculos que impiden la construcción del conocimiento científico sobre tópicos astronómicos puntuales y que, a su vez, sustenten el diseño de estrategias didácticas que favorezcan un aprendizaje significativo de esta ciencia.

DESARROLLO

En trabajos recientes, a través de indagaciones escritas llevadas a cabo en Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires (Iglesias, 2011), nuestro grupo pudo poner en evidencia que los alumnos que siguen estudios de formación docente primaria carecen de conocimientos significativos que les permita hacer un uso funcional del modelo Sol-Tierra-Luna (STL). Los resultados nos han permitido conocer cómo piensan acerca de este modelo y el modo en que relacionan el fenómeno con sus explicaciones. Asimismo, pudimos acercarnos al modo en que representan de manera gráfica dicho sistema complementándolo con el texto escrito, tratando de encontrar los puntos que dificultan la correspondencia entre el modelo científico y sus modelos explicativos. En esta oportunidad, empleamos un instrumento que consistió en una indagación de tipo semiestructurada (Troncoso y Daniele, 2003) en la que se conjugan la respuesta verbal, la representación gráfica y la expresión en tres dimensiones, mediante el modelado con esferas. La indagación se implementó en diferentes Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires, completando un total de cuarenta y ocho indagados que aun no han cursado la Enseñanza de las Ciencias Naturales 3. Para implementar las indagaciones se contactó a docentes que se desempeñan en los Institutos, quienes nos permitieron ingresar a sus cursos para presentar la indagación e invitar a participar a sus alumnos. Si bien se trató de una instancia voluntaria, en todos los casos, participaron la totalidad de alumnos que concurrían ese día a clases. La duración de cada encuentro fue de dos horas, aproximadamente, siempre dentro del horario escolar al que los alumnos participantes asistían.

La indagación estaba compuesta por preguntas que nuclean dos bloques temáticos indagados: 1. posición del observador y explicaciones sobre el fenómeno, abordadas en especial en las primeras dos preguntas; 2. Sistema STL - representación del fenómeno, abordados en el conjunto de la indagación con sus seis preguntas. El recorrido propuesto en la indagación es progresivo, e invita al participante a "entrar en tema", relacionando sus respuestas anteriores con las nuevas situaciones que van resolviendo y revisando cada una de ellas. La pregunta 7 que no indagaba cuestiones astronómicas específicas, fue formulada con la intención de ofrecer una instancia de metarreflexión sobre su participación en la indagación y sobre la importancia de la articulación entre la investigación didáctica y la enseñanza de las ciencias.

Las dos primeras preguntas, de carácter individual, refieren al fenómeno observado desde la Tierra pero que requieren de una explicación externa. En la primera, el indagado debe explicar el hecho de que en fase nueva la Luna no sea observable. En la segunda pregunta, se presenta una imagen de la Luna en fase menguante, y en función de esto se invita al encuestado a revisar su respuesta a la pregunta anterior. Tanto en un caso como en el otro, además de la explicación mediante texto se les pide que incluyan un dibujo. Esto nos permitiría establecer relaciones entre aquello que escriben y lo que representan gráficamente, y a su vez inferir posibles obstáculos como ser los tamaños de los cuerpos en cuestión o la alineación de los mismos, entre otros. Asimismo, pretendíamos detectar o caracterizar la importancia otorgada al uso de dibujos para apoyar sus explicaciones y en qué medida sus representaciones gráficas reproducen las conocidas desde la escuela, cuya principal fuente son los libros de texto. En la tercera parte se pasa a una instancia grupal de dos o tres personas. En ella se les pide que resuelvan nuevamente el caso de la luna nueva pero esta vez utilizando los elementos disponibles (esferas de telgopor de diferentes tamaños; palillos, planchas de telgopor, fuentes de luz) para proponer una representación posible de los cuerpos intervinientes. Cada participante volcaba en una hoja sus propios comentarios y reflexiones surgidos durante la modelización, lo que nos otorga información del desempeño individual más allá del trabajo en grupos. Esta instancia de trabajo con material concreto pretende poner en cuestión el obstáculo de la representación en diferentes planos. Dependiendo de las respuestas ofrecidas por el grupo, el investigador ofrecía nuevas situaciones para que resolvieran. Las mismas fueron elaboradas atendiendo a todas las posibles respuestas esperadas o dificultades encontradas. En particular, nos interesa una de las opciones, que incluye una situación de luna llena y conflictiva, puesto que para resolverla, se deben colocar a los tres cuerpos en el mismo lugar en que ellos los suelen ubican para configurar una luna nueva, bajo la explicación de la *Teoría del eclipse* (ver apartado Resultados y Discusión). Las últimas tres preguntas ponen el foco en la representación del fenómeno, que si bien es indagado en las preguntas anteriores, aquí aparece de manera explícita y luego de haber atravesado la etapa de representación en tres dimensiones. Entonces, se pretende encontrar evidencias que den cuenta de sus intentos por mejorar sus dibujos acercándolos a la vista tridimensional. Se busca que incluyan algún tipo de perspectiva o indicios de su importancia, como ser anotaciones que dejen entrever que el dibujo no está representando fielmente el fenómeno. La quinta pregunta, en particular, hace referencia a típicos dibujos que aparecen en los libros de texto pero que presentan alguna variable (la cantidad de lunas representadas), y la sexta pide realizar explícitamente, y ya luego de atravesar toda la indagación, un esquema explicativo del fenómeno de las fases lunares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los resultados se propusieron variables para cada una de las preguntas. Asimismo, los indagados fueron categorizados al inicio y fin de la indagación. Para ello, se utilizaron las preguntas 2 y 6, respectivamente.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
Vivencial (interna o externa)	Proveniente de la observación directa. Proveniente del imaginario infantil – ideas previas (incluye teoría del eclipse). Representación plana de los objetos astronómicos. Ubicación del observador o referencia que se hace de él.
De transición	Posee elementos de las categorías vivencial y científica.
Científica	Pruebas indicativas de mayor comprensión: - Representación tridimensional - Uso de vocabulario específico – Relación con la ubicación del observador – rigurosidad en los esquemas propuestos.
Reproductiva	Utiliza elementos similares a las explicaciones de libros de texto – presenta un esquema que ilustra lo escrito.
Otros	Aquellas respuestas no contempladas en las categorías anteriores.

Tabla 1: categorías elaboradas para clasificar a cada indagado (tomado y adaptado de Leite y Hosoume, 2007)

Bloque 1.posición del observador y explicaciones sobre el fenómeno.

En relación con las dos preguntas que refieren al fenómeno de las fases de la Luna observado desde la Tierra, encontramos que de los 48 indagados solo 16 ofrecen una explicación desde una perspectiva externa. De este total, 6 presentan un modelo de explicación correcto, 8 presentan un modelo de explicación alternativo y 2 de ellos, una explicación alternativa que es incompleta o vaga. Los 32 indagados restantes no presentan explicación al fenómeno sino que ofrecen respuestas de tipo descriptivas y situados desde lo vivencial. Resulta interesante que el 50% de los que no presentan explicación ofrecen una descripción sobre qué es una luna nueva o qué se ve en el cielo cuando la luna está en esa fase. Por ejemplo, enuncian explícitamente que ese día la Luna no tiene iluminada la cara que vemos desde la Tierra o que no se distingue en el cielo, pero no especifican a qué se debe que ocurra ese fenómeno. Por otro lado, 9 de ellos hacen referencia a la noche, ya sea en su escrito o complementándolo con un dibujo en el que incluyen estrellas. Solo uno de los 32 indagados coloca juntos al Sol y a la Luna en el cielo, en su dibujo. Es decir que puede reconocer que ambos astros están "del mismo lado" aunque no puede complementarlo con una explicación externa. Entre el 50% restante de los indagados que no ofrecen explicación externa, encontramos respuestas de lo más variadas. Por ejemplo, 6 de ellos argumentan su explicación en cuestiones "climáticas" (lluvias, nubes) y que por eso no puede obtenerse una fotografía de la Luna. Algunos ofrecen respuestas tautológicas y que giran en torno al mismo enunciado, como por ejemplo un indagado que responde: "Considero que la luna nueva no se ve porque en esa fase desde la Tierra la luna no es observable". El grupo restante, hace referencia a todo el ciclo lunar, evitando justificaciones especificas o bien, proponen un error de fecha, es decir, que en realidad la fotógrafa se confundió y no era una fase nueva, sino otra.

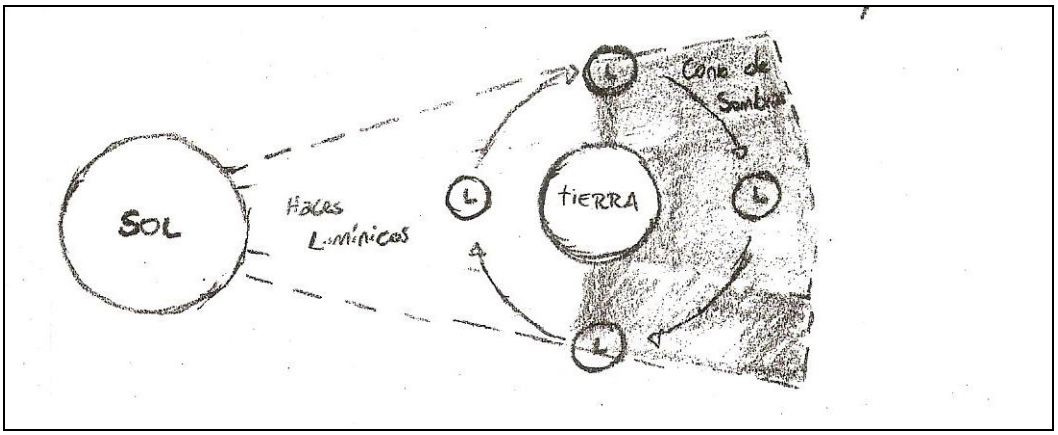


Figura 1: respuesta ofrecida por un indagado para la pregunta 2, quien recurre a todo el ciclo lunar para justificar cómo se produce tal fase.

A partir de estas respuestas, podemos inferir que, frente a la presentación de una Luna en particular, al 66% de los indagados parecería resultarles difícil vincular esa observación con el fenómeno de las fases de la Luna o hacer uso de una explicación de las fases de la Luna para dar respuesta a un caso concreto y percibido desde la Tierra. Inclusive, para más de la mitad de ellos, encontramos que ofrecen dibujos que ilustran lo escrito o a lo sumo incluyen elementos que llamamos "infantiles" (ver Bloque 2). Es importante aclarar que muchos de estos indagados, frente a la actividad explícita de modelización con esferas y una fuente de luz, sí pudieron ofrecer algún tipo de explicación. Esto suma argumentos a favor de la dificultad inferida en los indagados respecto de la relación entre la dimensión fenomenológica y de modelización.

De los 15 indagados que sí ofrecen una explicación externa, 8 de ellos utilizan la *Teoría del eclipse* para dar cuenta de por qué se produce una Luna nueva y así justificar que ese día no pueda fotografiarse. Para estos casos, encontramos que en general, los esquemas proporcionados suman elementos a las explicaciones escritas. Por ejemplo, un indagado explica que "la luna queda tapada" pero no agrega detalles. Sin embargo, su esquema involucra a los tres cuerpos alineados:

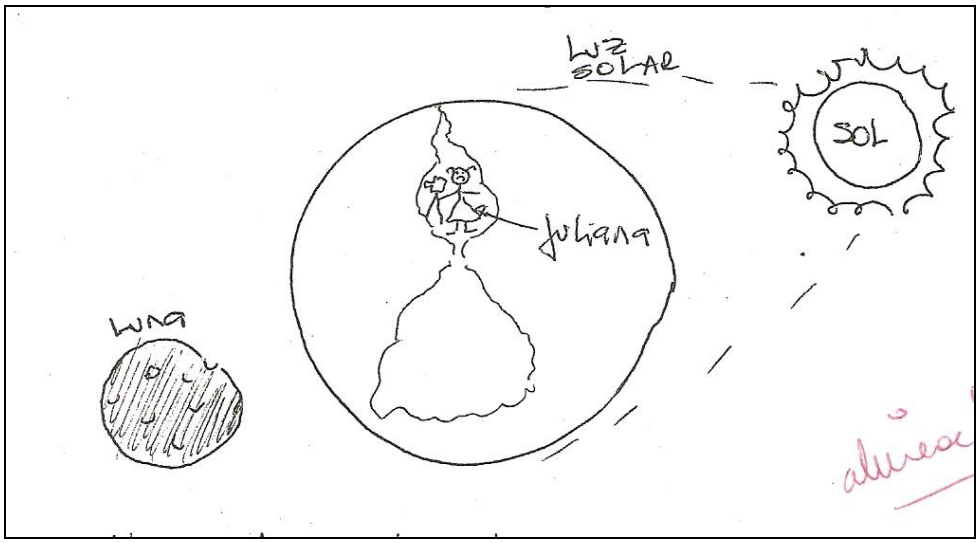


Figura 2: dibujo que complementa el texto escrito ofrecido por un indagado en respuesta a la primera pregunta sobre la imposibilidad de ver la Luna nueva desde la Tierra. En su dibujo aclara que el Sol no está a escala y coloca a los tres astros alineados en una misma recta.

En relación con los 6 indagados que fueron clasificados como aquellos que se acercan a una explicación científica para el caso de la Luna nueva, todos ellos refieren a que la Luna se sitúa entre la Tierra y el Sol entonces, se ilumina la cara de la Luna que no vemos y eso hace que "sea difícil de observar" en el cielo. Solo 2 de ellos complementan sus textos con esquemas que intentan "romper" con la linealidad, desplazando a la Luna y dando valor a la tridimensionalidad o necesidad de perspectiva. El resto de los indagados dibuja a los tres cuerpos alineados no dando cuenta de las dimensiones de los cuerpos, ni hacen ningún tipo de aclaración sobre sus dibujos respecto de la linealidad ni del color del cielo para esa fase.

Bloque 2. Sistema STL - representación del fenómeno.

Como anticipamos en el apartado anterior, las mayores dificultades se encontraron en los primeros dibujos solicitados, que refieren a algún ejemplo de fase lunar en particular. En general, responden a dibujos infantiles que incluyen elementos innecesarios para resolver la situación planteada: Juliana (el personaje de las situaciones planteadas en la indagación) con cámara de fotos, árboles, edificios.

Figura 3: dibujo realizado por un indagado en respuesta a la primera pregunta sobre la imposibilidad de ver la Luna nueva desde la Tierra.

Esto nos permite inferir que los indagados no diferencian entre un dibujo artístico y uno científico; ni distinguen lo importante de lo irrelevante a considerar en ellos. Muchos dibujos resultan confusos y carecen de rótulos, cuestión que impide identificar los cuerpos celestes representados. Algunos encuestados no utilizan dibujos propios para representar su modelo explicativo, aunque la consigna lo solicita explícitamente. Cuando se hace referencia a la totalidad del fenómeno, se observa una aproximación a la categoría reproductiva, en tanto incluyen esquemas que han aprendido en su paso por la escuela y que abundan en los libros de texto. Una de las críticas propuestas a estos esquemas, inclusive, tuvo que ver con la cantidad de lunas: "*En este caso el chico puede confundir que las fases de la luna no son cuatro sino ocho*".

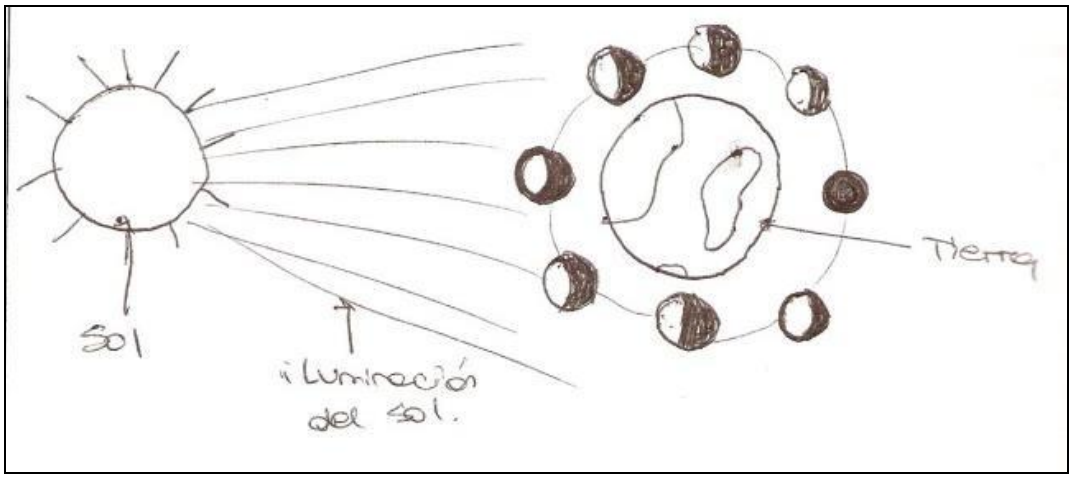


Figura 4: dibujo de un indagado para representar el ciclo lunar.

Hemos visto que aun cuando colocan "diferentes" Lunas, solo aparecen referencias a las cuatro más representativas, aquellas que más se escuchan y recuerdan. Además, dado que sus dibujos no apoyan –sino que hasta contradicen- sus explicaciones, es posible que tampoco le asignen importancia real en el aprendizaje.

La parte principal de la indagación incluía la modelización con esferas. Esta sección ofrecía una progresión entre resolver mediante objetos concretos la situación de Luna nueva, para progresar hacia la resolución de una situación de Luna llena. Al principio, más del 50% de los indagados hacían uso de la *Teoría del eclipse* para resolver la situación.

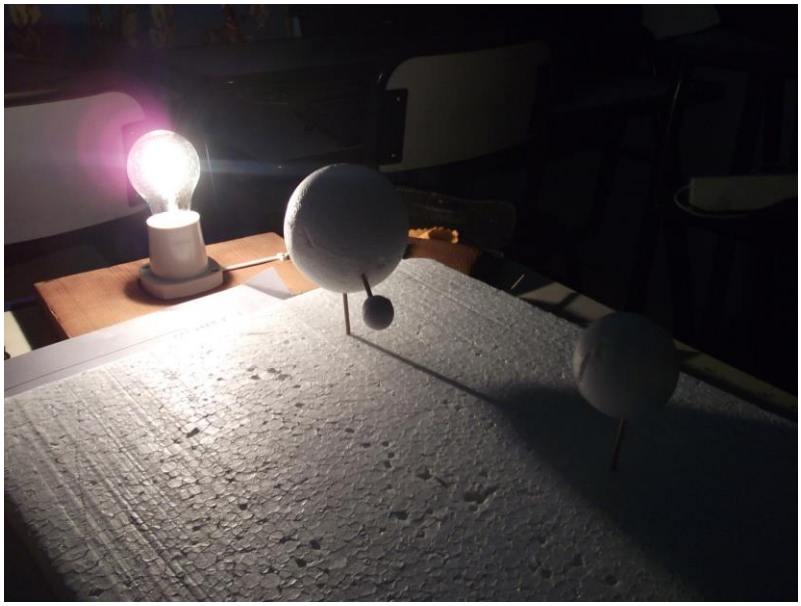


Figura 5: modelización con esferas para explicar el caso de la Luna nueva haciendo uso de la teoría del eclipse. Los indagados disponen, de atrás hacia adelante, el Sol, la Tierra y la Luna.

Se reconoce que los indagados, al presentar sus respuestas para la primera pregunta de esta etapa de la indagación, el trabajo de modelización con esferas les permite confirmar la idea de que, ubicados los tres cuerpos en una recta, la Tierra ubicada entre el Sol y la Luna, aquella tapa la luz y produce la sombra sobre esta última, cuestión que no trae conflictos si se piensa que se observa desde la Tierra a la Luna en sombra. Para el caso de la segunda pregunta, sobre la Luna llena, la mayoría de las respuestas se mantienen en la idea de linealidad en que se deben encontrar los tres cuerpos, aceptando que ubicada la Luna entre el Sol y la Tierra, puede quedar iluminada directamente por el Sol. Sin embargo, lo que no identifican es de dónde se puede observar, es decir que solo parecería toma valor para ellos si está o no iluminada por el Sol, dejando de considerar el lugar del observador topocéntrico. Esto permite inferir la dificultad que representa la explicación externa, puesto que supone considerar a la vez, dos perspectivas: aquello que se observa desde la Tierra y aquello que se observa cuando se aleja imaginariamente de ella.

En algunos pocos casos, los indagados modificaron la ubicación de la Luna y de la Tierra sin que quedaran alineadas en una misma recta para que la Luna quedara iluminada, pero determinaron que se puede ver de acuerdo a la ubicación de Juliana en la Tierra, es decir que esta observación depende de la ubicación de las personas en la Tierra, sea del lado que es de día o que es de noche. En otros pocos casos se plantea que la Luna queda iluminada por la traslación de la Tierra como cuestión central, pero dejando a la Luna en el mismo lugar, es decir que lo que se hizo fue correr la Tierra para que deje de producir sombra.

Es de destacar que del porcentaje que al iniciar la etapa de modelización hacían uso de la *Teoría del eclipse*, el 24% se modificaron hacia la categoría de transición. Al recorrer las respuestas ofrecidas para estos casos, se reconoce que pasan de plantear situaciones de linealidad entre el Sol, la Tierra (en el medio) y la Luna, con la que justificaban la sombra sobre la Luna, a plantear la necesidad de correr la Luna para que esta sea iluminada. Pero a diferencia de los indagados que se mantienen en ese modelo alternativo, en estos casos no se plantea pasar a la posición opuesta (Sol, Luna y Tierra), sino que se corren de la recta que fue planteada para el primer caso. No se puede asegurar que esto se deba a que reconozcan que en ese caso no se vería desde la Tierra, pero sí aparece la idea en varias de las respuestas de este grupo, que de esta forma se puede ver la Luna iluminada desde la Tierra.

Llegando al final de la indagación, se les planteó la elaboración de un dibujo de explicación para el fenómeno de las fases de la luna y encontramos respuestas de diferente índole, que no se condicen con las críticas realizadas al esquema en la pregunta 5. Se destaca que una alumna reflexionó que no había quedado satisfecha con el nivel de explicaciones que había alcanzado, afirmando que lo que logró representar no le alcanzaba.

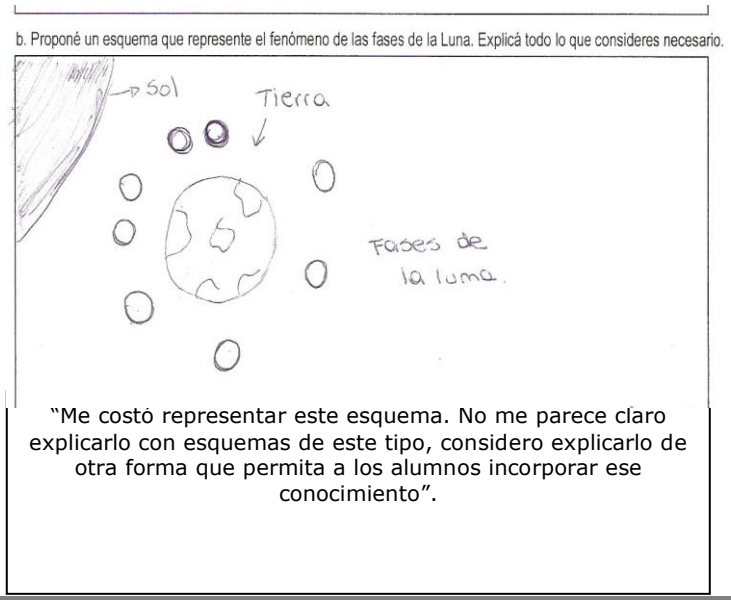


Figura 6: ejemplo de dibujo luego de pasar por la etapa de modelización mediante esferas.

A partir de esta indagación progresiva, pudimos reconocer cómo iban incorporando algunos nuevos elementos a sus modos de pensar. De este modo, para algunos de ellos reconocemos un cierto progreso, aunque sea circunstancial, a la categoría que hemos denominado de transición. En estas respuestas suelen aparecer elementos de respuestas de tipo reproductivo con elementos del modelo científico. Así por ejemplo, incluyen esquemas desde una perspectiva exterior, de aquellos que llamamos reproductivo de libros de texto pero donde se especifica que "*La Luna siempre debe encontrarse a una altura mayor que la Tierra*", interpretándose esto como una idea incipiente en torno al modelo aceptado desde el punto de vista científico. En otros casos, encontramos respuestas como la de un indagado que sostiene que es mejor utilizar como punto de vista al Sol y "*no ponerlo de perfil*". Tal vez sea un intento por salirse del modelo reproductivo. En su modelo, incluye a la órbita de la Luna con una cierta inclinación, pero no podemos asegurar que esté pensando en el modelo científico. A su vez, otro indagado realiza 4 subesquemas distintos (una para cada fase), y en algunos de ellos hay cierto intento de desplazar a los 3 astros involucrados de la alineación, a la vez que sigue volviendo a usar la *Teoría del eclipse* para explicar la Luna nueva.

CONCLUSIONES

A través del análisis de las indagaciones, nos hemos aproximado a caracterizar el estado situacional del general de los alumnos de los Institutos de Formación Docente en cuanto a los modelos que manejan del modelo Sol-Tierra-Luna y a la forma en que intervienen en estos las explicaciones y las representaciones gráficas y tridimensionales, además de la correspondencia que establecen. Al comenzar la misma, más de la mitad de ellos fueron categorizados como vivencial, ya sea porque responden solo desde lo que percibimos desde la Tierra o recurren a cuestiones infantiles y al finalizar la indagación, muchos fueron categorizados como reproductivos, donde se mantiene, en varios casos, elementos de lo vivencial o hacen uso de esquemas de todo el ciclo, que hemos en llamar "de libro de texto". En general, hemos detectado una dificultad para ofrecer explicaciones científicas del fenómeno de las fases de la Luna que permitan hacer un uso funcional del mismo y que logre ser enseñado correctamente en su futura profesión. En el primer bloque de preguntas, suelen aparecer descripciones situadas desde una perspectiva vivencial y donde el valor atribuido al dibujo científico es menor; a partir del modelado con esferas la dificultad radica principalmente en la comprensión del fenómeno como fuertemente ligado a una visión topocéntrica, pero que requiere algún tipo de explicación externa que de valor a la tridimensionalidad. En este sentido, se destaca la necesidad que se encuentra en la mayoría de los indagados de mantener una linealidad de los tres cuerpos para los casos de Luna nueva y llena aunque esto implique la pérdida de la posición topocéntrica, que no advirtieron, y que conlleva al uso de la *Teoría del eclipse* y a una visión heliocéntrica para describir las respectivas fases.

En función de lo expuesto, podemos decir que el recorrido propuesto en la indagación ofrece oportunidades para que los indagados se replanteen algunas cuestiones sobre sus propias explicaciones, pero que no consiguen resolver totalmente, recurriendo a esquemas tradicionales sin dar cuenta de las limitaciones asociadas. Consideramos necesario desarrollar una propuesta integral para la enseñanza del modelo científico del fenómeno de fases de la Luna, inmerso en la comprensión global del modelo Sol-Tierra-Luna, que aborde especialmente las dificultades encontradas y los diversos modos posibles de expresión.

NUEVA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Comprender las fases de la Luna supone un alto nivel de abstracción, además de requerir una cierta habilidad para el trabajo empleando las tres dimensiones espaciales. También requiere de una serie de conocimientos anteriores, que se tornan fundamentales a la hora de resolver las situaciones que involucran al sistema STL. Como pudimos establecer a partir de un análisis minucioso de las producciones escritas, gráficas y de modelización con esferas, en general dichos elementos están ausentes en los docentes en formación, o bien no logran ponerlos en juego en oportunidad de la indagación. Puesto que los temas indagados se incluyen en los contenidos básicos de la Educación Primaria, los resultados se muestran desalentadores. En este contexto, decidimos ampliar nuestra investigación, esta vez indagando las representaciones de los alumnos del profesorado en contexto de enseñanza. Nuestra hipótesis de trabajo es que la enseñanza de las fases de la luna desde un enfoque epistemológico-didáctico actual y coherente con los resultados de la investigación, ofrece oportunidades para la construcción de significados, impacta favorablemente en la formación, generando actitudes positivas hacia la astronomía y su enseñanza.

Para llevar a la práctica esta segunda línea de investigación, pondremos a prueba el uso de una secuencia de trabajo tomando como marco de referencia el modelo de enseñanza de las ciencias por investigación o resolución de problemas (Porlán, 1999), que será implementada por Profesores de Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires, que dictan la materia Enseñanza de las Ciencias Naturales 3. Como base para la elaboración de la secuencia y su análisis, tendremos en cuenta las dificultades encontradas en diferentes espacios de articulación, como así también las dificultades para la comprensión del modelo STL evidenciados por el grupo. En particular, la secuencia estará centrada en abordar la dimensión fenomenológica, que se manifiesta por un conocimiento de las regularidades en el movimiento observable de la Luna, que incluye la descripción del fenómeno desde una visión centrada sobre la superficie terrestre, y para lo cual se realizarán, en la medida de lo posible por las condiciones de observación en la ciudad de Buenos Aires, instancias de observación de la luna. La otra dimensión sobre la que se centrará la secuencia tiene que ver con la modelización, que se manifiesta por la capacidad de utilizar las hipótesis básicas del modelo Sol-Tierra-Luna. Asimismo, pretende que los alumnos, progresivamente, comiencen a relacionar las visiones centradas en la superficie terrestre y la externa, centrada fuera de ella. Finalmente, otra de las cuestiones sobre las que se hará foco tendrá que ver con el lenguaje iconográfico, a través del uso y análisis de esquemas como así también la necesidad de mejorar las propias producciones gráficas.

En una primera instancia, el grupo se abocará a diseñar la secuencia de enseñanza que luego deberá ser puesta a prueba en una primera prueba piloto a fin de ajustar el recorrido didáctico al finalizar su implementación. Para la recolección de datos, se utilizará la triangulación metodológica: por un lado, técnicas cualitativas de observación de clases para el seguimiento del proceso. Por otro lado, se tomarán dos cuestionarios, uno para ser implementado al inicio de la secuencia y otro, al finalizarla, que recojan los indicadores de una adecuada comprensión del modelo STL (*e.g.*, identificación de la dimensión fenomenológica y de modelización, relación entre ambas dimensiones, destrezas geométricas, proporcionalidad entre los tamaños de los cuerpos, utilización de conceptos en relación al fenómeno en estudio, predicción de fenómenos). En cada encuentro participará el docente de la materia (e investigador de este proyecto) y uno o dos observadores según la cantidad de alumnos en cada caso.

Consideramos que esta línea de investigación es necesaria, en tanto es un punto de partida que permitirá diseñar propuestas de enseñanza para la formación docente sustentadas en investigación, con el objetivo de mejorar a futuro la formación inicial de docentes de primaria en cuestiones de astronomía y de su didáctica.

REFERENCIAS

Atwood, V. y Atwood, R. (1995). Preservice elementary teachers' conceptions of what causes night and day. *School Science and Mathematics*, 95 (6), pp. 290-294.

Atwood, R. y Atwood, V. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (5), pp. 553-563.

Callison, P.L. y Wright, E.L. (1993). The effect of teaching strategies using models on preservice elementary teachers' conceptions about earth-sun-moon relationships. *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Atlanta, GA.

Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (1), pp. 81-96.

Camino, N. (2004). Aprender a imaginar para comenzar a comprender. [Versión electrónica]. *Revista Alambique 42*.

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1985). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia,* Madrid: Morata, trad. de 1999.

Frede, V., (2006). Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy, *Advances in Space Research* 38, Issue 10, pp. 2237-2246.

Gangui, A., Iglesias, M. y Quinteros, C. (2008). Diagnóstico situacional de los docentes de primaria en formación sobre algunos fenómenos astronómicos, *en Memorias del I Congreso Internacional de Didácticas Específicas*. Edición en CD-ROM, G. Fioriti (comp). UnSAM Edita. ISBN 878-987-23259-6-1. http://arxiv.org/abs/0809.0013

Gangui, A., Iglesias, M. y Quinteros, C. (2010). Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 9, Nº 2, pp. 467-486 http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART10_Vol9_N2.pdf

Gangui, A., Iglesias, M. y Quinteros, C. (2011). Some remarks on a current study involving preservice elementary teachers and some basic astronomical phenomena, *in Proceedings of the International Astronomical Union*, Vol. 5, Symposium S260, D. Valls-Gabaud and A. Boksenberg (eds), Cambridge: Cambridge University Press, pp. 767-770.

Gil Quíles, M. y Martínez Peña, M. (2005). El modelo de Sol-Tierra-Luna en el lenguaje iconográfico de estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (2), 153-166.

Iglesias, M., Godoy, E; Dicovskiy, E., Cabrera, J., Gangui, A. (2011). La dimensión espacial de las fases de la luna: una investigación en el área de didáctica de la astronomía, aprobado para su presentación en *Congreso Metas Educativas 2021: Aportes desde la Universidad*. Ciudad de Buenos Aires. Postergado a 2012.

Leite, Cristina, Hosoume, Yassuko. (2007). Los profesores de ciencias y sus formas de pensar la astronomía. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* RELEA*,* n. 4, pp. 47–68.

Martínez Sebastià, B. (2004). La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra: Análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de primaria, *Revista Latino-Americana Educação em Astronomia* RELEA n. 1, p. pp.7-32.

Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross-age study*, Science Education*, 65 (2), pp.187-196.

Parker, J. y Heywood, D. (1998). The earth and beyond: Developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20 (5), 503-520.

Porlán, R. (1999). Hacia un modelo de enseñanza – aprendizaje de las ciencias por investigación. *Enseñar ciencias naturales*. Capítulo 1. Buenos aires: Paidos.

Pozo, J.I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 513-520.

Skopeliti, I. & Vosniadou, S., (2007). Reasoning with External Representations in Elementary Astronomy. In S. Vosniadou, D. Kayser, & A. Protopapas (Eds.) *Proceedings of EuroCogSci07, the European Cognitive Science Conference*, pp. 244-249, Delphi, Greece.

Sneider, C. y Ohadi, M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity. *Science Education*, 82, pp.265-284.

Troncoso, C. y Daniele, E. (2003). Las entrevistas semiestructuradas como instrumentos de recolección de datos: una aplicación en el campo de las ciencias naturales. *Ponencia en el XIV encuentro Estado de la Investigación Educativa*, Reduc 2003.

Trundle, K.C., Atwood, R. y Christopher, J.E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (7), 633-657.

Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training - a cross college age. A study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts, *Teaching and Teacher Education*, 19, pp.309-323.

Vosniadou, E.; Skopeliti, I. 2005**.** Developmental Shifts in Children's Categorizations of the Earth. In B. G. Bara, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the XXVII Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Italy. pp. 2325-2330.

ANEXO

Primera parte (individual)
1. Juliana vive en Bs. As. y es fotógrafa. Ella ha decidido obtener fotos de la luna en sus distintas fases. Un día no puede obtener fotografías ya que la luna se encuentra en su fase nueva (comúnmente llamada luna nueva). Hacé un **dibujo** y **explicá** cómo es posible que Juliana, ese día, no haya podido ver y fotografiar la luna en esa fase.

Segunda parte (individual)
2. Juliana sacó la siguiente fotografía (ver Fig. 1).
Teniendo en cuenta tu dibujo a la respuesta anterior, ¿cambiarias algo?
¿Por qué? **Dibujá** y **explicá:**

Fig. 1: foto de luna en fase menguante, que fotografió Juliana.

Tabla 1: Preguntas que hacen referencia a la posición del observador y la necesidad de ofrecer una explicación a los fenómenos presentados.

Tercera parte (en parejas)

3. En el ítem 1, les presentamos una situación en la cual Juliana no puede obtener fotografías ya que la Luna se encontraba en su fase nueva (comúnmente llamada luna nueva). Ahora les proponemos que utilicen los elementos disponibles y propongan una ubicación posible para resolver la situación propuesta.

Anoten aquí todos los comentarios dudas, cambios, dificultades, etc. que fueron surgiendo al resolver la situación propuesta:

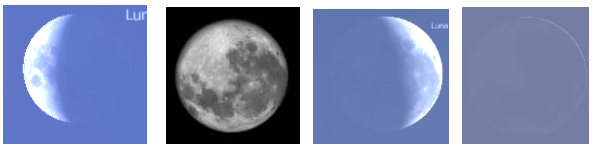
Tabla 2: Etapa de modelización con esferas, y donde el Investigador interviene atendiendo a las respuestas formuladas.

Cuarta parte (Individual)
4. Si tuvieras que representar el fenómeno de las fases de la luna, preferirías hacerlo a través de un esquema en dos dimensiones (2D) o en tres dimensiones (3D). ¿Por qué?

Quinta parte (individual)
5. El siguiente es un esquema que comúnmente podemos encontrar en los libros de texto y que se utiliza en las clases de ciencias:

a. ¿Qué dificultades puede presentar un esquema como este para la explicación de las fases de la luna? Detallá:

Sexta parte (Individual)
6. Juliana en otros momentos del mes obtuvo las siguientes fotografías:



(a) (b) (c) (d)

a. ¿A qué fases corresponden?
b. Proponé un esquema que represente el fenómeno de las fases de la luna. Explicá todo lo que consideres necesario.

Tabla 3: Preguntas centradas en la representación del fenómeno.

Séptima parte (Individual)

6. a. ¿Cuáles dificultades te parece que deberán enfrentar tus alumnos al momento de tener que estudiar el tema de las fases de la luna?

b. Teniendo en cuenta lo trabajado en este encuentro, ¿en qué te parece que cambió tu "mirada" sobre el fenómeno de las fases de la luna y su enseñanza?

Tabla 4: Preguntas metarreflexivas.

LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CRÍTICO EN ACCIÓN: SOBRE EL MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL

Edith Rojas

Escuela Nº 29 Remedios Escalada de San Martín, nivel secundario- thwitch1022@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el análisis realizado sobre los resultados en el aprendizaje de los alumnos después de implementar una secuencia de enseñanza que se diseñó teniendo en cuenta la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico.

Esta secuencia fue implementada durante 5 años con diferentes grupos de estudiantes en una escuela secundaria de Villa Mercedes, San Luis, Argentina y aún en la actualidad se la sigue implementando. Los conceptos enseñados se encuentran dentro del área de la Astronomía, una ciencia de la cual poco se enseña tanto en primaria como en secundaria y corresponden al tema "Movimiento aparente del Sol". Si bien el hecho de por qué este movimiento es aparente escapa a esta secuencia didáctica, se aborda el cambio en la longitud y la dirección de las sombras que produce el Sol sobre el estilete de un gnomon como un indicativo de la altura que va alcanzando este astro en el cielo, es decir, se promueve en los estudiantes la comprensión de la idea de arco solar, así como también la idea de que este registro es particular para una determinada latitud, y momento del año. Se pretende que los alumnos viendo diferentes registros puedan anticipar estaciones astronómicas, tal como lo hacía la gente de la antigüedad y también puedan anticipar diferentes localizaciones, (hemisferio norte, sur o polos) viendo sus registros particulares.

En este artículo se presenta una breve descripción de la experiencia y se discuten los datos obtenidos en relación a si este tipo de secuencia didáctica promueve el aprendizaje significativo crítico en los alumnos. También se presenta las consideraciones en relación a la posibilidad de su implementación en otras aulas similares.

Palabras clave: aprendizaje significativo crítico, abandono de la narrativa, actividades colaborativas,

ABSTRACT

The analysis on the learning outcomes of students after implementing a teaching sequence was designed taking into account the Critical Meaningful Learning´s Theory presented in this paper. This sequence was implemented during 5 years in different groups of students at a secondary school in Villa Mercedes, San Luis, Argentina, and even today it is being implemented. The concepts taught are within the area of astronomy, a science which is little taught in both primary and secondary school. The theme is related to the "apparent movement of the Sun".

The fact that this movement is apparent is not explained in this teaching sequence, the change in the length and direction of shadows produced by the Sun on the stylus of a gnomon as an indication of the height that is reaching this star in the sky is explained, in other words, it promotes the students' understanding of the idea of solar arc, as well as the idea that this record is particular to a given latitude and time of year. It is intended that students observing different astronomical records can realize in which seasons they are, as ancient people used to do. Also they are able to expect the different locations where these records were made (northern hemisphere or south pole).

This article presents a brief description of the experience and discusses the data obtained analyzing if this type of teaching sequence promotes critical meaningful learning in students. Considerations about the possibility of its implementation in other similar classes are also presented.

Keywords*:* critical meaningful learning, disclaiming narrative, collaborative activities

EL DÍA Y LA NOCHE: DIFICULTADES PARA LA COMPRENSIÓN DE UN FENÓMENO MUY COTIDIANO

Galperin, Diego[1,3]; Raviolo, Andrés[1,2]; Señorans, Luciano[3]; Prieto, Liliana[3]

[1] Universidad Nacional de Río Negro; [2]Unviversidad del Comahue; [3]Instituto de Formación Docente Continua de El Bolsón

diegogalperin@yahoo.com.ar

RESUMEN

Existen diversas investigaciones que muestran las concepciones que poseen alumnos de distintas edades, y docentes, en relación a los fenómenos astronómicos cotidianos. Este trabajo analiza la evolución de las representaciones que poseen estudiantes de primaria, secundaria y universidad para explicar el ciclo día-noche. Para esto se llevó a cabo una sencilla indagación a partir de dibujos y explicaciones acerca del fenómeno, se clasificaron las respuestas y se identificaron dificultades de comprensión. Finalmente, se elaboraron conclusiones y sugerencias didácticas para el desarrollo de este y otros contenidos de Astronomía en las aulas. Los resultados muestran una escasa evolución de las ideas de los alumnos, muchos de los cuales poseen explicaciones inadecuadas sobre el día y la noche. Esto indicaría la necesidad de reorientar la enseñanza de la Astronomía para lograr una comprensión apropiada de los fenómenos celestes más cotidianos.

Palabras clave: día-noche, representaciones, dificultades.

ABSTRACT

There are several studies that show the conceptions that students on different ages, and teachers, have concerning everyday astronomical phenomena. This work analyzes the evolution of the representations that primary, secondary, and university students have to explain the day-night cycle. For this, a simple inquiry from drawings and explanations about the phenomenon was carried out. The answers were classified and difficulties of understanding have been identified. Finally, conclusions and didactic suggestions were elaborated for the development of this one and other contents of Astronomy in the classroom. The results show a limited evolution of student`s conceptions, many of whom have inadequate explanations about the day and night. This would indicate the need to reorient the Astronomy teaching in order to achieve a proper understating of the most daily celestial phenomena.

Keywords: day-night, representations, difficulties.

LA GRAVEDAD, EL MAGNETISMO Y LA ACCIÓN A DISTANCIA: UN ESTUDIO DE LAS RESPUESTAS A CUESTIONARIOS

[1]

Dibar Ure, M. Celia[1] y Montino, Marisol[2]

[1]Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto de Ciencias. [2]Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto de Desarrollo Humano.

celiadibar@yahoo.com

RESUMEN

El presente trabajo estudia las respuestas de 112 estudiantes de Segundo Año de la Escuela Secundaria Básica a cuestionarios sobre gravedad y magnetismo. Se analiza la noción de acción a distancia que aparece en las respuestas en relación a la interacción magnética y la asignación de un origen magnético a la caída de los cuerpos. Se discuten las implicaciones de estos resultados para la enseñanza de la interacción gravitatoria.

Palabras clave: alumnos de secundario, acción a distancia, gravedad, magnetismo.

ABSTRACT

The current work analyses the answers of 112 high school students to questionnaires about gravity and magnetism. We discuss the notion of action at a distance that appears in the answers related to magnetic interaction and the attribution of a magnetic origin to the falling of bodies. We discuss the implications of these results to the teaching of gravitacional interaction.

Keywords: high school students, action at a distance, gravity, magnetism.

INTRODUCCIÓN

Desde nuestro nacimiento vivimos en un mundo en el que los objetos caen cuando se quedan sin apoyo, tal vez sea por ello que no necesitamos encontrarle una explicación a la caída de los cuerpos y no vemos la necesidad de que esté actuando alguna fuerza para que las cosas caigan (Montino et. al., 2011).

En un artículo anterior (Dibar y Pérez, 2007) vimos que al enseñar el tema de la gravedad, estamos respondiendo a preguntas que los alumnos no se plantearon. Los niños no encuentran motivo para tener que explicar las causas de la caída de un cuerpo, porque las percepciones acerca del mundo incorporan precozmente la naturalidad de la caída de los objetos hasta una superficie de apoyo. La explicación newtoniana resulta difícil y fuertemente anti-intuitiva: la fuerza peso resulta de una interacción a distancia con un cuerpo cuyo tamaño y omnipresencia lo transforman, paradojalmente, en invisible. En resumen, la gravedad no es percibida como una acción a distancia y no aparece como necesario explicar la caída de los cuerpos. Contrariamente la interacción entre imanes, donde ambos cuerpos son claramente percibidos, resulta sumamente atrayente; posiblemente por presentar características "misteriosas" y no esperadas. Estas cuestiones deben ser consideradas al enseñar el tema, aunque generalmente no son tenidas en cuenta.

Por otra parte, según Boido y Flitchman (2010) en Historia de un Ave Fénix, desde la antigüedad se presentó la necesidad de diferenciar entre dos tipos de acciones entre cuerpos: las de contacto y aquellas en las que no hay vínculo material. Éstas últimas, llamadas interacciones a distancia, presentaron siempre un carácter "misterioso" que impulsó numerosos intentos históricos de reducirlas a acciones de contacto. Sin embargo, el misterio de la impenetrabilidad, que permite las acciones por contacto, no es ni mayor ni menor que el de la acción a distancia; pero la familiaridad con las acciones por contacto ha hecho difícil entender la equivalencia de ambos "misterios".

Nos propusimos estudiar algunas de estas cuestiones y dificultades tomando preguntas escritas a alumnos de nivel secundario.

[1] Trabajo realizado con la financiación parcial del PICTO UNGS 0084.

En este trabajo presentamos el análisis y discusión de cómo perciben los estudiantes cuestiones relacionadas con la gravedad y el magnetismo.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada es exploratoria y cualitativa. Las categorías usadas para clasificar los datos surgen del análisis de los mismos, agrupando aquellos que tienen características similares, es decir que no se utilizaron categorías a priori (Glaser y Strauss, 1999; Hopkins et. al., 1989; Taylor, S. y Bogdan, R., 1987; Turner, 1981). Estudiamos las respuestas a diferentes preguntas acerca de la gravedad y del magnetismo que se presentan en el Anexo I.

Se tomaron dos cuestionarios con el objetivo de recabar qué recuerdan los estudiantes de su paso por la escuela primaria sobre magnetismo y gravedad. Fueron elaborados utilizando datos anteriores de entrevistas sobre la gravedad y el universo (Camino, 2006) y tomas de datos realizadas con versiones preliminares durante el proceso de elaboración.

Los Cuestionarios I y II actuales se tomaron en los mismos cursos pero a diferentes estudiantes para que el contenido de uno no interfiriera con el otro.

En el presente trabajo analizaremos las respuestas de una toma de datos realizada durante el año 2011 a 112 estudiantes de 2º de la ESB del Colegio San Marcelo de Don Torcuato, 55 alumnos realizaron el Cuestionario I y 57 alumnos el Cuestionario II. Se pidió la colaboración de los alumnos explicándoles que no serían calificados, que lo hicieran de forma anónima para ser utilizados en una investigación.

El promedio de edad de los estudiantes era de 13 años y 3 meses.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Cuestionario I

El Cuestionario I fue respondido por 55 estudiantes, las preguntas que lo componen son:

- ¿Qué tienen de parecido y de distinto estas dos situaciones: una moneda cayendo hacia el suelo y un alfiler levantado por un imán?
- Jugando con dos imanes, se puede comprobar que hay una posición en la cual es imposible hacer que se toquen. ¿Por qué?

Al analizar las respuestas en 12 casos los estudiantes esbozaron respuestas que no contestan las preguntas o respondieron "No sé". Por ejemplo, a la primera pregunta contestaron:

- *"parecido: no sé. Distinto: que son dos cosas diferentes"*. Estudiante Nº15
- *"que la moneda cayéndose al suelo es algo físico y un alfiler levantado por un imán es algo químico".* Estudiante Nº 28. En total hay 3 respuestas de este tipo.

Y a la segunda pregunta:

- es imposible juntar los imanes *"porque no tienen pegamento"*. Estudiante Nº20.

Al contestar la primera pregunta 27 estudiantes usaron el término "gravedad" como causa de la caída de la moneda, parece ser un término que relacionan fácilmente con la caída de los objetos y que para ellos por sí mismo tiene poder explicativo.

Dado que ninguna de las preguntas del cuestionario incluye las palabras "atrae" o "repele", resultó llamativo que 30 estudiantes utilizaran la palabra "atracción" en las respuestas a alguna de las dos preguntas. Vale la pena aclarar que el uso del término "atracción" por sí solo no significa necesariamente que los estudiantes posean algún concepto de acción a distancia. El análisis de la segunda pregunta nos permitió clarificar este punto, 17 estudiantes contestaron de tal manera que se percibe algún concepto de acción a distancia (ver Cuadro 1). Este grupo está compuesto por quienes se refieren a que los imanes se repelen, aquellos que mencionan los polos del mismo tipo e incluso aquellos que confunden la interacción magnética con la eléctrica sin perder poder explicativo. Algunos ejemplos:

- *"porque los polos son iguales se repelen"* Estudiante Nº 1
- *"porque los imanes tienen un punto negativo y otro positivo si se juntan los dos negativos será imposible juntarlos"* Estudiante Nº 14

	Utilizan la palabra "atracción"	No utilizan la palabra "atracción"	**Total**
Parecen referir a una acción a distancia	13	4	**17**
No refieren a una acción a distancia	17	9	**26**
Total	**30**	**13**	**43**

Cuadro 1. Conteo de respuestas en relación a la noción de acción a distancia

Es muy interesante destacar que al contestar la primera pregunta ocho estudiantes unifican las atracción gravitatoria con la magnética, es decir, le asignan la misma causa. Por ejemplo:

- *"Tienen de parecido que la moneda cae por la gravedad y el alfiler sube por la gravedad del imán"*. Estudiante Nº 42.
- *"Parecido: que los dos se atraen por un imán. Diferente: el alfiler es atraído por algo artificial (el imán) y la moneda por algo natural (la gravedad)"*. Estudiante Nº 53

En el Cuadro 2 se presenta un conteo general y la incerteza (Garrett, 1990) de las respuestas de los estudiantes.

Categoría	**Cantidad de estudiantes**	**Porcentaje**
Utilizan la palabra "atracción" en sus respuestas	30	55 % $\pm$ 7 %
Utilizan la palabra "gravedad" en sus respuestas	27	49 % $\pm$ 7 %
Tienen alguna concepción de acción a distancia	17	31 % $\pm$ 6 %
Unifican las atracciones gravitatorias y magnéticas	8	15 % $\pm$ 5 %
No responden las preguntas	12	22 % $\pm$ 6 %

Cuadro 2. Conteo general de las respuestas.

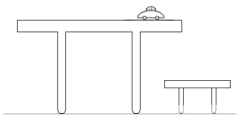
Cuestionario II

Este cuestionario de opción múltiple fue confeccionado con el objetivo de intentar poner en evidencia la relación que tiene para los estudiantes la caída de los cuerpos con el magnetismo. Ya en otra oportunidad (Dibar Ure, 1997) habíamos utilizado una pregunta con opción múltiple con éstas características.

En el Cuadro 3 se presenta un resumen de los resultados. El conteo de respuestas no es excluyente, es decir si un estudiante eligió "a" y "c" se cuentan ambas, por lo tanto los porcentajes suman más del 100%.

Aproximadamente el 37% de los estudiantes considera que hay un núcleo magnético en el centro de la Tierra (opción "b"), triplicando el 12% que considera el núcleo denso (opción "c") y cuadriplicando el 9% que considera que toda la tierra atrae al autito (opción "d"). Es interesante mencionar que en el año 2008 se tomó el mismo cuestionario a 34 estudiantes un año mayores y con otra historia escolar, un 36% también consideró que el autito es atraído por un núcleo magnético en el centro de la Tierra (Dibar et. al., 2009). Cabe aclarar que las respuestas son todas correctas, menos la "b". Considerando la respuesta "c", del núcleo muy denso, como parcialmente correcta dada la insistencia escolar en la densidad del centro de la tierra y la vaguedad del término "núcleo".

Un autito de juguete llega al borde de una mesa y cae hasta llegar a un banco que está al lado. ¿Por qué cae? Elegí entre las siguientes respuestas (puede ser más de una):



		n	Porcentaje
a	El autito cae porque la superficie del banco está a una altura menor que la de la mesa.	23	40 % ± 6 %
b	El autito cae porque lo atrae un núcleo magnético que se encuentra en el centro de la tierra.	21	37 % ± 6 %
c	El autito cae porque lo atrae un núcleo muy denso que se encuentra en el centro de la tierra.	7	12 % ± 4 %
d	El autito cae porque toda la tierra lo atrae.	5	9 % ± 4 %
e	El autito cae porque se termina la superficie de apoyo.	42	74 % ± 6 %
f	Otra explicación. Por favor, explicala brevemente	15	26 % ± 6 %

Cuadro 3. Conteo de respuestas dadas al Cuestionario II.

Podemos separar el tipo de respuestas propuestas en el cuestionario en dos grandes grupos, las que llamaremos "Respuestas Explicativas" (b, c y d) se caracterizan asignarle una causa a la caída del autito; por otra parte las que llamaremos "Respuestas descriptivas" (a y e) que se caracterizan por no dar una causa de la caída del autito sino una descripción de la situación. En el Cuadro 3 se puede apreciar que las Respuestas Descriptivas son las que concentran los mayores porcentajes.

Alrededor del 18% de los estudiantes eligieron una o más respuestas sólo explicativas. Por otra parte, el 28 % eligió una o más opciones solamente descriptivas. Es notorio que el 54% elige una respuesta descriptiva y "necesita" agregar una explicativa, sea entre las opciones dadas o agregada por ellos (por ejemplo: "por la gravedad"). La incomodidad que genera que tantas opciones de las dadas parezcan correctas se evidencia en que un alumno como el Nº 22 realice un resumen propio unificador, agregando la gravedad:

> *"Porque se termina la mesa y la ley de gravedad lo hace caer al banco que es de menor altura que la mesa"*

Ninguna de las opciones múltiples tiene respuesta por nombre, por ejemplo "gravedad" o "peso". Sin embargo son palabras introducidas por los estudiantes al esbozar una explicación cuando las opciones dadas no les resultan suficientes. En el caso de la palabra "gravedad" aparece en 12 respuestas (21%). Sin embargo la palabra "peso" no aparece en las respuestas.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS DIDÁCTICOS

Todos usamos la palabra "peso" en nuestra vida cotidiana, muchas veces para referirnos a que algún objeto es "pesado" o a que algo se cae por su "propio peso". Por ello sorprende que en las respuestas de los estudiantes no aparezca la palabra "peso", pero que sí aparezca con bastante frecuencia la palabra "gravedad". En la escuela aprendemos que la palabra "gravedad" se encuentra asociada a la caída de los cuerpos; y muchas veces las personas creen que la fuerza de la gravedad es diferente a la fuerza peso. En las respuestas dadas pareciera que los estudiantes utilizan el término "gravedad" como el nombre escolar del fenómeno de la caída de los cuerpos, pero no necesariamente asociado a una interacción ni a una acción a distancia.

Contrariamente, al referirse a los imanes utilizan términos -también aprendidos en la escuela- como "polos" o "positivo y negativo" para explicar un fenómeno que les resulta llamativo. En este caso, pareciera que el aprendizaje escolar les resulta útil y significativo al intentar explicar por qué hay una posición en la que es imposible hacer que dos imanes se toquen.

Al responder el Cuestionario I el 15% de los estudiantes espontáneamente unifican la atracción gravitatoria con la magnética asignándoles la misma causa. Este porcentaje aumenta al 37% cuando al responder el Cuestionario II le asignan causas magnéticas a la caída del autito. Si bien este incremento no sorprende, dado que la aparición explícita de la opción de un núcleo magnético (opción "b") la legitima como respuesta; sí resulta sorprendente que si sumamos la cantidad de respuestas en las que eligen el núcleo denso (opción "c") con las que eligen que toda la tierra atrae al autito (opción "d") suman 21% que resulta notablemente menor al porcentaje que elije el núcleo magnético.

Es llamativo que históricamente ha habido intentos de explicar fenómenos gravitatorios mediante el magnetismo. Kepler se inspiró en la filosofía magnética de Gilbert para explicar el movimiento planetario en su libro *Astronomia nova* (1609). Los planetas describen una elipse al trasladarse alrededor del sol, el alejamiento y el acercamiento del planeta al sol Kepler lo explicó suponiendo que el sol es un imán con un polo en la superficie y otro en el centro (o un monopolo), mientras que el planeta posee un eje magnético con una dirección fija, de manera que la mitad de la órbita apunta el mismo polo hacia el sol entonces es repelido y la otra mitad es atraído por apuntar el polo opuesto (Solís y Sellés, 2007).

Con respecto a la enseñanza básica en los Diseños Curriculares de la Escuela Primaria las cuestiones relacionadas con la gravedad y el magnetismo están incluidas sólo en 4to. Año (ver Anexo II). Aparece la intención de enseñar acción a distancia, tanto entre imanes como en relación a la gravedad. Para abordar el tratamiento de las fuerzas a distancia se propone *"que los alumnos/as puedan realizar exploraciones y experimentos en los que estén involucradas las fuerzas magnéticas, eléctricas y gravitatoria. Los alumnos/as tendrán que reconocer que, dado que se producen efectos similares a los estudiados al trabajar con las fuerzas por contacto, estos deben ser producto también de interacciones entre objetos, pero esta vez a distancia"* (pp. 282). Podemos ver que el énfasis se pone en comparar los efectos que producen las acciones por contacto y a distancia, entonces si los efectos son similares podríamos hablar de fuerzas en ambos casos.

Hemos visto que es complejo para los estudiantes relacionar la caída de los cuerpos con la interacción gravitatoria y con una acción a distancia, sin embargo no consideran como imposible la acción a distancia entre imanes ya que un número significativo de estudiantes la propone en sus respuestas. Por ello consideramos que en la enseñanza el conector entre la interacción magnética y la gravitatoria debería ser la acción a distancia[2]. Proponemos trabajar con imanes para poder discutir y consolidar conceptualmente la acción a distancia. Sin embargo, se debe planear cuidadosamente la secuencia para trabajar la interacción magnética junto con la interacción gravitatoria sin perder de vista que esto posiblemente fortalezca la confusión entre ambas.

Dado que en la interacción magnética son "visibles" ambos cuerpos y en la caída de los cuerpos no, tal vez el salto de una a la otra sería más razonable si se comenzara a trabajar la interacción gravitatoria en cuerpos celestes, donde los tamaños son similares, para luego explicar la caída de los cuerpos en la superficie terrestre.

[2] Dejamos fuera del análisis las interacciones eléctricas por tres razones: en primer lugar, la dependencia climática para realizar experiencias; en segundo lugar, porque la "intensidad" de la interacción es mucho menos perceptible con los sentidos; y por último, porque de alguna manera el hecho de tener que cargar los cuerpos podría hacer aparecer la idea de que es necesario intervenir para "generar" una interacción a distancia.

BIBLIOGRAFÍA

Boido, G. y Filchman, E. H. (2010). *Historia de un Ave Fénix. El mecanicismo, desde sus orígenes hasta la actualidad*. Buenos Aires: Prometeo Libros.

Camino, N. (2006). *Génesis y evolución del concepto de gravedad*. Tesis de Doctorado. UNLP. Defendida 12/10/06.

Dibar Ure, M. C. (1997). La onda de las explicaciones. *Revista de Enseñanza de la Física*, 10 (1).

Dibar, M.C y Pérez, S. M. (2007). Análisis de las dificultades de los conceptos de peso y gravedad: algunos resultados de investigación desde un marco teórico neuroconstructivista. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20 (1 y 2), pp. 33-37.

Dibar, M.C.; Aleman, M.A. y Montino, M. (2009). Aprendiendo sobre imanes. *Memorias de las II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el Campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. La Plata, Buenos Aires. Editado en CD.

Diseños curriculares para la Educación Primaria y Secundario. Disponibles en http://abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/diseniosccurriculares/default.cfm

Garrett, H. (1990). *Estadística en Psicología y Educación*. Buenos Aires: Paidós.

Glaser, B. Y Strauss, A. (1999). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New York: Aldine.

Hopkins, D.; Bollington, R. & Hewett, D. (1989). Growing up with qualitative research and evaluation. *Evaluation and Research in Education*, 3(2), pp. 61-80.

Montino, M; Dibar, M.C. y Ure, J.E. (2011). ¿Qué es esa cosa llamada gravedad? *Revista Ideítas.* Año II - Nº7, pp. 5-7.

Solís, C. y Sellés, M. (2007). *Historia de la Ciencia*. España: Espasa Calpe.

Taylor, S. y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós.

Turner, B. A. (1981). Some practical aspects of qualitative data analysis: one way of organizing the cognitive processes associated with the generation of grounded theory. *Quality and Quantity*, 15, pp. 225-247.

Anexo I

Fecha de nacimiento (mes y año):

CUESTIONARIO I

¿Qué tienen de parecido y de distinto estas dos situaciones: una moneda cayendo hacia el suelo y un alfiler levantado por un imán?

_____
_____
_____
_____

Jugando con dos imanes, se puede comprobar que hay una posición en la cual es imposible hacer que se toquen. ¿Por qué?

_____
_____
_____
_____

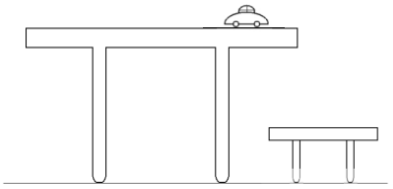
¿Te acordás donde aprendiste esto? ¿en la escuela, en la tele, jugando, en un libro.....?

_____

Fecha de nacimiento (mes y año):

CUESTIONARIO II

Un autito de juguete llega al borde de una mesa y cae hasta llegar a un banco que está al lado. ¿Por qué cae? Elegí entre las siguientes respuestas (puede ser más de una):



a. El autito cae porque la superficie del banco está a una altura menor que la de la mesa.
b. El autito cae porque lo atrae un núcleo magnético que se encuentra en el centro de la tierra.
c. El autito cae porque lo atrae un núcleo muy denso que se encuentra en el centro de la tierra.
d. El autito cae porque toda la tierra lo atrae.
e. El autito cae porque se termina la superficie de apoyo.
f. Otra explicación. Por favor, explicala brevemente.

_____
_____
_____
_____

Anexo II

Contenidos curriculares relacionados a gravedad y magnetismo previos al año en que se tomaron los datos. Sólo en 4to. año de la escuela primaria se tratan los temas en cuestión. La información fue obtenida del Diseño Curricular.

Escuela primaria

Año	Contenidos	Indicadores de avance Al finalizar el año los alumnos/as habrán transitado por situaciones que les permitan avanzar en:
4	**Propiedades de los materiales** <u>Los materiales y el Magnetismo:</u> La interacción entre los materiales y los imanes. Polos de un imán. Interacción entre imanes. El uso de la brújula **Fuerzas y movimiento** <u>La diversidad de fuerza:</u> Fuerzas por contacto y fuerzas a distancia. La fuerza de gravedad. El peso de los cuerpos. La fuerza de rozamiento: la imposibilidad del movimiento continuo.	• Utilizar los resultados de las actividades experimentales para argumentar que no todos los metales son atraídos por imanes, sino sólo aquellos que contienen hierro. Anticipar entre una colección de distintos metales cuáles serán atraídos por imanes y cuáles no. • Identificar la dirección de los puntos cardinales utilizando la brújula y tomando variadas referencias con objetos fijos observables fácilmente. • Establecer la ubicación de los puntos cardinales en relación con la trayectoria aparente del Sol en el cielo, utilizando la brújula. • Dar argumentos basados en los datos experimentales y en lo estudiado en la bibliografía, acerca de que la noción de fuerza como una idea que permite explicar diversos efectos que suceden por la interacción entre dos o más independientemente de la acción del hombre. • Utilizar la noción de fuerza de rozamiento para explicar por qué un cuerpo que se mueve en contacto con un medio material, detendrá su movimiento en algún momento. • Argumentar que las interacciones eléctrica, magnética y gravitatoria implican fuerzas que se ejercen a distancia, basándose en los resultados de la experimentación y observación sistemática.

RELATIVIDAD CLÁSICA: DIFICULTADES DE COMPRENSIÓN EN EL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO.

Addad, Ricardo Rubén

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.

addad@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

La relatividad clásica o Newtoniana es considerada con frecuencia un tema simple, basado en el sentido común, en contraposición con la relatividad especial y general, caracterizadas por ser anti intuitivas. Sin embargo las dificultades de comprensión y falsas conclusiones también abundan en la relatividad Newtoniana. El objetivo de este trabajo es explorar sistemáticamente la comprensión de los estudiantes de algunos conceptos básicos inherentes a la relatividad clásica: sistemas de referencias y principio de relatividad; para estudiar en profundidad la cognición de ellos sobre este campo, y diagnosticar e interpretar sus vulnerabilidades conceptuales cuando ensamblan sus ideas en un primer curso de Mecánica. Los resultados se comparan con algunas dificultades de comprensión identificadas en estudios previos.

Palabras clave: relatividad clásica, sistemas de referencia, principio de relatividad, dificultades de comprensión.

ABSTRAC

The classic relativity or Newtonian is often considered a simple topic, based on the common sense, on contrast with the special and general relativity, characterized for being counter-intuitive. Nevertheless the difficulties of comprehension and conclusions false also abound in the Newtonian relativity. The aim of this work is to explore systematically the students´ comprehension of some basic concepts inherent in the classic relativity: frames of reference and relativity principle; to study in depth the cognition of them on this field, and diagnosing and interpreting his conceptual vulnerabilities when they assemble his ideas in the first course of Mechanics. The results are compared with some difficulties of comprehension identified in previous studies.

Key words: classic relativity, frames of reference, relativity principle, difficulties of comprehension.

INTRODUCCIÓN

Alcances y objetivos de la investigación marco general y particular

Este trabajo forma parte de una investigación marco general cuyo objetivo es explorar sistemáticamente la comprensión de los estudiantes de algunos conceptos básicos sobre la relatividad clásica, pretendiendo: a-estudiar el cambio conceptual después de la instrucción; b-proponer o probar nuevas estrategias pedagógicas específicas; y c-estudiar en profundidad la cognición de los estudiantes sobre este campo, y diagnosticar e interpretar sus vulnerabilidades conceptuales cuando ellos ensamblan sus ideas en un primer curso de Mecánica.

Con el sustento de este marco, y durante el transcurso del año 2011, se propuso una estrategia didáctica basada en la solución de problemas ejemplos en un curso introductorio de mecánica desde la perspectiva de sistemas de referencia diferentes, confrontando ideas primarias y resultados, que fue expuesta en la XVII Reunión Nacional de Educación en la Física (Addad, Llonch, D´Amico y Rosolio, 2011). La implementación de esta metodología se encuentra actualmente en su fase inicial, previéndose modificaciones a los problemas que permitan abordar un universo más amplio de dificultades de comprensión detectadas y reconocidas.

En esta instancia de la investigación, se focalizará principalmente en el conocimiento de los estudiantes sobre algunas ideas claves inherentes a la relatividad, explorando los distintos significados que ellos le asignan. De esta manera es válido preguntarnos:

¿Qué entienden los estudiantes por sistemas de referencias (SR) y principio de relatividad clásico (PRC)? ¿Cómo relacionan los significados que ellos les asignan?

Los estudios comenzaron con una series de evaluaciones diagnósticas focalizados a la comprensión de los estudiantes de los conceptos primarios de la relatividad clásica (SR, PRC, transformaciones, intervalos espaciales y temporales, invariantes, fuerzas ficticias) durante los años 2009-2010 aplicados a alumnos (docentes de Biología – egresados) que cursaban el tercer y cuarto año del Profesorado de Tercer ciclo de la Educación General Básica y de la Educación Polimodal en Química, en el Espacio de la Orientación - Disciplinas de Especialización: Fisicoquímica I y II en el Instituto Superior de Formación Docente nro.127 de la ciudad de San Nicolás, Buenos Aires, Argentina; y alumnos del primer año en el curso de Física I en la formación básica de Ingenierías de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura perteneciente a la Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina. El tratamiento y resultados parciales de estas evaluaciones dan origen a este trabajo y se encuadran dentro del ítem c expuesto.

Revisión Bibliográfica

Diferentes autores han identificado, a través de sus trabajos de investigación, algunas dificultades de comprensión que surgen en los estudiantes respecto a los temas de interés de este trabajo, entre ellas:

a) Reconocen al movimiento y la velocidad como propiedades físicas inherentes al objeto móvil, independiente de observadores (Saltiel y Malgrange, 1980, Aguirre, 1988). Como consecuencia de esto, los estudiantes no definen la velocidad de un cuerpo con respecto a un SR (Scherr, Shaffer y Vokos, 2002).

b) Consideran el SR como un escenario sin ningún propósito explicativo (Panse, Ramadas y Kumar, 1994).

c) Definen que el carácter de inercia de un SR es una propiedad "relativa", más bien que una intrínseca (Ramadas, Barve y Kumar, 1996 (a)) y el término es usado como "una palabra mágica" porque no tiene ninguna función interpretativa específica para ellos (Pietrocola y Zylbersztajn, 1999).

d) Creen en la existencia de observadores privilegiados, con acceso inmediato a la obtención de valores apropiados de los parámetros espaciales y temporales que caracterizan el movimiento (Villani y Pacca, 1987). Así los estudiantes no consideran la equivalencia de observadores violando el Principio de Relatividad.

e) Otras como: (i) los SR tienen límites definidos por la extensión espacial de los objetos asociados; (ii) los fenómenos pertenecen a marcos o SR; (iii) el carácter inercial o no inercial de un SR es una propiedad relativa de dos SR. (iv) Sorprendentemente, nociones obvias de invariancia en longitud y tiempo presentaron problemas de comprensión. En general, la transformación Galileana de velocidades no presenta dificultades de comprensión. Aun así, en muchas situaciones los alumnos abandonan la invariancia temporal para salvar la invariancia en la longitud, aun cuando los acontecimientos afectados no son simultáneos (Panse *et al,* 1994; Ramadas *et al,* 1996, a y b).

REFERENCIALES TEÓRICOS

Mecánica Clásica. Movimiento y sistemas de referencia. Sistemas de referencia inerciales.

En general, en la mayoría de las universidades, colegios e institutos, los cursos introductorios de Física promueven ideas de múltiples representaciones de la realidad física en marcos o SR diferentes. Estas representaciones están relacionadas con principios de invariancia, los cuales son muy importantes al dar a menudo una idea primaria sobre el funcionamiento del mundo natural, al hacer visible que una relación particular no es un mero accidente de alguna posición preferencial de un observador, sino es un efecto de alguna simetría presente en la naturaleza.
Por lo tanto, el SR se concibe como uno de los conceptos básicos a enseñar en estos cursos que describen el comportamiento de sistemas físicos considerando la perspectiva de diferentes observadores. Dada la arbitrariedad de su elección, es necesaria una destreza adicional ya que un sistema apropiado ayuda a la comprensión del fenómeno físico y facilita la solución del problema.
En la enseñanza tradicional de la Mecánica, los estudiantes aprenden a solucionar problemas cuantitativos de un nivel bajo a medio de dificultad desde un SR inmóvil fijo a Tierra. Así, su utilización se reduce sólo a la elección y orientación, según conveniencia, del origen y ejes de un sistema de coordenadas. El éxito en la solución de problemas cuantitativos estándares no es un criterio adecuado para evaluar la comprensión de conceptos básicos de mecánica (Bowden, 1992).

Comúnmente, el estudio de la Mecánica comienza con cinemática, donde se establece la naturaleza relativa del movimiento y la adición de velocidades (transformación) en su forma Galileana. En este contexto el principio de relatividad es por lo general, y por primera vez, establecido en el curso. Este principio exige o demanda la equivalencia de todos los observadores en la aplicación de leyes físicas para describir fenómenos naturales. Una declaración muy general que no puede ser comprobada por estudiantes en el tiempo en que es introducida.

Cuando se presentan las leyes de Newton en la unidad de dinámica, sería natural aplicar los conocimientos aprendidos sobre relatividad y considerar SR diferentes; pocos textos lo hacen de esta forma. En ellos, raramente es definido el concepto de sistema de referencia inercial (SRI) (excepciones como: Creus, Massa y Cortés, p. 137, 1998; y Tipler, p. 80, 1990); o bien a menudo son efectuadas declaraciones tales que derivan en la no preferencia de ningún SRI sobre otro para formular las leyes de Newton sin la justificación correspondiente, aunque éstas no necesiten ningún procedimiento complejo para verificar su veracidad.

Ahora bien, la idea primaria intuitiva de movimiento es el cambio de posición de un cuerpo. De acuerdo a esto, se puede afirmar si un cuerpo se mueve o no. Esta afirmación no siempre coincide si son dos o más los observadores que aprecian el movimiento. Los conceptos de reposo (no hay cambio de posición) y de movimiento son relativos al observador que los describe. Es necesario indicar una referencia, establecer respecto de quién o de qué cambia la posición del cuerpo. En la vida cotidiana esta referencia se da en forma implícita, pero si se pretende una descripción física se debe indicar la referencia explícitamente. De este modo, el movimiento de un cuerpo debe especificarse respecto a otros cuerpos que constituyen el llamado SR (o marco de referencia).

La descripción matemática del movimiento de los cuerpos implica conocer sus posiciones en cada instante de tiempo. Para esto es necesario adoptar un sistema de coordenadas, solidario al sistema de referencia elegido, y disponer de un instrumento para medir longitudes (regla) y otro para medir los intervalos de tiempo (reloj). El origen del sistema de coordenadas se elige libremente y los ejes se orientan convenientemente.

Cuando se determina la posición de un cuerpo respecto de un sistema de coordenadas, solidario a un SR, se tiene ubicado el mismo[1]: *"Fijado dicho sistema de referencia y puesto en marcha el reloj el cuerpo estará en movimiento si la posición del mismo, respecto al sistema considerado, cambia al transcurrir el tiempo. Si esto no ocurre, el cuerpo está en reposo relativo* (Creus, Massa, Cortés, p. 25, 1998)."

De acuerdo a esto, los SR están basados en los conceptos de espacio y tiempo de la Teoría marco. Como sabemos, en los cursos introductorios de Mecánica, el estudio del movimiento de los cuerpos se realiza en el marco de la Mecánica Clásica o Newtoniana, donde se consideran aproximaciones de las características reales del espacio y del tiempo.[2]

El espacio, y por lo tanto su métrica, presenta: independencia de los objetos en él inmersos (la métrica del espacio no se ve afectada por los mismos.); constancia al transcurrir el tiempo; homogeneidad e isotropía.

El tiempo presenta a su vez: homogeneidad, anisotropía y simultaneidad absoluta en cuanto a fenómenos simultáneos.

Además, el tiempo se considera una variable de naturaleza distinta de las variables espaciales, y la métrica euclídea no está influenciada por él.

El estudio del movimiento utiliza las razones de cambio como lenguaje matemático y las leyes de Newton relacionan las variables relevantes utilizadas para su descripción.

De la primera Ley de Newton surge el concepto de partícula libre, entendiendo como tal aquella que no interactúa con otras (se encuentra aislada del resto del Universo), estando en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme (estado natural) y para "sacar" la partícula de tal estado se necesita que otra (u otras) interactúe con ella. La segunda Ley de Newton busca la causa para explicar cualquier salida del equilibrio, y cuantitativamente establece una proporcionalidad lineal entre la causa para cambiar el estado de movimiento traslacional (interacción física, fuerzas) y el efecto (cambio en la velocidad), e identifica la constante de proporcionalidad como la masa del objeto, le da carácter resistivo, es una medida de la oposición que presenta el objeto bajo estudio al cambio de movimiento traslacional (Addad et al, 2011).

La validez de las Leyes de la Mecánica de Newton se restringe a los llamados Sistemas de Referencia Inercial (SRI), cuya definición primaria se puede formular como: aquellos desde los cuales se observa a la partícula libre con aceleración nula.

Serán pues SRI equivalentes todos los que se encuentren en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme, desde todos ellos se cumplen las tres leyes de la Mecánica Clásica, a este hecho se le ha dado el nombre de Principio de Relatividad Clásico (PRC) o de Galileo (Martínez, 2005; Ohanian, 2004).

[1] Establecer la posición de un cuerpo, es establecer un número de coordenadas que dependerá de los grados de libertad de movimiento que este cuerpo tenga. Existen vínculos que restringen la libertad de movimiento.

[2] Se considera al espacio como euclidiano tridimensional, es decir, todas las mediciones y relaciones espaciales se efectúan sobre la base de la geometría de Euclides; y al tiempo como universal, es decir, que transcurre de la misma manera para todos los observadores, independientemente de su estado de movimiento.

¿Existe la posibilidad de encontrar una partícula libre, es decir, alejada de toda influencia del resto del Universo?, o en forma equivalente ¿Podemos encontrar un algún SRI en el Universo?

"La Naturaleza se presenta en SR que no son inerciales, donde para el estudio de sus manifestaciones se debe ser cauteloso e incluir en el mismo el uso de aproximaciones, que pueden ser de gran complejidad no sólo de naturaleza conceptual, sino también de naturaleza matemática. Al hacer esto en forma habitual, se incorpora en los modelos construidos algunos efectos, que no pueden asociarse a interacciones newtonianas, y pueden ser fuente de falsas ideas y errores al tratar de aplicar al estudio particular las leyes de la mecánica clásica (Addad et al, 2011)*".*

Sistemas de referencias no inerciales (SRnI).

A menudo, en la resolución de problemas de mecánica resulta cómodo seleccionar un observador solidario a un SRnI. Esta selección exige introducir en su descripción unas fuerzas ficticias desde el punto de vista de un observador inercial, a las que se denominan fuerzas de inercia (o seudofuerzas). Estas seudofuerzas, que no tienen par de acción-reacción, se incluyen al tratar de buscar una causa a efectos que no se pueden asociar a una interacción newtoniana.[3] (Addad et al, 2011).

Las observaciones efectuadas desde un SRnI pueden ser "traducidas" y comparadas a aquellas realizadas desde un SRI, pero en algunos casos, los factores de corrección que son necesarios introducir pueden ser de consideración. Esta traducción se realiza mediante las llamadas transformaciones.

Al considerar la cinemática relativa podemos clasificar a nuestras magnitudes relevantes (posición, velocidad y aceleración) como: *absolutas*, es decir referidas al SRI (considerado *fijo*), *relativas*, que serán aquellas que surgen de considerar al sistema móvil (SRI o SRnI) como *fijo* y *de arrastre*, es decir aquellas que se obtienen considerando el punto (origen del sistema móvil y el representativo del objeto estudiado considerado como partícula) rígidamente vinculado al sistema móvil (SRI o SRnI).

De esta forma, la transformaciones (traducciones) entre las observaciones realizadas en diferentes SRI (S y S´) son las correspondientes a las observaciones de Galileo:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_A = \vec{v}' + \vec{v}_{0'} = \vec{v}' + \vec{V} \quad (1)$$

$$\vec{a} = \vec{a}' \quad (2)$$

Donde las magnitudes sin primar ($\vec{v}$, $\vec{a}$) y primadas ($\vec{v}'$, $\vec{a}'$) se refieren a la velocidad y aceleración del objeto bajo estudio observadas en el mismo instante de tiempo desde dos SRI diferentes[4]. La magnitud $\vec{v}_A \equiv \vec{v}_{0'}$, es la llamada velocidad de arrastre[5] y la denotaremos con el símbolo $\vec{V}$.

Si se analiza la ecuación (2), claramente muestra que la dinámica es la misma, ¡Newton tiene validez!.

Al considerar la transformación entre las observaciones realizadas en un SRI (S) y en un SRnI (S´), aumenta en forma notable la complejidad matemática:

$$\vec{r} = \vec{r}_0' + \vec{r}' \quad (3)$$

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_A = \vec{v}' + \left(\vec{v}_{0'} + \vec{\omega} \wedge \vec{r}'\right) \quad (4)$$

$$\vec{a} = \vec{a}' + \vec{a}_A + \vec{a}_{Co} + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \vec{r}' = \vec{a}' + \left(\vec{A} + \vec{\omega} \wedge \left(\vec{\omega} \wedge \vec{r}'\right)\right) + 2\vec{\omega} \wedge \vec{v}' + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \vec{r}' \quad (5)$$

Donde las magnitudes sin primar ($\vec{r}$, $\vec{v}$, $\vec{a}$) y primadas ($\vec{r}'$, $\vec{v}'$, $\vec{a}'$) se refieren a la posición, velocidad y aceleración del objeto bajo estudio observadas en el mismo instante de tiempo desde un observador en S y otro en S´. La magnitud $\vec{\omega}$ representa la velocidad angular de rotación del SRnI observada desde el SRI.

[3] De acuerdo al problema a estudiar y a la elección del sistema de referencia puede reducirse el problema dinámico a uno de estática más sencillo e incluso más intuitivo.

[4] Relativas a cada sistema, pero seleccionando un sistema como fijo uno de estos pares se convierten en absolutas según nuestra declaración.

[5] Es la velocidad que tendría el objeto bajo estudio respecto de uno de los SRI, considerado rígidamente unido al otro (coincide con velocidad del origen de un SRI respecto al otro, única diferencia posible puesto que los sistemas están en una traslación rectilínea uniforme relativa y existe restricción en la característica de las trayectoria).

En este caso la velocidad de arrastre $\vec{v}_A = \vec{V} + \vec{\omega} \wedge \vec{r}\,'$, consta de dos términos (recordar que se considera al objeto bajo estudio rígidamente unido al sistema, en este caso no inercial), el primero es la velocidad del origen del SRnI respecto del SRI sólo al considerar su traslación (arrastre traslacional, no hay restricción en la característica de la trayectoria traslacional) y el segundo término es la velocidad que el objeto bajo estudio tendría si rotara rígidamente unido al SRnI (arrastre rotacional) (Addad et al, 2011).

El estudio dinámico entre estos sistemas es diferente, hay efectos (aceleraciones) que surgen sólo en virtud de que la observación se lleva a cabo desde un SRnI (acelerado traslacionalmente, rotacionalmente o en movimientos más complejos), y estos efectos no son producidos por interacciones newtonianas, y por tanto no obedecen la tercera Ley de Newton al no tener pares de acción-reacción. Se reconocen los siguientes:

$\vec{a}_A = \vec{a}_{0'} + \vec{\omega} \wedge (\vec{\omega} \wedge \vec{r}\,') = \vec{A} + \vec{a}_c$, es la denominada *aceleración de arrastre*[6],

$\vec{a}_{CO} = 2\vec{\omega} \wedge \vec{v}\,'$, la *aceleración de Coriolis o complementaria*[7], y

$\frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \vec{r}\,'$, es también una aceleración complementaria y surge, como se observa, al considerar la aceleración angular del movimiento de arrastre.

Las causas que determinan estos nuevos efectos surgen al considerar que si llamamos $\sum \vec{F}$ a la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto bajo estudio de masa m, el observador físico en un SRI, en el modelo de partícula, escribirá la segunda ley de Newton de la forma:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (6)$$

Por su parte, el observador físico en un SRnI determina para el objeto bajo estudio una aceleración $\vec{a}\,'$ con lo que interpretará que sobre la partícula actúa una resultante $\sum \vec{F}\,'$. Evidentemente estas causas para explicar la salida del equilibrio mecánico son distintas, ésta última contiene los términos:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}\,' &= m\vec{a}\,' = m\vec{a} - m\vec{A} - m\vec{a}_C - m\vec{a}_{Co} - m\left(\frac{d\omega}{dt} \wedge \vec{r}\,'\right) = \\ &= \sum \vec{F} - m\vec{A} - -m\vec{a}_C - m\vec{a}_{Co} - m\left(\frac{d\omega}{dt} \wedge \vec{r}\,'\right) \end{aligned} \quad (7)$$

Se observa que a los efectos no causados por interacciones pueden asociarse fuerzas ficticias o de inercia, y la regla general que beneficia la comprensión es el agregado de ellas una por una, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\vec{F}_{inercia} = -m\vec{a}_{inercia} \quad (8)$$

"Por cada aceleración de inercia o ficticia, debe agregarse en el diagrama de cuerpo libre una fuerza asociada que tiene la misma proporcionalidad a su efecto, como el caso de interacciones newtonianas, de igual dirección pero de sentido contrario (Addad et al, 2011)*".*

Una vez construido el diagrama de cuerpo libre sólo falta plantear la ecuación dinámica que resuelva el problema:

$$\sum \vec{F} + \sum \vec{F}_{inercia} = m\vec{a}\,' \quad (9)$$

[6] Consta de dos términos, el primero es la aceleración del origen del SRnI (arrastre traslacional) y el segundo es la aceleración que el objeto bajo estudio tendría al rotar rígidamente unido al SRnI (arrastre rotacional).

[7] Se puede observar que no es posible justificarla intuitivamente de primera intención, surge de la influencia del movimiento de arrastre sobre la velocidad relativa y del movimiento relativo sobre la velocidad de arrastre.

Sistemas de referencias inerciales y principio de relatividad clásico. Variedad semántica.

En todos los SRI las leyes de la mecánica Newtoniana son válidas y mantienen la misma estructura del lenguaje matemático formal para su descripción. Este implica que dos observadores solidarios a SRI diferentes (movimiento relativo uniforme, único posible por definición) no podrían determinar cuál de ellos se encuentra en reposo y cuál en movimiento. Sólo su velocidad relativa tiene un significado objetivo. En el marco de la mecánica newtoniana no existe forma alguna de privilegiar un SRI sobre otro o identificar un SRI en reposo absoluto. Existe una imposibilidad de determinar el reposo absoluto.

Una variación semántica a esta declaración puede construirse al considerar que por observaciones efectuadas en un SR, su velocidad absoluta (intrínseca) no puede ser obtenida.

Esta última debería ser comparada con el hecho que la aceleración 'intrínseca' del SR (aceleración absoluta) $\vec{A}$ o su velocidad angular $\vec{\omega}$, sí puede ser determinada por medidas efectuadas respecto al SR en sí mismo. Esta imposibilidad de determinar la velocidad absoluta de un SR, con medidas efectuadas respecto al SR en sí mismo**,** es propiamente el PRC, ya que si los observadores solidarios a los SR pudieran determinar sus velocidades absolutas, ellos podrían determinar quién de ellos se encuentra "realmente en reposo" o "realmente moviéndose", determinación que violaría la equivalencia de SRI – la primera declaración que hiciéramos del PRC.

Al considerar las transformaciones y los SRnI, el PRC también puede ser expresado un poco más técnicamente de una forma que está al alcance de estudiantes que inician su formación básica. El PRC proviene de observar que los términos de la derecha en la ecuación (7) poseen $\vec{A}$ y $\vec{\omega}$ del SR, pero no su velocidad intrínseca. Esta simplemente está ausente en la Segunda Ley del Movimiento para todo SR, inercial o no inercial.

METODOLOGÍA

Considerando los objetivos de nuestro estudio, un diseño de investigación exploratoria pareció el más apropiado para nuestro trabajo.

Por otra parte, al analizar el referencial teórico correspondiente a la relatividad clásica, se observa que se pueden extraer conclusiones (de gran variedad semántica e igual contenido físico) que deberán ser perfectamente catalogadas, ubicadas y utilizadas en el modelo que se aplique a la solución del problema planteado. En base a esto, en la etapa de instrucción a los alumnos, se formularon diferentes declaraciones (equivalentes) para los conceptos básicos íntimamente relacionados, SR y PRC. El objetivo era tratar de ampliar el universo de significados que los estudiantes le podrían asignar a estos conceptos y de esta manera enriquecer no sólo la comprensión de ellos, sino también las conclusiones del estudio.

Como expresamos, esta etapa investigativa comenzó con una serie de evaluaciones diagnósticas (preliminar y principal) focalizadas a la comprensión de los estudiantes de los conceptos primarios de la relatividad clásica (SR, PRC, transformaciones y fuerzas ficticias) durante los años 2009 y 2010 aplicadas a 35 alumnos (docentes de Biología - egresados) que cursaban el tercer y cuarto año del Profesorado de Tercer ciclo de la Educación General Básica y de la Educación Polimodal en Química, en el Espacio de la Orientación - Disciplinas de Especialización: Fisicoquímica I y II en el Instituto Superior de Formación Docente nro.127 de la ciudad de San Nicolás, Buenos Aires, Argentina; y a 52 alumnos del primer año en el curso de Física I en la formación básica de Ingenierías de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina.

La etapa de instrucción implicó aproximadamente 6 horas para el estudio preliminar y 8 horas para el estudio principal, y cubrió los temas habituales de las leyes de Newton, transformaciones e invariancias clásicas, SRI y SRnI y fuerzas ficticias. El estudio principal incluyó un tratamiento más detallado de las observaciones realizadas en SRnI (la derivación de las expresiones de Coriolis y de la fuerza centrífuga y una complejidad creciente en la resolución de problemas). Debe destacarse que la instrucción fue desarrollada de forma estándar y tácitamente cubrió las variaciones semánticas expresadas en las declaraciones antes indicadas, pero con el cuidado de no proyectar éstas en una forma que permitiría a estudiantes contestar los items de evaluación solo por memoria.

Se realizó el estudio preliminar y las conclusiones extraídas fueron utilizadas para desarrollar la evaluación diagnóstica altamente focalizada correspondiente al estudio principal. Se dispuso de dos instancias evaluatorias en el estudio preliminar, una al iniciar el curso y otra al finalizar la instrucción correspondiente a éste. Respecto al estudio principal, la evaluación construida para tal fin se realizó al transcurrir dos semanas aproximadamente de finalizar la instrucción total. La idea era indagar algunas concepciones que persisten entre estudiantes aún después de la enseñanza. Es pertinente aclarar, que los estudiantes fueron informados de antemano que estas evaluaciones no serían tradicionales y requerirían la comprensión conceptual de los temas dados.

Estos estudios produjeron una cantidad sustancial de registros cualitativos a través de respuestas escritas, respecto a un gran número de ítems. Estas fueron codificadas en declaraciones interpretativas puntuales que mejor captan la comprensión conceptual del estudiante. La mayoría de las cuestiones planteadas eran cortas y específicas, dirigidas a la obtención del razonamiento de ellos. Este ejercicio básicamente se orientó por parte nuestra, a la comprensión del razonamiento o explicación ofrecida, resumiéndolo a través de una sintaxis apropiada; por lo general no presentó ninguna dificultad la interpretación de la respuesta del estudiante. Cada variedad en la respuesta fue capturada en estas declaraciones puntuales. Sólo aquellas respuestas que resultaban confusas y no interpretables, se separaron y fueron consignadas en la frecuencia correspondiente. Por lo general un número considerable de estas declaraciones puntuales surgiría así de respuestas a cada pregunta.

Para hacer el análisis manejable y significativo, el gran número de declaraciones puntuales fue entonces ubicado en categorías menores de respuesta interpretativas. Al estar presente la posible pérdida de algún detalle, agregamos matices a nuestras categorías interpretativas, donde fuera necesario. Al final de todo esto, tenemos un repertorio con base empírica de concepciones de los estudiantes, que destacan sus vulnerabilidades conceptuales en el tema.

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE ALGUNAS DIFICULTADES DE COMPRENSIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN EL ESTUDIO PRELIMINAR Y PRINCIPAL.

a. Sobre los SR y el movimiento relativo. Estudio Preliminar inicial.

La evaluación inicial en el estudio preliminar mostró resultados como el que se detalla en el gráfico correspondiente a la Figura 1, que conduce a la conclusión que los estudiantes comprenden en términos absolutos respecto a referencias para la descripción del movimiento. Lo que deberíamos considerar, es cómo la enseñanza de la Física influye en su modo de pensar; en algunos parece reforzar este problema: la idea del movimiento absoluto se encuentra profundamente arraigada en su pensamiento.

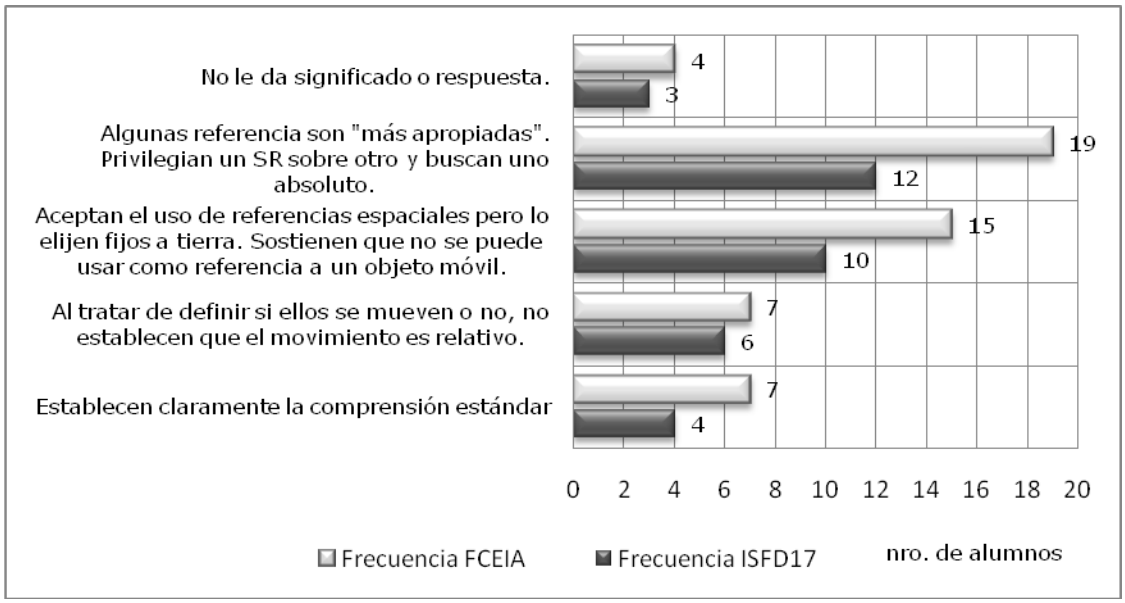


Figura 1. Estudio Preliminar inicial.

b. Sobre los SR, observadores y el PRC.

El estudio principal confirmó parte de lo que nos había indicado la segunda evaluación correspondiente al estudio preliminar – los estudiantes comprenden y/o justifican el PRC utilizando el razonamiento llamado de de reciprocidad cinemática (Bandyopadhyay (2009); Bandyopadhyay y Kumar (2010)). Como ejemplo (1) de esta reciprocidad, se les ofreció una variación semántica del PRC para que comenten si era verdadera o falsa, dando sus razones justificadas: *Considere los dos observadores mostrados, el primero de ellos (A) en reposo respecto a la Tierra, y el segundo (B) corriendo con velocidad constante. Como (B) se mueve con relación a (A) con velocidad* $\vec{v}$ *, (A) se mueve con relación a (B) con velocidad* $-\vec{v}$ *. No hay manera de privilegiar cualquiera de estos observadores, por lo tanto (A) y (B) son observadores equivalentes* (Figura 2).

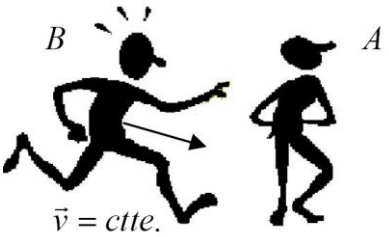


Figura 2. Ejemplo (1).

Para ilustrar nuestro método del análisis, evaluamos las categorías de respuesta y sus frecuencias dando como resultado el gráfico correspondiente a la Figura 3.

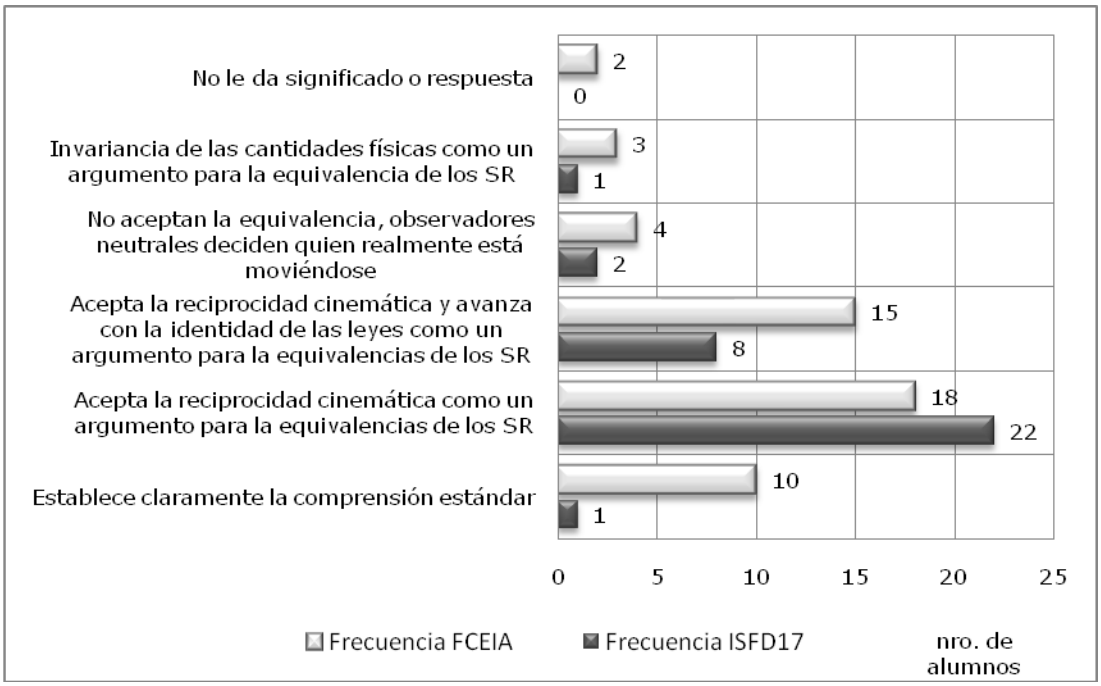


Figura 3. Sobre los SR, observadores y el PRC.

Claramente, una gran mayoría de estudiantes son conscientes de la equivalencia de SR ("observadores solidarios a SR") pero la mayor parte de ellos establecen esta equivalencia a través de la reciprocidad cinemática.

Cuestiones posteriores cambiaron la situación a la aceleración relativa entre SR. Pocos estudiantes articularon la idea básica que buscábamos, a saber que mientras la reciprocidad cinemática es verdadera hasta en esta segunda cuestión, los SR no son equivalentes, ya que la esencia del PRC es la identidad de leyes en los dos SR.

Como ejemplo (2), la noción de la reciprocidad cinemática surge aún más claramente en una variación de la situación ante expuesta, en la cual se les solicitó a los estudiantes comentar sobre la siguiente declaración: *Considere los dos observadores mostrados, el primero de ellos (A) en reposo respecto a la Tierra, y el segundo (B) esquiando con aceleración constante. El observador (B) es un SRnI y se mueve con relación a (A) con una aceleración constante* $\vec{a}$. *Claramente (A) se mueve con relación a (B) con aceleración constante* $-\vec{a}$. *De esta manera el observador A es un SRnI* (Figura 4).

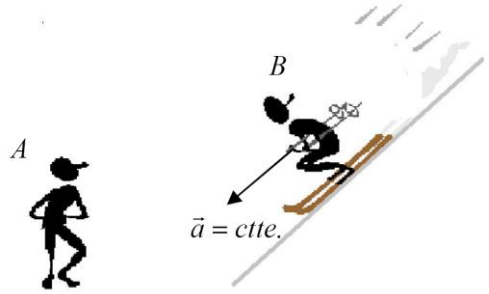


Figura 4. Ejemplo (2).

En esta pregunta, 25/35 (ISFD127) y 21/52 (FCEIA) estudiantes expresaron que los observadores (A) y (B) son SRnI el uno respecto al otro. Esta comprensión profundamente defectuosa de la consideración del carácter inercial o no inercial como una propiedad relativa entre dos sistemas también fue hallada en estudios anteriores (Ramadas *et.al* 1996 (a); Bandyopadhyay y Kumar, 2010). Nuestro estudio lo confirmó.

Fueron también expuestas variaciones como el ejemplo (3): *Considere los dos esquiadores (A) y (B) que mantienen su velocidad relativa constante al bajar por una pista inclinada. Si el esquiador (B) se encuentra en reposo relativo a (A), (A) se encuentra en reposo relativo a (B). Por lo tanto, ambos observadores, (A) y (B) se constituyen en SRI* (Figura 5).

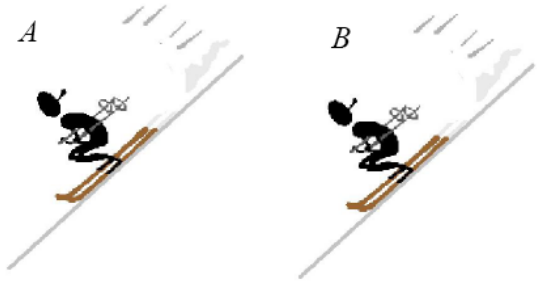


Figura 5. Ejemplo (3).

La imposibilidad de determinar la velocidad intrínseca (absoluta) de un SR, reveló una dificultad relevante en la comprensión de los estudiantes, ya que atribuyen esta imposibilidad al hecho que un observador asociado con un SR (por ejemplo: un observador en un avión) está en reposo respecto a él, de esta manera ¿Cómo podrían establecerse la velocidad (u otros parámetros de movimiento) del SR en las medidas efectuadas con relación a éste? Este razonamiento fue hallado repetidamente en diferentes cuestiones. Los estudiantes no se dan cuenta que un observador en reposo en un SR puede determinar la aceleración/rotación absoluta de este SR; entonces la imposibilidad de determinar la velocidad absoluta del SR no resulta obvia, es un principio de la naturaleza (PRC).

Esta dificultad en la comprensión fue revelada también al considerar la ausencia de la velocidad intrínseca del SR en la segunda ley del movimiento para un SR. Se planteó a los alumnos declaraciones para su comentario como las que muestra el gráfico correspondiente a la Figura 6:

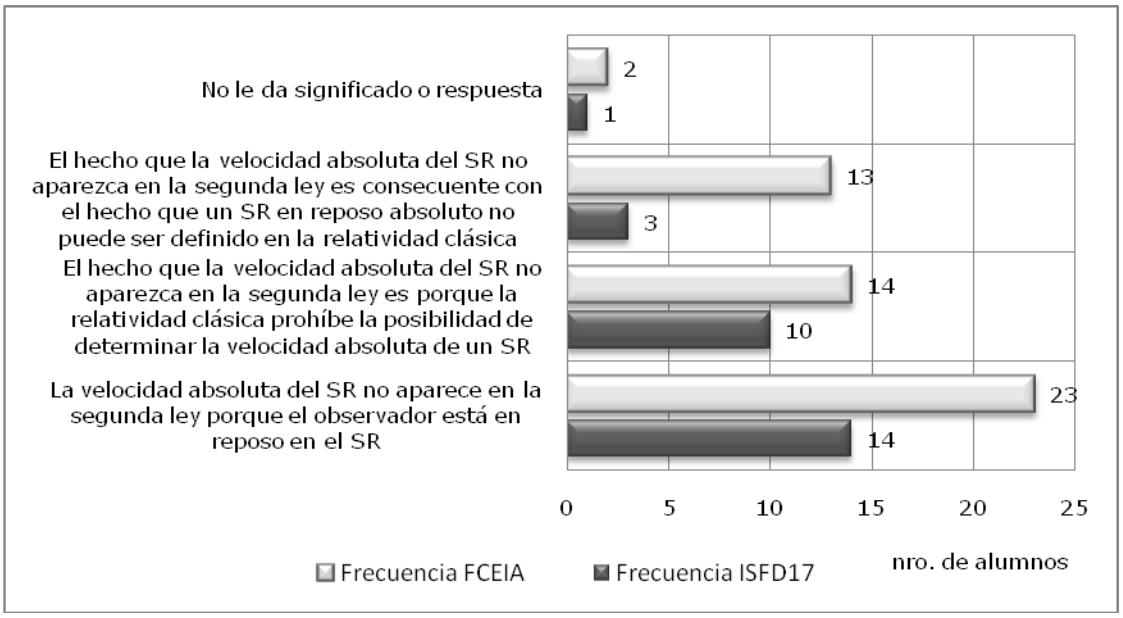


Figura 6. Ausencia de la velocidad absoluta en la segunda ley.

Observamos que la mayoría estuvieron de acuerdo con la última declaración, revelando el problema encontrado anteriormente.

En general, nuestro análisis de las respuestas de los estudiantes muestra que ellos no fueron capaces de conectar la ausencia de un término que contenga la velocidad intrínseca del SR en la ecuación de movimiento con la imposibilidades de determinar el reposo absoluto o de determinar la velocidad absoluta de un SR, con medidas efectuadas respecto al SR en sí mismo**.**

Además, en algunas cuestiones al darle libertad en la elección del SR, también observamos la confusión ingenua pero común: no hay una división clara entre el fenómeno físico y el SR (Panse *et al*, 1994). Como sabemos, un fenómeno físico es una sucesión de acontecimientos que se apartan de los SR usados para describirlos. Esta separación clara entre fenómenos y SR no es considerada con frecuencia por los estudiantes. Muchos pensarían que la inclinación de un péndulo en un automóvil que toma una curva es un fenómeno que pertenece al SR asociado al automóvil, aunque pueda ser analizado por un observador exterior. Del mismo modo, muchos vacilarían en tomar el origen del SR asociado al auto fuera del auto. Otra vez, el SR está siendo comparado incorrectamente con el objeto al que se lo asocia.

LIMITACIONES METODOLÓGICAS

Algunas limitaciones metodológicas de este estudio provienen principalmente debido a vínculos prácticos, y se pueden resumir en:

a- las muestras seleccionadas son de tamaño moderado (35-52): acrecentar la muestra habría ayudado a una mayor generalización de nuestras conclusiones;
b- el estudio muestra sólo el predominio de varias categorías de respuesta. Un estudio de correlaciones de respuestas del estudiante entre preguntas relacionadas diferentes habría profundizado el análisis. Esto, sin embargo, necesitaría un proyecto de investigación principal propio; y
c- el método de codificación empleado en términos de declaraciones puntuales y categorías de respuesta interpretativas tiene que ser validado.

CONCLUSIONES

La resolución de nuevas situaciones problemáticas requiere significados. Aprender es adquirir la información útil como un instrumento conceptual para facilitar la resolución de tales problemas. En este estudio, sobre todo, el concepto de SR era fundamental no sólo para la comprensión del PRC, sino también para mostrar cómo la resolución de problemas tiene su base en una representación conceptual o casi conceptual de la realidad y como tal, habilita el análisis de intuición en términos de física.

En general, los resultados obtenidos muestran que en la enseñanza de la física, nos equivocamos en despreciar la relatividad Newtoniana como obvia. Las nociones intuitivas de los alumnos tienen que ser con cuidado modificadas al repertorio correcto de nociones preceptivas de la relatividad Newtoniana. Todo lo que podemos decir es que esta transición no es tan difícil como la requerida para la relatividad de Einstein.

REFERENCIAS

Addad, R., Llonch, E., D´Amico, H. y Rosolio, A. (2011). Relatividad Clásica: dificultades en el estudio del movimiento. Memorias XVII Reunión Nacional de Educación en la Física, Córdoba, Argentina.

Aguirre, J. M. (1988). Student preconceptions about vector kinematics. *The Physics Teacher,* 26(4), pp. 212-216.

Bandyopadhyay, A. (2009). Students' ideas of the meaning of the relativity principle. *European Journal of Physics,* 30(6), p.p. 1239-1256.

Bandyopadhyay, A., y Kumar, A. (2010). Probing students' ideas of the principle of equivalence. *European Journal of Physics,* 32(1), p.p. 139-159.

Bowden, J. (1992), Displacement, velocity, and frames of reference: Phenomenographic studies of students understanding and some implications for teaching and assessment, *American Journal of Physics*, 60(3), p. 262-276.

Creus, E., Massa, M. y Cortés, A. (1998). *Mecánica*, Rosario, Argentina: UNR Editora.

Martínez, A. (2005). Conventions and inertial reference frames, *American Journal of Physics*, 73(5), pp. 452-454.

Ohanian, H. C. (2004). The role of dynamics in the synchronization problem, *American Journal of Physics*, 72, pp. 141–148.

Panse, S., Ramadas, J. y Kumar, A. (1994). Alternative conceptions in Galilean relativity: frames of reference. *International Journal of Science Education*. 16(1), pp. 63–82.

Pietrocola, M., y Zylbersztajn, A. (1999). The use of the Principle of Relativity in the interpretation of phenomena by undergraduate physics students. *International Journal of Science Education,* 21(3), pp. 261-276.

Ramadas, J., Barve, S. y Kumar, A. (1996 a). Alternative conceptions in Galilean relativity: inertial and non-inertial observers. *International Journal of Science Education.* 18(5), pp. 615–629.

Ramadas, J., Barve, S. y Kumar, A. (1996 b). Alternative conceptions in Galilean relativity: distance, time, energy and laws, *International Journal of Science Education.* 19(4), pp. 463–477.

Saltiel, E. y Malgrange, J. L. (1980). "Spontaneous"' ways of reasoning in elementary kinematics. *American Journal of Physics*, 1, pp. 73-80.

Scherr, R., Shaffer, P. y Vokos, S. (2002). The challenge of changing deeply held student beliefs about the relativity of simultaneity. *American Journal of Physics,* 70(12), pp. 1238-1248.

Tipler, P. (1990). *Physics for Scientists and Engineers,* New York, United States: Worth.

Villani, A. y Pacca, L. (1987). Students' spontaneous ideas about the speed of light. *International Journal of Science Education*, 9(1), pp. 55-66.

COMUNICACIONES ORALES 3

BLOQUE A

MODELOS MENTALES DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS RESPECTO A CONCEPTOS DE ELECTROSTÁTICA

Giacosa, Norah[1]; Zang, Claudia[1]; Giorgi, Silvia[2]; Maidana, Jorge[1]; Beck, Silvia[1] y Such, Alejandro[1]

[1]Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones
Félix de Azara 1552. N3300LQ. Posadas. Misiones. Argentina. [2] Facultad de Ingeniería Química.
Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829. S3000AOM. Santa Fe. Argentina

e-mail: norah@correo.unam.edu.ar

RESUMEN

Se discuten los resultados de un estudio centrado en aspectos de los modelos mentales de un grupo de estudiantes, relacionados con conceptos de Electrostática luego del desarrollo del tema en un curso de Electromagnetismo del ciclo básico universitario de carreras científico-tecnológicas. Se diseñó y aplicó un cuestionario escrito, y se llevó a cabo un análisis de contenido de las respuestas dadas por los estudiantes. Algunos resultados reflejaron dificultades en la comprensión del carácter simétrico de la fuerza de interacción eléctrica entre partículas cargadas y del campo eléctrico como una propiedad del espacio inherente a la carga fuente. En términos generales, las manifestaciones de los modelos mentales de los estudiantes, por un lado fueron aceptablemente compatibles con los modelos que se enseñan, y por otro, dieron cuenta de que dichos modelos funcionaron mejor frente interpretaciones simbólicas que pictóricas. En casos de manifestaciones no acordes con la visión científica, se detectó que fueron reproducidos similares razonamientos frente a iguales situaciones problemáticas presentadas con diferentes formatos.

Palabras clave: modelos mentales, física universitaria, fuerza eléctrica, campo eléctrico

ABSTRAC

In the present work, the results of a study focused on aspects of the mental models developed by a group of students are discussed; these models are related to electrostatics concepts after the development of the topic in an Electromagnetism course which corresponds to the college basic cycle of scientific-technological careers. A written questionnaire was designed and implemented, and a content analysis of the responses given by the students was carried out. Some results reflected the difficulties that students have in understanding the symmetrical character of the electrical interaction force between charged particles, and the electric field as a space's property inherent to the source charge. In general terms, the manifestations of the mental models of the students, on the one hand, were acceptably compatible with the models that are taught, and, on the other hand, they realized that these models performed better against symbolic interpretations than pictorial ones. When the manifestations were not consistent with the scientific view, it was found that similar arguments were developed against the same problem situations presented in different formats.

Keywords: mental models, university Physics, electric force, electric field.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación, en el cual se realizó este trabajo, se enmarca en las dificultades de estudiantes universitarios del ciclo básico de carreras de corte científico-tecnológico en el aprendizaje de la Física. En particular, la práctica docente de los autores permite afirmar que una cantidad importante de alumnos tiene dificultades en el aprendizaje conceptos y relaciones inherentes al desarrollo del tema Electrostática en dicho nivel.

Los resultados de investigaciones educativas centradas en el aprendizaje de conceptos fundamentales de Electrostática, tales como fuerza de interacción eléctrica, campo eléctrico y potencial eléctrico reflejan la escasa comprensión de los alumnos universitarios, incluso luego de haber superado las instancias de evaluación formal que acreditan los aprendizajes de los mencionados conceptos (Guisasola et al., 2008; Bohigas y Periago, 2010; Velazco y Salinas, 2001).

Si se busca que el alumno aprenda, no debe dejarse de lado que a lo largo de la vida los seres humanos construyen representaciones mentales que les permiten desenvolverse en su entorno con cierta confianza. Las mismas son internas, incompletas, con un grado de articulación limitado, pero básicamente funcionales. Estas representaciones son las que los estudiantes poseen cuando inician el estudio de cualquier disciplina en contextos de educación formal.

La investigación en Educación ha demostrado que estas representaciones, influyen fuertemente en el aprendizaje de las ciencias y que son particularmente persistentes, oponiendo una tenaz resistencia al aprendizaje sistematizado propio del conocimiento científico. También indican que durante la instrucción las ideas científicas que maneja el estudiante pueden perderse o distorsionarse volviéndose a las ideas iniciales.

Por el contrario, los modelos conceptuales científicos consensuados son externos y consistentes. A través de la enseñanza formal se espera que los estudiantes construyan modelos mentales compatibles con los modelos científicos.

Moreira (1997) sostiene que es perfectamente posible hablar de aprendizaje significativo (Ausubel et al., 1991) en la perspectiva de los modelos mentales, tal como han sido definidos por Johnson-Laird (citado por Moreira, op.cit.). Desde esta perspectiva el aprendizaje del alumno sería tanto más significativo cuanto mayor fuese su capacidad de construir modelos mentales de trabajo para los contenidos de la materia de enseñanza.

El adherir a la postura de Ausubel, implica brindar los medios para que el estudiante construya representaciones de nivel básico y progresivamente de conceptos superordenados. Desde esta postura, aprender es un proceso de contraste, de revisión y de construcción de esquemas de conocimientos. El aprendizaje significativo se logra cuando el estudiante puede establecer relaciones sustanciales entre el nuevo contenido y las estructuras cognitivas ya construidas; operar con él, aplicarlo a nuevas situaciones y recordarlo comprensivamente.

El propósito de este trabajo fue conocer cuán cerca de los significados de conceptos físicos tales como fuerza y campo eléctrico, se encontraban los modelos mentales que un grupo de estudiantes del ciclo básico de carreras universitarias de tipo científico-tecnológicas habrían construido durante la instrucción sobre el tema Electrostática en un curso de Electromagnetismo. Se asumió que las manifestaciones de los estudiantes frente a actividades escritas relacionadas con los conceptos mencionados, llevadas a cabo luego del desarrollo del tema, fueron indicativas de dichos modelos. Se sostiene que estudios de esta naturaleza pueden representar un aporte para orientar la enseñanza de la Física que se imparte en ese nivel educativo.

En el siguiente apartado se describe el marco teórico y los antecedentes que orientaron esta investigación, explicitando el significado atribuido a algunos términos que debido a su polisemia podrían dar origen a ambigüedades. Luego, se esbozan los lineamientos metodológicos que se estimaron más adecuados para su abordaje. Seguidamente se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, se cierra el escrito mostrando la síntesis y perspectivas que se derivan del análisis realizado.

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

En este trabajo se toma de la teoría de Philip Johnson-Laird (1980, 2010) el constructo de Modelo Mental. Desde esta perspectiva, los modelos mentales (MM) son representaciones psicológicas de situaciones reales, hipotéticas o imaginarias de informaciones que se corresponden análogamente con aquello que están representando. Son representaciones internas que las personas construyen -a partir de la percepción, la imaginación, el conocimiento y la comprensión del discurso, y de las interacciones con su entorno familiar, social y escolar- para explicar determinados fenómenos. Poseen un cierto grado de estabilidad o resistencia al cambio y un nivel de especificidad variable. Son básicamente funcionales.

Las ideas intuitivas, que conforman los MM con los que los estudiantes inician cursos de Física, han sido objeto de estudio de numerosas investigaciones en enseñanza. Los resultados muestran que las mismas generalmente difieren de los modelos que se enseñan y son persistentes aun después de la enseñanza formal (Pozo y Gómez, 2000).

Según Ileana Greca y Marco A. Moreira (1998) los MM pueden ser clasificados como *analógicos* o *proposicionales*. Los primeros, completa o parcialmente analógicos, generalmente se reconocerían por los dibujos que realizan los alumnos y por los movimientos corporales que manifiestan en sus explicaciones orales. En tanto que los modelos proposicionales se identificarían por la capacidad del alumno de expresar verbalmente definiciones y relaciones matemáticas. Los modelos pictóricos, según María Rita Otero (2004), serían modelos mentales totalmente analógicos. Sin embargo, la teoría de Johnson Laird (Johnson-Laird et al., 1999) sostiene que los MM son más generales que las imágenes, porque algunos modelos pueden representar conceptos abstractos que no se pueden visualizar, y en otros casos porque las imágenes dependen de los modelos subyacentes

En su trabajo sobre aprendizaje significativo Moreira (op.cit.) señala que para Johnson-Laird, las personas utilizan MM para razonar en lugar de una lógica mental. El aspecto fundamental del razonamiento a través de MM no está sólo en la construcción de modelos adecuados para representar distintos estados de cosas, sino también en la habilidad de probar las conclusiones a las que se arribe utilizándolos.

De hecho, uno de los supuestos esenciales de la teoría es el que alude al funcionamiento estratégico del pensamiento humano y a las limitaciones del sistema de procesamiento humano para manejarlas. Al respecto, en ella se asume que para minimizar la carga de los limitados recursos de la memoria operativa, los sujetos al razonar tienden a representar la información de manera tal que permita responder a la tarea y a los objetivos propuestos en forma explícita y mínima posible; es decir, los razonamientos de las personas se rigen por el principio de economía cognitiva (Gutierrez et al., 2002).

Independientemente del origen –sensorial, cultural o escolar- y del carácter – espontáneo, social o cultural- los alumnos inician los cursos de física en el contexto de la enseñanza formal con un conjunto de concepciones alternativas y MM firmemente arraigados y relacionados entre sí, que configuran una ciencia intuitiva difícil de modificar en los procesos de instrucción en Ciencias (Pozo, 1994).

Con la instrucción se busca que dichos modelos iniciales se acerquen a los modelos científicos consensuados. Estos últimos modelos resultan de una elaboración cultural, son representaciones externas, explícitas y consistentes. Requieren de un lenguaje específico o código para ser compartidos o comunicados y tienen una naturaleza simbólica o abstracta. Al decir de Pozo (2007) utilizan: "*un código descontextualizado, de carácter proposicional, que se apoya en otros lenguajes o sistemas de representación externa*" (p.15). Desde esta perspectiva, y según dicho autor, el aprendizaje de la Ciencia es un proceso de cambio representacional, y no sólo conceptual, lo cual implica aceptar que para adquirir los conocimientos científicos se requiere no sólo acceder a nuevos conceptos sino sobre todo a nuevos formatos y sistemas de representación, distintos a aquellos sobre los que se estructuran las teorías intuitivas.

Moreira (op.cit.) menciona que, contrariamente a los modelos conceptuales, que son representaciones precisas, consistentes y completas de eventos u objetos y que se proyectan como herramientas para facilitar la comprensión o la enseñanza, los MM pueden ser deficientes en varios aspectos, confusos, inestables, incompletos, pero deben ser funcionales. Evolucionan naturalmente. Poniendo a prueba su modelo mental, la persona continuamente lo modifica con el fin de llegar a una funcionalidad que le satisfaga. Los MM pueden ser revisados, reconstruidos (reformulados) para atender al criterio (personal) de la funcionalidad (permitir a su constructor explicar y hacer previsiones sobre el evento u objeto analógicamente representado). Moreira (op. cit.) sostiene que en esta reformulación (reconstrucción, revisión) se puede interpretar el aprendizaje significativo (Ausubel et al., op.cit.).

Según Moreira (op.cit.), se puede decir que el aprendizaje es significativo cuando el sujeto construye un modelo mental de la nueva información (concepto, proposición, idea, evento, objeto). Cuando una persona es capaz de explicar y hacer previsiones sobre un sistema físico es porque, en el lenguaje de Johnson-Laird, tiene un modelo mental de ese sistema, o sea, una representación mental análoga al mismo en términos estructurales. El hecho de que la persona sea capaz de explicar y hacer previsiones sobre tal sistema evidencia el aprendizaje significativo.

Los MM generalmente son modelos de trabajo, es decir, son construidos en el momento para representar determinada proposición, concepto, objeto o evento y son inestables, funcionan en aquella situación y se descartan. Éstos serían modelos de trabajo desechables. (Moreira et al., 2002).Pero se puede también hablar de MM consistentes, modelos que, por su funcionalidad en muchas situaciones, adquieren una cierta estabilidad, en el sentido de que quedarían almacenados en la memoria de largo plazo. Por otro lado, los modelos de trabajo no se construyen a partir de cero. Al contrario, son construidos a partir de entidades mentales ya existentes, que, en rigor, serían también MM.

Puede ocurrir que el aprendiz fácilmente construyese modelos de trabajo para dar significado a nuevas informaciones, o que la construcción de un modelo mental no sería trivial, esto depende de factores tales como su conocimiento y su experiencia previa con estados de cosas similares y de la propia estructura del sistema de procesamiento humano

El carácter interno de los MM conlleva a que sea imposible explorarlos directamente. En cambio, se los puede indagar a partir de las manifestaciones externas que las personas utilizan como medio de comunicación, ya sea esta verbal, simbólica o pictórica (Halloun, 1996).

Con la enseñanza de la Física en el nivel universitario básico se espera que los estudiantes construyan MM que posean un grado de compatibilidad aceptable con los modelos que se enseñan.

Entre las dificultades conceptuales para el aprendizaje de Electrostática y Electrocinética, la bibliografía especializada menciona que los alumnos se refieren a la carga eléctrica como si fuera una partícula con ese nombre, asocian protón y electrón con las cargas positiva y negativa respectivamente lo cual dificulta comprender los fenómenos eléctricos, tienen conflictos para aceptar la posibilidad de existencia de cargas eléctricas positivas y negativas independientes, suponen que hay tres tipos de cargas a las que llaman positiva, negativa y neutra, confunden los fenómenos electrostáticos con los relacionados con el magnetismo natural, presumen que la carga eléctrica no puede fluir a través de los aislantes y tienen problemas para definir con claridad los materiales eléctricamente conductores y aislante(de Pro Bueno, 2003, Nava, Arrita y Flores, 2008; Guisasola et al., op.cit.; Rivera Juárez et al., 2011).

Con respecto a la fuerza de interacción eléctrica, los estudiantes tienen dificultades para reconocer su dependencia con la carga eléctrica y con la posición de las cargas; y advertir que su módulo se ve disminuido si se sumergen las cargas en otro medio material diferente al vacío (Nava, Arrita y Flores, op.cit).

En relación al concepto de campo eléctrico, algunas dificultades persistentes para su aprendizaje consisten en pensar que el campo eléctrico generado por una carga puntual sólo existe cuando está próxima y visible una carga testigo, no tener en cuenta el carácter vectorial del campo, confundir la intensidad del campo con la fuerza de interacción eléctrica, dar explicaciones basadas en evidencias interpretadas por el sentido común, no diferenciar líneas de campo eléctrico con campo eléctrico, asignar al campo eléctrico un comportamiento material al suponer que las líneas de campo se alteran en presencia de obstáculos, relacionar inadecuadamente la generación del campo eléctrico a imanes en reposo y no tener en cuenta el tipo de carga (positiva y negativa) que utilizan cuando se analizan cuestiones relacionadas con el movimiento de partículas en campos eléctricos Asimismo, tienen dificultades para analizar la intensidad del campo eléctrico generado por una carga puntual (Furió y Guisasola, 2001; Velazco y Salinas, op. cit.; Rivera Juárez et al., op.cit.; Sandoval y Mora, 2009).

Entre las teorizaciones que se han derivado de la investigación educativa y que responden a un enfoque constructivista del aprendizaje, se señala que sólo algunos estudiantes construyen y activan representaciones mentales del campo electromagnético y que las dificultades que los mismos manifiestan en el aprendizaje de la teoría del campo eléctrico, tienen su origen en el tipo de enseñanza que se imparte en el nivel universitario, caracterizada por un tratamiento altamente formal y matemático de dicho concepto y que lleva a los alumnos a utilizar representaciones proposicionales aisladas, no articuladas en modelos físicos (Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003). Del mismo modo, en otra publicación se indica que la mayoría de los profesores desconoce el cambio ontológico que se produce en la forma de concebir la interacción eléctrica cuando se pasa de una visión coulombiana (circunscrita a la materia electrizada y sin tener en cuenta el medio) a otra más compleja de campo eléctrico (donde se continúa aceptando que la interacción eléctrica entre los cuerpos cargados existe pero dicha existencia trasciende los límites de los mismos, y en la que el campo eléctrico constituye el vehículo de dicha interacción). Ello se traduce en que en las prácticas de enseñanza no se logra poner en evidencia la necesidad de la introducción del concepto de campo eléctrico y en consecuencia se promueve una concepción del mismo como una forma abstracta y operacional de justificar las interacciones eléctricas (Furió y Guisasola, op.cit.).

Indudablemente las investigaciones citadas no son una revisión exhaustiva del área de Electricidad, pero sí proporcionan un panorama representativo del tema abordado.

En este estudio, a través de la implementación de una prueba escrita con un fuerte contenido de imágenes sobre distintas situaciones relacionadas con Electrostática, se buscó analizar aspectos de los MM de estudiantes universitarios luego de que los mismos habían abordado el tema en un curso del ciclo universitario básico.

METODOLOGÍA

La investigación que se presenta consiste en un estudio de casos. Participaron 122 estudiantes que cursaron, durante el año 2012 la asignatura Física II, correspondiente al segundo año de las carreras Ingeniería Química, Ingeniería en Alimentos, Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales dependiente de la Universidad Nacional de Misiones.

Las clases, según el Régimen de Enseñanza vigente, se clasifican en Teoría, Coloquio y Laboratorio. Las clases de Teoría, comunes para todas las carreras, son desarrolladas por un único docente responsable de cátedra. Las de Coloquio se organizan en dos comisiones: alumnos de ingeniería y alumnos de carreras relacionadas con la salud; en ellas se resuelven problemas de lápiz y papel y se realizan experiencias en entornos virtuales utilizando simulaciones de acceso libre. En las clases de Laboratorio los estudiantes se dividen en subgrupos de las mencionadas comisiones, de aproximadamente veinte alumnos. Todos los alumnos utilizan los mismos materiales didácticos, pero los equipos docentes a cargo de dichos subgrupos -estables durante el cuatrimestre- difieren.

Se confeccionó y administró un cuestionario escrito (Sautu et al., 2010; Díaz, 2010) asumiendo, que la forma en que los estudiantes piensan se refleja en lo que escriben, dibujan y en el lenguaje que utilizan (Greca y Moreira, op.cit.). Para referirse a las ocho situaciones problemáticas del cuestionario, de aquí en más, se usarán las abreviaturas P1, P2, etc. En el Anexo se muestra el instrumento completo.

Con las situaciones P1, P2 y P8.1 se pretendía evaluar si los alumnos habían comprendido que la fuerza de interacción eléctrica entre partículas cargadas es simétrica independientemente de la cantidad de carga que posean las mismas. Las P3, P4 y P8.2 tenían por propósito apreciar si los alumnos interpretaban el concepto de campo eléctrico como una propiedad del espacio asociada a la carga fuente y no como una interacción entre partículas cargadas. En la P7 se pretendía analizar si los alumnos habían entendido que la carga fuente produce un campo eléctrico en todos los puntos del espacio. El objetivo de P5 y P6 era analizar si los alumnos podían dibujar adecuadamente las líneas de campo eléctrico generado por un par de cargas de igual valor absoluto pero signos opuestos, cuando en las proximidades existen, o no, obstáculos materiales.

Para analizar e interpretar los dibujos que realizaron los alumnos en las P3 y P4 relativas al campo eléctrico generado por una carga puntual, se agruparon las respuestas en tres categorías según las mismas sean acordes, o no, a la visión científica. Así, se asignaron a la categoría Modelo Científico (MC) las respuestas acordes con la representación del vector campo eléctrico radial alejándose de la carga fuente si ésta es positiva y acerándose si la carga fuente es negativa; a Modelo Alternativo (MA) las correspondientes a la representación del vector campo eléctrico dependiendo del signo (positivo y negativo) de la carga de prueba colocada en un punto, o de su ausencia; y en Otros Modelos (OM), se agruparon los esquemas que no responden a las características anteriores. En la Fig. 1 se muestran los esquemas de MC y MA de campo eléctrico generado por una carga positiva y otra negativa, respectivamente.

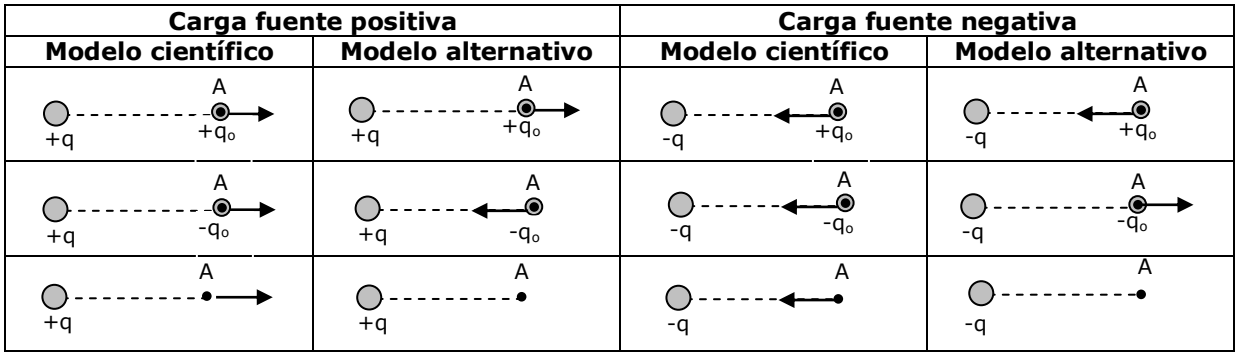


Fig.1: Campo eléctrico generado por cargas fuentes positiva y negativa: Modelos científicos y Modelos alternativos.

El trabajo de campo se realizó cuando los alumnos ya habían cumplido con todas las actividades previstas en la planificación áulica de las dos primeras unidades del Programa Analítico y realizado el primer examen parcial.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El 49% (60/122) de los alumnos seleccionó correctamente –entre las posibles opciones dadas a la **P1**- la que representa una fuerza de interacción eléctrica de repulsión y simétrica, independientemente de la cantidad de carga individual que posee cada partícula. Entre las respuestas incorrectas, posibles de ser seleccionadas, es de destacar que la mayor frecuencia porcentual (25%) corresponde a la opción (*c*) en la que la fuerza de interacción eléctrica es de repulsión, pero el módulo es mayor en la partícula que posee mayor carga. Deduciéndose en este caso, que para la cuarta parte de alumnos, el módulo de la fuerza de interacción eléctrica sería mayor cuando mayor es la carga que posee la partícula sobre la que actúa. La frecuencia de elección de la opción *b*) es levemente menor (21%), en este caso el razonamiento de los estudiantes consistiría en suponer incorrectamente que la partícula de mayor carga ejercería la mayor fuerza. Estos razonamientos podrían sintetizarse en: "sobre la mayor carga se ejerce la mayor fuerza" (*c*) y "la mayor carga ejerce la mayor fuerza" *(b)*.Interpretándose que los estudiantes confundieron fuerza con campo eléctrico, la opción *b*) hubiese resultado una respuesta adecuada ya que la mayor carga genera el mayor campo eléctrico. En la Fig.2 se muestra la frecuencia de alumnos versus las respuestas seleccionadas.

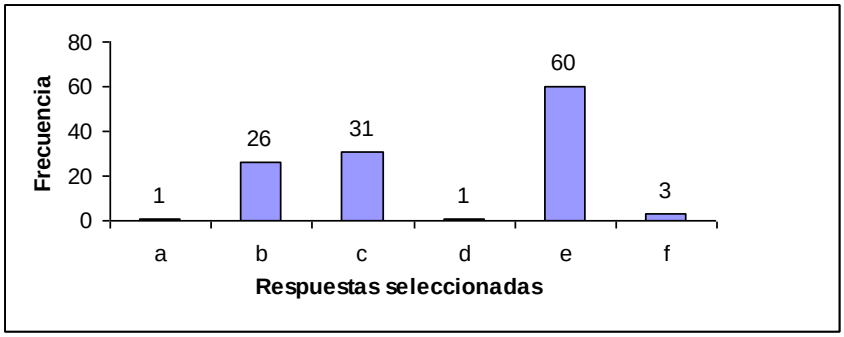


Fig.2: Distribución de frecuencias de respuestas dadas a la P1. N= 122. La opción correcta corresponde al ítem *e*

El análisis de las frecuencias de respuestas seleccionadas por los alumnos para la **P2** indica que el 59% de los mismos identifica adecuadamente un gráfico (*b*), entre tres proporcionados, que muestra que la posición de equilibrio de dos esferas con idéntico peso, pero con distintas cargas -siendo una el doble de la otra- y que penden de sendos hilos desde un punto común, se logra cuando los hilos forman ángulos idénticos con la vertical. Para seleccionar esta respuesta los estudiantes debieron tener en cuenta que el sentido de la fuerza de interacción eléctrica es de repulsión si las cargas tienen el mismo signo y aplicar correctamente el principio de acción y reacción ya estudiado en Mecánica. En la Fig.3 se muestra la distribución de frecuencias en esta actividad. Se utilizó la abreviatura NR para indicar la ausencia de respuestas.

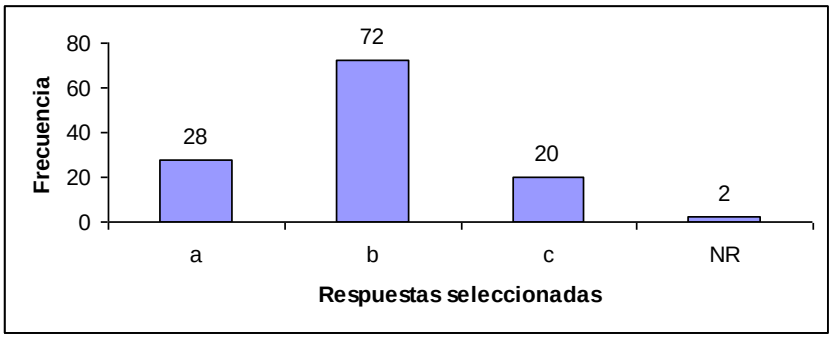


Fig.3: Distribución de frecuencias de respuestas dadas **a** la P2. N= 122. La opción correcta corresponde al ítem *b*

El resto de los alumnos seleccionó esquemas (*a* y *c*) donde uno de los ángulos que forma el hilo con la vertical es el doble que el otro. En éstos subyace la idea equívoca de una fuerza de interacción asimétrica, aún cuando se viole el principio de acción y reacción.

En los alumnos que optan por el ítem *a)*, al parecer prevalecería la idea equívoca consistente en que sobre la mayor carga existe mayor fuerza ejercida por la carga menor y por eso, el ángulo que forma el hilo de ésta con la vertical es el doble. Este razonamiento, con respecto a la intensidad de la fuerza, es similar al que usaron los alumnos que seleccionaron el ítem *c*) en la pregunta anterior. Indirectamente, establecen una relación donde, a mayor carga corresponde mayor ángulo. En tanto que, los que seleccionan el ítem *c),* estimarían que cuando una carga es el doble de la otra, la carga mayor ejerce una fuerza mayor sobre la carga menor (a mayor carga de la partícula que ejerce la fuerza, mayor fuerza), y como consecuencia el ángulo que forma el hilo del que pende la carga menor con la vertical se duplica con respecto al ángulo correspondiente al de la carga mayor. Por ende, establecen una relación de proporcionalidad directa entre la mayor carga y el ángulo de desviación de la carga menor. Este razonamiento es similar al que usaron los alumnos que seleccionaron el ítem *b*) en la pregunta anterior y también puede considerarse asociado a una confusión entre fuerza y campo eléctrico.

Los resultados mostrados concuerdan con los obtenidos por Igal Galili (Galili, 1995 citado por Furió y Guisasola, 1999) que sugieren que los alumnos no pueden transferir lo aprendido en Mecánica, particularmente la tercera ley de Newton, para analizar la interacción entre dos partículas cargadas. Según este autor, las dificultades que los estudiantes tienen en el aprendizaje de conceptos tales como fuerza e interacción en un campo gravitatorio, se manifiestan también en el contexto de campo eléctrico.

La **P8** fue similar a la **P1,** mostraba dos partículas cargadas con el mismo signo, pero en una de ellas la carga era mayor que en la otra ($q_1>q_2$). Dichas partículas se presentaron ubicadas en dos puntos, los cuales se denominaron con letras *A* y *B*, separadas una distancia "r" igual a la longitud del segmento que los une. A diferencia de la **P1** ahora, en lugar de seleccionar entre opciones representadas a través de dibujos, en **P8.1** se pedía señalar la opción que representara la relación entre las fuerzas de interacción eléctrica expresadas simbólicamente.

Analizando las frecuencias de respuestas por las que optaron los alumnos en la **P8.1**, se aprecia que el 64% (78/122) pudo establecer correctamente que la intensidad de la fuerza que ejerce una partícula con mayor carga eléctrica sobre otra con menor carga eléctrica (F_{12}) es idéntica a la que ejerce esta última sobre la primera (F_{21}). Existe un porcentaje menor de alumnos, 32% (39/122), que asoció erróneamente la intensidad de la fuerza que ejerce una partícula únicamente con la carga que posee la misma (si $q_1>q_2 \Rightarrow F_{12}>F_{21}$), reproduciéndose en esta situación el razonamiento incorrecto visto en las **P1** y **P2** que asocia que "la mayor carga ejerce la mayor fuerza". También se puede interpretar en este caso, que los estudiantes confundieron fuerza de interacción eléctrica con campo eléctrico generado por cargas puntuales. El resto 4% (5/122) seleccionó la opción *b)* en la que se reproduce que "sobre la partícula de menor carga se ejerce la menor fuerza".

En esta actividad se notó que algunos alumnos, para poder responderla, escribieron -en el dorso o en el margen de la hoja- la ecuación que proporciona la ley de Coulomb, la que al parecer utilizaron para establecer la relación solicitada.

Comparando los porcentajes de respuestas que se ajustaron al modelo científico de las **P1** y **P8.1** (49% vs. 64%) es evidente que los razonamientos que emplearían un número apreciable de alumnos para solucionar situaciones problemáticas semejantes presentadas en diferentes formatos son coherentes, ya que en las respuestas dadas a **P8.1** los estudiantes vuelven a reproducir los razonamientos detectados en **P1**. Sin embargo, existe un 15% de alumnos que no identificó un dibujo adecuado, pero estableció una relación correcta cuando la presentación de las opciones se realizó mediante símbolos matemáticos. Se puede decir que en los estudiantes que conformaron la muestra habría prevalecido la construcción, durante la instrucción, de modelos mentales -acordes al científico- de tipo proposicional.

En virtud de estos resultados interesó correlacionar, mediante una tabla de contingencia, las posibles combinaciones de opciones de respuestas dadas a las preguntas **P1** y **P8.1.** En la Tabla 1 se muestran las frecuencias de elección de los ítems de la **P1** y de los correspondientes a **P8.1**.

		P8.1			Total
		a	**b**	**c**	
P1	**a**	0	0	1	1
	b	17	2	7	26
	c	18	2	11	31
	d	0	0	1	1
	e	3	1	**56**	60
	f	1	0	2	3
Total		39	5	78	122

Tabla 1: Contingencia de frecuencias de respuestas dadas a cada uno de los ítems de las P1 y P8.1

En ella se aprecia que 56 (45,90%) alumnos respondieron correctamente (eligiendo P1.e y P8.1.c) en las dos situaciones problemáticas independientemente del formato de la presentación. También hay alumnos que si bien eligieron respuestas incorrectas fueron consistentes en su razonamiento, por ejemplo los 17 (14%) estudiantes que eligieron P1.b y P8.1a (si $q_1>q_2 \Rightarrow F_{12}>F_{21}$, o "la partícula con mayor carga ejerce la mayor fuerza").

Tomando en cuenta sólo la tabla de contingencia no se puede afirmar si las diferencias entre las frecuencias de cada combinación de respuestas están relacionadas o se deben a una variación aleatoria (Weimer, 2003). Para ello, se realizaron los tests chi-cuadrado que se exhiben en la Tabla 2. Como el valor obtenido para el estadístico de prueba chi-cuadrado (50,300) es mayor que el que se encuentra tabulado (18,307), hay evidencias estadísticas de que existe una alta correlación entre las respuestas seleccionadas.

	Valor	Nivel de significación
Chi cuadrado de Pearson	50,300	p<0,0001
Razón de verosimilitud	56,570	p<0,0001
Número de casos	122	

Tabla 2: Tests chi-cuadrado para las respuestas dadas a P1 y P8.1

Con respecto a la **P3**, el 43% (53/122) de los alumnos dibujó correctamente el vector campo eléctrico generado por una carga puntual positiva en un punto adyacente a ella cuando en dicho punto se cumplían las siguientes tres condiciones: 3.a) existencia de una carga de prueba positiva, 3.b) de una negativa y 3.c) ausencia de la misma. El porcentaje disminuye a 39% (48/122) para la **P4**, que como ya se mencionó era semejante a la situación problemática anterior, pero sólo que en este caso la carga fuente era negativa. Tomando la totalidad de los ítems de estas dos preguntas por separado, se aprecia que el 62% (457/732) de los estudiantes pudo exteriorizar representaciones vectoriales del campo eléctrico compatibles con el modelo científico. El análisis de cada ítem de la P3 y P4 se muestra en la Fig. 4. En ella se representan las frecuencias de respuestas identificadas en los dibujos realizados por los alumnos para cada pregunta, según los tipos de modelos definidos.

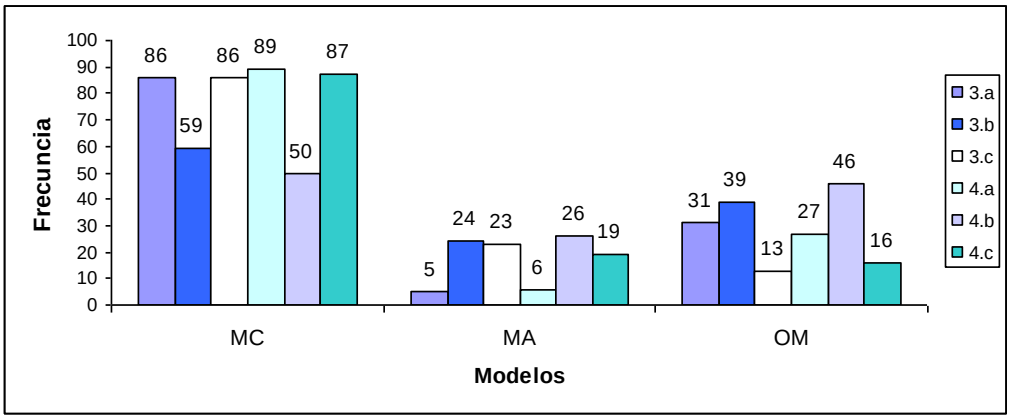


Fig.4: Distribución de frecuencias de respuestas identificadas en los esquemas realizados por los alumnos en P3 y P4 correspondientes a los modelos científico, alternativo y otros. N= 122

De la figura se desprende que las frecuencias con que los alumnos representaron en sus dibujos al campo eléctrico en concordancia con el modelo científico fueron considerablemente mayores (457) a las correspondientes a los modelos denominados alternativo (103) y otros (172).

La actividad **P8.2** también estaba relacionada con el campo eléctrico, pero en esta ocasión con el módulo de dicho vector. Específicamente se solicitaba indicar si el campo eléctrico que generaba la primera partícula en el punto donde se ubicaba la segunda era mayor, menor o igual que el que generaba la segunda en el punto que ocupaba la primera. El 83% (101/122) de los alumnos seleccionó el ítem que indicaba que el campo eléctrico generado por la partícula de mayor carga a una cierta distancia era mayor que el generado por la partícula de menor carga a la misma distancia. Es de destacar que las respuestas de esta actividad, de entre todas las actividades solicitadas, fue la que registró la mayor frecuencia de aciertos. Algunos alumnos, que dejaron registros escritos en el instrumento proporcionado, recurrieron a la ecuación que determina el módulo del campo eléctrico generado por una carga puntual para establecer la relación.

Para correlacionar las respuestas dadas a la **P8.1** y **P8.2** se realizó nuevamente una tabla de contingencia. Las pruebas estadísticas que se realizaron se muestran en las Tabla 3 y 4.

		P8.2			Total
		a	**b**	**c**	
P8.1	**a**	34	4	1	39
	b	3	1	1	5
	c	**64**	8	6	78
Total		101	13	8	122

Tabla 3: Contingencia de frecuencias de elección de respuestas para cada uno de los ítems de las P8.1 y P8.2

	Valor	Nivel de significación
Chi cuadrado de Pearson	3,32	p=0,5064
Razón de verosimilitud	3,05	p=0,5492
Número de casos	122	

Tabla 4: Tests chi cuadrado para las respuestas dadas P8.1 y P8.2

Los resultados indican que 64 (52,46%) alumnos establecieron la relación correcta (mayor, menor o igual) para fuerza eléctrica y campo eléctrico. En este caso la prueba de chi-cuadrado para esta combinación de respuestas permite afirmar que no hay evidencia estadística de correlación entre estas dos cuestiones presentadas en el mismo formato.

La **P7** requería responder y explicar si una carga puntual positiva ubicada en un semiplano delante de una placa infinita de madera, y a cierta distancia de ella, produce campo eléctrico en un punto (P) ubicado en un semiplano detrás de la placa. Sólo el 7% de los alumnos admitió que en dicho punto existía un campo eléctrico, el 67% explicitó que no y el porcentaje restante no respondió. Entre las explicaciones del primer grupo de alumnos se destacan dos argumentaciones: el campo eléctrico sólo es cero en el infinito y las líneas de campo eléctrico no se modifican o cortan por la presencia de madera; algunos de éstos últimos indicaron de distinta manera que lo que sí se modifica es el módulo del vector campo eléctrico resultante. Los alumnos que argumentaron que en el punto *P* no existe campo, mayoritariamente fundamentaron su respuesta mencionando que la madera es un aislante o dieléctrico y que no conduce la electricidad. Es de destacar que ningún alumno explicitó que el módulo del vector campo eléctrico en dicho punto resultaba de la superposición de las contribuciones de la carga fuente y las cargas de la placa polarizada.

El análisis de la frecuencia de respuestas dadas por los alumnos a la **P5** muestra que el 55% (67/122) de los estudiantes dibuja correctamente las líneas de campo eléctrico generado por un par de cargas puntuales de igual valor absoluto pero signos opuestos. Un 43% (53/122) las dibuja incorrectamente y una minoría (2%) no responde. Entre los dibujos que se consideraron incorrectos y que se exhiben en la Fig.5 existen: gráficas de líneas de campo eléctrico radiales realizadas sobre cada carga sin tener en cuenta la presencia de la otra carga, vectores paralelos entre las mismas o líneas carentes de interpretación. Las primeras indicarían que si bien los alumnos pueden dibujar líneas de campo que generan cargas puntuales individuales, no comprenden cómo se modifican éstas en presencia de otra carga. Los vectores paralelos dibujados en el espacio comprendido entre las cargas, señalarían que los alumnos estiman que el campo eléctrico es uniforme y al parecer lo asocian al generado por dos placas paralelas con cargas iguales y opuestas.

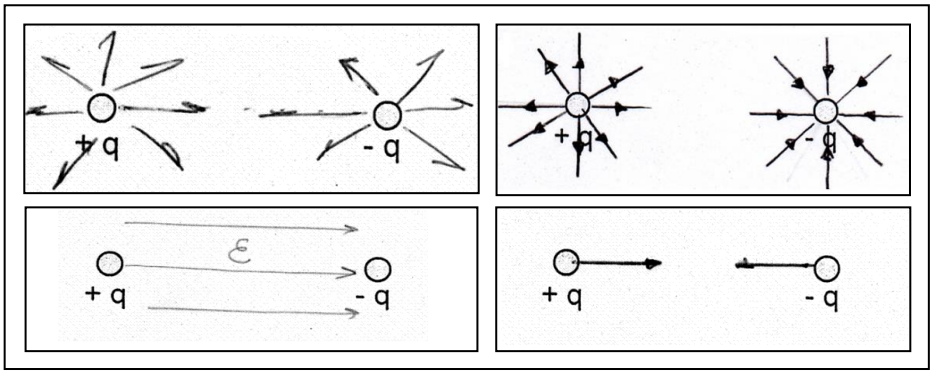


Fig.5: Algunos dibujos que reflejarían los modelos mentales no científicos de los alumnos en torno a las líneas de campo generadas por dos cargas de igual valor absoluto y diferentes signos.

Finalmente, el análisis de respuestas dadas a **P6** indica que sólo el 6% (7/122) de los alumnos dibujó adecuadamente las líneas de campo generadas por dos cargas puntuales de distintos signos cuando entre ellas existe un obstáculo material. Una gran mayoría (78%) realizó dibujos con líneas interrumpidas o desviadas por la placa de madera, líneas que ocupan parcialmente un semiplano (anterior o posterior a la placa) o líneas confusas. En la Fig.6 se muestran una selección de estos ejemplos de representaciones realizadas por los alumnos acordes a modelos mentales no científicos. El resto (16%) no dibujó líneas de campo eléctrico.

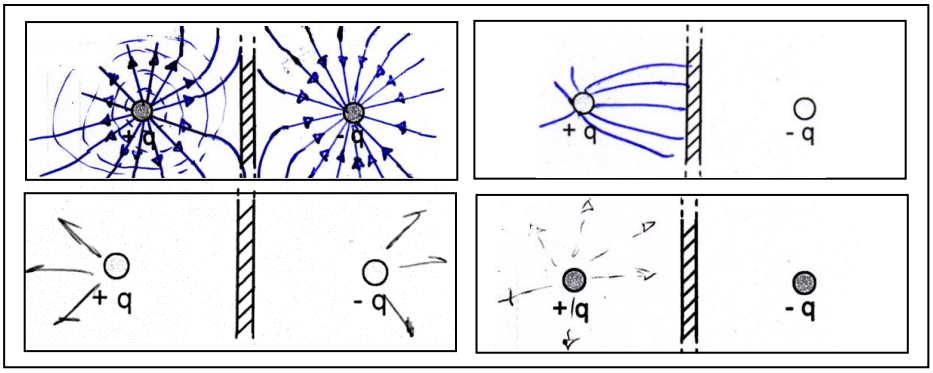


Fig.6: Algunos dibujos que reflejarían los modelos mentales no científicos de alumnos en relación a las líneas de campo generadas por dos cargas de igual valor absoluto y diferentes signos cuando entre ellas existe una placa de madera.

Las respuestas dadas indicarían que los alumnos no habían comprendido que las líneas de campo de un sistema establecido no se modifican por la presencia de una lámina de madera, lo que sí varía es el módulo del vector campo eléctrico resultante. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Velazco y Salinas (op.cit.), quienes afirman que muchos estudiantes asignan al campo un comportamiento material que sería interrumpido por la presencia de un límite físico. La lámina de madera sería la responsable de eliminar parcialmente las líneas de campo eléctrico en alguno de los semiplanos, o en sus términos de "apantallar" la influencia de una de las cargas. Esta actividad, a juzgar por el alto porcentaje de respuestas que no se ajustan al modelo científico, fue la que generó mayor confusión y registró la mayor frecuencia de desaciertos y ausencia de respuestas.

SÍNTESIS Y PERSPECTIVAS

Se mostraron los resultados de una investigación orientada al estudio de los modelos mentales de un grupo de alumnos universitarios en torno a conceptos fundamentales de Electrostática, tales como fuerza de interacción eléctrica y campo eléctrico, luego de haber abordado el tema en un curso de Electromagnetismo del ciclo básico universitario.

Analizando las respuestas que seleccionaron los alumnos participantes, en las dos primeras situaciones problemáticas relacionadas con la fuerza de interacción eléctrica (**P1** y **P2**) se advierte que, ante opciones de elección consistentes en representaciones gráficas, prácticamente la mitad (49% y 59%, respectivamente) de ellos respondió en concordancia con el modelo científico. Cuando la actividad se planteó a través de la posibilidad de optar entre representaciones simbólicas (P8.1) el porcentaje se elevó a 64%. Las pruebas estadísticas realizadas indican una alta correlación entre las respuestas seleccionadas en P1 y P8.1, lo cual indicaría que los razonamientos de la mayoría de los estudiantes (aproximadamente el 60%) no se vieron influenciados por el formato de presentación de la situación problemática.

Se identificaron dos tipos de modelos alternativos que se pueden resumir en: "sobre la mayor carga se ejerce la mayor fuerza" y "la mayor carga ejerce la mayor fuerza". Es decir, la intensidad de la fuerza eléctrica depende en el primer caso de la carga de la partícula sobre la que actúa la fuerza y en el segundo, de la carga de la partícula que ejerce la fuerza. Cabe señalar que si se asume que puede existir confusión entre fuerza y campo eléctrico, el segundo de los modelos alternativos puede considerarse más cercano al modelo científico que el primero.

Los dibujos realizados por los alumnos en las cuestiones relacionadas con campo eléctrico generado por cargas puntuales (P3 y P4) revelaron que la mayoría de ellos (62%) pudo representar vectorialmente el campo eléctrico. El porcentaje restante tuvo dificultad para interpretar el concepto de campo como una característica inherente a la carga fuente, y requiere de una carga testigo para aceptar la presencia de dicho campo en un punto próximo a ella. Estos últimos estudiantes confundieron, en general, campo eléctrico con fuerza eléctrica.

El 83% de los estudiantes identificó que la intensidad del campo eléctrico generado por una carga puntual guarda una relación directa con la carga. Algunos de ellos además, a juzgar por los registros de ecuaciones escritas en el instrumento, reconocieron también la proporcionalidad inversa con el cuadrado de la distancia que separa la carga fuente del punto donde se analiza el campo. Estas ecuaciones evidenciarían que los alumnos desplegaron procedimientos de razonamientos semejantes a los desarrollados en las clases de resolución de problemas de lápiz y papel para establecer la relación correcta.

Sólo un 7% de los alumnos admitió que existe campo eléctrico en un punto del espacio cuando entre la carga fuente y dicho punto se interpone una placa de madera (P7).

Finalmente, las líneas de campo eléctrico -generado por cargas puntuales de igual valor absoluto pero distintos signos- dibujadas por los alumnos fueron correctas en un 55%. El porcentaje se reduce a 6% cuando en la misma situación se interpone una placa de madera.

En este estudio, se encontró que los modelos mentales de tipo alternativos construidos por los estudiantes fueron reproducidos en situaciones problemáticas iguales o similares presentadas en distintos formatos en los casos de P1, P2 y P 8.1, mientras que esto no ocurrió en las respuestas dadas a P3, P4 y P8.2. De esto se desprende que, a diferencia de resultados de otras investigaciones, las respuestas dadas por los estudiantes a situaciones problemáticas con estas características presentadas en distintos formatos no siempre se hallan condicionadas por la forma en que son presentadas.

Con las limitaciones relativas a un estudio de casos, del análisis de los resultados obtenidos se deriva que las tareas que involucraron interpretaciones simbólicas fueron mejor manejadas por los estudiantes que las correspondientes a interpretaciones gráficas. Esto estaría dando indicios que en la muestra de estudiantes objeto de esta investigación los modelos mentales construidos presentaron una componente proposicional más fuerte que la respectiva a las imágenes. Es decir, los modelos mentales que los estudiantes habrían construido durante la instrucción funcionaron más científicamente frente a las expresiones simbólicas que frente a las imágenes.

En términos generales, acordando con numerosas investigaciones realizadas, los resultados de este estudio alertan sobre la influencia que los modelos usados en el aula pueden tener en la construcción por parte de los estudiantes de modelos en concordancia, o no, con los científicos.

Estas cuestiones son apenas la punta del *iceberg* que sobresale de la superficie del agua. Los modelos mentales de los alumnos, que se identificaron a través del análisis de las respuestas dadas al cuestionario suministrado, corresponden a manifestaciones externas. De allí que debe tenerse en cuenta que puede existir un cierto grado de incertidumbre entre lo que los alumnos explicitaron en ellas y su conocimiento interno (Oliva Martinez, 1999); y nos compromete con la afirmación de Laurence Viennot (1989; p.7) "*…la didáctica debe contribuir, por contraste, a que no se confunda convicción compartida con resultados demostrados*".

Agradecimiento: este trabajo se realizó en el marco del proyecto 16Q-479 UNaM-CAI+D 2011.

REFERENCIAS

Ausubel, D., Novak, J.; Hanesian, H. (1991) *Psicología Educacional, un punto de vista cognitivo*. 5ta. Reimpresión. Trillas. México.

Bohigas, X. y Periago, C (2010). Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el Campo eléctrico. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. México, v.12.n.1, p. 1-19. Disponible en: http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/155/15513269003.pdf Consulta 31 jul. 2011.

de Pro Bueno, A. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la Física. En Jiménez A (coord) *Enseñar Ciencias.* España. GRAÓ, p.175-202.

Díaz, E. (2010) *Metodología de la Ciencias Sociales*. Biblos.Argentina.

Furió, C. y Guisasola, J. (1999) Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de la Ciencias.* v.17, n.3, p.441-452.

Furió, C. y Guisasola, J. (2001) La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de la Ciencias*. v.19, n.2. p. 319-334.

Greca, I. y Moreira, M. (1998) Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de la Ciencias.* v.16, n.2, p.289-303.

Guisasola, J.; Zubimendi, J.; Almundí, J. y Cebereiro, M (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad: estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias.* v.26, n.2, p.177-192.

Gutierrez, F.; García Madruga, J.; Jonson-Laird, P. y Carriedo, N. (2002) Razonamiento con condiciones múltiples. La perspectiva de los modelos mentales. Anuario de Psicología. Vol 33, nº. 1, p. 3–24

Halloun, I. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Science Teaching, 33* (9), p. 1019-1041

Johnson -Laird, P. (1980) Mental Models in Cognitive Science. *Cognitive Science*, 4, p.71-115. En: http://mentalmodels.princeton.edu/papers/1980mmcogsci.pdf Consulta 5 de sep 2012.

Johnson-Laird, P., Girotto, V. y Legrenzi, P. (1999) Modelli mentali: una guida facile per il profano. *Sistemi Intelligenti*, 9, p.63-84

Johnson-Laird, P. (2010) Mental models and human reasoning. PNAS. *Proceedings of de National Academy of Sciences of the Unites States of America.* En www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1012933107 Consulta 5 de sep 2012.

Llancaqueo, A., Caballero, C., Moreira, M. (2003) El concepto de campo en el aprendizaje de la Física y en la investigación en educación en ciencias. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 2, Nº 3. p. 227-253.

Moreira, M. (1997) Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. En *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Moreira, M.A., Caballero, M.C. y Rodríguez, M.L. (orgs.) Burgos, España. pp. 19-44. Traducción de Mª Luz Rodríguez Palmero.

Moreira, M; Greca, I. y Rodríguez Palmero, M. (2002) Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las Ciencias. *Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências*, 2(3) p. 84-96.

Nava, M.; Arrita, X. y Flores, M. (2008) Ideas previas sobre carga, fuerza y campo eléctrico en estudiantes universitarios. Consideraciones para su superación. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales.* Universidad Rafael Belloso Chacín (Venezuela). Vol. 10 (2).p. 308-323. En http://virtual.urbe.edu/artectexto/TEL/TEL-028/TEL-028-006/texto.pdf Consulta 17 de agosto de 2012

Oliva Martínez, J. (1999) Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias.* v.17, n.1, p. 93-107.

Otero, M. (2004) Imágenes y Enseñanza de la Física: una visión cognitiva. Memorias del SIEF 7. Santa Rosa. La Pampa. p. 536-537.

Pozo, J. (1994) *La solución de problemas.* Santillana. Madrid.

Pozo, J. (2007) Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional. En Pozo, J. y Flores, F. (ed.) *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia.* Antonio Machado Libros, Madrid. OREALC-UNESCO/Universidad de Alcalá.

Pozo, J y Gómez, M. (2000) *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico***.** Morata. Madrid.

Rivera Juárez, J.; Madrigal Melchor, J.; Enciso Muñoz, A. y López Chávez J. (2011) Persistencia de las ideas previas sobre Electricidad de los alumnos de la Licenciatura de Física de la Universidad Autónoma de Zacatecas. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 5, No. 2, p.537-542

Sandoval, M. y Mora, C. (2009) Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 3, No. 3*,* p.647-655*.*

Sautu, R.; Boniolo, P., Dalle, P. y Elbert, R. (2010) *Manual de metodología: construcción de marcos teóricos, formulación de objetivos y elección de la metodología.* 1 ed. Prometeo Libros. Bs. As.

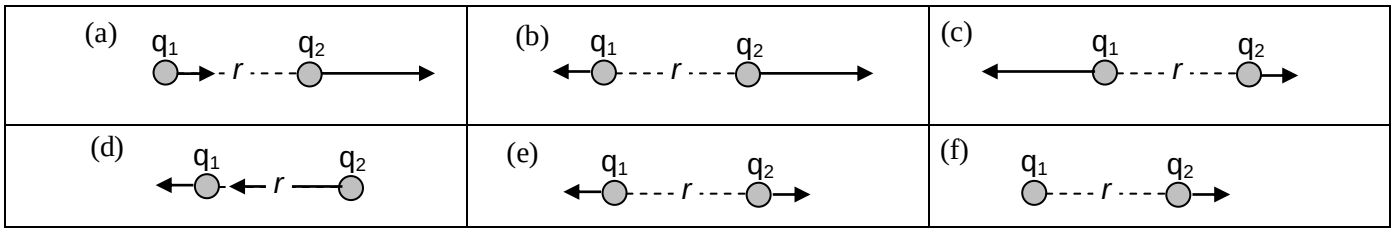
Velazco, S. y Salinas, J. (2001) Comprensión de los conceptos de campo, energía y potencial eléctricos y magnéticos en estudiantes universitarios*. Revista Brasileira de Enseñanza de la Fisica.* São Pablo, Brasil. v.23, n.3, p.308-318.

Viennot, L. (1989) La Didáctica en la enseñanza superior. ¿Para qué? *Enseñanza de las Ciencias.* Barcelona. v.7, n.1, p. 3-13.

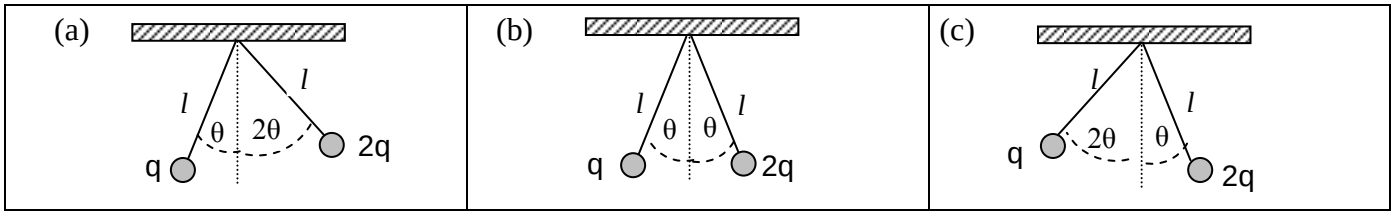
Weimer, R. (2003). *Estadística*. 1 ed. CECSA. México.

ANEXO

1: Dos cargas puntuales con $q_1 = +3\ \mu C$ y $q_2 = +1\ \mu C$ están separadas un distancia *r*. Indica el diagrama que represente correctamente la magnitud, dirección y sentido de la fuerza de interacción electrostática.



2: Dos esferas pequeñas de plástico que tienen el mismo peso y están cargadas positivamente, una el doble de la otra, pueden ser consideradas cargas puntuales. Señala el diagrama que indica correctamente la situación de equilibrio de las esferas.

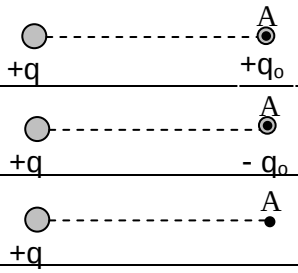


3: Dibuja el vector que representa el campo eléctrico creado por una carga puntual positiva (**+q**) en el punto A en cada una de las siguientes situaciones:

(a) En A hay una carga puntual positiva $+q_o$

(b) En A hay una carga puntual negativa $-q_o$

(c) En A no hay ninguna carga

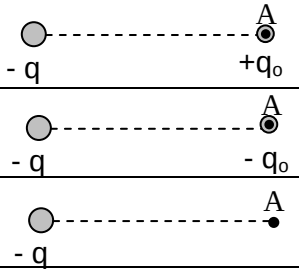


4: Dibuja el vector que representa el campo eléctrico creado por una carga puntual negativa (**-q**) en el punto A en cada una de las siguientes situaciones:

(a) En A hay una carga puntual positiva $+q_o$

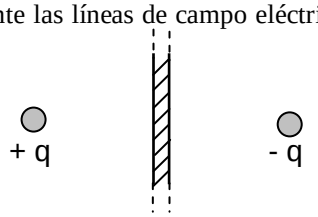
(b) En A hay una carga puntual negativa $-q_o$

(c) En A no hay ninguna carga

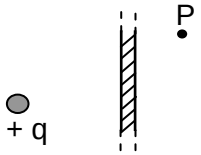


5: Dibuja las líneas de campo eléctrico para dos cargas de igual valor absoluto y signos diferentes

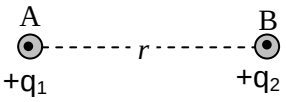
6: Entre esas dos cargas se interpone una placa infinita de madera como muestra la figura. Dibuja nuevamente las líneas de campo eléctrico para las mismas cargas.



7: La figura muestra una carga positiva **q** ubicada a cierta distancia de una placa infinita de madera. ¿Produce la carga **q** campo eléctrico en el punto P, ubicado detrás de la placa? Explica tu respuesta.



8: Tenemos dos cargas puntuales q_1 y q_2 positivas, siendo $q_1 > q_2$, situadas en los puntos A y B, separadas una distancia *r*.



8.1: ¿La fuerza F_{12} que ejerce q_1 sobre q_2 es mayor, menor o igual que la fuerza F_{21} que ejerce q_2 sobre q_1?

(a) $F_{12} > F_{21}$	(b) $F_{12} < F_{21}$	(c) $F_{12} = F_{21}$

8.2: ¿El campo eléctrico E_1 creado por q_1 en el punto B es mayor, menor o igual que el campo E_2 creado por la carga q_2 en A?

(a) $E_1 > E_2$	(b) $E_1 < E_2$	(c) $E_1 = E_2$

CONTRIBUCION DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA ELECTROSTATICA

Garcia, Daiana; Stipcich, Silvia

Núcleo Educación en Ciencias con Tecnologías (ECienTec)- Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Bs. As.

dana_e17@hotmail.com; silcich@hotmail.com

RESUMEN

Las nuevas tecnologías concebidas como herramientas de impacto en la sociedad actual, entre los que podemos destacar principalmente los software educativos, constituyen una herramienta valiosa, si son acompañadas por una propuesta didáctica especialmente diseñada. El objetivo de este trabajo es identificar los alcances del empleo de los applets en la enseñanza de la electrostática, ya que, este campo conceptual, así como muchos otros, presenta grandes dificultades en el aula. Para ello se realizará una revisión de recursos de acceso libre disponibles en la web, y se caracterizarán buscando identificar aspectos que puedan contribuir a redimir estos obstáculos. Finalmente, se propondrá a modo de ejemplo una breve propuesta didáctica que permita apreciar una posible implementación de los applet en la clase de Física.

ABSTRACT

The new technologies designed as tools of impact in the society, between the ones we can highlight above all educational softwares, represent valuable tool especially if they are accompanied by a didactic proposal. The point of this study is to identify the reach of the applets used in electrostatics teaching, since, this conceptual field as well as many others, presents big difficulties in the classroom. This will involve a review to identify open access resources available on the web, seeking to identify and characterize aspects that may contribute to redeem these obstacles. Finally, we propose as an example a brief didactic allowing assessment of a possible implementation of applets in physics class.

PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE ACTIVO EN TEMAS DE ELECTRODINÁMICA

Reynoso Savio, M. Fernanda; Girelli, Marina; Glusko, Cristian A.; Dima, Gilda N.

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UNLPam

mfer_reynososavio@yahoo.com.ar

RESUMEN

El estímulo del aprendizaje activo y reflexivo se hace cada vez más necesario en nuestras clases. Colabora con el alcance de una lógica de pensamiento que permite al alumno desenvolverse hábilmente en otros contextos. Las prácticas de laboratorio se vuelven un ámbito imprescindible donde poner en ejercicio esta tarea.

En el marco de un trabajo de investigación se desarrolla una estrategia didáctica con alumnos de nivel secundario enmarcada en el Aprendizaje Activo. Se presenta en este trabajo una guía de Trabajo Práctico de Laboratorio implementada en el tema Resistencia en función de las dimensiones, junto con el análisis y las conclusiones de su implementación durante el ciclo lectivo 2011.

Palabras Clave: Aprendizaje Activo; Experiencias de laboratorio en Nivel Polimodal; Estrategia Didáctica; Electrodinámica.

ABSTRACT

The encouragement of active and reflexive learning is increasingly necessary in our classes. It collaborates with the achieving a type of thinking logic that allows the student to skillfully manage in other contexts. The practices at the laboratory become an essential field where this task can be put into practice.

Within the frame of a research work, a didactic strategy with students of Secondary Level is developed enshrines in Active Learning. A guide of Laboratory Practice Paper implemented under the topic of Resistance on the basis of dimensions, together with the analysis and conclusions of its implementation during the school year 2011, is presented.

Keywords: Active Learning; Laboratory experiences at Polimodal Level; Didactic Strategy; Electrodynamics.

INTRODUCCIÓN

La reflexión sobre cuál es el propósito de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales conduce a un debate profundo y sostenido entre quienes tenemos la tarea de formar ciudadanos competentes para el desarrollo de su vida en sociedad (Dumrauf, 2006).

El avance tecnológico y la mayor complejidad y heterogeneidad del contexto social que nos rodea obligan a los docentes a estar inmersos en un proceso de cambio dinámico (Mellado Jiménez, 2004; Campanario, 2003; Raviolo et al., 2011) ya que nuestra actividad debe, entre otras cosas, preparar a los alumnos para su desempeño social.

Las tendencias actuales en investigación de la física nos indican que es necesario un cambio en los roles del profesor y del alumno tanto como en el currículum y el quehacer áulico (Gil Pérez, 1994; Furió Más, 1994). En efecto, la organización secuencial de las distintas actividades, acciones de quien aprende y quien enseña, material de estudio, recursos, etc., influyen en el aprendizaje de los estudiantes (Tibergheim y Malkoun, 2008).

Las ideas previas juegan un papel de suma importancia a la hora de planificar nuestra tarea de aula; podemos reflotarlas a partir de cuestionarios, pre test, discusión en pequeños grupos, cuestiones, etc. En cuanto a los pre-tests, para que ellos cumplan con su propósito, deben estar bien planteados y controlados, no se debe improvisar y corresponde disponer de tiempo suficiente para su implementación (Dima et al., 2012).

Por otra parte, las experiencias de laboratorio deben ser revisadas. A pesar de que las prácticas tradicionales tienen importancia en la enseñanza de la Física, docentes y alumnos las perciben únicamente como etapas de "verificación" de leyes y/o resultados, donde el estudiante desempeña un rol pasivo (Petrucci et al., 2006; Beney y Séré, 2001; Salinas, 1996). Es posible, basándonos en la Teoría Constructivista, revertir esta situación favoreciendo tanto el rol activo de quien aprende como su interés en el proceso de aprendizaje.

Con el presente trabajo se pretende mostrar una estrategia elaborada con el fin de contribuir a mejorar la participación y aceptación, por parte de los estudiantes, de la actividad experimental. Para ello recurrimos, en primer lugar, a la búsqueda de información brindada en investigaciones realizadas para no incurrir en errores metodológicos ya estudiados y conocidos (Petrucci y Cappanini, 2002). Adoptamos la metodología de aprendizaje activo de la física. El rol del estudiante deja de tener un sesgo pasivo para pasar a ser activo, actitud que está ausente en la metodología de trabajo tradicional. Los estudiantes, trabajando en pequeños grupos, exponen sus ideas y llegan a un acuerdo sobre cómo desarrollar la actividad experimental. Esta tarea colaborativa es ampliamente reconocida como un ámbito en el cual los estudiantes manifiestan sus ideas sin temores y sobre la base de la interacción entre pares, van dando forma final a los conceptos estudiados (Reigosa y Jiménez Aleixandre, 2011).

MARCO TEÓRICO

Las prácticas de laboratorio constituyen un ámbito de enseñanza que favorece el crecimiento del alumno (Petrucci et al.ob cit., 2006; Ferreiros y Ordoñez, 2002; Beney y Séré ob cit., 2001; Salinas ob cit., 1996). Sin embargo, la falencia de los laboratorios tradicionales radica en no contribuir en el aprendizaje de conceptos y procesos propios de la ciencia (Ayala et al., 2012; Dima et al., 2007), determinando que se trate de una pérdida de tiempo, ya que se presentan situaciones ideales en las que los estudiantes sólo "verifican" los conceptos estudiados en clase. Los jóvenes tienen un rol pasivo y acrítico impidiendo que alcancen mejores resultados.

Bajo esta mirada se hace necesario reestructurar las experiencias de laboratorio de manera que permitan a los alumnos la construcción efectiva de su propio aprendizaje. El estudiante debe posicionarse como parte activa e interesada en el proceso de aprendizaje (Hüber, 2000). Se deben considerar sus ideas previas para la construcción de los nuevos significados (Manjarrez et al., 2011; Pathare y Pradhan, 2010; Bilal y Erol, 2009; Sirur Flores y Benegas, 2006; de Andrea González y Gómez Gómez, 2006). El estudiante debe ser parte del trabajo responsabilizándose en la lectura previa de la guía, comprometiéndose en la práctica, diseñando la experiencia, manipulando el material y participando de discusiones (Dima et al. ob cit., 2007).

Como propuesta para contribuir al logro de este cambio, se presenta una estrategia de trabajo de laboratorio basada en el aprendizaje activo, donde el centro de atención se coloca en quién aprende, el alumno: *el alumno como responsable de su propio aprendizaje* (Benegas y Villegas, 2006). Esta estrategia de enseñanza se fundamenta en el trabajo en grupos cooperativos y en la resolución de problemas que involucren directamente al alumno (Heller y Heller, 1999). Esto promueve una situación de aplicación fuera del ámbito áulico, a la que deberá darse respuesta mediante la secuencia *Predecir, Observar y Contrastar*, fuertemente utilizada en las aproximaciones del aprendizaje activo de la física.

Mostramos también algunos resultados que surgen del análisis de los datos recolectados con listas de control, para procedimientos y actitudes y escala de evaluación para aspectos conceptuales, siendo éstos, según Tenbrink (1999), los instrumentos más fiables y objetivos al momento de evaluar los contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales.

MÉTODOLOGIA

Los alumnos con quienes se desarrolló la propuesta se encontraban cursando el 2° año del Nivel Polimodal con orientación en Ciencias Naturales, del Colegio Provincia de La Pampa, de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, Argentina. La muestra se compuso de un total de veintitrés (23) alumnos, quienes fueron agrupados de manera aleatoria para el trabajo de laboratorio. Se llevó a cabo una investigación por comparación de grupos, uno es identificado como grupo control (GC), de diez (10) alumnos, y el otro como grupo experimental (GE), de trece (13) alumnos.

En el primer cuatrimestre del año, se estudiaron los conceptos de calor, temperatura y energía interna y en el segundo cuatrimestre se estudian los conceptos de electrodinámica. Los estudiantes pertenecientes al grupo control desarrollaron desde el inicio del año experiencias de laboratorio con guías tradicionales, en tanto que el grupo experimental lo hizo con material especialmente preparado para fomentar el aprendizaje activo (Dima et al. ob cit., 2007).

En las guías de aprendizaje activo intentamos plantear el trabajo de laboratorio con una aproximación que apunte a unificar conceptos, procedimientos y técnicas de trabajo y que no quede en el mero hecho de ser una etapa de "verificación" de conceptos y/o leyes físicas.

En los Cuadros 1 y 2 se pueden observar las características de las guías empleadas (tradicional y para el aprendizaje activo).

Guía de Estructura Tradicional:

- Se presenta un texto que ofrece una breve explicación teórica de los conceptos y/o leyes a ser comprobados.
- Se explicita el objetivo a verificar, qué características reúnen los equipos a utilizar, qué metodología de trabajo se va a seguir para el trabajo experimental, cuáles son las magnitudes que se deben medir y cuáles las que se deben calcular.
- Se pide a los alumnos que realicen un cálculo y un análisis de los errores de los datos experimentales obtenidos. Finalmente se solicitan conclusiones y la redacción de un informe final grupal sobre la práctica realizada.

CUADRO 1: Características de la Guía de Laboratorio de Estructura Tradicional

Guía para el Aprendizaje Activo:

- Se presenta al estudiante inicialmente un problema cuyo contexto debería serle familiar, y para resolverlo necesita mediciones experimentales. El grado de complejidad del problema debe ser tal que no le permita al alumno realizarlo por sí solo.
- Las actividades que los estudiantes deben realizar constan de las siguientes etapas:

Predicción: se realiza como tarea previa al laboratorio. El objetivo es que los estudiantes piensen críticamente en la física del problema, dando respuesta individualmente a una serie de preguntas referidas a los conceptos necesarios para dar solución al problema. Una vez en el aula de laboratorio deben discutir sus predicciones junto a sus compañeros de comisión, para resolver las inconsistencias que pudieran presentarse.

Método: también se realiza como tarea previa y de manera individual. Aquí los estudiantes piensan el diseño experimental que les permita dar respuesta al problema inicial. Deben explicitar también las precauciones a tener en cuenta para la toma de los datos experimentales.

Procedimiento Experimental: en esta etapa se acuerda por grupos de trabajo el armado del equipo, organización y precauciones para con la tarea experimental.

CUADRO 2: Características de la Guía de Laboratorio para el Aprendizaje Activo

Para el estudio de los conceptos de electricidad se diseñaron y realizaron tres (3) experiencias de laboratorio: Ley de Ohm, Resistencia en función de las dimensiones y Transformación de Energía eléctrica en térmica. Aquí nos ocuparemos de la segunda experiencia presentando el modelo de guía experimental y el pre test correspondiente. Además exponemos algunos resultados (Reynoso Savio et al., 2011; Dima et al., 2011).

Para la toma de datos recurrimos a:

Observación no participante: las clases experimentales fueron observadas, en su totalidad, por unos de los autores del presente trabajo. Se registraron los aspectos más relevantes. Las planillas de recolección de datos estuvieron constituidas por tres instrumentos separados, uno para cada tipo de contenido: conceptual, procedimental y actitudinal. Para los contenidos procedimentales y actitudinales se registraron características de cada alumno por separado durante la práctica. Para los contenidos conceptuales la escala de evaluación permitió, con posterioridad a la clase, el análisis de ítems presentes en los informes finales de laboratorio realizados por grupos (Reynoso Savio et al., 2009).

Etapa de predicción y método: Fueron implementadas para el GE en el ámbito del laboratorio al comienzo de cada una de las experiencias. Las mismas forman parte de la guía práctica de laboratorio basada en el aprendizaje activo (Anexo I).

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Resultados de respuestas etapa de predicción y método

Como hemos mencionado, los alumnos del GE trabajaron con una guía cuyo diseño implica una etapa previa de predicción y diseño del método de trabajo. En las Tablas 1 y 2 se registran los porcentajes obtenidos para cada pregunta.

De la etapa de Predicción (Tabla 1) podemos destacar que un 77% de los alumnos reconoce la relación correcta entre la resistencia y la longitud de un conductor, mientras que para la relación entre la resistencia y el área de la sección transversal del conductor, sólo lo hacen un 8%, lo cual representa a un único alumno. No obstante cabe destacar que, si bien un alto porcentaje (69%) reconoce el decaimiento de la medida de la resistencia con el área, no lo hacen con la relación matemática adecuada.

Por otro lado, un 69% logra reconocer la diferencia en la resistencia de cada conductor según el material con el cual se trabaje.

PREGUNTA	**PREDICCIÓN**			
1	77% LINEAL CRECIENTE	7,7% 1/l DECRECIENTE	15% NO CONTESTA	
2	8% 1/S DECRECIENTE	69% LINEAL DECRECIENTE	8% CUADRÁTICA DECRECIENTE	15% NO CONTESTA
3	69% LA RESIETNCIA ELÉCTRICA ES DIFERENTE POR EL MATERIAL. POR LO TANTO POSEEN DISTINTA RESISTIVIDAD	31% NO CONTESTA		

TABLA 1: Porcentajes de respuestas dadas por el GE correspondiente a la etapa de Predicción.

Por otro lado, en la etapa de diseño del método a implementar, se observa que un 69% logra plasmar en un esquema la situación problema. Un 92% determina que se va a medir la resistencia del conductor. En su mayoría logran reconocer una o más precauciones a tener en cuenta y la necesidad de realizar varias mediciones con el propósito de minimizar el error.

Estas características ponen en evidencia que la etapa de predicción favorece el alistamiento de los estudiantes para con la tarea experimental.

PREG.	MÉTODO				
1	69% REALIZA ESQUEMA	31% NO REALIZA ESQUEMA			
2	92% MEDIRÍA LA RESISTENCIA	8% NO CONTESTA			
3	8% LAS PRECAUCIONES SON QUE EL CIRCUITO ESTÉ CERRADO, QUE LA MEDICIÓN ESTÉ CUIDADA (DETERMINANDO EL MÍNIMO ERROR), Y QUE SE UTILICE BIEN EL TESTER.	54% LAS PRECAUCIONES SON QUE EL CIRCUITO ESTÉ CERRADO, Y QUE LA MEDICIÓN ESTÉ CUIDADA (DETERMINANDO EL MÍN. ERROR)	15% LAS PRECAUCIONES SON QUE EL CIRCUITO ESTÉ CERRADO, Y QUE SE UTILICE BIEN EL TESTER.	15% LAS PRECAUCIONES SON QUE EL CIRCUITO ESTÉ CERRADO,	8% NO CONTESTA
4	54% LO NECESARIO (3 O 4 VECES)	23% VARIAS	23% NO CONTESTA		

TABLA 2: Porcentajes de respuestas dadas por el GE correspondiente a la etapa de Método.

Resultados y análisis de observaciones no participantes sobre actitudes, procedimientos y conceptos.

Habiendo realizado el registro de datos mediante instrumentos validados, que permiten la observación de las actitudes y procedimientos de cada alumno durante el trabajo en clase, como así la mirada detallada sobre los informes escritos, se procede a analizar y comparar el desempeño de ambos grupos.

Indicador / Grupo	GC (% sobre un total de 10 alumnos)	GE (% sobre un total de 13 alumnos)
a. Llega a la hora indicada	80%	100%
b. Trae la guía de laboratorio	80%	100%
c. Tiene presente los objetivos de la actividad	60%	54%
d. Planifica su tarea	30%	46%
e. Toma iniciativa en la tarea	40%	46%
f. Demuestra empeño y perseverancia al realizar la actividad	60%	31%
g. Formula hipótesis	10%	31%
h. Establece relaciones entre los hechos	70%	62%
i. Detecta posibles fuente de error	20%	54%
j. Se esfuerza por superar sus errores	10%	38%
k. Evita conclusiones prematuras	10%	23%
l. Es responsable, preciso y crítico en su trabajo	60%	92%
m. Es preciso en el lenguaje utilizado	10%	46%
n. Consulta cuando lo necesita	70%	85%
ñ. Hace más de lo que se le pide	10%	31%
o. Participa permanentemente	40%	77%
p. Organiza y lidera	20%	39%
q. Tiene buena comunicación con docentes y compañeros	90%	92%
r. Reconoce méritos de otros grupos	20%	23%
s. Presenta su tarea	100%	100%

TABLA 3: Porcentajes comparativos de actitudes que se perciben en los alumnos del GC y el GE durante la práctica de laboratorio.

En lo que respecta a los contenidos actitudinales no se observan, en general, diferencias muy marcadas entre ambos grupos, tal como lo refleja la Tabla 3.

Así es que, los alumnos del GE demuestran mayor responsabilidad concurriendo a la hora adecuada y trayendo la guía correspondiente. Simultáneamente, como lo indica el ítem i, existe un 92% de los alumnos del GE, contra un total del 60% del GC, que son responsables, precisos y críticos frente a la tarea. Esto mismo se logra distinguir en los ítems m, n, ñ y o, donde los porcentajes más altos en el GE indican mayor precisión en el uso del lenguaje, consulta y participación continua y desempeño más allá de lo que se solicita en la práctica. Sin embargo, ambos grupos presentan buena comunicación con los docentes y los demás compañeros y se responsabilizan en presentar su tarea. Además, el GC supera al GE en lo expresado en los ítems c, f y h, referidos a ocuparse de la actividad a desarrollar.

En la Tabla 4, se destaca una comparación entre ambos grupos (GC y GE) para contenidos procedimentales. En este caso, los porcentajes favorecen la forma de trabajo mediante Aprendizaje Activo. Los alumnos del GE, fueron capaces de identificar las partes del problema, representar la situación y a partir de allí establecer predicciones y elaborar un diseño acorde con la resolución del mismo. Pudieron realizar mediciones con exactitud, sintetizar, extraer conclusiones, lo cual lleva a un incremento en la utilización del vocabulario propio de la disciplina.

Indicador / Grupo	GC (% sobre un total de 10 alumnos)	GE (% sobre un total de 13 alumnos)
a. Identifica el problema, sus partes y las variables	40%	100%
b. Representa esquemáticamente la situación	0%	77%
c. Hace predicciones e hipotetiza	0%	85%
d. Selecciona los instrumentos adecuados	20%	31%
e. Mide en forma precisa	50%	92%
f. Organiza los datos obtenidos	60%	77%
g. Identifica posibles fuentes de error	10%	62%
h. Sintetiza el procedimiento y extrae conclusiones	30%	54%
i. Elabora el trabajo final incluyendo la información solicitada	100%	100%
j. Utiliza el lenguaje específico de la disciplina	10%	100%

TABLA 4: Porcentajes comparativos de procedimientos que se perciben en los alumnos del GC y el GE durante la práctica de laboratorio.

Indicador / Grupo	GC (% sobre un total de 5 grupos)				
	E	MB	B	R	D
a. Claridad en las ideas	0%	40%	20%	0%	40%
b. Precisión en el significado de los términos	0%	20%	40%	20%	20%
c. Expresión en el lenguaje científico de la disciplina	0%	20%	40%	20%	20%
d. Ortografía	0%	40%	0%	40%	20%
e. Secuencia de las ideas o redacción estructurada	0%	20%	40%	20%	20%
f. Validez de las conclusiones	0%	40%	20%	0%	40%
g. Relación entre las conclusiones y el desarrollo	0%	20%	40%	0%	40%
h. Adecuada cantidad de detalles	0%	0%	60%	0%	40%
i. Presentación en tiempo y forma	20%	20%	40%	0%	20%
j. Empleo de gráficos y/o ilustraciones	0%	60%	20%	20%	0%
Indicador / Grupo	**GE (% sobre un total de 4 grupos)**				
	E	**MB**	**B**	**R**	**D**
a. Claridad en la formulación de objetivos	50%	50%	0%	0%	0%
b. Claridad en las ideas	50%	50%	0%	0%	0%
c. Precisión en el significado de los términos	50%	25%	25%	0%	0%
d. Expresión en el lenguaje científico de la disciplina	25%	50%	25%	0%	0%
e. Ortografía	0%	75%	25%	0%	0%
f. Secuencia de las ideas o redacción estructurada	25%	25%	50%	0%	0%
g. Validez de las conclusiones	0%	75%	25%	0%	0%
h. Relación entre las conclusiones y el desarrollo	0%	75%	25%	0%	0%
i. Adecuada cantidad de detalles	0%	50%	25%	25%	0%
j. Presentación en tiempo y forma	0%	75%	25%	0%	0%
k. Empleo de gráficos y/o ilustraciones	0%	75%	25%	0%	0%

TABLA 5: Porcentajes comparativos de características que se observan en el informe final de Laboratorio entregado por los alumnos del GC y el GE luego de la práctica, (Escala de graduación: E (Excelente), MB (Muy Bien), B (Bien), R (Regular), D (Deficiente)).

Un último análisis respecto a los contenidos conceptuales, puede establecerse mediante la lectura de los informes escritos grupales entregados con posterioridad a la práctica. Cabe destacar que el total de los alumnos del GC se dividió en 5(cinco) grupos y el GE en 4(cuatro) grupos de trabajo. Se evaluó cada característica presente en el informe con una escala de graduación especificada por: E (Excelente), MB (Muy Bien), B (Bien), R (Regular), D (Deficiente). En la Tabla 5, se advierte que el GE tiene mayor claridad en las ideas, cuestión que atribuimos al problema rico en contexto que encabeza la práctica. Simultáneamente existe una notoria precisión en el significado de los términos, adecuada cantidad de detalles y relación entre las conclusiones y el desarrollo.

Aclaraciones adicionales realizadas por observadores no participantes, reconocen que el GC presenta un alto grado de dependencia del docente. Les cuesta iniciar la actividad por si solos. A pesar de trabajar con una guía de laboratorio detallada no leen las consignas, no hacen un análisis profundo de la situación, y les resulta difícil graficar e interpretar los datos obtenidos en la experiencia No presentan interés y parecen no entender para qué se realiza la actividad experimental. Esto se percibe en los informes finales, los cuales son breves y presentan pocos detalles.

En general, el GE toma la iniciativa intentando dar respuesta al problema del tío Luis. Utilizan herramientas matemáticas para intentar resolverlo y armar el diseño. Una vez realizada la experiencia retoman la situación problema para darle respuesta, tienen poca dificultad para realizar y leer los gráficos, logran reconocer diferencias entre las predicciones y los registros de la práctica. Comentan que les fue de utilidad la puesta en común inicial, lo cual se logra reconocer en los informes finales, por medio del lenguaje utilizado y la secuencia adecuada de ideas.

CONCLUSIONES

En base al análisis realizado podemos establecer que, para esta tarea experimental, existen mejoras en el nivel alcanzado por el grupo donde se aplicó la estrategia basada en el Aprendizaje Activo. Al final de esta actividad se lograron percibir algunas características en el GE tales como:

- El trabajo basado en la secuencia predecir, observar y contrastar ayudó a que el estudiante se posicione verdaderamente como parte activa en el proceso de aprendizaje, construyendo nuevos significados.
- Se favoreció un trabajo grupal más cooperativo, donde todos los integrantes tuvieron su lugar y fueron igualmente reconocidos.
- Se alcanzó una transposición a otros ámbitos fuera del áulico.
- Los alumnos mostraron compromiso e interés con la práctica.
- Existió un diálogo fundamentado, con implementación y ampliación de vocabulario específico.
- Hubo menor dificultad en la lectura y el análisis de gráficos.
- Los estudiantes se desenvolvieron con mayor independencia.

Estos aspectos nos conducen a pensar que los estudiantes que conformaron el GE han podido desarrollar esta tarea con mayor habilidad que aquellos que integraron el GC.

Queda por verificar, en trabajos posteriores, si la implementación de esta metodología de trabajo durante todo el año, determina que el alumno esté habituado a la misma y alcance un aprendizaje más profundo y crítico.

REFERENCIAS

Ayala, M. M.; Malagón, J. F. y Sandoval, S. (2011). Magnitudes, medición y fenomenologías *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 24, Nº 1, pp. 43-54.

Benegas, J. y Villegas, M. (2006). La enseñanza Activa de la Física: la experiencia en la UNSL. IX Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física, San José de Costa Rica, Costa Rica.

Beney, M. y Séré, M. G. (2001). Entre réussir et comprendre ou de l'effet des consignes opératoires sur la compréhension des procédures de mesurage en TP de physique de 1r. cycle universitaire. *Didaskalia,* 19, pp. 9-37.

Billal, E. y Erol, M. (2009).Investigating students´conceptions of some electricity concepts, *Latin American Journal of Physics Education* 3, pp. 193-201

Campanario, J. M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), pp. 319-328.

de Andrea González, A. y Gómez Gómez, A. (2006). La enseñanza de física de 2º de bachillerato mediante el aprendizaje significativo y funcional: algunos fenómenos electrostáticos. *Alambique 47, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 102-110.

Dima, G.; Benegas, J. y Willging, P. (2007). Las experiencias de laboratorio como estrategia para favorecer el cambio conceptual en estudiantes de física básica. *Tesis de Maestría en Enseñanza de la Física.* Defendida en la Facultad de Ciencias Físico, Química y Matemáticas, Universidad Nacional de San Luis, Argentina.

Dima, G., Girelli, M., Reynoso Savio, M. F. (2011). Aprendizaje activo de la física en alumnos de nivel secundario: pre test de laboratorio sobre transformación de energía eléctrica en térmica. *Libro de Resúmenes del 4to Taller Regional de Cono Sur sobre Aprendizaje Activo: Termodinámica y Fluidos (AATyF). 4ta Conferencia Regional del Cono Sur sobre Aprendizaje Activo de la Física (CRAAF-4).* p23. La Falda, Córdoba.

Dima, G.; Girelli, M. y Reynoso Savio, María Fernanda. (2012). Aprendizaje activo de la física en alumnos de nivel secundario: Pre test de laboratorio sobre transformación de energía eléctrica en térmica*. Latin American Journal of Physics Educucation,* Vol. 6, No. 1, pp. 143-147.

Dumrauf, A. (2006). La mirada de los otros: algunas preguntas y reflexiones para un debate necesario acerca de la educación en ciencias. *Memorias en CD Octavo Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF8)*, pp. 323-330.

Ferreiros, J. y Ordoñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación*. Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), pp. 47-86.

Furió Más, C. J. (1994). Tendencias actuales en la formación del Profesorado de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 188-199.

Gil Pérez, D., (1994). Diez años de investigación en Didáctica de las Ciencias. Realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 154-164.

Heller, P. and Heller, K. (1999). *Cooperative Group Problem Solving in Physics*, University of Minnesota.

Hüber, G. (2000). *Aprendizaje Activo en Contextos desarrollados*, U. Barcelona.

Manjarrez, J. A.; Alejo, C. A. y Slisko, J. (2011). Ideas previas de estudiantes de bachillerato sobre el movimiento del planeta Tierra y su relación con la visión teleológica. *Latin American Journal of Physics Educucation,* 5(1), pp.225-231.

Mellado Jiménez, V. (2004). ¿Podemos los profesores de Ciencias cambiar nuestras concepciones y prácticas docentes? VI Jornadas Nacionales y I Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología.

Pathare S. R., and Pradhan H. C. (2010). Students'misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Publishing Ltd Physics Education,* 45 (6), pp.629-634.

Petrucci, D. y Cappannini, O. (2002). La innovación sistemática. Documento interno inédito del Taller de Enseñanza de Física. Universidad Nacional de La Plata.

Petrucci, D.; Ure, J. y Salomone, H. (2006). Cómo ven a los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 19(1), pp. 7-20.

Raviolo, A.; Álvarez, M. y Aguilar, A. (2011). La hoja de cálculo en la enseñanza de la Física: re-creando simulaciones. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 24, Nº 1, pp. 97-107.

Reigosa, C. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). Formas de actuar de los estudiantes en el laboratorio para la fundamentación de afirmaciones y propuestas de acción. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), pp. 023-034.

Reynoso Savio, M.; Girelli, M.; Dima, G. (2009). Instrumentos para evaluar actividades de laboratorio en física: su construcción y validación. *Memorias en CD de la XVI Reunión Nacional de Educación en Física (REF XVI)*. San Juan, Argentina. 12p. Posterior Comunicación oral.

Reynoso Savio, M.; Girelli, M.; Dima, G. (2011). Propuesta de laboratorio sobre la Ley de Ohm y circuitos eléctricos. Una mirada desde el aprendizaje activo. Memorias en CD Décimo Séptima *Reunión Nacional de Educación en Física (REF XVII).* Villa Giardino, Córdoba. 11p.

Salinas, J. (1996). Los prácticos de Física Básica en laboratorios universitarios. Tesis Doctoral. *Revista de Enseñanza de la Física*. Volumen Extraordinario.

Sirur Flores, J. y Benegas, J. (2006). Retención de los conceptos de circuitos eléctricos a un año de la instrucción: Aprendizaje Activo vs. Enseñanza Tradicional. *Resúmenes en CD. Octavo Simposio de Investigación en Física (SIEF8)*, Trabajo 22, pp. 188-197. Gualeguaychú, Entre Ríos.

Tenbrink, T. D. (1999). *Evaluación. Guía práctica para profesores*, Madrid, España.

Tiberghiem, A. y Malkoun, L. (2008). Análisis de clases de Física en la escuela secundaria a partir de registros de video. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol 21, N°2, pp. 11-22.

Anexo I: Guía de Laboratorio para el Aprendizaje Activo: "Resistencia eléctrica en función de las dimensiones

TRABAJO DE LABORATORIO: RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE LAS DIMENSIONES

Tu tío Luis es electricista y se encuentra trabajando en una empresa de la ciudad. El jefe de su sección le plantea la siguiente situación:

"*Don Luis, la empresa va a presentarse a una licitación, que debe ganar por supuesto. La empresa debe instalar una línea eléctrica para unir dos edificios distantes 50 m destinada a hacer funcionar un motor que opere, con una tensión de alimentación de 220 V y una tensión (de salida) entre los bornes del motor que no puede sobrepasar el 3% de la tensión de la red de alimentación.*

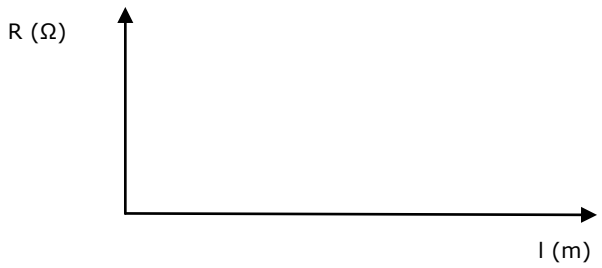
Como usted se imaginará debemos pensar en reducir costos y en asegurar un sistema por demás adecuado. Le pido que decida cuál es el grosor de los conductores a utilizar en esa instalación que están disponibles en el mercado, atendiendo a que, para que el sistema opere con seguridad, no puede circular una corriente eléctrica superior a 10 A. Gracias Don Luis, estoy seguro que me dará la respuesta adecuada".

Tu tío realiza algunas estimaciones pero su jefe le pide que justifique sus decisiones con algunos cálculos. Él sabe que estas estudiando en la escuela estos conceptos y, por supuesto, te pide ayuda. Vos entonces sugerís realizar una experiencia de laboratorio para darle a tu tío números "reales".

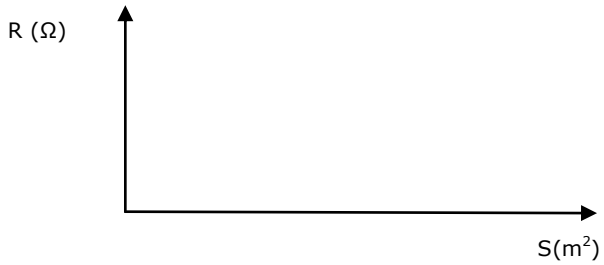
ETAPA DE PREDICCIÓN

Antes de la clase de laboratorio debes realizar, individualmente, la tarea de ***Predicción***. Esta tarea tiene por objetivo que pienses en la física del problema experimental a resolver. Si no realizas el esfuerzo de entender la física de la situación planteada, muy poco podrás aprender en la clase de laboratorio y no tiene sentido que la realices.

1.- Suponte que dispones de varios trozos de hilo del mismo material, de igual grosor pero distintas longitudes. Dibuja en el siguiente sistema de coordenadas el gráfico de la resistencia eléctrica (R) en función de la longitud (l) del hilo.



2.- Suponte que dispones de varios trozos de hilo del mismo material, de distintos grosores pero igual longitud. Dibuja en el siguiente sistema de coordenadas el gráfico de la resistencia eléctrica (R) en función del grosor (S) del hilo de cobre.



3.- Suponte que dispones de dos hilo de distinto material, uno de Material 1 y el otro de Material 2, ambos de igual longitud e igual grosor. La medida de la resistencia eléctrica de ambos hilos, ¿es la misma o es diferente? Fundamenta tu respuesta.

ETAPA MÉTODO

Para verificar las respuestas dadas en la etapa de Predicción deberás trabajar con tus compañeros de grupo, con el equipo experimental con el que cuenta el laboratorio: hilos conductores de distintos materiales y grosores, óhmetro y tornillo micrométrico. Para ello es necesario que respondas previamente, en forma individual, las siguientes preguntas que te ayudarán a programar el experimento.

1.- ¿Qué circuito armarías? Realiza un esquema.

2.- ¿Qué mediciones realizarías?

3.- ¿Qué precauciones debes tener para la toma de datos?

4.- ¿Qué cantidad de mediciones consideras que debes realizar para verificar y asegurar tus predicciones?

Al comienzo del práctico el grupo de trabajo deberá discutir y llegar a un acuerdo sobre los puntos planteados.

LABORATORIO: PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A. Discusión grupal.

1.- Antes de realizar la experiencia, discute con los integrantes del grupo de trabajo las predicciones individuales para arribar a un acuerdo y luego, hazlo con el docente.

2.- Exploración y medidas.

- Diseñar la experiencia.
- Verificar que se cuenta con todos los elementos necesarios.
- Llamar al docente para que verifique el armado.

B. Análisis de los datos obtenidos

Luego de realizar la experiencia y haber tomado los datos:

1.- Grafica, en un sistema de ejes cartesianos ortogonales (x, y), la medida de la resistencia eléctrica en función de la longitud del hilo conductor. ¿Puedes establecer la relación funcional entre la medida de la resistencia eléctrica y la longitud del hilo conductor? Justifica la respuesta.

2.- Discute con el grupo de trabajo si la gráfica obtenida en el punto anterior está de acuerdo o no con la gráfica realizada en la etapa de Predicción.

3.- Grafica, en un sistema de ejes cartesianos ortogonales (x, y), la medida de la resistencia eléctrica en función del grosor del hilo conductor. ¿Puedes establecer la relación funcional entre la medida de la resistencia eléctrica y la sección transversal del hilo conductor? Justifica tu respuesta.

4.- Discute con el grupo de trabajo si la gráfica obtenida en el punto anterior está de acuerdo o no con la gráfica realizada en la etapa de Predicción.

5.- ¿Depende la medida de la resistencia eléctrica del material del hilo conductor?

6.- De acuerdo a lo visto en las clases teóricas y de problemas, ¿consideras que la resistencia que utilizaste cumple la relación de la resistencia eléctrica con las dimensiones?

CONCLUSIONES

A partir de los datos experimentales obtenidos, **realiza un análisis que te permita extraer una conclusión experimental adecuada para dar respuesta a tu tío**. Explica en detalle y haciendo uso de lenguaje técnico apropiado, pero suficientemente simple para que sea entendido por una persona que no estudia física.

Describe al menos dos situaciones de la vida cotidiana similares a la estudiada.

TRADUCCIÓN ENTRE LENGUAJES SIMBÓLICOS DE DISTINTAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO: EL CASO DEL FLUJO DEL CAMPO ELÉCTRICO

M. Cecilia Pocoví, Carolina Collivadino

Universidad Nacional de Salta - Facultad de Ingeniería - Agencia de Promoción Científica y Tecnológica.

cpocovi@unsa.edu.ar

RESUMEN

Se presenta un estudio de caso genérico (Merriam, 1998) que consta de dos partes. En la primera se compara el sistema simbólico utilizado en la presentación del concepto de flujo de campo eléctrico en los textos de electromagnetismo de nivel universitario básico con aquel utilizado en los textos de cálculo matemático en la presentación del Teorema de Gauss. El Modelo de Codificación Dual (Sadoski y Paivio, 2004) provee el marco teórico para el análisis. Los resultados muestran que existe bastante uniformidad en el uso de símbolos en Cálculo y en Física pero existen discrepancias entre las dos áreas. En la segunda parte, se detecta el grado de traducción simbólica-simbólica que logra un grupo de estudiantes antes de realizar problemas de Física sobre el tema. Se sugiere que la falta de una buena interpretación de los símbolos puede contribuir inicialmente, a dificultar la comprensión de la idea de flujo de los estudiantes.

Palabras clave: sistema simbólico, flujo, teorema de Gauss, modelo de codificación dual

ABSTRACT

A generic case study as that defined by (Merriam, 1998) is presented here. In the first part of the work, the symbolic system used in basic electromagnetism books when presenting the concept of electric flux is compared with the symbolic system used in calculus books when presenting Gauss´ Theorem. The analysis was guided by the Dual Coding Theory posed by Sadoski & Paivio (2004). The results show that, while there exists a great deal of uniformity within one area (Physics or Calculus), there exist discrepancies between areas. The second part of this work deals with the symbolic-symbolic translation that students are able to carry out when having learned Gauss Theorem with a symbolic system that is different from the one used in Physics. It is suggested that the lack of interpretation of what the symbols mean can initially contribute to hinder comprehension about the flux concept.

Keywords: symbolic system, flux, Gauss´Theorem, Dual Codification Model

INTRODUCCIÓN

La enseñanza y el aprendizaje de la electricidad y el magnetismo a nivel universitario básico ha sido objeto de estudio por parte de los investigadores en Enseñanza de Ciencias de todo el mundo. El foco inicial de dichas investigaciones lo constituyeron el aprendizaje y la enseñanza de los circuitos simples, foco que con el tiempo se fue ampliando a temas como la electrostática, el magnetismo y la electrodinámica de campos.

Los resultados de estos estudios representan un gran avance en el conocimiento específico de las ideas previas y persistentes que los estudiantes poseen sobre los distintos temas. También han aportado nuevas opciones didácticas elaboradas en base a diferentes fundamentos teóricos que han hecho posible un análisis todavía más detallado y profundo de los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje del electromagnetismo.

Los avances mencionados dan pie al planteo de nuevas preguntas acerca de los problemas de aprendizaje detectados. En este trabajo analizaremos el lenguaje simbólico utilizado en los libros texto de Física de nivel universitario básico y su relación con el lenguaje matemático utilizado en cursos de Cálculo previos a los de Física. Específicamente, se abordará el concepto de flujo de campo eléctrico que es el primer tema en el que se hace uso de conceptos matemáticos como: integrales de superficie, flujo, diferenciales de área y normales a superficies, entre otros. El concepto de flujo es indispensable para lograr una comprensión cabal de la Ley de Gauss en electrostática.

ESTADO DEL ARTE

Existen investigaciones que han abordado el estudio de los problemas que tienen los alumnos para comprender la Ley de Gauss y los conceptos involucrados en ella como, por ejemplo, el campo eléctrico y su flujo. Se mencionan, a continuación, algunos de los trabajos más relevantes sobre este tema y sobre otros conceptos estrechamente relacionados.

Un concepto básico involucrado en la idea de flujo del campo eléctrico es, justamente, el de campo eléctrico en sí. Se han realizado numerosas investigaciones que dan cuenta de distintos aspectos problemáticos en el aprendizaje del concepto de campo eléctrico. Furió y Guisasola (1998) mostraron que los alumnos prefieren utilizar un razonamiento basado en fuerzas de acción a distancia en lugar de analizar los problemas desde la teoría de campo. Viennot y Rainson (1992) estudiaron la comprensión de los alumnos acerca de la superposición de campos eléctricos. Sus resultados confirmaron las dificultades esperadas en el trabajo con el teorema de Gauss. Las mismas autoras, en 1999 presentaron el diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza basada en las formas de razonamiento de los estudiantes detectados previamente. El análisis de las dificultades ontológicas y epistemológicas de los estudiantes en su aprendizaje del concepto de campo y sus formas de representación también ha sido realizado en base a estudios históricos acerca de la construcción del concepto (Furió y Guisasola, 1997; Pocoví, 2007).

Guisasola et al. (2003) estudiaron distintos tipos de razonamiento de los estudiantes universitarios en situaciones referidas a la Ley de Gauss (que involucra el flujo del campo eléctrico) y a la Ley de Ampère (que involucra la circulación del campo magnético). Su trabajo caracteriza detalladamente algunas causas de las deficiencias en la comprensión y uso de estas leyes: además de las preconcepciones, señalan a las metodologías de razonamiento basadas en el "sentido común" como conducentes a situaciones de "reducción funcional" y "fijación funcional" (pág. 197). También detectan problemas de comprensión de la ontología de las magnitudes físicas involucradas. Resaltan, además, la necesidad de que los docentes conozcan este tipo de dificultades de aprendizaje para poder así diseñar estrategias de enseñanza más efectivas.

Krapas, Alves y Carvalho (2000) analizaron los modelos mentales que los estudiantes construyen sobre problemas referidos al flujo del campo eléctrico; en particular, el estudio sirvió para describir el dinamismo de estos modelos, su inestabilidad relativa y su forma representacional (proposicional y de imágenes). Guisasola, Almudi y Zuza (2011) logran un avance significativo al estudiar la comprensión de la inducción electromagnética de alumnos universitarios, concepto que involucra no sólo la idea de flujo (magnético, en este caso) sino también su variación.

También existen trabajos que presentan propuestas didácticas para superar los problemas de aprendizaje como los detectados en las investigaciones anteriores. Por ejemplo, Alvarez (2009) muestra cómo se pueden utilizar recursos informáticos para visualizar el concepto de flujo involucrado en la Ley de Gauss. Schneider (2004) hace uso de una analogía entre situaciones de flujo laminar y situaciones electrostáticas para enseñar a los estudiantes esta ley. Saarelainen y Hirvonen (2009) proponen una secuencia didáctica basada en la técnica de Reconstrucción Educacional que enfatiza la explicitación de la conexión entre la estructura del contenido a enseñar, los resultados de las investigaciones en enseñanza-aprendizaje y el desarrollo y la evaluación de la instrucción realizada.

Las investigaciones previas mencionadas se centran en la comprensión de conceptos físicos. Estos trabajos han realizado aportes fundamentales para esclarecer muchos problemas de aprendizaje del concepto de flujo y de la Ley de Gauss. Sin embargo, sus abordajes poseen un matiz en común: se han desarrollado sin analizar ni cuestionar si la simbología matemática presentada en las clases de Física es única o si es compartida o compatible con la simbología matemática aprendida previamente por los alumnos en clases de Cálculo. En otras palabras, cuando los trabajos de investigación en Enseñanza de Física se refieren al manejo procedimental de la matemática que subyace a la electrostática, limitan su mención y análisis a la simbología y metodología de trabajo que es común a todos los textos de Física. En este sentido, los investigadores de ésta área, estamos "olvidando" que los alumnos de nivel universitario han tenido su primer contacto con los símbolos involucrados en la definición de flujo de un campo vectorial en cursos previos de matemática.

El reconocimiento y la comprensión cabal de los símbolos utilizados para presentar un tema de Física resultan de suma importancia para el correcto aprendizaje por parte de los alumnos. Sobre este aspecto se han realizado investigaciones que analizan el aprendizaje a partir de textos escritos. Ya que el aprendizaje a partir de textos es una de las actividades más importantes en la educación en ciencias (Campanario y Moya, 1999; Concari y Giorgi, 2000; Pandiella, Torné y Macías 2004) y, en particular, en la educación a nivel universitario (Kelly, 2007), en este trabajo estudiaremos los problemas de comprensión que pueden generarse a partir de una falta de uniformidad entre la simbología usada en los libros de Física y aquellos de Cálculo que han sido utilizados previamente por los estudiantes.

El modelo de Codificación Dual (DCT, Dual Coding Theory) (Sadoski y Paivio, 2004) fue planteado inicialmente en estudios sobre la cognición en general y fue luego extendido a estudios sobre lectura. Este modelo supone que "todas las representaciones mentales retienen algunas cualidades concretas de las experiencias de las cuales derivan" (p. 1330). Estas experiencias, pueden ser lingüísticas y no lingüísticas. Sus características distintivas se desarrollan en dos sistemas o códigos mentales: uno que procesa el lenguaje (código verbal) y otro que procesa los objetos no lingüísticos o eventos (no verbal). En esta misma línea de investigación, Alexander y Kulicowich (1994) y Alexander y Jetton (2000) plantearon su modelo de aprendizaje a partir de textos en el cual afirman que una característica distintiva de los textos de Matemática y Física es que consisten en modos de inscripción variados que corresponden a símbolos matemáticos e información lingüística. Esta coexistencia de modos de inscripción (o de sistemas) fue calificada por Bassok y Holyoak (1989) como "bilingüe": mientras que el primer sistema consiste en fórmulas, gráficos y esquemas, el segundo está representado por frases y proposiciones que describen la situación física bajo estudio. Los requerimientos de procesamiento de información leída aumentan cuanto menos abundantes y explícitas son las "traducciones" de un sistema a otro en el texto (p. 900).

Según el modelo DCT, existen tres dimensiones o niveles de procesamiento de la información. La primera dimensión es llamada procesamiento representacional en donde el sujeto reconoce la familiaridad de algo, aunque ese reconocimiento no implique una comprensión cabal. Tanto en la segunda como en la tercera dimensión, el sujeto asocia una experiencia con alguna otra. En la segunda dimensión, el sujeto logra que la activación se extienda a otras representaciones en el mismo código mientras que en la tercera, extiende la activación a otras representaciones en códigos diferentes. Sadoski y Paivio (2004) presentan un ejemplo de los distintos niveles para el caso particular de aprendizaje a través de la lectura aclarando que esta teoría es válida para situaciones más generales de cognición.

PREGUNTAS DE ESTA INVESTIGACIÓN

Los estudios mencionados implican que el aprendizaje del concepto de flujo de campo eléctrico en las clases de Física presenta un nivel de dificultad alto: por un lado, se hace uso de un lenguaje simbólico correspondiente a herramientas matemáticas avanzadas para describir los fenómenos involucrados y, por otro lado, el sistema lingüístico que traduce los símbolos se refiere a conceptos abstractos como lo es el concepto de Campo (Pocoví y Finley, 2003).

En el presente trabajo nos preguntamos si, además de la complejidad propia recién mencionada y asociada con la traducción entre dos sistemas de diferente naturaleza (simbólico y lingüístico), el caso particular de la presentación del concepto de flujo del campo eléctrico tanto en los textos como en las clases, posee una complejidad adicional que tiene que ver con la primera y segunda dimensión referidas en el DCT. En un primer contacto con la expresión simbólica del flujo de campo eléctrico, dichas dimensiones están asociadas a una traducción simbólica-simbólica. Es decir, el primer paso para interpretar una ecuación que describe un concepto es la identificación de los símbolos y el reconocimiento de lo que ellos representan en base a lo que el aprendiz conoce. Un estudio de esta situación implica, primero, analizar la simbología presentada en los textos de Física y de Cálculo y, segundo, detectar si, efectivamente, las diferencias encontradas en los símbolos pueden afectar la comprensión inicial del concepto. Puesta en forma de preguntas de investigación, la complejidad recién descripta se expresa como:

1) ¿Existen diferencias en la simbología involucrada en la definición de flujo en los libros de texto de Física y los de Cálculo utilizados en las asignaturas universitarias bajo análisis?

2) ¿logran los alumnos reconocer como familiares los símbolos utilizados en la definición de flujo de campo eléctrico? En otras palabras, ¿logran identificar el símbolo integral utilizado en Física como el equivalente al símbolo de integral sobre una superficie aprendida en Cálculo? ¿Identifican cada uno de los factores adentro de la integral con la notación usada previamente en matemática?

3) Los símbolos representan conceptos y operaciones. Después de un primer contacto con los símbolos, es natural asociar a ese símbolo con algún tipo de operatoria que permite la representación completa del concepto. Entonces, es menester preguntar si los alumnos logran extender las nuevas representaciones (utilizadas en Física) a las representaciones ya conocidas (aprendidas en los cursos de Cálculo). O sea, una vez que nombran a cada símbolo, ¿qué representa?, ¿qué trabajo operacional implican para lograr una representación completa de la idea de flujo?

Ambas preguntas están cercanamente ligadas a la "traducción" que los alumnos deben realizar entre los símbolos nuevos presentados en las clases de Física y aquellos ya conocidos y trabajados en las clases de Cálculo. Se debe notar que la importancia de estas dos dimensiones o niveles de procesamiento radica en que deben lograrse previamente a la comprensión de los conceptos físicos involucrados. En otras palabras, constituyen una condición necesaria (aunque no suficiente) para poder avanzar en el conocimiento cabal del tema ya que en ellas el alumno reconoce la herramienta matemática que se utilizará para describir la Física involucrada.

Generalmente, el concepto de flujo de un campo vectorial se enseña inmediatamente antes de la Ley de Gauss en electrostática que es la primera ley de Maxwell que se presenta en los cursos de electromagnetismo de nivel universitario. Específicamente, en las carreras de ingeniería de las universidades argentinas, se requiere que los alumnos aprueben un curso de cálculo en donde se presentan los Teoremas Integrales como los de Gauss, Stokes y Green, antes de acceder a los cursos de electromagnetismo. El primero de los teoremas implica el cálculo de flujos de campos vectoriales. Dicho requerimiento, tiene el propósito de posibilitar la comprensión de las leyes de Maxwell en forma integral y diferencial. Sin embargo, si estas herramientas y procedimientos matemáticos son aprendidos con simbología distinta a la utilizada en Física, la comprensión de las leyes del electromagnetismo involucrará, además de la traducción simbólico-lingüística, una traducción entre dos sistemas simbólicos: el aprendido en los cursos de matemática previos y el utilizado en los cursos de Física y presente en los textos de esta ciencia.

El presente trabajo consta de dos partes. En la primera, se compara el sistema simbólico utilizado en la presentación del concepto de flujo del campo eléctrico en forma integral en los textos de electromagnetismo de nivel universitario básico y el sistema simbólico utilizado en los textos de Cálculo en la presentación del Teorema de Gauss. Esta parte del trabajo permitirá la identificación de las diferencias de notación que pueden constituir escollos para lograr el reconocimiento y la extensión de los símbolos utilizados en una y otra área (primera pregunta de investigación). En la segunda parte, se analizan las respuestas de un grupo de alumnos universitarios a un ejercicio diseñado para detectar el grado de traducción simbólica-simbólica que logran en un primer encuentro con la expresión matemática del Flujo tal como se expresa en muchos textos de Física. En esta parte se comprobará si, efectivamente, las diferencias en simbología identificadas en la primera parte pueden afectar negativamente la comprensión inicial del tema de física en los alumnos (segunda y tercera pregunta de investigación). En la realización de este ejercicio participan los alumnos de una cohorte de estudiantes de ingeniería de una universidad Argentina.

PRIMERA PARTE: ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO

Metodología utilizada en la selección y análisis de los Textos

Ya que el problema planteado ha sido descripto en la sección anterior, a continuación se explicará cómo se seleccionó la unidad de análisis de este estudio de caso, es decir, qué constituye la muestra de libros seleccionados para realizar este estudio. Para ello se utilizó la estrategia no probabilista más apropiada (según Merriam, 1998) llamada "muestra seleccionada con un propósito" (purposeful sampling) según Patton (1990). Más específicamente, corresponde a una "muestra típica", es decir, a una que refleja una situación promedio o común en el fenómeno estudiado (Merriam, 1998, p. 62).

Como el objetivo primordial en esta parte del trabajo es comparar el sistema simbólico utilizado en las clases de Cálculo de las carreras de ingeniería de una universidad argentina con aquel utilizado en los cursos de Física de electromagnetismo básico, el conjunto de libros analizados corresponde a aquellos recomendados por los profesores a cargo de las asignaturas correspondientes. Dichos libros figuran también como recomendados en los programas académicos de las mismas asignaturas y son los pedidos con mayor frecuencia en los servicios de biblioteca de la universidad.

Somos conscientes de las limitaciones respecto a la generalización propias de un estudio de caso tal como el presente pero tenemos el convencimiento de que el análisis realizado y sus conclusiones servirán a los lectores (otros investigadores y profesores) para, posiblemente, encontrar hasta dónde estos hallazgos se aplican a otras situaciones similares. A este tipo de situación, Merriam (1998) la denomina "generalización del lector o del usuario" (p. 211).

El protocolo para el análisis de los libros se llevó a cabo también teniendo en cuenta el objetivo de esta parte del estudio. Es decir, se identificaron los distintos símbolos que se involucran en la presentación del concepto de flujo de un campo vectorial tanto en el área de Matemática como en la de Física y se realizó la comparación entre ellos.

El análisis fue realizado por dos investigadores independientes y los datos fueron cruzados en reuniones comunes. Las pocas discrepancias encontradas fueron consensuadas en dichas reuniones ya que consistían en la omisión de algún aspecto de las definiciones presentadas en los libros por parte de alguno de los investigadores.

Análisis de la simbología utilizada en los textos de Física

El concepto de flujo de campo eléctrico es generalmente presentado en los libros inmediatamente antes que la ley de Gauss la cual, en su forma integral, establece que en el vacío el flujo neto del campo eléctrico a través de una superficie cerrada es igual a la carga encerrada en dicha superficie dividida la permitividad eléctrica del vacío.

Los símbolos involucrados tanto en la expresión matemática de esta Ley como en la definición de flujo corresponden a una integral de superficie, al vector campo eléctrico, a un producto escalar y a un diferencial de área. Este último puede escribirse como un diferencial de área que apunta en la dirección normal a la superficie de integración y hacia afuera de la misma o como un diferencial de área (en módulo) multiplicado por el versor normal a la superficie.

Para analizar los libros de Física de nivel universitario básico elaboramos un primer registro en el cual se detallaron los símbolos utilizados en la presentación del concepto de flujo y de la Ley de Gauss. En un segundo registro identificamos los nombres con que se describen los símbolos del primer registro y, en el caso particular del símbolo del producto escalar, también anotamos cómo se lleva a cabo la operatoria correspondiente a él. Si bien parte de este segundo registro involucra un aspecto lingüístico (nombre de símbolos), el mismo está limitado a aquellas expresiones con las que se denomina a cada símbolo en el texto.

En lo que sigue se presentan los resultados en los cuales se han asignado (por cuestiones de espacio) los siguientes números a los libros citados de manera completa en las referencias de este trabajo: [1] Young y Freedman (2009), [2] Resnick, Halliday y Krane (2009), [3] Purcell (1973), [4] Serway y Jewett (2009); [5] Tipler y Mosca (2010), [6] Alonso y Finn (1976), [7] Wangsness (1986), [8] Halliday y Resnick y [9] Kip (1975).

Primer Registro- Símbolos Utilizados:

a) Símbolo para la integral: los libros [1], [2], [4] y [8] utilizan el símbolo $\oint$ para referirse a la integral de superficie. El libro [9] introduce dos notaciones ($\iint_{SC}$, $\int_{SC}$) y aclara que en ambos casos los símbolos se refieren a una integración sobre la superficie. El texto [3] utiliza el símblo $\int$. Los restantes utilizan el símbolo $\oint_S$.

b) Símbolo para el diferencial de área: los libros [1], [2], [3], [4] y [7], utilizan el símbolo $d\vec{A}$ o $d\vec{a}$ mientras que los libros [8] y [9] utilizan $d\vec{S}$. El [5] y el [6] usan dA y dS respectivamente.

c) Símbolo para el versor normal: el símbolo $\hat{n}$ es utilizado por el libro [5] y el símbolo $\vec{u}_N$ es usado en el libro [6]. El libro [1] presenta el versor $\hat{n}$ cuando define el concepto de flujo en una sección anterior pero en la ley de Gauss trabaja directamente con el vector diferencial de área. El resto de los libros no desdobla el vector diferencial de área en el versor normal y la magnitud del diferencial de área considerado. De esta manera, no necesitan introducir explícitamente el versor normal en la integral. Se hace notar que ninguno de los libros explicita al versor normal en componentes según los ejes coordenados utilizados.

d) Símbolo para el producto: Todos los libros utilizan el punto (.) como símbolo del producto escalar. Cuando explicitan lo que este símbolo representa en los ejemplos, todos optan por la multiplicación de los módulos de los vectores involucrados y el coseno del ángulo formado por ellos. Ninguno realiza la operación de manera analítica, multiplicando componente a componente los vectores involucrados.

e) Representaciones gráficas utilizadas: los libros que no introdujeron el desdoblamiento del vector diferencial de área muestran directamente este vector en las gráficas. Los libros [1], [5] y [6] representan los versores unitarios en los esquemas. Todos muestran a los vectores campo eléctrico en distintos puntos de la superficie.

f) Símbolo para el campo vectorial adentro de la integral: $\vec{E}$ o $\boldsymbol{E}$.

Segundo Registro - Expresiones lingüísticas asociadas cada símbolo:

a) Todos los textos se refieren a "integral sobre una superficie" al nombrar el símbolo utilizado para la integración. Un solo libro [9] se refiere, en un pie de página, a la simplificación de la notación que se adopta al elegir escribir la integral de superficie con un solo símbolo integral.

b) El diferencial que aparece en las integrales se nombra como diferencial de área o de superficie en todos los libros. En la mayoría, este diferencial tiene carácter vectorial y no se desglosa en el producto del versor normal por un diferencial de área escalar. Los libros [5] y [6], en cambio, sí realizan dicha separación.

c) Los libros [1], [5] y [6] nombran al símbolo $\hat{n}$ o $\vec{u}_N$ como el versor perpendicular al diferencial de superficie, aunque, como se dijo en el primer registro, el libro [1] no utiliza dicho versor durante el trabajo con la Ley de Gauss. Los libros restantes (incluido el [1] en el tratamiento de la Ley de Gauss) no trabajan con el versor normal y asignan su dirección y sentido al vector diferencial de superficie.

d) Todos los libros nombran al producto punto como "escalar".

e) Las explicaciones lingüísticas de los esquemas realizados se centran en todos los casos en la descripción del ángulo que forman los vectores campo eléctrico y el diferencial de área (o la normal si se usa en forma explícita).

f) Como ya dijimos, en Física, tanto el concepto de flujo presentado en los libros como la Ley de Gauss se refieren al cálculo del "flujo del campo eléctrico" a través de una superficie cerrada. Se debe notar que el nombre "campo eléctrico" se usa en dos sentidos distintos que tal vez puedan aclararse si se hace referencia a otro caso de magnitud vectorial: la velocidad. Con la palabra "velocidad", nos referimos a un vector que se asocia a una partícula en un cierto punto del espacio. Cuando hablamos de "campo de velocidades", en cambio, nos referimos a una función vectorial que describe en forma global alguna distribución de velocidades existente en las partículas en cierta región (por ejemplo, en un caño). En cambio, se dice "campo eléctrico" tanto para referirnos a un vector que es una propiedad de un punto del espacio como para referirnos a la función vectorial que describe la situación eléctrica de una región del espacio. En otras palabras, como la magnitud tiene un nombre que ya incluye la palabra "campo", sería bastante complicado hablar del "campo del campo eléctrico". Es entendible, pues, que los libros de Física se refieran directamente al flujo del campo eléctrico.

Como se desprende de los registros anteriores, se puede decir que existe una uniformidad bastante marcada en el tratamiento del concepto de flujo de campo eléctrico y de la Ley de Gauss en los libros de Física utilizados en cursos de electromagnetismo básico a nivel universitario. Si bien todos los libros utilizan un solo símbolo de integral para representar una integral de superficie, llama la atención que, excepto en un caso [9], no se menciona ninguna otra forma común de escribir la integral. Tampoco se menciona, ni en el texto ni en los ejemplos, el producto escalar como realizado componente a componente. Por último, todos los libros usan la frase "campo eléctrico" para referirse tanto al vector individual como a la función que muestra la situación eléctrica en cierta región del espacio.

Análisis de la simbología utilizada en los textos de Cálculo

El Teorema de Gauss presentado en los cursos universitarios de Cálculo establece que el flujo de un campo vectorial a través de una superficie que limita un volumen es igual a la integral de la divergencia del campo en dicho volumen.

Como nos interesa analizar los problemas iniciales de aprendizaje relacionados con la expresión integral del flujo del campo eléctrico en Física, limitamos nuestro análisis a los símbolos involucrados en la parte del teorema que define el flujo de un campo vectorial. La metodología utilizada coincide con la descripta en el caso de los textos de Física, es decir, se recabaron dos registros: uno correspondiente a los símbolos utilizados en la presentación del flujo y otro que corresponde a las expresiones lingüísticas que acompañan a cada símbolo utilizado.

En lo que sigue se presentan los resultados en los cuales se han asignado los siguientes números romanos a los libros citados de manera completa en las referencias de este trabajo: [I] Leithold (1998), [II] Purcell, Varberg y Rigdon (2001), [III] Piskunov (1998), [IV] Stewart (2006); [V] Spinadel(2004), [VI] Hsu (1987), [VII] Spiegel (XXX), [VIII] Rey Pastor (1968) y [IX] Rabuffetti (1984) y Apostol (1967).

Primer Registro- Símbolos Utilizados:

a) Símbolo para la integral: Todos los libros utilizan el símbolo $\iint_S$ para referirse a la integral de superficie, excepto el libro [VI] que indica el hecho que la superficie es cerrada colocando un círculo sobrepuesto con las integrales ($\oiint_S$)

b) Símbolo para el diferencial de área: La mayoría de los libros usan los símbolos $dS, d($ o $d($ para representar el diferencial de superficie. Dos de ellos ([IV] y [VI]) utilizan el símbolo del diferencial vectorial, aclarando que representa el versor normal a la superficie multiplicado por la magnitud del diferencial de superficie.

c) Símbolo para el versor normal: En todos los casos se utiliza un versor representado por una n minúscula resaltado en negritas o con una flecha encima de la letra. Las componentes de este versor normal se escriben en función de los cosenos directores de los ángulos α, β y γ que son los ángulos que forma la normal con los ejes *x, y* y *z* respectivamente.

d) Símbolo para el producto y trabajo analítico asociado: Todos los libros utilizan el punto (.) como símbolo del producto escalar. Cuando explicitan este producto en símbolos, todos optan la explicitación de la operación de manera analítica, multiplicando las componentes de uno por las componentes correspondientes del otro.

e) Representaciones gráficas utilizadas: los libros [I], [III] y [VII] no muestran esquemas en la presentación del Teorema. Algunos (IV y V) reservan los gráficos para la presentación de los ejemplos. Los esquemas realizados en algunos libros (IX y X) son simples y se limitan a mostrar al lector el volumen encerrado por distintas superficies.

f) El campo del cual se calcula el flujo se simboliza con una letra (f, F, A, v) resaltada en negrita o con el símbolo de vector (pequeña flecha) arriba de la letra.

Segundo Registro - Expresiones lingüísticas asociadas a cada símbolo:

a) Todos los textos se refieren a la integral de superficie al nombrar el símbolo utilizado para la integración. Los libros ([I], [II], [III], [VII], [IX] y [X]) diferencian entre "integral de superficie" e "integral doble" explicando que la integral sobre una superficie alabeada se transforma a una integral doble para resolver. Algunos explicitan esta diferencia en el Teorema de Gauss y otros, algunas secciones antes.

b) El diferencial que aparece en las integrales se nombra como diferencial de superficie en todos los libros y generalmente ha sido presentado previo al tratamiento del concepto de flujo y el Teorema de Gauss.

c) Todos los libros identifican con el nombre de versor normal al diferencial de superficie a los símbolos $\boldsymbol{n}$ o $\vec{N}$.

d) Todos los libros nombran al producto punto como "escalar". Todos los libros resuelven la integral planteada mediante el producto escalar realizado componente a componente.

e) Las explicaciones lingüísticas de los esquemas realizados son escuetas y referidas sólo a la superficie que limita un volumen.

f) Todos los libros describen a la integral como el cálculo del flujo de un campo vectorial a través de la superficie. Se define campo vectorial como una función vectorial.

Como se puede apreciar de los registros anteriores, se puede decir que también existe una uniformidad bastante marcada en el tratamiento del concepto de flujo en los libros de cálculo utilizados en cursos de nivel universitario. Todos los libros utilizan dos símbolos de integral para representar la integral de superficie y, además, varios hacen notar al lector que para la resolución la integral doble sobre una superficie alabeada debe transformarse en una integral de superficie. Cada vector involucrado en el producto escalar (la función vectorial o la normal a la superficie) se describe en forma y componentes. El producto escalar se escribe con el símbolo punto (.) y se realiza en los ejemplos mediante el producto componente a componente. Por último, la mayoría de los libros de cálculo definen primero una función vectorial o campo vectorial y establecen que van a calcular el flujo de dicho campo vectorial.

Comparación entre la simbología y la descripción de los símbolos en los textos de Física y los de Cálculo.

A pesar de que se detectaron patrones uniformes en la simbología y en las descripciones lingüísticas de los símbolos en los libros utilizados en la asignatura de electromagnetismo básico y aquellos utilizados en el curso de Cálculo, dichos patrones no coinciden.

Los símbolos utilizados para representar una integral de superficie son diferentes. Mientras que todos los textos de Física usan un solo símbolo integral ($\int$), los de Cálculo utilizan dos ($\iint$). Más aún, la mayoría de los libros de Cálculo realizan la distinción entre una integral de superficie y una doble en la cual se deben realizar proyecciones en los planos coordenados.

El diferencial de superficie aparece en la mayoría de los libros de Física analizados como un diferencial vectorial que tiene la dirección de la normal a la superficie y es de magnitud igual al tamaño del diferencial de superficie considerado. En cambio, en la mayoría de los libros de Cálculo revisados se desdobla explícitamente la magnitud del diferencial de superficie y el versor normal.

En ningún caso los textos de Física explicitan las componentes del vector diferencial de área o del versor normal en su trabajo con el concepto de flujo. Los textos de Cálculo descomponen el versor normal en componentes que explicitan los ángulos con los ejes coordenados.

El símbolo usado para representar el producto escalar es el mismo tanto en Física como en Cálculo pero, mientras en Física el desarrollo de este producto se muestra usando los módulos de los vectores involucrados por el coseno del ángulo que forman, en Cálculo dicho producto se realiza componente a componente.

Los libros de Cálculo se refieren a la función vectorial en la integral de superficie del Teorema de Gauss como un campo o función vectorial del cual se calcula el flujo. En los libros de Física, el símbolo correspondiente al "campo eléctrico" se usa tanto para representar el vector en un punto como para referirse al campo o función vectorial del cual se calcula el flujo.

Como se puede apreciar, existen varias diferencias en la simbología y en los nombres asignados que podrían afectar el reconocimiento de los símbolos utilizados en la definición de flujo como familiares y también podrían afectar la extensión de las nuevas representaciones (usadas en Física) a las representaciones ya conocidas (estudiadas en los cursos de Cálculo). En la segunda parte de este trabajo se describirán algunas dificultades relacionadas los dos primeros niveles del procesamiento de la información (según la DCT) que se manifiestan en los alumnos cuando aprenden el concepto de flujo de campo eléctrico en Física con símbolos diferentes a aquellos aprendidos anteriormente en Matemática.

SEGUNDA PARTE: RECONOCIMIENTO DE LA EQUIVALENCIA ENTRE LOS TEXTOS DE FÍSICA Y LOS DE CÁLCULO.

La unidad de análisis en esta parte del trabajo está constituida por una cohorte de alumnos del curso de electromagnetismo correspondiente a las carreras de Ingeniería de una universidad argentina (69 alumnos). Todos los alumnos han aprobado el curso correlativo de Cálculo. En este sentido, los alumnos constituyen una "muestra típica" o situación promedio del fenómeno estudiado (Merriam, 1998, p. 62), i.e., del nivel de reconocimiento de los símbolos utilizados en Física que logran dichos alumnos.

Alfassi (2004) determinó que, a medida que los estudiantes avanzan en sus estudios, los textos pasan a ser la fuente primordial de conocimiento. Ya que nuestro interés es identificar los problemas de comprensión que surgen cuando los estudiantes se encuentran por primera vez con el concepto de flujo del campo eléctrico, elegimos presentarles una serie de preguntas referidas a un texto que contiene exclusivamente la definición de "flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada" y su expresión en símbolos. Si bien el flujo de un campo vectorial puede definirse también para una superficie abierta, elegimos centrarnos en el caso de una superficie cerrada por dos razones. Primero, este será el tipo de flujo que cobra importancia en el tratamiento posterior de la Ley de Gauss y, por lo tanto, nos interesa ver el reconocimiento de los símbolos asociados al caso de una superficie cerrada tratado en dicha ley. Segundo, el cálculo del flujo a través de una superficie abierta presenta una indeterminación ya que el sentido del vector normal a la superficie está indeterminado. La recolección de datos se realizó mediante el análisis de las respuestas dadas en forma escrita e individual.

Las preguntas planteadas a los alumnos son muy simples en cuanto a su contenido ya que están apuntadas a detectar si los alumnos cumplen con las dos primeras dimensiones referidas en el DCT como paso previo a la comprensión de la Física involucrada en la Ley de Gauss. Es decir, las preguntas se plantearon para ver si los alumnos pueden reconocer los símbolos utilizados en la definición de flujo y si pueden extender las nuevas representaciones (utilizadas en Física) a las representaciones ya conocidas (aprendidas en los cursos de Cálculo). El enunciado se transcribe a continuación:

"Compare la definición de flujo a través de una superficie cerrada que Usted estudió en Análisis Matemático II ($\underline{\phi = \oiint_{\Sigma} \vec{a}.\vec{n}d\Sigma}$) con la definición que usaremos en Física II de la misma magnitud: $\underline{\phi = \oint_{S} \vec{E}\,.d\vec{S}}$.

I. ¿A qué corresponde cada símbolo? Describa en palabras si existe una correspondencia entre los símbolos de una y otra expresión para el flujo. ¿Qué se entiende por cada uno? Tenga en cuenta tanto los símbolos que se refieren a operaciones como los que indican magnitudes.

II. Describa cómo realiza el producto simbolizado por un punto (.) entre dos vectores $\underline{\vec{A}}$ y $\underline{\vec{B}}$."

Para el análisis de las respuestas al inciso I) se utilizó un protocolo centrado tanto en el reconocimiento de los símbolos (de integral, campo vectorial, normal a la superficie y diferencial de superficie) como en el nombre que se asigna a los mismos. Se listan a continuación los resultados de esta etapa.

a) Una primera clasificación de las respuestas se realizó teniendo en cuenta si los alumnos mencionaron o no el símbolo integral en sus respuestas. El primer grupo estuvo compuesto por el 16% de los alumnos (n=11) quienes no se refirieron en sus respuestas al símbolo integral. Los alumnos restantes, el 84% del total (n=58), conforman un segundo grupo que expresa que los símbolos integrales en las dos definiciones representan efectivamente una integral. El total de este segundo grupo de alumnos reconoce la integral de la definición trabajada en el curso de Cálculo como una integral de superficie. Sin embargo, sólo diez alumnos expresan que la integral en la definición del flujo presentada en Física corresponde también a una integral de superficie. Esta afirmación se acompaña muchas veces de expresiones como "creo que…", "debe ser… porque la otra es de superficie", "por analogía…". Sin embargo, treinta y un alumnos se refieren a la integral presentada en Física como a una integral curvilínea mientras que el resto (diecisiete alumnos) mencionan en su explicación que la expresión del flujo como definido en Física involucra un solo símbolo integral o una integral simple, distinguiéndola, así también, de la integral de superficie en la definición de flujo presentada en Cálculo.

b) En cuanto al campo vectorial, el 92 % de los alumnos identificó al $\underline{\vec{a}}$ presentado en la expresión de Cálculo como un campo vectorial y, el resto, no lo mencionó en su respuesta. El 76 % de los alumnos del primer grupo se refirieron al campo eléctrico $\underline{\vec{E}}$ como el equivalente al campo $\underline{\vec{a}}$ de la primera expresión. El 24% restante no menciona esta equivalencia en sus repuestas. Resulta interesante notar que muchos estudiantes colocaron en sus explicaciones, la dependencia con las coordenadas *x, y* y *z* al referirse al campo $\underline{\vec{a}}$ (es decir, $\underline{\vec{a}(x,y,z)}$) y, sin embargo, ninguno explicitó al campo $\underline{\vec{E}}$ como una función de la posición.

c) Si bien el 100% de los alumnos mencionó la palabra normal refiriéndose al $\underline{\vec{n}}$ (que aparece en Cálculo) sólo el 17% reconoció explícitamente la relación entre este vector y la dirección del diferencial de área vectorial que aparece en la expresión del flujo como presentado en Física.

d) El 83 % de los alumnos reconoce en $d\Sigma$ un diferencial de superficie, pero de este grupo, sólo aquellos que también identifican a la $\oint_S$ como una integral de superficie explicitan que los dos diferenciales ($d\Sigma$ y $d\vec{S}$) representan diferenciales de superficie.

e) Todos los alumnos reconocen el símbolo "**.**" con el nombre de producto escalar y al referirse a la operación.

En cuanto al inciso II), el 93% de los alumnos escriben a cada vector en componentes según los ejes coordenados (A_x, A_y, A_z) y (B_x, B_y, B_z) y explicitan este producto llevando a cabo la multiplicación componente a componente. Los restantes no dieron respuestas coherentes. Ningún alumno menciona la expresión que involucra el producto de los módulos por el coseno del ángulo formado por los vectores.

Como se puede observar, el nivel de reconocimiento de la simbología es rudimentario ya que un gran porcentaje de alumnos no reconoce en el símbolo $\oint_S$ la expresión de una integral sobre una superficie, a pesar de tener a la vista y haber trabajado previamente con el flujo en cursos de cálculo. Más aún, muy pocos explicitan la relación entre el vector normal y la dirección del vector diferencial de superficie en Física.

Vale la pena recalcar nuevamente lo indicado en el inciso b): varios alumnos señalan la dependencia del campo vectorial "de Cálculo" como dependiente de la posición y no lo hacen para el caso del campo vectorial "de Física". Si bien este aspecto, por sí sólo, no alcanza para afirmar que muchos alumnos no interpretan inicialmente al campo como una función de la posición, este resultado nos pone en alerta sobre la existencia potencial de un problema que debería prevenirse en instancias posteriores de aprendizaje.

La operatoria relacionada con el símbolo de producto escalar también difiere respecto de cómo se plantea generalmente en los problemas posteriores de Ley de Gauss en donde se hace uso de la simetría de las situaciones analizadas para trabajar directamente con el producto de las magnitudes del campo y la superficie y el coseno de ángulo que forman.

CONCLUSIONES

Este trabajo muestra que, en un primer contacto con la simbología utilizada en clases de Física para definir flujo del campo eléctrico, muchos alumnos no logran reconocer los símbolos utilizados en los textos de Física como símbolos familiares (Primera Dimensión en el DCT) ni tampoco logran la extensión de las nuevas representaciones (utilizadas en Física) a las representaciones ya conocidas (aprendidas en los cursos de Cálculo). Si bien existen otras instancias posteriores de aprendizaje, estos resultados nos ponen en alerta sobre algunas cuestiones que deberían aclararse y resaltarse antes de seguir adelante con el estudio de la Ley de Gauss.

Los profesores, a medida que nos "acostumbramos" a dar distintos temas, a veces olvidamos que los alumnos están aprendiendo esos conceptos por primera vez. Si, en su contacto inicial con una idea, los alumnos no logran relacionarla con conceptos o temas conocidos, su aprendizaje se tornará innecesariamente problemático. Una opción para solucionar este tipo de situaciones correspondería a la coordinación de la presentación de símbolos, nombres y operaciones en dos asignaturas de distintas áreas, como en el caso presentado.

No podemos perder de vista que nuestro objetivo final es lograr que nuestros alumnos aprendan la Física por detrás de la expresión matemática de un concepto pero, ¿cuánto daño hacemos si permitimos que la falta de reconocimiento inicial de símbolos afecte el aprendizaje? Cabe también preguntarse si vale la pena ayudar a los alumnos a sortear este tipo de dificultades iniciales ya que, otra postura correspondería a pensar que los alumnos a este nivel deberían ser capaces de comprender independientemente de la notación usada. Es de esperar que investigaciones futuras ayuden a contestar estas preguntas realizando estudios en otros temas y planteando abordajes que permitan superar las dificultades encontradas.

REFERENCIAS

Alexander, P.A. y Kulicowich, J.M. (1994). *Learning from a Physics text: A Synthesis of recent research. Journal of Research in Science Teaching, 31,*9, 895-911.

Alexander, P.A. y Jetton, T.L. (2000). Learning from Text: A multidimensional and developmental perspective. En (Kamil, Mosenthal, Pearson, Barr, Eds.) *Handbook of Research of Reading Research.* Vol III. (pp.285-311). NJ: LEA, Inc.

Alfassi, M. (2004). Reading to learn: Effects of combined strategy instruction on high school students. *The Journal of Educational Research, 97* (4)*,* 171-184*.*

Alonso, M. y Finn, E. J. (1976). *Física. Campos y Ondas.*Volumen 2. México: Fondo Educativo Interamericano, S. A.

Alvarez, T. (2009). Uso de estrategias didácticas basadas en las tic para la visualización de conceptos involucrados en el aprendizaje del electromagnetismo, en estudiantes de ingeniería. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 552-558

Aposto,T.M. (1967). *Calculus. Volumen II.* Buenos Aires: Editorial Reverté S.A.

Bassok, M. y Holyoak, K. J. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15,* 153-166.

Campanario, J. M. y Moya, A. (1999) ¿Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192.

Concari, S. B. y Giorgi S. M. (2000) Los problemas resueltos en textos universitarios de Física. *Enseñanza de las Ciencias*. 18, 381- 390

Furió, C. y Guisasola, J. (1997) Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, *15* (2), 259-271.

Furió, C. Y J. Guisasola (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 131-146.

Guisasola, J., Salinas, J., Almudi, J.M., & Velazco, S. (2003). Análisis de procesos de aplicación de las leyes de Gauss y Ampère por estudiantes universitarios de España y Argentina. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, 25(2), 195-206.

Guisasola, J., Almudi, J.M. y Zuza, K. (2011). University Students´ Understanding of Electromagnetic Induction. *International Journal of Science Education,* DOI:10.1080/09500693.2011.624134.

Halliday, D. y Resnick, R. (1982). Física. Parte 2. Mx: Compañía Editorial Continental, S.A.

Hsu, H.P. (1987) *Análisis Vectorial.* Addison-Wesley Iberoamericana.

Kelly, G.J. (2007). *Discourse in Science Classrooms.* En (Abell y Lederman, Eds.) Handbook of Research on Science Education. (pp. 443-470) London: LEA, Publishers.

Kip, A. F. (1975). *Fundamentos de Electricidad y Magnetismo.* Mx: McGraw-Hill.

Krapas,S., Alves, F. Y Carvalho, L. R.(2000). Modelos Mentais e a Lei de Gauss. *Investigações em Ensino de Ciências* 5 (1), 7-21.

Leithold, L. (1998) *El Cálculo*. Oxford: Oxford University.

Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education.* San Francisco: Jossey – Bass Inc.

Pandiella,S., Torné, P.C. y Macías, A. (2004). Las características de los textos de física y su incidencia en la comprensión . *Investigaçoes em Ensino de Ciencias*, 9(1).

Patton, M. Q. (1990)*Qualitative Evaluation Methods.* (2° Edición) Thousand Oaks, Calif: Sage.

Piskunov, N. (1998). *Cálculo diferencial e integral.* México. Editorial Limusa.

Pocoví, M. C. (2007). The effects of a History-Based Instructional Material on the Students' Understanding of Field Lines. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (1), 107-132.

Pocoví, M. C. y Finley, F. (2003) Historical Evolution of the Field View and Textbook accounts. *Science and Education,*12 (4), 387-396.

Purcell, E. M. (1973). *Electricidad y Magnetismo* España: McGraw-Hill Book Company.

Purcell, E.J., VARBERG, D. y RIGDON, S.E. (2001). *Cálculo* (Octava Edición). México. Pearson Educación.

Rabuffetti, H.T. (1984). *Introducción al Análisis Matemático (Cálculo 2).* Buenos Aires: El Ateneo.

Resnick, R., Halliday, D. Y Krane, K. (2009). *Física*, Volumen 2 – México: Grupo Editorial Patria

Rey Pastor, J., Pi Calleja P., Trejo, C.A. (1957) Séptima edición (1968). *Análisis Matemático. Volumen II: Cálculo Infinitesimal de varias variables. Aplicaciones.* Buenos Aires. Editorial Kapeluz.

Saarelainen, M. Y Hirvonen, P. E. (2009) Designing a teaching sequence for electrostatics at undergraduate level by using educational reconstruction. *Latin American Journal of Physics Education.* 3 (3) 518-526.

Sadoski, M. y Paivio, A. (2004). A Dual Coding View of imagery and verbal processes in reading comprehension. En *Theoretical Models and Processes of Reading,* 4° Edición (Editores: Ruddell, R. B y Ruddell, M. R. y Singer, H.), 1329-1362. Newark, DE: International Reading Association.

Schenider, M. B. (2004) Discovery-based Gauss Law. *American Journal of Physics* 72 (10), 1272.

Serway, R. y Jewett, J. JR. (2009). *Física para Ciencias e Ingeniería con Física Moderna* – Volumen 2. Mexico: Cengage Learning.

Spiegel, M. (1970). *Análisis Vectorial.* Mx: Mc Graw Hill.

Spinadel, V.W. (2004). *Cálculo 2.* Buenos Aires: Nueva Librería.

Stewart, J. (2006). *Cálculo Conceptos y contextos (3ª edición).* México: International Thomson Editores, S.A.

Tipler, P. y Mosca, G. (2010). *Física para la Ciencia y la Tecnología, Electricidad y Magnetismo, luz.* – Volumen 2. Mexico: Ed. Reverté.

Young, H.,Freedman, R.A. (2009). *Física Universitaria con Física Moderna*- Volumen 2- México: Addison-Wesley.

Viennot, L. y Rainson, S. (1992). Students' reasoning about the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education, 14* (4), 475-487.

Viennot, L. y Rainson, S. (1999). Design and evaluation of research-based teaching sequence: the superposition of electric field. *International Journal of Science Education, 21* (1), 1-16.

Wangsness, R. K. (1986). *Electromagnetic Fields.*Canadá: John Wiley & Sons.

ENTORNOS DE APRENDIZAJE CONSTRUCTIVISTA

Estudio de un caso en el tema Óptica Geométrica

Palma, Nélida Beatriz ; Chirino, Sandra Ansise ; Elías, Silvia Estela

Laboratorio de Innovación Educativa en Física (LIEF); Departamento de Física.

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan

npalma@unsj.edu.ar

RESUMEN

Si se considera el aprendizaje como un proceso activo de construcción de conocimientos, partiendo del significado que a ello se le atribuye, entonces se puede decir que la enseñanza tendrá como objetivo orientar el proceso de ***construcción*** del aprendizaje.

Entre las diversas estrategias de enseñanza activa que se han propuesto en los últimos años se destacan los "Tutoriales para Física Introductoria" (Mc. Dermott y colaboradores 2001) (en adelante Tutoriales), son un conjunto de herramientas didácticas diseñadas para servir de complemento a las clases teóricas y a los libros de texto de un curso normal introductorio de física general a nivel universitario. El propósito de los Tutoriales es favorecer la construcción de las ideas, de los conceptos básicos de la física favoreciendo el desarrollo del razonamiento científico.

El principal objetivo de este trabajo, es valorar la eficacia que tiene el uso Tutoriales en alumnos universitarios en el tema Óptica geométrica., la evaluación de la instrucción se ha realizado mediante la aplicación de diagnósticos de respuestas múltiples al inicio (pre- instrucción) y al final de la instrucción (post-instrucción).

Siguiendo esta metodología de enseñanza que favorece el aprendizaje activo se obtuvieron niveles de logro claramente superiores a los de las clases tradicionales.

Presentamos estas estrategias para los temas de Óptica Geométrica, pero se pueden aplicar a otros temas, seleccionando el material adecuadamente.

ABSTRACT

If we consider learning as an active process of knowledge construction, based on the meaning ascribed to it, then we say that education will aim to guide the construction process of learning.

Among the various active learning strategies have been proposed in recent years highlights the "Tutorials for Introductory Physics" (Mc Dermott et al 2001) (hereinafter Tutorials) are a set of teaching tools designed to be complementary to the lectures and textbooks of a normal course introductory general physics at university level.

The purpose of the tutorials is to encourage the construction of ideas, basic concepts of physics by promoting the development of scientific reasoning.

The main objective of this study is to evaluate the effectiveness of the use tutorials university students in the field geometrical optics., Evaluation of the statement was made by applying multiple-choice diagnosis at baseline (pre-instruction) and at the end of training (post-instruction).

Following this teaching methodology that promotes active learning achievement levels were clearly higher than in traditional classes.

We present these strategies to Geometrical Optics topics, but can be applied to other topics, selecting the material properly.

REPOSITORIO DE ESTRATEGIAS PARA LA PROMOCIÓN DE APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Elías, Silvia E.; Palma, Nélida. B.; Chirino, Sandra A.

Laboratorio de Innovación en la Enseñanza de la Física (LIEF)
Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan.

selias@unsj.edu.ar, npalma@unsj.edu.ar, anchir@unsj.edu.ar

RESUMEN

Considerando como eje central en la resolución de problemas de Física, la etapa de COMPROBACIÓN, diseñamos una propuesta didáctica basada en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel.

La idea que aquí se presenta sostiene, por un lado, que es posible generar una propuesta híbrida entretejida de experiencias presenciales y virtuales en el sentido de que cualesquiera de ellas puedan asumir un peso y valor académico importante siempre que así se justifique, y que incluso por su propia complementariedad puedan potenciarse mutuamente, creando así un entorno abierto con múltiples intercambios comunicativos (cara–cara, sincrónicos y asincrónicos) entre profesores y alumnos, que a su vez dé lugar a una mayor profundización y amplificación del conocimiento de los alumnos.

Por otro lado, se propone la creación de un repositorio de materiales educativos para promover la sistematización y difusión de estas experiencias pedagógicas.

Para ello, desde nuestro laboratorio de investigación (LIEF), se ha creado un portal web basado idea de que este tipo de recursos creados por los docentes para impartir sus clases prácticas, puedan ser compartidos de manera libre por los demás colegas de profesión.

Además mostramos cómo es posible poner en práctica este recurso, mediante animaciones en flash y videos de corta duración, disponibles en:
http://db.tt/ua5whVIG, http://db.tt/0NeoMteM, http://db.tt/M8sC7OHX, http://db.tt/QH3J5lCl y http://db.tt/BY6NZ40X.

Palabras clave: problemas, ciencias básicas, Constructivismo, contenidos abiertos.

ABSTRACT

Regarding the resolution of problems in physics, considering the checkout as the central axis, we designed an educational proposal based on the Theory of Significant Learning of Ausubel.

The idea presented argues, from one side that is possible to generate a hybrid proposal conformed by face and virtual experiences in the sense that any of them could assume an important weight and value anytime it is justified, also by them own complementarities could complement themselves creating multiple communicative exchanges (face to face, synchronically and asynchronously) between teachers and students that could amplify the knowledge of students.

On the other side, the creation of a repository of educative material to promote the systematization and diffusion of pedagogic experiences is proposed.

To achieve this we've created a webpage based on the fact that these ideas could be freely shared.

Also we show how is it possible to put into practice the resources exposed with flash animations and short videos available at:

http://db.tt/ua5whVIG, http://db.tt/0NeoMteM, http://db.tt/M8sC7OHX, http://db.tt/QH3J5lCl and http://db.tt/BY6NZ40X.

Keywords: problems, basic sciences, constructivism, opensource content.

COMUNICACIONES ORALES 3

BLOQUE B

EL ESTUDIO DE LOS MAPAS CONCEPTUALES COMO MEDIO PARA EVALUAR APRENDIZAJES INTERDISCIPLINARES

Luis A. Marino[1]; Ricardo A. Carreri[2]; Gloria E. Alzugaray[3]

[1] Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Humanidades y Ciencias, Paraje el Pozo S/N, (3000) Santa Fe, Santa Fe, Argentina; [2] Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Santiago del Estero 2829, (3000) Santa Fe, Santa Fe, Argentina; [2,3] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Grupo GIEDI, Lavaise 610, (3000) Santa Fe, Santa Fe, Argentina,
[1] lmarino@fiq.unl.edu.ar; [2] rcarrei@fiq.unl.edu.ar; [3] galzugar@frsf.utn.edu.ar;

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar el uso de mapas conceptuales como una herramienta didáctica útil para evaluar la adquisición de conceptos, las relaciones que los vinculan y las confluencias entre los diferentes campos disciplinares utilizados por los alumnos de la Carrera Profesorado en Biología, de la Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral. Para ello, se indagaron los mapas conceptuales elaborados en respuesta a preguntas relacionadas a problemáticas ambientales, que para su estudio requirió de un abordaje y análisis interdisciplinario. Este material ha sido utilizado dentro de una propuesta didáctica, en la cual se utilizaron problemáticas ambientales, que favorecen una enseñanza - aprendizaje interdisciplinaria de los contenidos de Física, Química, Biología, Ecología.

Palabras clave: Aprendizaje Significativo. Mapas conceptuales. Contenidos interdisciplinarios. Evaluación interdisciplinaria.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to show the use of concept maps as a didactic tool useful for evaluating the acquisition of concepts, relations that link them together and the overlaps between the different disciplinary fields used by the Biology major students from the Department of Humanities and Sciences at the Universidad Nacional del Litoral. To do this, the concept maps developed in response to questions related to environmental issues were analized. These maps require an interdisciplinary approach and analysis. This material has been used within a teaching proposal, which used environmental problems, which are conducive to a teaching - learning of the interdisciplinary content of Physics, Chemistry, Biology, and Ecology.

Keywords: Meaningful Learning. Concept maps. Interdisciplinary Teaching. Interdisciplinary assessment.

INTRODUCCIÓN

El actual desarrollo científico tecnológico demanda la integración de saberes. Cualquier problema sociocultural o profesional que un individuo enfrente es difícil de abordar y comprender desde una concepción meramente disciplinaria. Es por ello que la interdisciplinariedad es un tema obligado en la comunidad educativa, no solo en el discurso, sino también en la práctica.

Debido a ello se debe formar profesores que:

a) Conozcan su disciplina con profundidad, sus leyes, teorías y conceptos fundamentales; así como los conceptos básicos esenciales de otras disciplinas que les permitan participar en proyectos interdisciplinarios.

b) posean una concepción epistemológica acerca de las ciencias, del método científico y de otras formas de conocimiento, para que su conocimiento científico disciplinar no sea neutral y absoluto, sino condicionado a la historia, la sociedad y con una aplicación práctica.

c) puedan establecer relaciones entre su disciplina y los problemas socio- ambientales, para que puedan proyectarse en ese aspecto.

d) superen la idea de que los alumnos aprenden escuchando y memorizando, como si no pudieran pensar y tener sus propias explicaciones sobre los hechos y fenómenos que se les presentan.

Desde el año 2009 y con el objetivo de formar interdisciplinariamente a los profesores de Biología, se ha generado dentro del departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Humanidades y Ciencias (UNL) un espacio de actividades extracurriculares en la cual participan alumnos de la Carrera Profesorado en Biología, trabajando, según la metodología de investigación dirigida (Junco, 2004), sobre situaciones problemáticas ambientales basadas en el "ciclo biogeoquímico del oxígeno y sus posibles alteraciones", cuyos abordajes y resoluciones propician la enseñanza – aprendizaje interdisciplinaria de contenidos de Física, Química, Ecología, Biología y otras disciplinas, contribuyendo a que los estudiantes contextualicen sus aprendizajes y adquieran estrategias para resolver creativamente problemas reales dentro de grupos de aprendizajes colaborativos.

¿Para qué emplear una estrategia didáctica interdisciplinar?

Según Morín (2001) la interdisciplinariedad persigue como objetivo epistemológico la reunificación del saber y el logro de un cuadro conceptual global, mientras que como objetivo metodológico pretende investigar multilateralmente la realidad, por el propio carácter variado, multifacético y complejo de la misma y la necesidad de obtener un saber rápidamente aplicable, en consonancia con la creciente interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad (Álvarez Pérez, 2004). Para esto deben plantearse "nodos interdisciplinarios" ó problemas límites, que para su estudio deben enfocarse desde el punto de vista de diferentes disciplinas y de acuerdo con las diversas capacidades de los alumnos, en un espacio extracurricular, dentro del currículo de la carrera ó de una asignatura en particular (Salazar, 2004). Desde un punto de vista didáctico los "nodos interdisciplinarios" pueden plantearse a partir de problemas relevantes que respondan a las necesidades sociales del estudiante y los objetivos generales de su formación. En principio tales problemas deben cumplir ciertos criterios:

a) Ser socialmente importantes, para crear actitudes comprometidas con la solución de los problemas de nuestra sociedad.

b) ser relevantes para la cultura y la formación en los estudiantes de una concepción científica del mundo.

c) Ser de interés, para promover la formación de personalidades capaces de disfrutar la obra del hombre y la naturaleza.

d) poder ser trabajados de manera interdisciplinaria, en el tiempo asignado dentro del Plan de Estudio.

e) responder a los intereses y capacidades diversas de los estudiantes.

Al respecto las problemáticas ambientales (Mahecha et al., 2008), por la característica transversal inherente a sus contenidos, permiten integrar los contenidos de diferentes campos disciplinarios al establecer relaciones de interdependencia, convergencia y complementariedad entre las disciplinas y transformarse en "nodos interdisciplinarios".

Implementación de una estrategia didáctica interdisciplinar para alumnos del profesorado en biología.

Dado que, la problemática ambiental atraviesa transversalmente los contenidos de diferentes campos disciplinarios (Maechea et al., 2008), se ha empleado en los últimos años como nodo interdisciplinario de estudio "El adelgazamiento de la capa de Ozono estratosférico; su efecto sobre los seres vivos y el medioambiente", estudiando en particular:

a) Las causas físicas y químicas que producen la alteración mencionada.

b) El efecto de dichas alteraciones sobre los seres vivos.

c) Los efectos sobre los componentes abióticos.

d) Las posibles soluciones para mitigar los efectos no deseados de las alteraciones sobre los seres vivos y el medioambiente.

Las actividades se desarrollaron durante los años 2009, 2010 y 2011. Por año, se formaron 10 grupos de investigación, cada uno con 3 alumnos (30 alumnos por año), de ambos sexos y cuyas edades oscilaban entre los 18 y 20 años. Entre los aspirantes (presentados voluntariamente a una convocatoria realizada por el Departamento de Ciencias Naturales (FHUC – UNL)), se seleccionaron aquellos que habían aprobado los cursos cuyos contenidos mínimos se requerían para abordar las problemáticas propuestas. El colectivo de expertos o directores de las investigaciones, se conformó con un especialista de Química, uno de Física, uno Biología y uno de Ecología.

La estrategia de trabajo involucró las siguientes etapas:

I- Presentación de la situación problemática a los alumnos.

II- Determinación, por parte de los alumnos, de lo conocido y lo nuevo por conocer. Esta etapa se trabajó mediante la metodología de taller semipresencial. Para esto se entregó a cada grupo de estudiantes una guía de trabajo con sus correspondientes consignas; durante toda la actividad los alumnos contaron con el apoyo del colectivo de expertos tanto a través de consultas puntuales virtuales (efectuadas mediante el Foro de discusión empleando la plataforma Moodle) y de reuniones periódicas semanales para analizar el estado de avance de dichas tareas. El objetivo de esta actividad estuvo centrada en que los alumnos actualizaran y/o reconsideren sus conocimientos fisicoquímicos previos, en torno a dos puntos básicos:

a) El efecto del adelgazamiento de la capa de ozono sobre la filtración de la radiación UVB.

b) Los efectos fotolíticos de la radiación UVB.

La guía de actividades y los materiales de trabajo estuvo a disposición del alumnado a través de la plataforma virtual moodle provista por la UNL.

Dicha etapa finalizó con una exposición presencial de los resultados y debate intergrupal sobre los modelos teóricos implícitos en el análisis de las consignas planteadas y su rango de validez.

III 1 Planteo de nuevas situaciones problemáticas, a los colectivos de alumnos - investigadores mediante la plataforma moodle.

1- Según el protocolo de Montreal, los CFC, los Halones y los NO_x emitidos por acciones antrópicas son los responsables del adelgazamiento de la capa de Ozono estratosférico. La cual se ha magnificado en la zona antártica durante fines de setiembre (formando el agujero de Ozono) y en forma no periódica a fines de mayo en la zona ártica. Investigar el mecanismo de la química estratosférica que explica dichas afirmaciones.
2- ¿Cuáles son los diferentes niveles celulares en los que interactúa la radiación UVB con las biomoléculas?
3- ¿Cómo se origina la mutación en el ADN al interactuar este con las radiaciones UVB y cuales son los posibles mecanismos de reparación?
4- Investigar cuales son las reacciones que derivan en los melanomas de piel. ¿Cuál es la acción fisicoquímica del protector solar con filtro UV?
5- Investigar como afecta la radiación UVB la productividad de ciertas variedades de trigo, ¿Qué derivaciones económicas trae aparejado dicho efecto?
6- Recientes investigaciones han demostrado que el fitoplancton marino de los mares antárticos ha mermado su proceso fotosintético por acción de la radiación UVB. ¿Qué efecto sobre el ecosistema acuático produciría una duración mas prolongada del agujero de ozono antártico? ¿Se puede esperar un efecto similar sobre las costas del sur argentino alcanzado por dicho agujero?
7- Los UVB, hasta una profundidad de unos 20m en aguas claras, afecta la reproductibilidad y sobrevivencia del plancton animal. ¿Cómo está relacionado este fenómeno con las corrientes migratorias descendentes diurnas y ascendentes nocturnas del plancton de aguas profundas? En las aguas poco profundas: ¿Qué efecto traería sobre la cadena trófica?

Tabla N° 1: Cuestiones problemáticas planteadas.

III-2 Resolución por parte del grupo ó colectivo de alumnos – investigadores de las nuevas problemáticas planteadas, utilizando estrategias basadas en el uso de las relaciones interdisciplinarias entre Física, Química, Biología y Ecología.

Las etapas III-1 (presentación de las situaciones problemáticas) y III-2 (Resolución, por parte de los alumnos, de las problemáticas propuestas en base a los marcos teóricos analizados en la etapa II) se trabajaron mediante la metodología de taller semipresencial. Para ello, se entregó a cada grupo de estudiantes una guía de trabajo con las situaciones problemáticas; durante el proceso de investigación de las mismas, los alumnos contaron con el apoyo del colectivo de expertos, tanto a través de consultas puntuales virtuales (efectuadas mediante el Foro de discusión de la plataforma Moodle) como de reuniones periódicas semanales para analizar el estado de avance de sus trabajos.

IV Cada colectivo de investigación entregó a través de la plataforma virtual un informe en el cual se especificó:

a. Las Hipótesis planteadas para la resolución de cada situación de trabajo planteada.
b. La estrategia de análisis empleada, detallando las fuentes de información y las metodologías de trabajo relativas a diferentes campos disciplinares.
c. Los resultados obtenidos, haciendo hincapié en las relaciones Interdisciplinarias encontradas.
d. El análisis de los resultados obtenidos desde un enfoque interdisciplinario entre Química, Física, Biología y Ecología. de los resultados del análisis.

V- Discusión grupal de resultados. Análisis crítico y reflexivo de los resultados obtenidos por cada grupo.

VI- Análisis de las soluciones más factibles a las problemáticas planteadas, en el marco de las relaciones Ciencia- Tecnología- Sociedad.

Actividad	Modalidad	Actividad docente semanal	Semana
I	Presencial	1 sesión de 2 hs	1
II-1	A distancia	----------	2
II-2	Semipresencial	1 sesión de 2 hs por docente + Consultas virtuales a través del foro	3-6
II-3	Presencial	Moderación de las 5 exposiciones de 2 hs cada una (2 colectivos por exposición).	7
II-3	Presencial	Participación del colectivo docente en el debate intergrupal de los 10 grupos de alumnos.	8
III-1	A distancia	----------	9
III-2	Semipresencial	1 sesión de 2 hs por docente + Consultas virtuales a través del foro	10 -13
IV	A distancia	----------	14
V	Presencial	Moderación en las exposiciones y debate de los trabajos efectuados por los 10 colectivos de alumnos – Investigadores.	15
VI	Presencial	Participación del colectivo docente, como mediadores en el análisis y planteo por parte de los alumnos a posibles soluciones a las problemáticas planteadas.	16

Tabla No 2: Cronograma de la Actividad Interdisciplinaria

¿CÓMO EVALUAR EL APRENDIZAJE INTERDISCIPLINAR?: EL USO DE LOS MAPAS CONCEPTUALES.

Fundamentación

Se emplearon los mapas conceptuales como instrumento de evaluación del aprendizaje interdisciplinar, debido a que permiten obtener una visualización de la organización conceptual de los alumnos. Mediante el empleo de esta herramienta hemos buscado informaciones sobre los significados y relaciones significativas entre los conceptos elaborados por los alumnos en torno a la resolución de situaciones problemáticas relacionadas con el medio ambiente, implementadas según la estrategia didáctica interdisciplinar previamente detallada.El aprendizaje inteligente e interdisciplinar implica una construcción de estructuras cognitivas o intelectuales que involucran relaciones entre conceptos y procesos pertenecientes a diferentes áreas disciplinares, que pueden ser representados, analizados y evaluados mediante los mapas conceptuales.

El aprendizaje es el proceso que se genera en la mente de los sujetos cuando subsume nueva información, según Ausubel (1968) de manera no arbitraria y sustantiva y que requiere como condiciones: predisposición para aprender; empleo de material potencialmente significativo; significatividad lógica del material; redes de anclaje en la estructura cognitiva del que aprende.

Ausubel (1968) considera como factor clave en el aprendizaje lo que el alumno ya sabe. Novak y Gowin (1984), lo orientan hacia la enseñanza, con referencia explícita a otras variables instruccionales como el aprendizaje de la ciencia y la resolución de problemas que ocurren en el aula.

En la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1968), se considera que el alumno da sentido a lo que aprende, en vez de almacenar arbitraria y literalmente el conocimiento. El significado se genera por la interacción entre el nuevo conocimiento y aquéllos que ya existen, con estabilidad y claridad, en la estructura cognitiva del que aprende.

Para Ausubel (1968), el aprendizaje significativo es el mecanismo humano, por excelencia, para adquirir y almacenar una importante cantidad de informaciones representadas en cualquier campo de conocimiento. Las características básicas del aprendizaje significativo son "no-arbitrariedad" y "sustantividad". No-arbitrariedad implica que el material potencialmente significativo se relaciona de manera no-arbitraria con el conocimiento ya existente en la estructura cognitiva del aprendiz. De modo que, la relación no es con cualquier aspecto de la estructura cognitiva sino con conocimientos relevantes, denominados, según la teoría del aprendizaje significativo, "subsumidores".

Los conocimientos previos son el puente y la organización para la incorporación, comprensión y fijación de nuevos conocimientos cuando éstos `se anclan´ en conocimientos específicamente relevantes preexistentes en la estructura cognitiva. De este modo nuevas ideas, conceptos, proposiciones, pueden aprenderse significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos, proposiciones, específicamente relevantes e inclusivos estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del sujeto y funcionen como puntos de `anclaje´ para los primeros.

El concepto de sustantividad, en la teoría del aprendizaje significativo, significa que lo que se incorpora a la estructura cognitiva es la `sustancia´ del nuevo conocimiento, de las nuevas ideas. El mismo concepto o la misma proposición pueden expresarse de diferentes maneras a través de distintos signos, equivalentes en términos de significados.

La importancia del proceso de aprendizaje significativo está, por lo tanto, en la relación no arbitraria y sustantiva de ideas simbólicamente expresadas con algún aspecto relevante de la estructura de conocimiento del sujeto, esto es, con algún concepto o proposición que ya le es significativo y adecuado para interactuar con la nueva información. De esta interacción surgen para el estudiante, los significados de los materiales potencialmente significativos. En esta interacción, el conocimiento previo se modifica por la adquisición de nuevos significados por lo que, desde la perspectiva ausubeliana, el conocimiento previo es la variable decisiva para el aprendizaje significativo.

Los mapas conceptuales son diagramas que indican relaciones entre conceptos, proporcionan una síntesis esquemática en la que los contenidos se ordenan jerárquicamente y cuya función principal es "poner en evidencia los significados atribuidos a los conceptos y las relaciones que el alumno establece entre los conceptos, en el contexto de un cuerpo de conocimientos." (Moreira, 1997).
Dado que en este caso el cuerpo de conocimientos se refiere al estudio del medioambiente, dichos conocimientos son transversales a diferentes campos disciplinares. Bajo esta perspectiva, el mapa conceptual permite analizar como el alumno estructura, jerarquiza, diferencia, relaciona e integra conceptos pertenecientes a diferentes áreas disciplinares. Es decir permite evaluar la estructura cognitiva del alumno construida bajo el enfoque interdisciplinar.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.

La muestra estaba constituida por los 90 alumnos que en los años 2009, 2010 y 2011 participaron de la actividad interdisciplinaria mencionada previamente, pertenecientes a la carrera Profesorado en Biología, de la Facultad de Humanidades y Ciencias (UNL) y cuyas edades oscilaban entre los 18 y 20 años de edad, ya habían cursado y aprobado las asignaturas: Introducción a la Biodiversidad, Ecología general, Química General e Inorgánica, Química Orgánica y Física General, cuyos contenidos eran requeridos para el abordaje de las problemáticas interdisciplinarias.

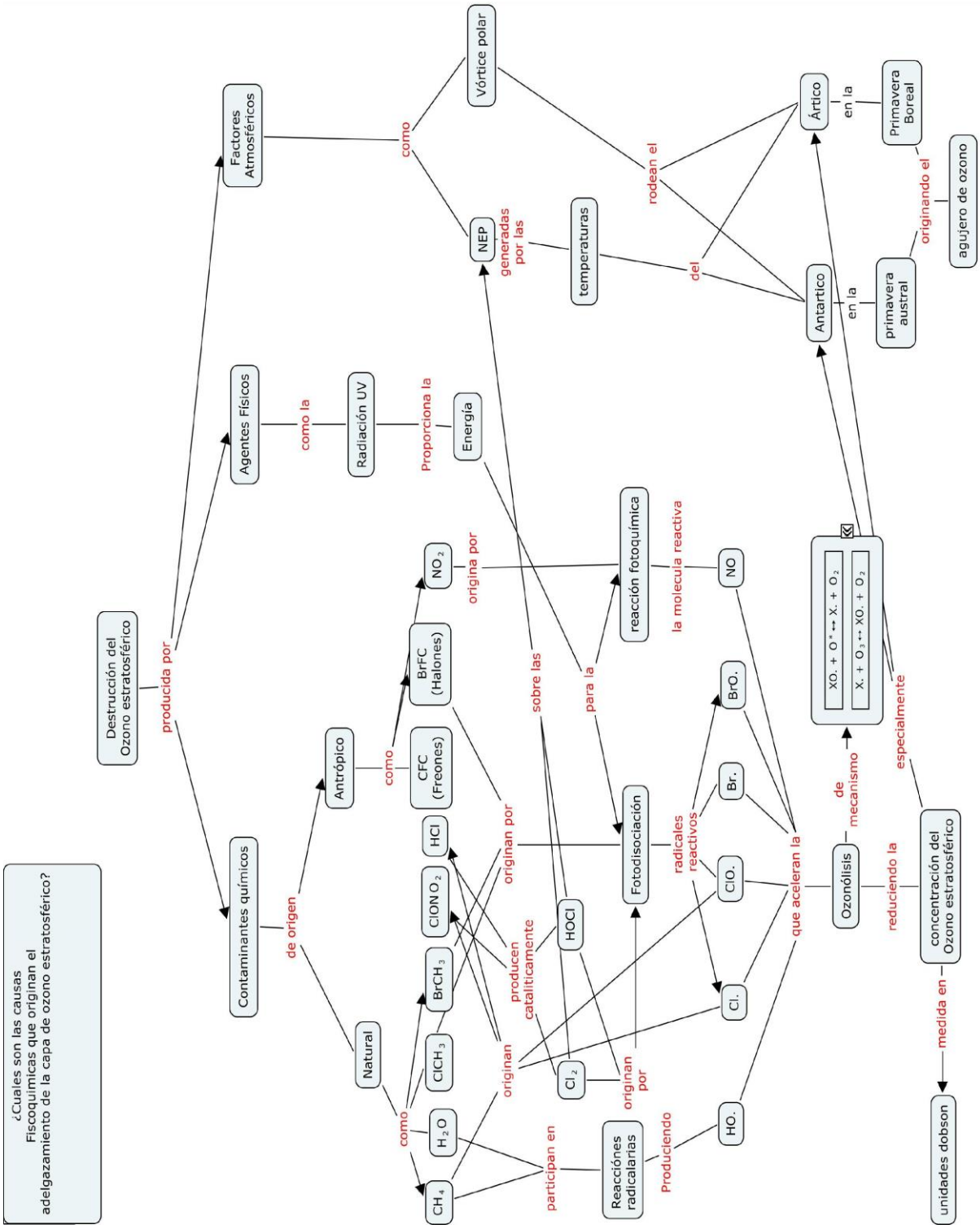
Los instrumentos de análisis fueron los mapas conceptuales elaborados por cada alumno, en la semana 16 (según tabla N°2) y en relación a las siguientes preguntas de enfoque:

I. ¿Cuáles son las causas fisicoquímicas y ambientales que originan la destrucción del ozono estratosférico?
II. ¿Qué efectos produce la destrucción del ozono estratosférico sobre los seres vivos?
III. ¿Qué efectos produce la destrucción del ozono estratosférico sobre los ecosistemas?

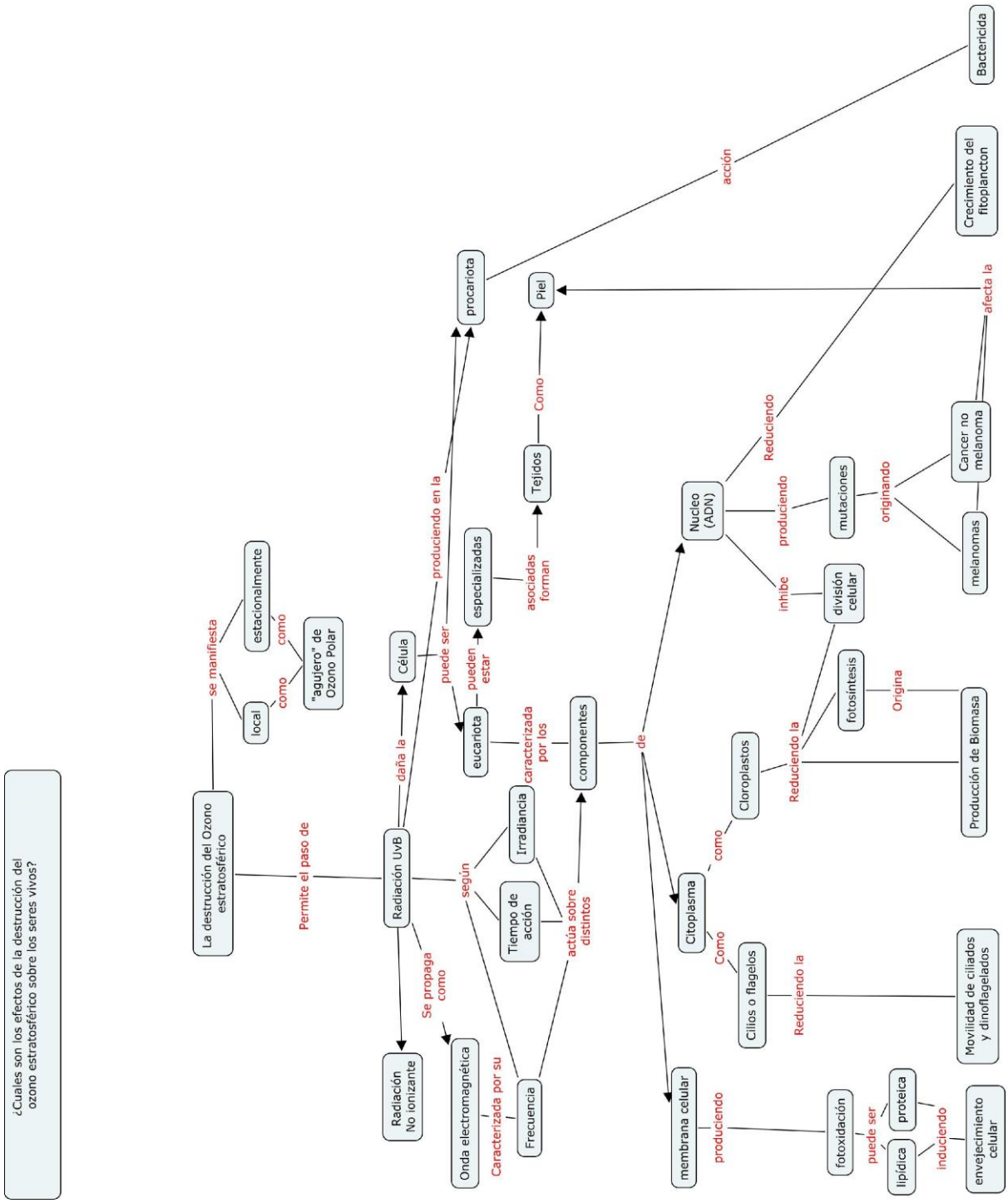
Para esto, previamente se les explicó como debían efectuar dicha construcción y se los entrenó en el uso del software de libre uso CMap Tools, desarrollado para la elaboración de mapas conceptuales (Novak y Cañas, 2005), en el Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), de la Universidad de West Florida.

Se trabajó en tres sesiones (una por interrogante) en la sala de informática y se asigno un tiempo de 45 minutos por sesión.

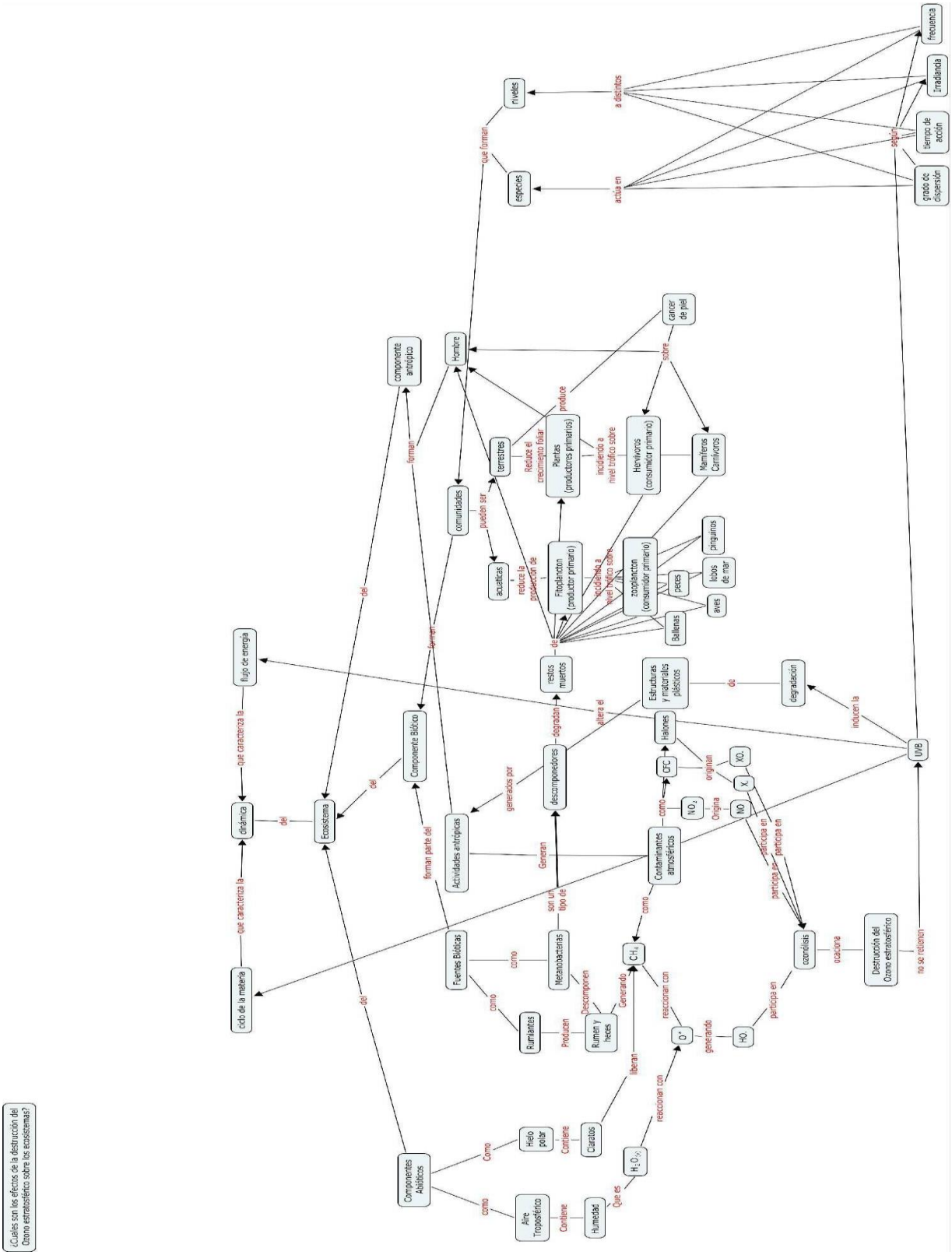
A través de entrevistas personales, los alumnos verbalizaron el contenido de sus mapas, los cuales se registraron en base a grabaciones. Esta información sirvió de base para contrastar la validez de la información aportada por los mapas.



Gráfica No 1: Mapa Conceptual elaborado por un alumno del grupo No 3-2009, en relación a la pregunta de enfoque I.



Gráfica No 2: Mapa Conceptual elaborado por un alumno del grupo No 1-2010, en relación a la pregunta de enfoque II



Gráfica No 3: Mapa Conceptual elaborado por un alumno del grupo No 8- 2011, en relación a la pregunta de enfoque III

El análisis de los mapas conceptuales se efectuó bajo 2 modalidades:

Modalidad 1 (M1): empleando la metodología propuesta por Bartels (1995), el cual propone tres categorías para evaluar y, eventualmente, calificar un trabajo con mapas conceptuales. Cada categoría establece 4 niveles de desempeño a los cuales se le asigna un puntaje de 0 a 3, según la tabla que se muestra a continuación:

Puntos	Características de la información que brinda el mapa
3	Muestra una comprensión del concepto ó principio matemático y usa una notación y una terminología adecuada.
2	Comete algunos errores en la terminología empleada y muestra algunos vacíos en la comprensión del concepto o principio.
1	Comete muchos errores en la terminología y muestra vacíos conceptuales profundos.
0	No muestra ningún conocimiento en torno al concepto tratado.

Tabla 3- Categoría (M1): Conceptos y Terminología

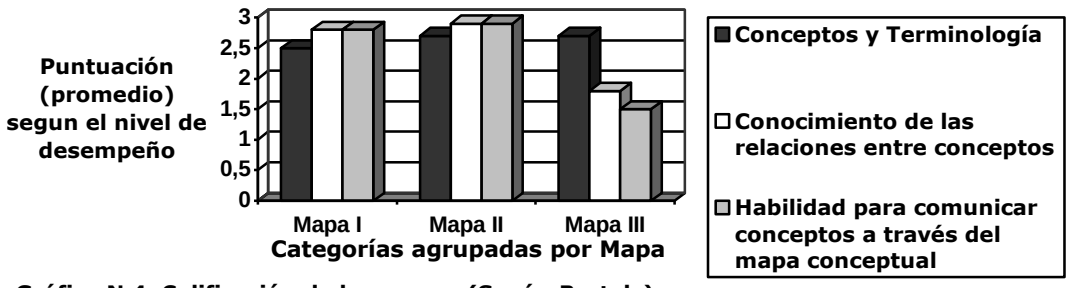
Puntos	Características de la información que brinda el mapa
3	Identifica todos los conceptos importantes y demuestra conocer las relaciones entre ellos.
2	Identifica conceptos importantes, pero realiza algunas conexiones erradas.
1	Realiza muchas conexiones erradas.
0	Falla al establecer en cualquier concepto una conexión apropiada.

Tabla 4- Categoría (M1): Relaciones entre conceptos

Puntos	Características de la información que brinda el mapa
3	Construye un mapa conceptual apropiado y completo, incluyendo ejemplos, colocando los conceptos en jerarquías y conexiones adecuadas y colocando relaciones en todas las conexiones, dando como resultado final un mapa que es fácil de interpretar.
2	Coloca la mayoría de los conceptos en una jerarquía adecuada estableciendo relaciones apropiadas la mayoría de las veces, dando como resultado un mapa fácil de interpretar.
1	Coloca solo unos pocos conceptos, en una jerarquía apropiada y usa sólo unas pocas relaciones entre los conceptos, dando como resultado un mapa difícil de interpretar.
0	Produce un resultado final que no se considera un mapa conceptual.

Tabla 5- Categoría (M1): Habilidad para expresar conceptos a través del mapa conceptual.

En la gráfica N° 4, se muestran, en términos de promedios, los resultados del análisis empleando esta modalidad. La confiabilidad de dichos resultados se evaluó calculando el índice α de Crombach, obteniéndose valores de 0.75, 0.78 y 0.76 para las categorías I, II y III respectivamente.



Gráfica N 4: Calificación de los mapas (Según Bartels)

Modalidad 2(M2): contabilizando discriminadamente las relaciones entre conceptos, en términos de los campos disciplinarios de pertenencia. Para esto se analizaron todas las relaciones entre conceptos y se seleccionaron aquellas que:

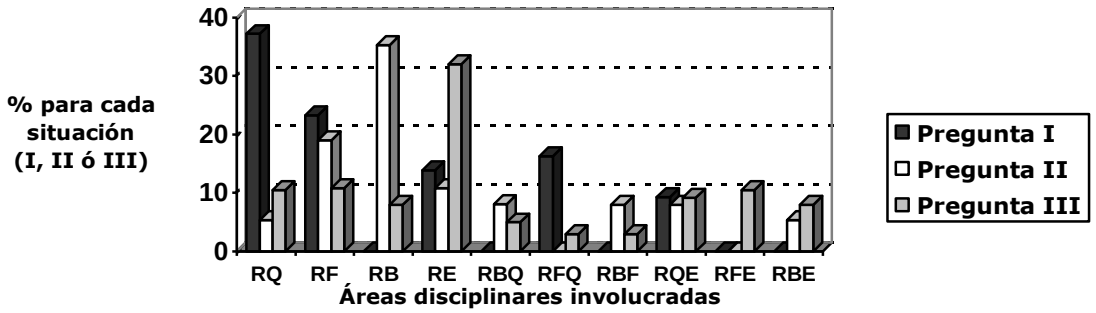
a) Relacionaban conceptos correctos.
b) Las proposiciones eran válidas.
c) Presentaron una adecuada relación entre los conceptos enlazados.

En la Tabla N° 6 se establecen las categorías de análisis para la modalidad M2, mientras que en la grafica N° 5 se visualizan los porcentajes obtenidos como promedio entre el número de relaciones de cada categoría, arrojados por los mapas elaborados por los 90 alumnos y discriminados según la pregunta de enfoque utilizada (I, II ó III).

Categorías (M2)	Descriptor de la categoría de análisis
Relaciones Químicas (RQ)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos del área disciplinaria química.
Relaciones Físicas (RF)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos del área disciplinaria física.
Relaciones Biológicas (RB)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos del área disciplinaria biológica
Relaciones Ecológicas (RE)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos del área disciplinaria ecológica
Relaciones Fisicoquímicas (RFQ)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos de las áreas disciplinarias física y química.
Relaciones Bioquímicas (RBQ)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos de las áreas disciplinarias biológica y química.
Relaciones Biofísicas (RBF)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos de las áreas disciplinarias biológica y química.
Relaciones Químico-Ecológicas (RQE)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos de las áreas disciplinarias química y ecológica.
Relaciones Físico – Ecológicas (RFE)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos de las áreas disciplinarias física y ecológica.
Relaciones Bío- Ecológicas (RBE)	Relación entre conceptos y/o instancias de conceptos de las áreas disciplinarias biológica y ecológica.

Tabla No 6: Categoría de análisis para evaluar las relaciones preposicionales desde el punto de vista disciplinaria y/ó interdisciplinaria.

La consistencia interna del instrumento fue validada por el criterio de 2 expertos.



Gráfica N° 5: Porcentaje de relaciones establecidas en función de las áreas disciplinares

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS REGISTRADOS

Modalidad M1

Categoría conceptos y terminología: de la lectura de los mapas conceptuales se observa que en general los alumnos muestran una adecuada comprensión de los conceptos, indicando imprecisiones en la terminología relativas a las disciplinas física y química. Esto se ve reflejado en un menor desempeño al elaborar el mapa I (Cuya pregunta de enfoque estaba relacionada a las causas fisicoquímicas que originan la destrucción del ozono estratosférico) en relación a los mapas conceptuales vinculados a las otras preguntas de enfoque. Al contrastarlo con sus verbalizaciones se identifican las mismas imprecisiones terminológicas y conceptuales observadas en los mapas.

Categoría conocimientos de las relaciones: del análisis de los mapas conceptuales surge que los alumnos han identificado los conceptos más relevantes y los han relacionado adecuadamente. Es interesante aclarar la aparición de relaciones cruzadas entre conceptos pertenecientes a campos disciplinarios diferentes. En este punto el mapa conceptual permite poner de manifiesto como los alumnos han "construido" su conocimiento. De todos modos los alumnos han verbalizados ciertas relaciones que no pudieron plasmarlas en sus mapas conceptuales.

Categoría habilidad para expresar conceptos a través de mapas: Se evidencia que los mapas relacionados a las preguntas de enfoque II y III, que involucran conceptos relativos a fenómenos desde un nivel atómico (cuantos de energía absorbido por átomos enlazados) hasta un nivel macroscópico (aumento en la incidencia de melanomas de piel), y que involucran conceptos disciplinarios muy específicos presentan una adecuada jerarquización entre los conceptos del mismo área disciplinar, pero insuficiente entre conceptos interdisciplinarios. Esto nos hace replantear la utilidad de un único mapa jerárquico para relacionar conceptos multidisciplinarios. En sus verbalizaciones los alumnos explican los fenómenos de origen multicausal y multidisciplinario, pero les cuesta jerarquizarlos entre sí.

Modalidad M2

a. Para la cuestión I (Causas fisicoquímicas y ambientales que producen la destrucción del Ozono Estratosférico) en los mapas conceptuales predominan relaciones disciplinarias e interdisciplinarias entre conceptos de Química y Física incorrectas. Esto es lógico ya que el fenómeno es un proceso netamente Fisicoquímico y los alumnos en sus entrevistas manifestaron deficiencias terminológicas y conceptuales en dichos campos disciplinarios. Además se establecieron algunas relaciones entre conceptos químicos y Ecológicos (relativos la influencia de los factores abióticos como el vórtice polar ó las NEP sobre un mecanismo de reacción que intensifican la destrucción del Ozono Estratosférico sobre los polos).

b. En relación a la cuestión II (Efectos de la destrucción del Ozono Estratosférico sobre los seres vivos) predominan aquellas relaciones entre el concepto "Radiación UVB" y las distintas afecciones sobre los componentes de las células o tejidos de los seres vivos. Debido a esto las relaciones disciplinares predominantes en los mapas son las que se establecen entre conceptos Biológicos, mientras que, entre las relaciones interdisciplinarias predominan aquellas entre conceptos Biológicos y los de otros campos disciplinarios. En los registros de las entrevistas surge que algunos alumnos cursaban Biología Molecular, en la cual se analiza la incidencia de la radiación UVB sobre el ADN. Los mapas registran adecuadamente estas relaciones, pero queda la incógnita si este desempeño se debe a conceptos adquiridos por la estrategia interdisciplinaria aplicada o debido al cursado de la asignatura Biología Molecular, de naturaleza multidisciplinaria.

c. Al analizar los mapas conceptuales relativos a la pregunta III (Efectos de la destrucción del Ozono Estratosférico sobre los ecosistemas), predominan desde el punto de vista disciplinario las relaciones entre conceptos Ecológicos y desde el enfoque de las relaciones interdisciplinarias, aparecen relaciones entre los conceptos de todos los campos disciplinarios involucrados. De las entrevistas sale a la luz que los estudiantes al estudiar los ecosistemas analizaron las relaciones entre los componentes bióticos (seres vivos), los componentes abióticos (en donde se producen una gran cantidad de fenómenos Físicos y Químicos) y el componente antrópico (el hombre y su acción contaminante, tanto química como física, sobre el ambiente), lo cual les facilitó analizar las relaciones interdisciplinarias planteadas en la pregunta.

INFERENCIAS Y REFLEXIONES FINALES

De los resultados obtenidos se observa que:

a) A través los mapas conceptuales, los estudiantes ponen de manifiesto que analizaron adecuadamente las preguntas planteadas, identificando los conceptos más relevantes relativos a las causas y consecuencias de los núcleos problemáticos. Pero se cometieron ciertas imprecisiones terminológicas, corroboradas a través de sus verbalizaciones.

b) Al elaborar los mapas relacionaron fenómenos aparentemente inconexos, presentando una visión más holística de la realidad. Para lograr superar esta aparente desconexión debieron apropiarse de conocimientos y formas de pensar de otros campos disciplinarios, lo cual se corroboró con las verbalizaciones registradas.

c) En los mapas efectuaron múltiples relaciones entre una causa y múltiples consecuencias y viceversa, lo cual les permitió comprender lo complejo de la realidad. Algunas de ellas no fueron registradas en los mapas, pero si fueron verbalizadas, debido a la dificultad de los alumnos para incluirlas en un único diagrama jerarquizado.

De acuerdo a los resultados anteriormente mencionados se puede concluir que:

Los mapas conceptuales son indicados como instrumentos para indagar como los alumnos construyen su conocimiento interdisciplinario; particularmente permiten explorar el significado que los alumnos asignan a los diferentes conceptos y como los vinculan entre sí, aún aquellos de diferentes campos disciplinarios.

Para terminar, al llevar adelante actividades interdisciplinarias, es pertinente emplear mapas conceptuales disciplinarios donde se establezcan claramente las jerarquías entre los conceptos de un único campo disciplinario, y luego vincular dichos mapas entre sí a través de proposiciones interdisciplinarias, ya que establecer una jerarquía conceptual en un campo interdisciplinario en muchos casos resulta muy complejo e impreciso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Pérez, M. (2004). *Didáctica de las ciencias: nuevas perspectivas.* La Habana: Ediciones Pueblo y Cultura.

Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view.* New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Bartels, B. (1995). Promoting mathematics connections with concept mapping. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 1(1), pp. 542- 549.

Junco, Silvia N. (2004). *Interdisciplinariedad: un reto para el docente.* La habana: Ediciones Pueblo y Cultura.

Mahecha Clavijo, G. R; Ramírez, A. y Pedraza N. (2008). *Educación ambiental. Reflexiones Epistemológicas y Praxiológicas.* Bogotá: Editorial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Moreira, M. A. (1997). *Mapas conceptuales y aprendizaje significativo* [en línea]. Brasil: Instituto de Física, Universidad Federal de Río Grande del Sur (UFRGS). http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasesp.pdf

Morín, E. (2001). *La cabeza bien puesta*. Buenos Aires: Ediciones Nueva visión.

Novak D. J., y A. Cañas (2005). *Construyendo sobre Nuevas Ideas Constructivistas y la Herramienta Cmap Tools para Crear un Nuevo Modelo Educativo.* Florida: Institute form Human and Machine Cognition. www.ihmc.us

Novak, J. y González, M. F. (editores). (2004). Concept Maps: Theory, Methodology and Technology, *Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping, (Universidad de Navarra, Pamplona)*, 1(1), pp. 535-544.

Novak, J.D. Y Gowin, D.B. (1984). Learning How to Learn. New York: Cambridge University Press.

Salazar Fernández, D. (2004). *Didáctica, interdisciplinariedad y trabajo científico en la formación del profesor*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

APRENDER SIGNIFICATIVAMENTE CONCEPTOS DE FÍSICA EN CONDICIONES REALES DE AULA

Edith Rojas

Escuela Nº 29 Remedios Escalada de San Martín- Universidad de La Punta thwitch1022@hotmail.com
ernaturales@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo de investigación se muestra los resultados de una secuencia didáctica no tradicional implementada sobre dos grupos de alumnos de secundaria en San Luis, Argentina. Dicha secuencia se encuentra enmarcada en la Teoría del Aprendizaje Significativo y se diseña como iniciativa para enseñar Física a un grupo de alumnos que poseen escasas habilidades matemáticas y cuyos resultados de aprendizaje son pobres con secuencias de enseñanza tradicionales. A partir de esta secuencia didáctica se promueve la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, dos principios ausubelianos que permiten a los estudiantes aprender de manera significativa. El profesor parte de lo que el alumno ya sabe, tal como lo establece Ausubel y promueve la adquisición de conceptos de una manera sustantiva poniendo menos énfasis en la resolución de problemas algebraicos como un criterio determinante para la aprobación. Esta determinación, es decir, la de promover la construcción de los conceptos a partir de la observación, el registro y el análisis de los fenómenos en cuestión y otorgar menos peso en las calificaciones a la resolución de problemas algebraicos permitió que los alumnos que se encontraban en desventaja debido a la pobre adquisición de herramientas matemáticas se sintieran incluidos en la clase y pudieran avanzar en relación al aprendizaje de la física. Esto no significa que se niegue la importancia de la resolución de ejercicios algebraicos para aprender conceptos de la física, sólo fue una determinación que se tomó teniendo en cuenta las habilidades desarrolladas por los estudiantes en un grupo particular.

En el presente trabajo se describe brevemente la experiencia, se presenta el marco teórico desde el que se posiciona el investigador, se describe la metodología utilizada para la realizar la investigación y los datos que surgen de la misma, así como también los resultados en tres años de implementación con dos grupos diferentes de alumnos.

Palabras clave: enseñanza tradicional- aprendizaje significativo- secuencia de enseñanza- mejora en la motivación-

ABSTRACT

In this research the results of a non-traditional teaching sequence implemented on two groups of high school students in San Luis, Argentina are shown. This sequence is framed in the Meaningful Learning Theory and it's designed as an initiative to teach Physics to a group of students who have poor math skills and whose learning results are poor with traditional teaching sequences. From this teaching sequence progressive differentiation and integrative reconciliation are encouraged, two ausubelians principles that allow students to learn in a significant way. The teacher starts from what the student already knows, as it is established by Ausubel and promotes the acquisition of concepts in a substantive way giving less emphasis on algebraic problem solving as a criterion for approval. This determination, that is, promoting the construction of concepts from observation, the recording and analysis of the phenomena and giving less emphasis to grades in algebraic problem solving allowed those students who were less skilled due to the poor acquisition of mathematical tools to feel included in the class and could move on in relation to the learning of Physics. This does not mean denying the importance of solving exercises to learn algebraic concepts of Physics, it was only a determination that was made taking into account the skills developed by students in a particular group.

In this paper the experience is describe briefly,the theoretical framework from which the researcher is placed is presented, the methodology used to conduct the research and data that arise from it are described, as well as the results in three years implementation with two different groups of students.

Keywords*:* traditional teaching- meaningful learning- teaching sequence- improvement motivation

INTRODUCCIÓN

Como sucede para los demás saberes de la Física, frecuentemente el marco teórico sobre Caída libre y Tiro vertical se presenta al comienzo de la secuencia didáctica. En los libros de texto para secundaria primero se presenta algún ejemplo de este tipo de movimiento, luego el concepto, las características del mismo, las fórmulas y por último ejercicios que los alumnos deben resolver. Generalmente aportan imágenes, gráficos, etc. Entonces primero los alumnos deben aprender la parte teórica, incluyendo significados, características, fórmulas y luego deben demostrar lo aprendido a partir de la correcta resolución matemática de los ejercicios que se le suministra. El profesor, en esta historia, es quien "explica" la teoría que el libro suministra, indica la resolución de los ejercicios se resolverán y luego corrige verificando si sus estudiantes han arribado al resultado correcto. Muchas veces se destina una clase al marco teórico y los ejemplos y otras clases, en otros días, a la resolución de ejercicios algebraicos. En relación al aprendizaje de la matemática, la profesora Mabel Susana Chrestia, de la Universidad Nacional de Río Negro, se refiere a una problemática similar con las siguientes palabras - *Tradicionalmente las clases de matemática tienen una estructura armada, que resulta "cómoda" tanto para el docente como para el alumno. El docente explica el tema del día, volcando en el pizarrón definiciones, ejemplos, propiedades, algunos gráficos para aclarar el concepto, etc. Luego vienen los ejercicios resueltos y propuestos, quizás algún problema de aplicación. Este desarrollo "lineal" (explicación – ejemplos – ejercicios – problemas) implica que el alumno sólo debe revisar lo escrito algunos párrafos arriba en su cuaderno para lograr resolver el ejercicio o problema planteado (Chrestia, 2011)*. Si bien estas palabras refieren a las clases tradicionales de matemática, se encuentra una marcada coincidencia con lo que sucede con las clases tradicionales de física en las que se promueve sólo la resolución de ejercicios algebraicos que, a diferencia de los problemas conduce a aplicar de manera mecánica operaciones matemáticas independientemente de la conceptualización de saberes básicos de la física.

Pero agregando mayor complejidad a esta problemática, por lo general, en las clases de física e incluso hasta en los libros de texto se presenta el tema "Tiro vertical y caída libre" como si se tratara de dos temas distintos. Cuando se propone la resolución de ejercicios algebraicos para encontrar la velocidad $v_{(t)}$ o posición $x_{(t)}$ para un instante dado de tiempo o la altura máxima (hmáx) los valores asignados a la aceleración de la gravedad en la Tierra (g) son distintos. El profesor dice a los alumnos que para tiro vertical el valor de g es negativo y positivo para caída libre, indicando que la razón obedece a que cuando un cuerpo va hacia arriba lo hace en contra de la fuerza de la gravedad y cuando cae lo hace a favor de esta fuerza (Mochón; 1997)

Estas cuestiones favorecen el aprendizaje mecánico, es decir, un proceso a través del cual la nueva información se adquiere de manera arbitraria, no significativa. Este tipo de aprendizaje, bastante estimulado en la escuela, sirve para "pasar en las evaluaciones", pero tiene poca retención, no requiere comprensión y no da cuenta de situaciones nuevas (Moreira, 2005). Los alumnos entienden o creen entender, pero cuando se enfrentan a la resolución de ejercicios, se dan cuenta de que no saben hacerlos. Como mucho, este tipo de aprendizaje sirve para responder preguntas referidas a definiciones, características y algunos ejercicios algebraicos de aplicación de los conceptos enseñados, pero, poco después del examen, el alumno lo olvida totalmente, y muchas veces hasta manifiesta no haberlo aprendido nunca. Es un saber que se utiliza para la promoción de un examen y luego se olvida.

Este tipo de enseñanza está centrada generalmente en el profesor y /o en los contenidos. No está destinada a promover el aprendizaje significativo, esto es un aprendizaje de la sustancia o idea del saber, que puede llegar a olvidarse o quedar obliterado en la estructura cognitiva cuando no se utiliza frecuentemente, pero que está allí, y que aparece cuando el individuo lo necesita, porque ha sido aprendido significativamente y anclado profundamente en la estructura cognitiva de ese sujeto. Desde la perspectiva ausubeliana se entiende al aprendizaje significativo como el proceso por excelencia para adquirir la inmensa cantidad de ideas e informaciones representadas en un campo dado del conocimiento. Ahora bien, el factor aislado más importante para que un alumno pueda aprender significativamente es el conocimiento previo que posee (Moreira: 2005). Si un sujeto no posee un conocimiento previo, relevante y específico no podrá otorgar significado a un nuevo conocimiento ya que este no tendrá donde anclarse en su estructura cognitiva. El conocimiento previo de un alumno es por tanto importante para su aprendizaje, por lo tanto el docente debe tomarse el trabajo de averiguar como está el conocimiento previo de sus alumnos si quiere promover un tipo de aprendizaje profundo, que puede llegar a olvidarse, pero en caso de necesidad recuperarse para su utilización. Sin embargo, muchas veces entre el bagaje de conocimientos previos de los que disponen los estudiantes, no están aquellos que son específicamente relevantes para el nuevo contenido a aprender, y algunas otras veces sucede que no han podido desarrollar las habilidades específicas necesarias. ¿Qué puede hacer el profesor en esta situación?

Averiguar sobre los conocimientos previos de los alumnos no tiene sentido si no sigue a esa etapa un momento de decisión sobre las estrategias a elegir para seguir con las actividades de enseñanza.

Este trabajo de investigación surgió debido a que se presentó una situación como la anteriormente descripta. Un grupo de alumnos, en especial los alumnos de una división, la "C" de una escuela secundaria de la ciudad de Villa Mercedes, San Luis, año tras año presentaban como una característica regular la ausencia de habilidades matemáticas en relación a la resolución de problemas, operaciones matemáticas, despeje y resolución de ecuaciones. Sumado a esto su rendimiento general era muy bajo, había muchos alumnos repitentes, con grandes dificultades en la comprensión de textos y una autoestima bastante baja. La pregunta que surgió aquí es ¿cómo hacer que estos alumnos aprendan saberes de la física cuando no tienen los conocimientos básicos, es decir, los conceptos y/o habilidades específicas y relevantes en donde se pueda anclar el nuevo conocimiento? Entonces se pensó diseñar un conjunto de actividades de enseñanza que no dependan sólo de la capacidad de los alumnos para resolver problemas algebraicos y que promuevan el aprendizaje significativo en estos alumnos. Se piensa que esta secuencia no es tradicional porque es muy diferente a las secuencias clásicas en la enseñanza de la física que comienzan con el aporte del marco teórico y luego pasan a la resolución de ejercicios algebraicos como una manera de determinar la comprensión que los alumnos han logrado sobre el tema.

Para realizar el trabajo de investigación en sí, la metodología que se utilizó es el análisis del registro de audio, fotográfico y escrito de lo que aconteció en determinados tramos de la secuencia didáctica. También se incluyeron los datos obtenidos a partir de las evaluaciones tomadas a los alumnos. Posteriormente al análisis de los datos se determinó la viabilidad de la propuesta así como otras cuestiones relacionados con su implementación.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel aporta el referencial teórico para el desarrollo de este conjunto de actividades que tienen como finalidad que los alumnos aprendan significativamente los aspectos fundamentales de "tiro vertical y caída libre".

Esta teoría resulta en un marco teórico apropiado para diseñar secuencias de enseñanza cuyo objetivo sea el aprendizaje significativo de las ciencias. Cabe recordar que *Aprendizaje significativo* es el proceso a través del cual una nueva información (un nuevo conocimiento) se relaciona de manera *no arbitraria y sustantiva* (no-literal) con la estructura cognitiva de la persona que aprende. En el curso del aprendizaje significativo, el significado lógico del material de aprendizaje se transforma en significado psicológico para el sujeto. Para Ausubel (1963, p. 58), el aprendizaje significativo es el mecanismo humano, por excelencia, para adquirir y almacenar la inmensa cantidad de ideas e informaciones representadas en cualquier campo de conocimiento (Moreira, 2005).

No-arbitrariedad y sustantividad son las características básicas del aprendizaje significativo. A partir de este proceso el nuevo material adquiere significados para el aprendiz y el conocimiento previo queda más rico, más diferenciado, más elaborado en relación con los significados ya presentes, y sobre todo, más estable (Moreira, 2005). Este tipo de aprendizaje promueve en los alumnos la conceptualización de los saberes enseñados. Que el aprendizaje de este tipo sea "no arbitrario" quiere decir que el material potencialmente significativo se relaciona con un aspecto en particular de los conocimientos previos, es decir, la relación no resulta con cualquier aspecto de la estructura cognitiva del estudiante sino con aquellos conocimientos específicamente relevantes, llamados por Ausubel, subsumidores. A través de este proceso se puede aprender nuevas ideas y conceptos en la medida en que otras ideas, conceptos, proposiciones específicamente relevantes e inclusivos estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del sujeto y funcionen como puntos de anclaje a los primeros. La otra característica del aprendizaje significativo es la sustantividad. Que el aprendizaje sea sustantivo significa que lo que se aprende es la esencia del nuevo conocimiento, independientemente de la secuencia de palabras que se emplee para conceptualizarlo. Se comprende entonces, la sustancia de la idea, la cual se puede expresar con diferentes palabras equivalentes en significado.

Como se indicó anteriormente el aprendizaje significativo depende de que el individuo cuente con un bagaje de conocimientos específicos y relevantes en donde se pueda anclar el nuevo conocimiento, esto significa que el conocimiento previo es la variable crucial para que se produzca el aprendizaje significativo. (op.cit.p.2)

Moreira (op. cit. p. 16, 17) describe según Gowin, citando de su obra *Educating* (Gowin, 1981), como se consuma un episodio de enseñanza. El profesor comparte intencionalmente materiales del currículum, el alumno debe tener la intención de captar esta nueva información y relacionarla con los subsumidores que se encuentran en su estructura cognitiva. El objetivo es compartir significados. Ambas partes tienen responsabilidad en este proceso. Pero estas responsabilidades son diferentes: el profesor es responsable de verificar si los significados que el alumno capta son aquellos compartidos por la comunidad de usuarios de la materia de enseñanza y el alumno es responsable de verificar si los significados que captó son aquéllos que el profesor pretendía que captase.

Se puede notar que Moreira habla de responsabilidades de ambas partes, y en este tema el profesor es el adulto que se ha capacitado para enseñar, entonces cabe la pregunta: ¿Qué podría hacer el profesor cuando nota que sus estudiantes no poseen el conocimiento previo, ya sea en forma de conceptos básicos y/o proposiciones o habilidades necesarios para aprender en forma significativa? Este trabajo de investigación comienza a partir de esta situación, es decir, de la observación de que en una división, año tras año, los alumnos, por cuestiones externas que no serán analizadas en este trabajo, no poseen los conocimientos previos, específicos y relevantes necesarios para aprender de manera significativa los saberes correspondientes a tiro vertical y caída libre. No atender a esta situación redundaría en intentar enseñar sabiendo que no se estaría promoviendo el aprendizaje significativo ya que este depende de que los estudiantes tengan en su estructura cognitiva los subsumidores adecuados, entonces, en el mejor de los casos el aprendizaje en estas condiciones resultaría mecánico, vacío de significado. Un aprendizaje que les serviría sólo para aprobar las evaluaciones.

En relación a la evaluación de los alumnos se tiene en cuenta las observaciones de clase, el trabajo realizado y la evaluación sumativa individual. Esta se confecciona con preguntas abiertas en las que el alumno deba describir, explicar, relacionar conceptos, identificar semejanzas y diferencias y argumentar sobre las aparentes inconsistencias que descubrió. Se tiene en cuenta la mayor complejidad de los procedimientos cognitivos que tienen relación con la investigación, la organización de conceptos y la comunicación. La idea que subyace en cuanto a la evaluación es que se encuentra integrada al proceso de enseñanza, en este sentido es una evaluación formativa continua en la que resulta importante la adecuada intervención pedagógica, más allá del tipo de instrumento de evaluación utilizado, con la finalidad de contribuir con las tareas de aprendizaje de los alumnos y mejorarlas. En palabras de Perrenoud "*evaluación formativa como una manera de regular la acción pedagógica"* (Perrenoud: 2008)

OBJETIVOS

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo analizar la utilidad de la secuencia didáctica implementada en el aula para promover el aprendizaje significativo en este grupo de estudiantes. También se pretende discutir los alcances y limitaciones de la implementación de la secuencia mencionada. .

METODOLOGÍA

En este caso el profesor es quien realiza el trabajo de investigación en relación a esta temática. Previamente a la implementación de la secuencia el profesor analiza los libros de texto disponibles para enseñar el núcleo temático que corresponde a Caída libre y Tiro vertical. Además cuenta con su propia experiencia en relación a la utilización de esta bibliografía como un soporte para enseñar estos contenidos de la física y un amplio registro de los resultados en el aprendizaje de los alumnos con la utilización de estrategias de enseñanza de tipo "convencional" como las que se presentan en los libros de texto de las principales editoriales para el nivel secundario.

Para realizar esta investigación el profesor diseña una secuencia didáctica "no tradicional" confeccionada teniendo en cuenta las premisas de la Teoría del Aprendizaje significativo. Implementa la secuencia didáctica confeccionada y a medida que trascurre la implementación en el aula realiza registros fotográficos y textuales de los tramos que considera más importantes. Se desea tener la mayor cantidad de información posible de lo que va sucediendo en la situación de enseñanza con los estudiantes. También se analizan los datos que surgen de las evaluaciones escritas.

Esta secuencia didáctica fue implementada durante 3 años en dos cursos de tercer año, ciclo básico, nivel secundario de la Escuela Nº 29 Remedios Escalada de San Martín, situada en la ciudad de Villa Mercedes, provincia de San Luis, Argentina. A partir de los datos obtenidos se plantea el presente trabajo.

Estos cursos corresponden a las divisiones B y C. Los alumnos de cada una de estas divisiones presentan las siguientes características que se repite año tras año. En la división B son bastante aplicados y estudiosos; lectores y críticos. Escriben textos coherentes y cohesivos. Generalmente no hay alumnos repitentes. Sin embargo, a la mayoría, les cuesta comprender conceptos de la física así como también interpretar gráficos cartesianos y realizar operaciones matemáticas tales como despejar incógnitas. Los alumnos de la división C tienen características opuestas como grupo. Su rendimiento escolar por lo general es muy bajo. Tienen serias dificultades en matemática y lengua. Sus producciones escritas son escasas e insuficientes. No tienen hábitos de estudio ni de resolución de tareas. Se quejan frecuentemente de las tareas asignadas y en su casa no trabajan. Se resisten a todo saber en el que haya una ecuación matemática aunque sea muy sencilla. No saben trabajar con unidades, no resuelven por si mismos operaciones matemáticas con números sencillos. No saben despejar una incógnita de una ecuación y su interpretación de textos es deficiente. Ante un ejercicio de física o de matemática generalmente se niegan a resolverlo. Dicen no entenderlo pero ni siquiera lo han leído. En este último curso siempre hay muchos alumnos repitentes. A lo largo de los 3 años se trabajó con 52 alumnos de la división C y 69 alumnos de la división B.

Descripción de la secuencia didáctica

Se propone enseñar los conceptos básicos de Tiro vertical y caída libre a través de la interpretación de los datos que surgen del planteo de una situación problemática. La secuencia didáctica utilizada es muy distinta de la tradicional en la cual primero se expone el marco teórico disciplinar y luego se proponen ejercicios que serán resueltos por los alumnos primero con acompañamiento del docente y luego en forma autónoma. La correcta resolución de los ejercicios garantizaría, en este modelo de enseñanza, el aprendizaje de los saberes implicados.

La secuencia didáctica propuesta en este trabajo presenta las siguientes etapas:

1- se obtienen las ideas previas de los alumnos con respecto al tema; a partir de allí se manejan diferentes estrategias:

   a) se propone una situación problemática concreta que los alumnos deben resolver en grupos de trabajo;

   b) la misma situación problemática será resuelta en pizarrón con el auxilio del profesor, de manera de que se asegura que los estudiantes tendrán los datos a partir de los cuales podrán comprender las características del movimiento, (lo cual es el objetivo de la propuesta). Esto para el caso de los grupos que por el momento, no tienen las habilidades matemáticas necesarias para resolver ecuaciones.

2- Se hace una puesta en común en la que se analiza minuciosamente los datos obtenidos en los grupos y/o aportados por el profesor. Se distinguen regularidades en los datos y se estimula a los alumnos a pensar en el porqué de tales coincidencias.

3- Se acuerdan las conclusiones con la orientación del profesor en relación a las características de este tipo de movimiento.

4- Se proponen otros problemas en los que hay variaciones por ej. en el sistema de referencia empleado. Los alumnos resuelven en grupo y aportan los datos obtenidos.

5- Nueva puesta en común y conclusiones

6- Integración y consolidación de los conceptos aprendidos.

7- Evaluación de preguntas abiertas en forma oral (grupal) y evaluación individual escrita de preguntas de respuesta libre.

El docente debe orientar a los alumnos continuamente para que ellos puedan construir las características de este tipo de movimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS DATOS

Sobre la situación problemática

Se escribe en el pizarrón el siguiente problema:

Alguien tira manteca al techo. Supongamos que queremos describir el movimiento de la manteca, que es arrojada hacia arriba con una velocidad inicial enorme, de 24,5 m/s. Las ecuaciones que describen el movimiento son:

$$x = x_0 + v_0 . t + ½ . g . t^2 \qquad (1)$$

$$v = v_0 + g . t \qquad (2)$$

En esta primera etapa los alumnos del grupo B resuelven el ejercicio en grupos de trabajo. Los alumnos del grupo C lo resolverán en el pizarrón con el auxilio del profesor. Nótese que en el problema no se asignó el origen ni la dirección del sistema de referencia. La consigna suministrada es del tipo*:*

- Leer atentamente el ejercicio**.** Se observa que la lectura grupal es más eficiente que la lectura individual para realizar la comprensión del texto, determinar las variables conocidas y la desconocida, así como para también pensar en la estrategia que se utilizará para resolver.
- Determinar la dirección del sistema de referencia. Este paso es muy importante porque determinará valores y signos de las variables x e y. Se acotó la determinación del origen a sólo dos opciones: a la altura desde donde se arroja el objeto= 0 y a la altura máxima=0
- Leer cada una de las fórmulas.
- Asignar el valor de g. Fue más sencillo para los estudiantes asignar el valor de g con el sistema de referencia tradicional, sin embargo al invertir el sistema de referencia, pudieron pensar en que sucedía con el valor de g, con la orientación del profesor en ambos grupos.
- Realizar el cálculo de velocidad y posición para uno de los siguientes tiempos t = 1 s; t = 2,5 s ; t = 4 s y t = 5 s

Los alumnos del grupo B responden favorablemente a la consigna, los del grupo C, por lo general, se quejan, manifiestan que no saben hacerlo, que no podrán resolver. Se hace necesario el auxilio del profesor, quien en el pizarrón comienza a resolver, preguntando cada instancia a los estudiantes, tratando de que ellos puedan avanzar en la resolución, aunque para este grupo, este objetivo está sostenido en el tiempo.

Sin embargo, es necesario aclarar que, para el desarrollo de esta secuencia de enseñanza, el cálculo de los valores de posición y velocidad para los distintos instantes de tiempo no es importante en sí mismo sino más bien la importancia se centra en el análisis que los alumnos harán de estos datos. Pueden agregarse o eliminarse valores de tiempo según resulte conveniente para el desarrollo de la clase. Este paso que implica resolución de ecuaciones, podría ser eliminado y remplazado directamente por la tabla de valores de posición y velocidad con respecto al tiempo. Incluso en uno de los años se trabajó de esta manera. El docente realizó los cálculos y en el aula pidió a los alumnos que los organizaran en una tabla.

En la instancia siguiente donde los alumnos deben organizar una tabla de valores y observar para encontrar ciertas regularidades en la posición y en la velocidad y entre estas dos variables, es muy importante la intervención del docente para que los estudiantes `puedan reconocerlas. Hubo años en que los alumnos encontraron regularidades más rápidamente y otros que fueron inducidos con preguntas como se especifican abajo, realizadas a modo de guía:

a- ¿Qué sucede con los valores de la posición (x) cuando la manteca sube?

b- ¿Qué sucede con los valores de la velocidad (v) cuando la manteca sube?

c- ¿Cuál es el valor de la velocidad a los 2, 5s?

d- ¿Qué sucede con el valor de g en todo el recorrido de la manteca?

e- ¿Por qué piensan que sucede esto?

f- Sabiendo que una idea errónea generalizada es que el signo de g es positivo para caída libre y negativo para tiro vertical, ¿qué estaría pasando con el sistema de referencia en ambos casos.

En líneas generales, se encontraron las siguientes situaciones en relación a:

1- Confeccionar una tabla con los datos obtenidos

La tarea de confeccionar una tabla en el pizarrón con los datos no tuvo gran dificultad para ellos y ambos grupos pudieron hacerlo, a excepción de un año en que las tablas fueron suministradas directamente. En este caso, el profesor explicó cómo había obtenido los datos y se hicieron simulaciones tirando un objeto hacia arriba.

2- Observar atentamente los valores de posición y de velocidad obtenidos y encontrar los valores que les resulten curiosos. Se observa en los tres años de implementación de la secuencia que ambos grupos estuvieron motivados y pudieron encontrar regularidades entre los valores.

3- Calcular el valor de g entre dos valores elegidos previamente. En la división "C" el profesor debió auxiliar a los alumnos para realizar este cálculo, no así en la división "B", donde los alumnos pudieron resolver con más autonomía.

4- Discutir lo ocurrido. Es importante volver a recordar que representa g y cuál es su sentido cuando se lo describe teniendo en cuenta el sistema de referencia convencional. Esto motiva una gran discusión en los grupos ya que siempre alguno de ellos manifiesta que "saben que g es negativo cuando el objeto baja pero positivo cuando el objeto sube". Sin embargo los resultados muestran que no es así. Esta idea errónea, el de asignar dos valores distintos de g, uno positivo y otro negativo es muy común incluso entre adultos que han cursado y aprobado física en secundaria.

5- Organizar todas las características del de movimiento y escribirlas en el pizarrón.

En esta instancia se observa que la totalidad de los alumnos colabora en organizar las características del movimiento. Sin embargo, siempre hay alumnos que se adelantan en realizar sus comentarios y otros que quedan más rezagados, porque son más tímidos, en este caso el profesor se acerca y habla con ellos o les solicita directamente su intervención para asegurarse que han comprendido.

Sobre las evaluaciones

Para realizar el análisis de las evaluaciones sumativas escritas e individuales se eligieron categorías las cuales se expresan en las tablas Nº 1 y Nº 2, así como también la cantidad de alumnos que lograron adquirir el procedimiento de resolución de ejercicios de tiro vertical y caída libre sobre un total de 69 alumnos evaluados entre 2008 y 2010.

Proc	Resolución de ecuaciones	Interpretación de los datos	Comprensión de las características del movimiento	Comprensión significado de g	Sistemas de referencia (cambio)	Comunicación de lo aprendido
2008	19	23	22	22	22	22
2009	19	23	23	23	23	22
2010	22	22	22	22	22	22
total	60	68	67	67	67	66

Tabla Nº 1. Resultado del análisis de las evaluaciones. Curso "Tercero B"

Proc	Resolución de ecuaciones	Interpretación de los datos	Comprensión de las características del movimiento	Comprensión significado de g	Sistemas de referencia (cambio)	Comunicación de lo aprendido
2008	10	17	17	17	16	16
2009	12	18	17	17	16	16
2010	02	15	15	15	14	12
total	24	50	49	49	46	44

Tabla Nº 2. Resultado del análisis de las evaluaciones. Curso "Tercero C"

Los registros escritos y las fotografías aportaron los siguientes datos

a) Todos los alumnos se vieron involucrados en la mayor parte de las tareas que debían resolver.

b) La mayor parte de los alumnos participaron pasando al pizarrón o exponiendo sus consideraciones en los debates grupales, incluso aquellos cuyas notas por lo general son muy bajas en todas las asignaturas. Los alumnos que no pasaron o hablaron menos son alumnos muy tímidos, es decir, su participación fue menor en los debates porque para ellos la situación de exposición los angustia, pero pudieron hablar en grupos pequeños cuando el profesor lo solicitó.

c) Pocos alumnos pudieron resolver los ejercicios con fórmula. Pero, al trabajar en grupo, los alumnos que no pudieron resolver los problemas fueron ayudados por los alumnos que si lo hacían, de esta manera ellos podrían avanzar en la resolución a partir del trabajo colaborativo. Por el momento utilizaron los datos obtenidos por sus compañeros, y/o aquellos suministrados directamente por el profesor, pudieron utilizarlos para comprender las características del tipo de movimiento. En especial en la división "C" cuyas habilidades matemáticas no están tan consolidadas como en los alumnos de la división "B". Entonces, por el hecho de aplicar esta metodología la poca habilidad para despejar ecuaciones y resolver no fue una cuestión excluyente para el aprendizaje de las características de tiro vertical y caída libre.

d) Aumentó la motivación por el aprendizaje en el total de los alumnos. Esta situación fue muy notable a partir de la participación de los alumnos, quienes se sintieron parte de la situación problema, porque era cotidiana, además se realizaron demostraciones en el aula. Se estima que el hecho de poder construir ellos mismos las características del movimiento a partir de la observación, el diálogo y el debate de las ideas que iban obteniendo promovió el aumento en la motivación de los alumnos. Todos los seres humanos somos eminentemente perceptores y constructores de nuestra realidad, de modo que el conocimiento sobre el mundo es resultado de una construcción a partir de elementos que han sido percibidos previamente. Mario Carretero dando respuesta a la pregunta ¿Qué es la construcción del conocimiento? expresa que el conocimiento no es una copia de la realidad sino una construcción del ser humano, realizada día a día y que depende básicamente de la representación inicial sobre la nueva información y de la actividad interna y externa que se desarrolle al respecto. (Carretero; 2009) En este sentido la oportunidad de construir el conocimiento sobre los saberes propuestos a partir de la observación, la percepción y la interacción grupal funcionó como un gran motivador hacia el aprendizaje.

e) La expectativa y la motivación del docente aumentó correlativamente con la motivación de los alumnos. En la misma medida que aumentó la motivación de los alumnos por aprender, aumentó la motivación del docente por enseñar.

CONSIDERACIONES FINALES

Con un solo grupo se pudo trabajar la secuencia didáctica completa. Para poder trabajar con el grupo menos aventajado en la resolución de ejercicios algebraicos, y con poca predisposición para la tarea en clase fue necesario rediseñar la etapa de la resolución de los cálculos. Por lo menos en un año con la división "C" la tabla de valores de posición y velocidad vs tiempo fue suministrada directamente por el docente y en los otros dos años, se realizaron los cálculos en el pizarrón con la guía del profesor.

Al reducir el énfasis en los procedimientos puramente algebraicos y poner más atención a las representaciones gráficas y numéricas y cuidar de mantener siempre la conexión con la situación real, es decir la interpretación de estas representaciones, se han obtenido, por lo menos con estos dos grupos de alumnos, resultados satisfactorios en el proceso de construcción de los saberes propios del tema "Caída libre y tiro vertical".

La propuesta didáctica resultó flexible y pudo ser aplicada con diversos grupos de alumnos. Surgieron instancias de trabajo tanto individual como grupal además de momentos de puesta en común con la explicitación de las ideas construidas. El diseño de la misma tuvo en cuenta los principios ausubelianos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora ya que se comienzó con aspectos más generales e inclusivos. Primero suministrando una visión del todo y luego abordando los aspectos más específicos. La situación problema fue propuesta con niveles crecientes de complejidad, se destacaron semejanzas y diferencias en relación a los aspectos ya trabajados. Se dio la posibilidad de resolver las inconsistencias que aparecieron a lo largo de la secuencia. La actividad colaborativa propuesta llevó a los alumnos a interactuar socialmente negociando significados. El profesor asumió el rol de mediador (Moreira, 2011). Además se tuvo en cuenta el principio de consolidación en el diseño de esta secuencia didáctica, insistiendo en el dominio o maestría de lo que se está aprendiendo antes de la introducción de nuevos materiales, de manera de asegurar una probabilidad alta de éxito en el aprendizaje secuencialmente organizado.

Para su implementación resultó fundamental la intervención pertinente del profesor en los momentos que fue necesario y la mediación que se estableció entre los alumnos para que pudieran escucharse y lograr de esta manera el objetivo propuesto, esto es aprender de manera significativa los saberes presentados.

A partir del análisis realizado se piensa que los resultados fueron muy buenos aún con el grupo de alumnos que tenían serias dificultades en las competencias matemáticas. Si bien con este grupo se obvió la realización de los cálculos de velocidad y posición, pudieron llegar a las mismas conclusiones que el grupo que realizó los cálculos algebraicos haciendo el análisis de los datos que se les suministró. Hubo alumnos que no lograron aprender los saberes mínimos del tema porque estuvieron ausentes en varias de las clases propuestas.

Se considera que esta secuencia didáctica resultó más eficiente que una secuencia didáctica basada en el modelo de enseñanza tradicional debido a que se tuvieron en cuenta para su diseño e implementación los siguientes aspectos:

- el conocimiento previo como la variable que más influye en el aprendizaje significativo;
- las situaciones problema son las que dan sentido a los nuevos conocimientos, deben ser pensadas para despertar la intencionalidad del estudiante hacia el aprendizaje significativo;
- el docente elabora las actividades teniendo en cuenta la inclusividad de los conceptos;
- la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora y la consolidación;
- la evaluación del aprendizaje significativo realizada en términos de búsqueda de evidencia y no sólo referida a la resolución de ejercicios matemáticos.

Después de analizar los procedimientos cognitivos se encontró que la secuencia didáctica implementada propició: la explicitación de las ideas de los alumnos; la contrastación de puntos de vista; debate y consenso; el trabajo colaborativo; la representación de la información; la utilización de distintos registros; la elaboración y la comunicación de las conclusiones. Considerando por tanto que estos procedimientos cognitivos se encuentran en el orden de complejidad media a alta, se entiende que la implementación de la secuencia didáctica fue positiva.

Pero además se observó que a partir de trabajar de esta manera en el aula ha contribuido a promover aprendizajes más duraderos y significativos incluso con el grupo de alumnos que no tienen hábitos de trabajo adquiridos y también mejoró notablemente su predisposición para aprender. Con la implementación de este tipo de secuencias didácticas el rol de los estudiantes fue activo, trabajaron en forma colaborativa intercambiando opiniones, debatiendo, consensuando, resolviendo las aparentes inconsistencias en la teoría de los conceptos aprendidos. Por último se logró el objetivo pedagógico propuesto es decir, que los alumnos menos aventajados en matemática y que no disponían de conocimientos previos y habilidades relevantes e inclusivas, necesarias para poder aprender significativamente estos nuevos saberes de la física también pudieron aprender y como plus se evidenció un aumento notable de su autoestima.

REFERENCIAS BIOBLIOGRÁFICAS

CARRETERO, M. ¿Qué es la construcción del conocimiento? en "Constructivismo y Educación". Paidós-2009. Pág. 22.

CHRESTIA, M. S. La resolución de problemas y las competencias matemáticas. Libro de Actas ICIECyM IIENEM, 2011. ISBN 978-950-658-284-5, Universidad del Centro de Buenos Aires, Tandil, Argentina.

MOREIRA, M.A. Meaningful learning: from the classical to the critical view *en Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* – V1(1), pp. 1-15, 2011

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente *Significativas en Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* – V1(2), pp. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A Aprendizaje Significativo *en Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación,* nº 6, pp. 83-101, 2005,

MOCHÓN, S. ¿Qué signo realmente tiene la g? : El significado y la Enseñanza del Signo Negativo en la Física, *en Educación Matemática*. Vol 9. Nº 3. Diciembre 1997. GEI. 65-76

PERRENOUD, P. La evaluación entre dos lógicas en *La evaluación de los alumnos. De la producción de la excelencia a la Regulación de los aprendizajes. Entre dos lógicas*. Buenos Aires. Colihue. 2008. Pág. 14

ARGUMENTACIÓN, MODELOS MENTALES Y ESTRUCTURA CONCEPTUAL

D'Amico, Hilda y Sánchez, Patricia

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario
psanchez@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

Se presenta un estudio acerca de los modos de argumentación identificados en el discurso escrito de un grupo de estudiantes de Mecánica Clásica de Física universitaria básica de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), en una instancia de coloquio final integrador. El trabajo se centra en el análisis de la explicación proporcionada por cada uno de ellos acerca de las condiciones bajo las cuales es válida la utilización del modelo de partícula. Para el estudio de la estructura de la argumentación se utiliza el esquema propuesto por Toulmin, basado en la identificación de tres elementos básicos (datos, conclusión y justificación) y tres adicionales (cualificadores modales, condiciones de refutación y respaldo). El contenido de los argumentos corresponde al aspecto conceptual específico y se analiza utilizando la teoría de Jonson-Laird, que permite interpretar los modelos mentales que sustentan las explicaciones de los estudiantes.

Palabras clave: argumentación, modelo de partícula, modelos mentales

ABSTRACT

The objective of the present paper is to analyze the argumentative style identified in the written texts of students from a first course of basic physics (Classical Mechanics) in the FCEIA, in an instance of final course evaluation. The work focuses on the analysis of the explanation provided by the students about the conditions under which it is valid to use the particle model. In this line of research, the argumentative model of Stephen Toulmin is used. It is based on the identification of three main elements (data, conclusion and justification) and three additional elements (modal qualifiers, conditions of rebuttal and backup). The thematic content of the arguments is analyzed using Johnson-Laird theory, which allows interpreting the mental models underlying the students' explanations.

Keywords: Argumentation, particle model, mental models

INTRODUCCIÓN

El análisis del discurso permite hacer inferencias acerca de la estructura conceptual de los estudiantes. En el campo de las ciencias, el uso adecuado de las palabras y de los conceptos, así como también las relaciones entre ellos en diferentes situaciones, es indicativo del proceso de construcción de significados. En la elaboración de un discurso, es fundamental no sólo el conocimiento del contenido científico sino también la forma en que se comunica, reconociendo los aspectos estructurales y funcionales que le dan sentido (Sanmartí y Jorba, 1996).

Por lo tanto, para cualificar el proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias, es necesario no sólo evaluar los aspectos conceptuales sino también los aspectos relacionados con los recursos lingüísticos y contextuales utilizados en la construcción del discurso (Candela 1999, Lemke 1997, Martins 2000, Millar 1998, Scott 2004). El discurso escrito en particular, admite un análisis a nivel *estructural* así como también a nivel *funcional* (Lemke 1997). La dimensión *estructural* se refiere a la función de las palabras, proposiciones y oraciones que lo constituyen, a los diferentes tipos de conectores empleados y a las relaciones establecidas entre las diferentes ideas expresadas. Estos aspectos estructurales juegan un papel importante en la comprensión (van Dijk 1999, Orrantia et al. 1998). La segunda perspectiva, denominada *funcional,* está relacionada con el objeto o fenómeno en estudio como así también con las creencias y los conocimientos previos, donde la subjetividad juega un rol importante en el lenguaje utilizado (van Dijk 1999; Lemke 1997, Scott, 2000). Toda vez que los estudiantes deben explicar un fenómeno o situación, lo hacen a través de una argumentación (Sutton, 1997; Duschl, 1997; Sanmartí, Izquierdo y García, 1999), entendiendo por *argumento* a un conjunto de proposiciones mediante las cuales se ofrecen razones o pruebas en apoyo de una conclusión (Weston, 1994).

Diversos autores proponen diferentes puntos de vista sobre cómo analizar una argumentación y las relaciones que deben establecerse necesariamente entre los elementos utilizados para que sea válida. Así, es posible analizar un discurso argumentativo según la perspectiva de Toulmin (1993), quien considera la argumentación como una teoría del razonamiento práctico, o la que surge de los modelos de Van Dijk (1978) y Adam (1992), que plantea el análisis de las unidades comunicativas que van más allá de los límites de las oraciones gramaticales.

En este trabajo se estudian las argumentaciones de estudiantes de primer año de Ingeniería, utilizando el modelo de Toulmin para analizar la estructura del discurso. Se examinan los argumentos producidos por los estudiantes referidos a las condiciones de validez del *modelo de partícula* (M de P) en la Mecánica clásica. Tal modelo constituye una representación con la máxima simplicidad para describir un movimiento y sólo es aplicable a limitadas situaciones reales. Se considera como *partícula* o punto material a un cuerpo ideal, representado matemáticamente por un punto; es decir, un objeto sin dimensiones, que sólo puede desplazarse, sin rotar ni deformarse. Si bien un objeto sin dimensiones no existe en la naturaleza, el movimiento de los cuerpos macroscópicos puede ser descrito con un *modelo de partícula* cuando interesa únicamente su movimiento de traslación.

REFERENCIALES TEÓRICOS

El aprendizaje implica un cambio de comportamiento persistente que ocurre cuando el individuo interactúa con el ambiente a través de los estímulos provenientes del medio. Las teorías del procesamiento de la información asumen que "el flujo de información" procedente del medio es registrado, codificado y procesado por las personas antes de ser transformado en acción. Consideran que este proceso supone una arquitectura básica del sistema de procesamiento del ser humano (receptores, registro sensorial, memoria operativa (MO), memoria a largo plazo (MLP) y procesos de control) que caracteriza la forma en que se puede representar en él el conocimiento (Anderson, 2000; Baddeley, 2003; Maxwell, Masters y Eves, 2003; Mayer, 1991).

La información se almacena como representaciones internas generadas por los símbolos específicos percibidos, cobrando importancia así el lenguaje utilizado en el proceso discursivo mediante el cual el sujeto establece relaciones, justifica y refuerza las conclusiones a las que arriba, desarrollando una *argumentación*. Una de las formas propuestas de las representaciones internas de la información son los *modelos mentales* (MM) presentados en la teoría de Johnson –Laird (1987). Desde esta perspectiva, la comprensión de un fenómeno físico implica la construcción de modelos mentales que sean análogos estructurales de tal fenómeno. Tales modelos se construyen y manipulan en la MCP, en la cual confluyen los datos que el estudiante toma de la situación en estudio y los contenidos de la MLP. Estos MM son funcionales para el sujeto, aún cuando sean inadecuados desde el punto de vista científico. En el caso particular del análisis del discurso de los estudiantes, esta teoría es particularmente relevante pues sostiene que existe una correspondencia biunívoca entre los modelos mentales (MM) y la comprensión del discurso: la comprensión de un discurso genera un MM y recíprocamente, los MM permiten comprender un discurso. En este sentido, la argumentación desarrollada por los estudiantes cuando explican una determinada situación en Física, da cuenta de cuál es su MM de tal situación, construido a partir de sus conocimientos específicos rescatados de la MLP.

La argumentación es reconocida como una tarea relevante en las ciencias, ya que involucra a los alumnos en estrategias de razonamiento que posibilitan la evaluación y la crítica (Justi, 2006). Una mejora en las competencias comunicativas se corresponde con un aprendizaje de los modelos científicos de mayor calidad (Henao y Stipcich, 2008). Un conocimiento adecuado almacenado en la MLP producirá una argumentación coherente; es decir, la capacidad de generar una buena argumentación da cuenta de una sólida estructura conceptual.

En un sentido amplio, un *argumento* es un conjunto de enunciados o premisas, dados para justificar una conclusión formulada para convencer o persuadir a otro. En una argumentación, el sujeto expresa una opinión y expone una serie de razones que deben desembocar en una conclusión que confirma la tesis propuesta. Toulmin (1979) propone un modelo de argumentación que enfatiza la importancia que tienen las inferencias, refutaciones y validaciones en el discurso argumentativo. Considera tres elementos básicos: los *datos* [D], que se refieren a toda información relevante para la situación, la *conclusión* [C], que corresponde a toda proposición derivada a partir de los datos y la *justificación* [J], que da continuidad al salto entre datos y conclusión. Propone además tres elementos adicionales: los *cualificadores modales* [M], que indican la intensidad con que los datos apoyan la conclusión; las *condiciones de refutación* [Rf], que aparecen cuando pueden existir circunstancias particulares en las que la justificación no es válida y finalmente el *respaldo* [Rs], que se refiere a las condiciones generales que sostienen la aceptabilidad de una justificación (Russell, 1983). Para que un razonamiento sea comprensible es indispensable que los tres primeros elementos estén presentes, mientras que los elementos adicionales caracterizan el grado de complejidad del razonamiento. Además, es posible que en un mismo argumento aparezca más de una justificación, lo cual aporta más datos acerca de la calidad del conocimiento y las características del modelo mental subyacente (D'Amico, Massa, 2001).

En el caso de las ciencias, las explicaciones y predicciones se hacen a través de los denominados argumentos sustantivos (Toulmin, 1979), ya que para formularlos es menester disponer de un conocimiento específico de cada disciplina. El reconocimiento y el empleo de los conceptos específicos incorporados al lenguaje tienen significados compartidos (Vygotski, 1995), por lo cual es imprescindible el conocimiento del lenguaje científico (Sutton, 1998; Lemke, 1997). A través del lenguaje adquirido se activan y seleccionan significados léxicos, se asignan roles gramaticales a las palabras, se integran significados de las diferentes proposiciones y se promueve un conjunto de relaciones entre ellas. Las fundamentaciones formuladas y los modos con que se respaldan o refutan evidencian el nivel de comprensión de los estudiantes. La presencia de este entramado y el análisis del mismo constituyen una herramienta para indagar acerca de los conceptos adquiridos y del nivel de comprensión de los mismos.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Muestra

La muestra se conformó con 100 estudiantes del primer curso de Física para carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. Se analizan los argumentos elaborados por estos estudiantes al responder a la siguiente cuestión: "*Explique bajo qué condiciones es válido utilizar el modelo de partícula para el estudio de un sistema físico".* Esta pregunta formaba parte del coloquio final integrador de la asignatura y se presentó como el primer ítem del mismo.

Metodología

El argumento desarrollado por los estudiantes se estudia a partir de dos dimensiones de análisis: la *estructura discursiva* y la *coherencia conceptual*. La *estructura discursiva* se analiza a través del modelo de Toulmin (1979), que fue presentado en los referenciales teóricos. Desde este punto de vista, la pregunta presentada a los estudiantes contiene el *dato* del argumento que ellos debían completar con una *conclusión* y, al menos, una *justificación*.

A partir de la lectura de los protocolos de los estudiantes se identificaron, en primer lugar, los componentes del modelo citado en cada explicación. Con estos datos se elaboraron, para cada uno de los casos, los esquemas correspondientes, reconociendo además los marcadores discursivos que relacionan los diversos elementos. Se transcribe a continuación el argumento de uno de los estudiantes y la esquematización correspondiente (Figura 1).

"El uso del modelo de partícula es válido sólo si es un cuerpo en el cual sólo se estudia el movimiento de traslación, es decir, no rota ni se deforma, todas las partículas del mismo se mueven de igual forma, por lo tanto, podemos considerar al cuerpo como una partícula o punto material."

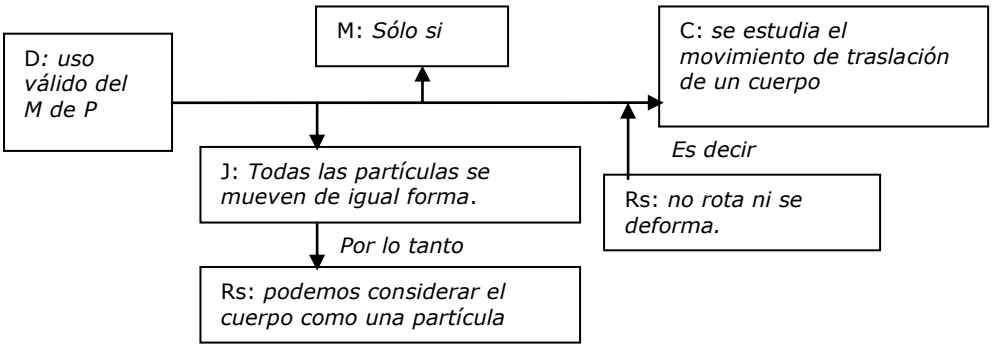


Figura 1: Esquema del discurso (Toulmin, 1979) de uno de los estudiantes *en el que* están presentes los elementos fundamentales para una argumentación válida en el modelo de Toulmin, ya que hay justificación y respaldo así como un cualificador modal que enfatiza la conclusión.

En cuanto a la *coherencia conceptual*, se asume que los argumentos expresados por los estudiantes corresponden a verbalizaciones elaboradas a partir de un MM inferido de las explicaciones escritas. En él se ponen en juego sus conocimientos específicos en relación con un "modelo físico" sólo aplicable a limitadas situaciones reales: el movimiento de los cuerpos macroscópicos cuando interesa únicamente su traslación. Desde la perspectiva de la escritura de un texto, a partir de tal MM o situacional, se establece el significado asociado a cada una de las palabras empleadas y las oraciones construidas en el discurso, así como los tipos de relaciones establecidas entre las diferentes ideas expresadas en el texto (Sanmartí, 1997).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir del análisis de los esquemas elaborados, se identificaron tres tipos de argumentos, en función de su estructura discursiva, presentados en la Tabla 1. En la primera columna se incluye el tipo de argumento (A1, A2 y A3), con sus porcentajes. Cabe aclarar que tanto en A1 como en A3 se han diferenciado dos subgrupos (A11 y A12; A31 y A32). En la segunda columna se mencionan los componentes de Toulmin identificados con los porcentajes de aparición correspondientes y en la tercera columna se presentan las diferentes modalidades que han asumido las conclusiones. Cabe aclarar que la modalidad "*cuando interesa estudiar sólo la traslación (inferido de un ejemplo)"* es una conclusión inferida en los casos en que, si bien la conclusión explícita es "*para cuerpos que sólo trasladan*", la explicación se acompaña de un ejemplo que extiende el rango de aplicación del M de P para estudiar sólo la traslación de cuerpos que rototrasladan. Cabe aclarar que, en todos los casos, los cualificadores modales enfatizan la conclusión (*sólo si, cuando, bajo las condiciones*).

Tipos de argumentos		Componentes de Toulmin	Modalidades de las conclusiones para el dato: *"El M de P es válido"*	Porcentaje del total
A1 (37%)	A11	**D+M +C** (20%)	*para cuerpos que sólo trasladan*	3 %
			si se aplican las leyes de Newton	10 %
			si el cuerpo tiene ciertas características	7 %
	A12	**D+M +C+Rs y/o Rf** (17%)	*para cuerpos que sólo trasladan*	2%
			cuando interesa estudiar sólo la traslación (inferido de un ejemplo)	4%
			si se aplican las leyes de Newton	4%
			para cuerpos pequeños	7%
A2 (6%)		**D+M +C+J** (6%)	*para cuerpos que sólo trasladan*	3%
			para cuerpos pequeños en relación con sus trayectorias	3%
A3 (57%)	A31	**D+M +C+J + Rs** (37%)	*para cuerpos que sólo trasladan*	9%
			cuando interesa estudiar sólo la traslación	11%
			cuando interesa estudiar sólo la traslación (inferido de un ejemplo)	6%
			Si se aplican las leyes de Newton	3%
			para cuerpos pequeños en relación con sus trayectorias	8%
	A32	**D+M +C+J + Rs + Rf** (20%)	*para cuerpos que sólo trasladan*	3%
			cuando interesa estudiar sólo la traslación	13%
			cuando interesa estudiar sólo la traslación (inferido de un ejemplo)	4%

Tabla 1: caracterización de los tipos de argumentos en función de los componentes del modelo de Toulmin y las modalidades asumidas en las conclusiones, donde D: Datos, C: Conclusión, J: Justificación, M: Cualificador modal, Rs: Respaldo y Rf: Refutación.

Los argumentos clasificados como A1 (37% de la muestra) se caracterizan por la ausencia de *justificación*, por lo cual no constituyen un argumento según el esquema propuesto por Toulmin. En la Figura 2 se muestra el esquema de los componentes de Toulmin de uno de los protocolos del grupo A1, en este caso con presencia de *respaldo*.

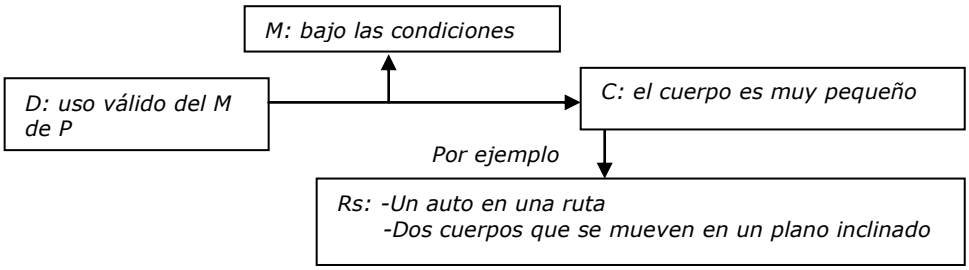


Figura 2: Esquema de los componentes de Toulmin correspondiente a un estudiante del grupo A1.

El primero de los subgrupos de esta clase (A11) corresponde al 20% de la muestra y se conformó con aquellas explicaciones que presentan sólo la conclusión a partir de los datos proporcionados. Para analizar con más detalle la conformación de este subgrupo desde el punto de vista conceptual, se toma a todos sus integrantes como una unidad de análisis. La figura 3 muestra los porcentajes relativos a A11 de las distintas modalidades de las conclusiones.

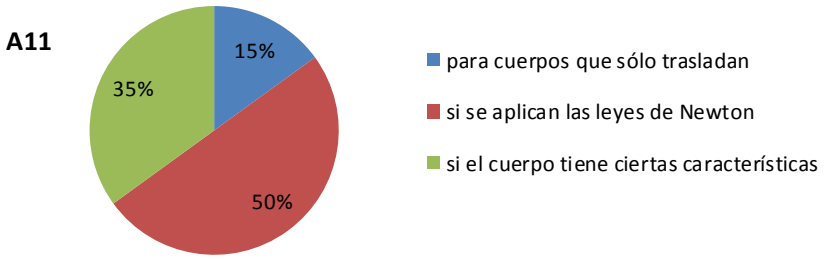


Figura 3: distribución porcentual de las modalidades de las conclusiones presentes en el subgrupo A11.

Se observa que el 15% del total de este subgrupo elaboró una conclusión que da cuenta de un modelo sesgado, al afirmar que el modelo de partícula es válido cuando un cuerpo "*sólo traslada*", eliminando así la posibilidad de estudiar sólo la traslación de un cuerpo que rototraslada. El 50% de estos estudiantes menciona la utilización de las leyes de Newton como indicativas de la validez del modelo de partícula, invirtiendo el orden según el cual debe discurrir el análisis dinámico. En el 35% restante están presentes los que atribuyen la validez del M de P, a ciertas características físicas del sistema en estudio que son irrelevantes, como por ejemplo *"El M de P es válido cuando la forma del cuerpo no permite un estudio sencillo"*.

El subgrupo A12 muestra un esquema enriquecido desde el punto de vista de la argumentación debido a la presencia de condiciones de *respaldo* y, en algunos casos, de *refutación.* Considerando estos argumentos como una unidad de análisis, en la figura 3 puede verse que, si bien el 37% de las explicaciones afirman que el M de P es válido para cuerpos que sólo trasladan, en el 25% ("*cuando interesa estudiar sólo la traslación (inferido de un ejemplo)")*, incluyen un ejemplo a través del cual salvan la limitación de su conclusión. Un ejemplo de estos casos es: "*El M de P es válido cuando el cuerpo sólo traslada. Por ejemplo, podemos estudiar la traslación de la Tierra alrededor del Sol"*. Los estudiantes que mencionan el tamaño del sistema como condición de validez (38% de este subgrupo), proporcionan explicaciones que están conceptualmente sesgadas, ya que consideran a la partícula como algo "pequeño", sin indicar "con respecto a qué" es pequeño, lo cual limita la posibilidad de justificación en el marco de la mecánica. Puede interpretarse que estos estudiantes, al no lograr construir un argumento válido, tratan de salvar este hecho presentando ejemplos que describen, en un lenguaje más cercano al cotidiano, situaciones de la práctica de problemas de la asignatura en los que recuerdan haber tratado a los cuerpos como partículas. Éste es el caso de un estudiante que afirma: "*El M de P se usa cuando los cuerpos son muy chiquitos, por ejemplo cuando un bloque se mueve en un plano inclinado, o una bolita que gira atada a una soga*". En comparación con el subgrupo A11, un mayor porcentaje reconoce que el modelo en cuestión es válido si el estudio se centra en el movimiento de traslación, sin excluir la presencia de rotación, hecho denotado en la expresión *"sólo interesa la traslación".* Los porcentajes de este subgrupo pueden observarse en la Figura 4.

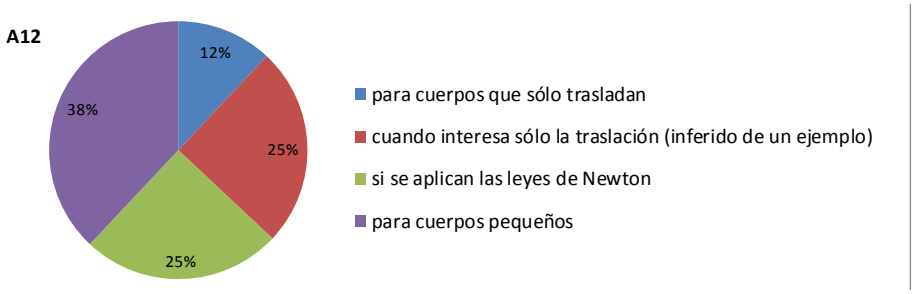


Figura 4: distribución porcentual de las modalidades de las conclusiones presentes en el subgrupo A12.

El grupo A2 es el menos numeroso (6% del total) y corresponde a los discursos que presentan *justificación*, elemento del esquema de Toulmin que asegura que los mismos constituyen un argumento, aún cuando sería deseable la presencia de algún respaldo adecuado, sobre el cual se apoye la justificación, y condiciones de refutación que establezcan límites. En la Figura 5 se muestra el esquema de los componentes de Toulmin de uno de los protocolos de este grupo.

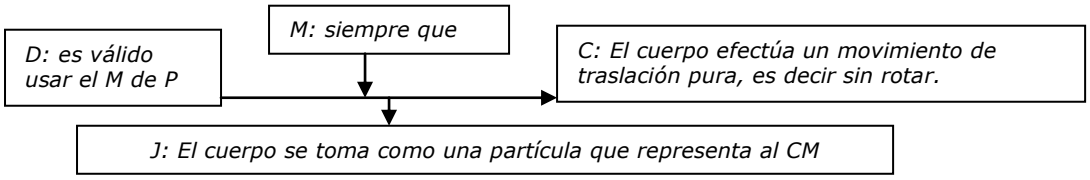


Figura 5: Esquema de los componentes de Toulmin correspondiente a un estudiante del grupo A2

En cuanto al contenido, la mitad de las conclusiones de este grupo expresan que la validez del modelo de partícula se limita a cuerpos extensos que sólo trasladan. Lo justifican afirmando que tal cuerpo puede representarse por una partícula denominada centro de masa (CM). Es de destacar que estos estudiantes, al mencionar el CM, si bien dan cuenta de un modelo incompleto, muestran que han integrado parcialmente la dinámica de la partícula con la dinámica del sistema de partículas. Tal integración es parcial pues se refieren a "cuerpos que sólo trasladan" y no a "cuerpos en los que sólo interesa la traslación". Es decir, estos estudiantes desarrollan argumentos más completos que los denominados A1, ya que incluyen una justificación coherente, pero fueron elaborados desde modelos mentales *incompletos*. La otra mitad alude al tamaño del cuerpo, que debe ser despreciable frente a las dimensiones de su trayectoria. A partir de esta definición de partícula es posible inferir que estos estudiantes reconocen implícitamente que sólo es posible analizar la traslación.

El grupo A3 (57% del total) está conformado por discursos de características argumentativas de mayor complejidad que los anteriores. A continuación se muestra el esquema de los componentes de Toulmin de uno de los protocolos de este grupo.

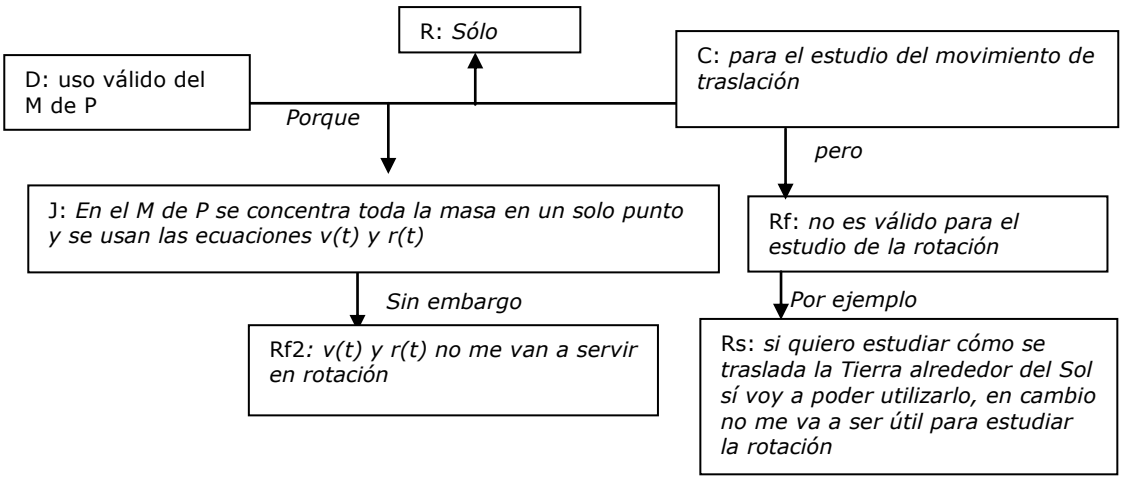


Figura 6: Esquema de los componentes de Toulmin correspondiente a un estudiante del grupo A3 que incluye respaldo (Rs) y refutación (Rf).

Tomando al subgrupo A31 como unidad de análisis, en la figura 7 puede observarse que estos estudiantes incluyen ejemplos como *respaldo* de la *justificación* ofrecida, mostrando en ellos un esquema conceptual más completo. El 69% de este subgrupo centra sus conclusiones en la traslación, de ese porcentaje el 23% restringe a cuerpos que sólo trasladan y un 46% considera que es posible usar el modelo de partícula aún cuando el cuerpo rototraslade, explicitando que, en este caso no es posible estudiar la rotación. Sólo un 8% menciona a la aplicación de las leyes de Newton y el 23% restante se refiere al tamaño de los cuerpos en un discurso coherente en el sentido mencionado en el grupo A2. La figura 7 muestra los porcentajes relativos a A31 de las distintas modalidades de las conclusiones.

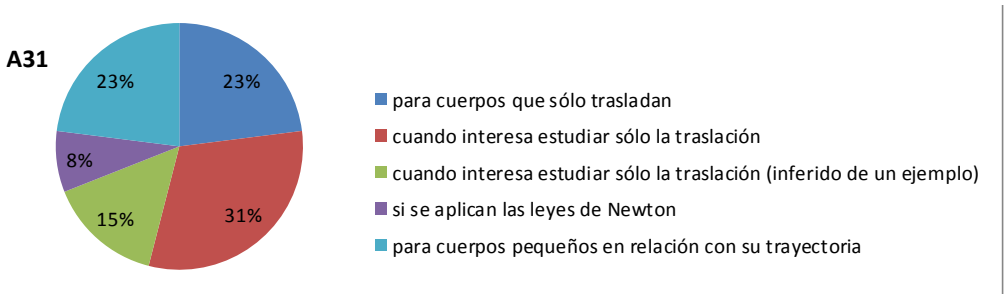


Figura 7: distribución porcentual de las modalidades de las conclusiones presentes en el subgrupo A31

Finalmente, el subgrupo A32 (20%) reúne discursos en los cuales se identifican todos los componentes del esquema de Toulmin. La mayoría de sus integrantes (88%), o bien utiliza en sus explicaciones la expresión "sólo interesa la traslación", o cuando no la incluye en el argumento, salva esta limitación a través de ejemplos. Es decir, si bien no logran expresar un argumento general que englobe todas las situaciones en las que es válido usar el modelo de partícula, implícitamente extienden la validez a cuerpos en rototraslación, cuando sólo interesa analizar la traslación. En estos casos se evidencia el modo en que el *respaldo* y/o la *refutación* enriquecen el argumento. El resto de los estudiantes de este grupo afirman que el modelo es válido si el cuerpo en estudio sólo traslada, presentando ejemplos de respaldo o refutación que son coherentes con la afirmación inicial. Los porcentajes relativos a este subgrupo pueden observarse en la Figura 8.

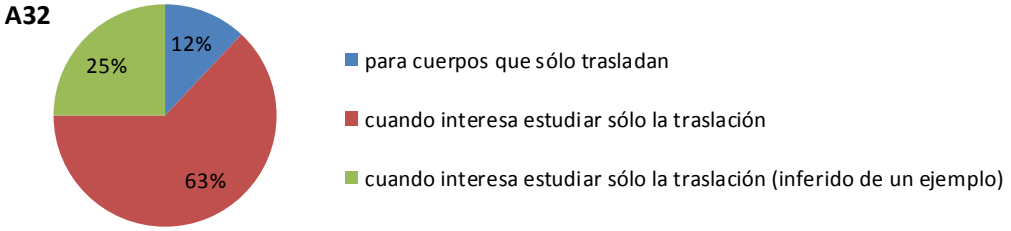


Figura 8: distribución porcentual de las modalidades de las conclusiones presentes en el subgrupo A32.

CONCLUSIONES GENERALES

Analizando el total de la muestra, se observa que, el 20% de la misma expresa que "*El M de P es válido para un cuerpo que sólo traslada".* Como se ha señalado en los referenciales teóricos, se asume que la argumentación desarrollada por los estudiantes cuando explican una determinada situación, da cuenta de cuál es su MM de tal situación, construido a partir de sus conocimientos específicos rescatados de la MLP. Desde esta perspectiva, se interpreta que los estudiantes que desarrollan su explicación limitando la aplicación del M de P a cuerpos que sólo trasladan, dan cuenta de MM *incompletos,* ya que excluyen la posibilidad de analizar, además, la traslación de los cuerpos en rototraslación. Puede interpretarse, además, que los MM de estos estudiantes dan cuenta de un *sesgo de fijación* en los primeros problemas de dinámica de la partícula, donde estudiaban el movimiento de cuerpos que sólo trasladaban. Este tipo de argumento está presente en todos los grupos analizados.

El 17 % de los estudiantes sostiene que "*El M de P es válido si se cumplen las Leyes de Newton*", dando cuenta de un MM que hemos denominado *inverso* y *operativo.* Es *inverso* pues, efectivamente, se invierte el argumento, ya que *las leyes de Newton son válidas sólo para el modelo de partícula,* es decir, las leyes de Newton permiten describir movimientos sólo de cuerpos que pueden ser tratados como masa puntuales. Es además *operativo* pues puede interpretarse que estos argumentos se elaboran a partir de un modelo situacional en el que cobran relevancia las leyes que permiten operar, es decir, resolver problemas de dinámica y cinemática de la partícula.

Uno de los argumentos que se consideran válidos: "*El M de P es válido si sólo interesa estudiar la traslación de un cuerpo"* se registró en el 24% del total de la muestra, todos ellos correspondientes a la clase A3. A este porcentaje puede añadirse un 14%, correspondiente a quienes, si bien limitan la aplicación del modelo a cuerpos que *sólo trasladan*, presentan un ejemplo que muestra que implícitamente, también se refieren al estudio de la traslación de cuerpos que rototrasladan.

El otro argumento conceptualmente válido: "*El M de P es válido si las dimensiones del cuerpo son mucho menores que las distancias involucradas en su movimiento"*, en la que se destaca el carácter relativo del tamaño del cuerpo, fue expresado por sólo el 11% de la muestra, en su mayoría también perteneciente a la clase A3.

Los resultados analizados muestran que los argumentos más completos, según el modelo de Toulmin, se corresponden con las explicaciones conceptualmente más coherentes. Los estudiantes que los formulan dan cuenta de la elaboración de modelos metales *complejos* y *adecuados* que les permiten elaborar una explicación fundamentada con una justificación válida, presentando además ejemplos y contraejemplos. De este modo, si bien se ha señalado que el modelo de Toulmin es limitado, ya que analiza el discurso argumentativo en forma descontextualizada (Driver y Newton, 1997), en esta investigación se trabajó en un contexto específico desde el cual se analizó el contenido de los argumentos. Esto permitió establecer una relación entre las características de los argumentos y la estructura conceptual específica de quienes los expresaron.

Es importante destacar que más de la mitad de los estudiantes no expresa un argumento conceptualmente válido. Teniendo en cuenta que la explicación solicitada formaba parte de un coloquio integrador, se muestran aquí las dificultades de los estudiantes cuando intentan explicar un "modelo físico" que se explicitó al comenzar el dictado de la asignatura y se aplicó en el estudio de la cinemática y la dinámica de la partícula. Asimismo, se enfatizó sobre sus límites de validez en el estudio de los sistemas de partículas, en especial al analizar la rototraslación de los cuerpos rígidos. Tales dificultades pueden estar asociadas no sólo a obstáculos conceptuales sino además a limitaciones asociadas a la elaboración de una *explicación*, es decir, a elaborar un argumento completo y coherente. Esto pone de manifiesto las falencias de los estudiantes en este sentido, quienes, además de conocer los aspectos conceptuales, deben ser capaces de construir explicaciones válidas para comunicar sus ideas, enfatizando lo que consideran como fundamental y usando elementos que contribuyan a la comprensión, tales como ejemplos y contraejemplos, analogías y metáforas. Es menester trabajar en este sentido en el aula, ya que una estructura firme en estos aspectos propiciará una actitud crítica durante el proceso de aprendizaje y la destreza necesaria para defender sus afirmaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adam, J.M. (1992). *Les textes: types et prototypes*. París: Nathan.

Anderson, J. R. (2000). *Learning and memory: an integrated approach*. New York: Wiley.

Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4,* 829–839.

Candela, A., Derek E. (1999). *Ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México : Paidós.

D´Amico, H. y Massa, M. (2001). Argumentative style in teachers´ and textbooks´ discourses, en *Physics Teacher Education beyond 2000*, selected contributions, R. Pintó, S. Surinach, Ed. Elsevier, Paris, 2001, (373-376). ISBN 2- 84299-312-8.

Dushl, R.A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

Henao, B. y Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 7 (1).

Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (1998). Ensenyar a llegir i a escriure textos de ciències de la naturalesa, en Jorba, J., Gómez, I. i Prat, A. (eds.). *Parlar i escriure per aprendre. Úsde la llengua en situació d'ensenyament-aprenentatge de les àrees curriculars,* pp. 210-233. Bellaterra: ICE de la UAB.

Johnson-Laird, P. (1987). Modelos mentales en ciencia cognitiva. En Norman, D. A., *Perspectivas de la ciencia cognitiva* (pp. 179 – 231). Barcelona: Ediciones Paidós.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación contínua.* MEC-CIDE.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, pp. 173-184.

Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

Martins, I. (2000). Onda ou particula: Argumentaçao e rotótica na aprendizagem da natureza da luz. Trabalho apresentado e publicaro nas Atas do VII Encontro de pesquisa em ensino de física, Florianópolis, SC, Brasil, 27-31 de mayo.

Maxwell, J. P., Masters, R. S. W., Y Eves, F. F. (2003). The role of working memory in motor learning and performance. *Consciousness and Cognition*, *12,* 376-402.

Mayer, R. E. (1991). *El futuro de la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza Psicología.

Millar, R. (1998). Rhetoric and Reality:What practical work in science education is really for. In J. Wellington (ed.), *Practical Work in School Science: Which way now*? (pp. 16-31). London: Routledge.

Orrantia, J., Rosales, J. & Sánchez, E. (1998). La enseñanza de estrategias para identificar y reducir la información importante de un texto. Consecuencias para la construcción del modelo de la situación. Infancia y Aprendizaje, 83, 29-57.

Russell, T. (1983). Analyzing arguments in science classroom discourse: Can teachers´ questions distort scientific authority. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), pp. 27-45.

Sanmartí, N. (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique*, 12, pp. 51-61.

Sanmartí, N., Izquierdo, M. y García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, pp. 54-58.

Scott, P. (2004). Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review. In J. Gilbert (Ed.), *The RoutledgeFalmer reader in science education* (pp. 74-96). Londres: RoutledgeFalmer. Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, pp. 8-32

Toulmin, S., Rieke, R; Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*. New York. Macmilan Publishing Co.

Toulmin, S. (1993). *Les usages de l’argumentation*. París: PUF.

Van Dijk, T. (1978). *La ciencia del texto*. Barcelona: Paidós.

Van Dijk, T A. (1999). Context models in discourse processing. En van Oostendorp, H. y Goldman, S. R. (Eds.). *The construction of mental representations during reading* pp. 123-148. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates. TEUN.

Vygotski, L. S. (1995). Pensamiento y lenguaje. Barcelona: Paidós.Weston, A. (1994). *A Rulebook for Arguments*. Editorial Ariel, S. A. Córcega, 270 08008 Barcelona.

INDICADORES DE ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA COMUNICATIVA DE LOS PROFESORES DE FÍSICA

Stipcich, Silvia; Domínguez, María Alejandra

Núcleo Educación en Ciencias con Tecnologías (ECienTec)- Departamento de Formación docente - Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Bs. As.

silcich@hotmail.com; ale2909@yahoo.com.ar

RESUMEN

La competencia comunicativa en la formación de los futuros profesores es, hoy día, un aspecto que está aún relegado. Los espacios de la práctica profesional de los futuros docentes no suelen incluir las suficientes instancias de reflexión y de toma de conciencia acerca de este tema y de sus implicancias en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Existen numerosos estudios sobre el docente y su discurso que se ocupan de diferentes facetas del habla en las aulas. Estos estudios que habitualmente se discuten y analizan en las clases de Didácticas específicas son insuficientes para llamar la atención sobre este asunto.
Como docentes de Práctica del Profesorado en Física hemos construido un conjunto de indicadores para analizar el habla de los docentes en sus clases con la intensión de describir ese proceso en y sobre la acción. El desarrollo se basa en el punto de vista pragmático y aborda el contenido del discurso y las relaciones interpersonales que se producen durante la clase.
Palabras clave: *formación de profesores – competencia comunicativa-*

ABSTRACT

Communicative competence in the training of future teachers is today, an aspect that is still neglected. Spaces of practice of future teachers do not usually include enough instances of reflection and awareness about this issue and its implications in the teaching and learning. There are numerous studies on the teacher and his speech dealing with different aspects of speech in the classroom. These studies usually are discussed and analyzed in specific didactic classes are insufficient to draw attention to this matter. As teachers of Practice Teaching in Physics we have constructed a set of indicators to analyze the speech of teachers in their classrooms with the intention of describing the process and action. The development draws on the pragmatic perspective and addresses the content of speech and interpersonal relationships that occur during class.
Keywords: *teacher training - communication skills -*

PROFESORES COMO COMUNICADORES

El modo que un docente emplea para comunicarse es determinante en su desenvolvimiento del ejercicio de la enseñanza. Y esto es así por el papel mediacional que el habla del docente desempeña en los actos de enseñanza y de aprendizaje. Es creciente el número de investigaciones dedicadas al estudio de las interacciones discursivas en los fenómenos del aula que buscan construir sentido y significado (Martins, 2006). En ellas se privilegia el interés por los procesos mediante los cuales los sujetos intervinientes proponen ideas, las negocian, las defienden y las cuestionan. En cualquiera de esos casos las interacciones sociales son consideradas, también como esenciales para alcanzar el aprendizaje. Son estudios que se enmarcan en perspectivas que conciben a la enseñanza y el aprendizaje como una segunda socialización o enculturación. En ellos se privilegian los procesos de mediación simbólica (Martins, 2006). La acción típicamente humana emplea instrumentos mediadores tales como el lenguaje u otro tipo de herramientas culturales que dan forma a la acción de manera esencial. El énfasis en la mediación se encuentra vinculado con la acción en un determinado contexto. La mediación que ejerce el habla del docente es ineludible e innegable. Por ejemplo, el habla del docente es el medio para la explicación de complejos y abstractos conceptos, para contextualizar un fenómeno físico narrando el momento histórico de su desarrollo; para establecer relaciones con y entre los estudiantes colaborando en la superación de enfrentamientos y/ó conflictos; etc.

En este sentido cobra especial importancia el aporte de Bajtín definiendo al enunciado como una unidad de análisis más abarcadora que el signo (que se asume contenido en el enunciado) para comprender el significado de las acciones. *"Comprender el enunciado de otra persona significa orientarse con respecto a él, encontrar el lugar correcto para él en el contexto correspondiente. Para cada palabra del enunciado que estamos en proceso de comprender, proponemos, por así decir, un conjunto de palabras nuestras como respuesta. Cuanto mayor sea su número y su importancia, más profunda y sustancial es nuestra comprensión… Toda comprensión verdadera es dialógica por naturaleza. La comprensión es para el enunciado como una línea de un diálogo para la siguiente"* (Wertsch, 1993, p. 73).

El lenguaje es la forma privilegiada mediante la cual los sujetos conocen, se expresan y construyen visiones del mundo. Es el medio de articulación entre lo subjetivo y lo social; como práctica discursiva permite el intercambio, la negociación con otros y la regulación del pensamiento.

A diferencia del lenguaje escrito, se aprende a hablar como parte del proceso de socialización. Desde muy pequeños participamos, de formas más o menos activas, en diferentes eventos que requieren hablar. En las instancias de interacción es donde se comparten, modelan, discuten, negocian y renegocian los significados (Edwards y Mercer, 1987; Mortimer, 1994). Los sujetos participantes van recibiendo "normas" explícitas por parte de las personas con las que interactuamos. Wittgenstein (1953) sostiene que hablar es participar activamente de formas de vida que existen gracias al uso del lenguaje. Es por eso que desde su perspectiva aprender a hablar no es otra cosa que apropiarse de unas reglas que nos permiten llevar a cabo diferentes juegos de lenguaje. Aprendemos cómo pedir disculpas, cómo vender, cómo comprar algo, cómo pedir un descuento. Es decir, la mejor forma de aprender esos juegos es jugándolos. Usar la lengua es lo que nos permite participar de la vida social y construirla.

No todas las formas de hablar se adquieren con la naturalidad que antes hemos comentado para el lenguaje cotidiano. Al decir de Lemke (1997) para hablar la ciencia se requiere aprender tanto los términos específicos como las estructuras particulares para organizar esos términos.

Esto se vincula con lo que, desde la etnografía de la comunicación se conoce como competencia comunicativa. Para Gumperz y Hymes (1972) la competencia comunicativa es aquello que el hablante necesita saber para comunicarse de manera eficaz en contextos socialmente significantes. Se refiere a la habilidad para actuar. Se distingue entre lo que el hablante conoce y cómo actúa (con ese conocimiento) en instancias particulares. Se entiende al hablante como miembro de una comunidad en la que guarda un determinado rol, donde se usa el lenguaje para autoidentificarse y guiar sus actividades. Con el tiempo la idea de competencia comunicacional fue incorporando la mirada del contexto. Pasó a entenderse como el conocimiento de las convenciones lingüísticas para crear y mantener la cooperación conversacional. Es decir, lo gramatical es común a todos los hablantes, el conocimiento de las convenciones contextualizadoras cambia, no depende de una lengua o dialecto. Implica conocer no sólo el código lingüístico, sino también qué decir a quién y cómo decirlo de manera apropiada en cualquier situación dada. Tiene que ver con el conocimiento social y cultural que se les supone a los hablantes y que les permite interpretar las formas lingüísticas.

Es una práctica habitual que en materias específicas para la formación de docentes en Física, en este caso, se incluya la lectura y el análisis de investigaciones sobre el discurso que se sucede en las aulas, incluso tratando facetas tan variadas como el habla del docente, el de los alumnos, los significados que se construyen, el estilo y las características de las preguntas que se hacen en las clases, entre otros.

Sin embargo, todo lo anterior no parece suficiente para que los futuros profesores alcancen a vislumbrar la importancia de cómo el habla (fundamentalmente el habla del docente en tanto habla del experto) moldea y condiciona el devenir de las clases. Cuando los estudiantes de Profesorado desarrollan prácticas profesionales, una vez que han terminado su clase y se espera que reflexionen sobre sus intervenciones es común encontrarse con alumnos que no consiguen identificar qué es lo que han dicho, cómo lo han dicho o qué términos han empleado durante el transcurso de la misma.

Para que se tome conciencia del alcance de las palabras hace falta un trabajo de reflexión sobre la práctica. Se trata de lo que algunos autores denominan saberes de acción (Barbier, 1996).

Ahora bien, la práctica reflexiva no es una práctica específica. La práctica reflexiva va ligada al ejercicio del oficio de profesor (Perrenoud, 2002). Es imposible separar a la reflexión de la acción como sí puede pensarse en el planeamiento de un contenido disciplinar.

No es simple pensar en una formación sistemática sobre una postura reflexiva o una postura para el análisis de la práctica. En este sentido entran en juego saberes que son propios de la profesión que no derivan de la ciencia o de la técnica, sino que son específicos del ejercicio de la profesión y que no dejan de ser indispensables para lo que resulta de la actuación de un docente. En el caso del habla en las clases no se trata solamente de lo que se dice y de cuánto de científico o técnico tiene un término empleado (cuestión que es necesaria) sino también de en qué momento se lo dice, apelando a qué recursos, cómo se manejan las relaciones de poder y ó tensiones propias de cada grupo humano en el aula, etc. Entran en juego un conjunto de saberes que se movilizan en la práctica cuya referencia es difícil de plasmar. Es decir, en el caso de los saberes académicos o disciplinares la referencia es clara porque los contenidos de Física se encuentran en los textos ampliamente reconocidos. Algo similar ocurre con los contenidos didácticos cuya referencia suele estar en textos o revistas legitimadas que reproducen los resultados de investigaciones educativas. Esto no es posible para el caso de los saberes que resultan del ejercicio de la profesión.

Perrenoud (2002) discute largamente acerca de cuántas prácticas docentes hay y en relación a esto, se pregunta sobre la posibilidad de transponer saberes prácticos en clara alusión a los que se ejecutan en el aquí y ahora de cada situación de aula. Recrea, en su debate, las posturas más extremas que asumen la importancia de transponer una forma de práctica docente.

Asimismo, invita a incluir en la cadena de transposiciones didácticas más tradicionales, espacios para la observación y descripción detallada de las prácticas identificando las competencias que se han empleado. Con estas consideraciones nos proponemos analizar el habla de los futuros profesores y para ello elaboramos un conjunto de indicadores para el reconocimiento de determinadas acciones propias del trabajo en el aula. Consideramos que un análisis conjunto entre el profesor tutor y los estudiantes (futuros profesores) puede ser una primera aproximación a la creación de instancias de reflexión sobre la propia práctica.

EL HABLA DOCENTE

Desde los estudios pioneros de Cazden (1991) los estudiosos del discurso docente se interesan por comprender cómo es que en ese intercambio que el docente sostiene con los estudiantes es posible que estos últimos se re-presenten de manera individual aquello que construyen, expresan, intercambian de manera grupal (social). En ese movimiento la tríada interacción, lenguaje y pensamiento constituyen conceptos claves. Se reconocen diferentes aproximaciones al estudio de esa interacción. Por mencionar algunas de ellas se pueden nombrar los abordajes centrados en el aprendizaje de los alumnos a partir de las preguntas, actividades e intervenciones que realiza el docente (Sutton, 1992 y 1997; Hennesey, 1991), también otros tratamientos menos cognitivos interesados por comprender cómo, a partir del discurso, se regulan las relaciones interpersonales y se administran funciones de control y de poder dentro del aula (Lakoff, 1973; Brown y Levinson, 1978).

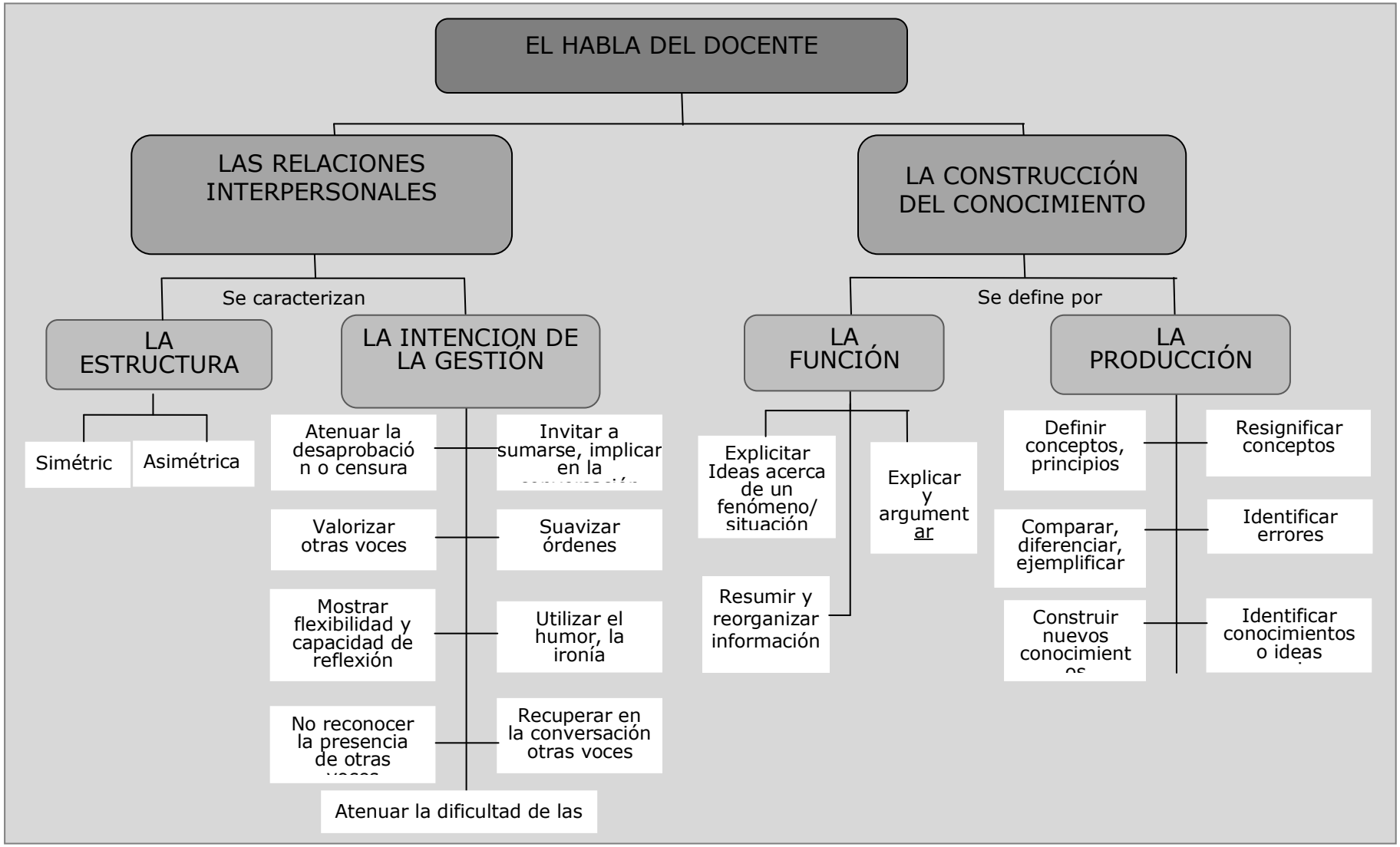
El género discursivo que se desenvuelve en una clase tiene unas características propias: es un discurso oral, que acontece en una situación presencial donde un sujeto experto se dirige a un grupo de personas menos expertas con fines didácticos (Castellá, Comelles, Cros, Vilá, 2007). Esta caracterización breve está entre las primeras aproximaciones que los futuros docentes deben internalizar. Serán ellos los responsables de lo dicho o no dicho en sus clases.

Cuando se entiende que los procesos de enseñanza y aprendizaje se encuentran situados en actos comunicativos que trascienden el interés por enseñar y aprender se asume a la educación *"como un proceso de comunicación consistente en el desarrollo de contextos mentales, términos de referencia y formas de habla compartidos a través de los cuales el discurso educacional adquiere significado y sentido para los participantes y llega a convertirse en una representación del mundo y un discurso propios"* (Cubero et al., 2008).

Desde este aproximación que proponen los autores anteriores, se reconoce en el proceso comunicativo, el espacio del otro interlocutor, como oportunidad para reestructurar el pensamiento propio, y así construir una mirada sobre el mundo, y asumir que el habla del docente puede ser entendida en términos de un andamiaje (Bruner, 1989). En este sentido se propone que el análisis del discurso del docente puede ser ponderado desde dos dimensiones de gestión igualmente relevantes: el de las relaciones interpersonales y el de la construcción del conocimiento. Ambas dimensiones guardan una relación dialéctica y, en cualquier caso, la voz del profesor es la voz del experto tanto para vehiculizar el aprendizaje cuanto para mantener una coherencia grupal. A partir del análisis del habla en clase es posible reconstruir ciertos principios acerca de las concepciones de la enseñanza, de la ciencia y reconocer los modos en que el docente lleva a cabo su actividad haciendo uso no solamente de los principios didácticos que incluyen lo disciplinar (cómo se enseña un determinado contenido) sino también de las formas de intercambio social que envuelven la conversación.

El esquema de la página que sigue es una adaptación, para el habla del docente, de la versión original elaborada en un trabajo de tesis (Domínguez, 2011).

Se trata de un conjunto de categorías que aspiran a describir el habla del docente en una clase, partiendo de la concepción del habla como una instancia de andamiaje en el discurso que se intercambia en una clase de Física, reconociendo en ese proceso, la centralidad de la gestión en las relaciones sociales y en el conocimiento que se construye.



Esquema con indicadores para caracterizar el habla del profesor

Este gran estructurador del modo de comprender el habla, en nuestro caso, del docente de Física, se organiza concentrando dos ejes (o metacategorías para su análisis): las relaciones interpersonales y la construcción del conocimiento, en clara alusión a las relaciones sociales que determinan el clima del aula y a los contenidos disciplinares que se aborden en las clases (todo en íntima conexión).

Las relaciones interpersonales se caracterizan, como muestra el esquema, tanto por su estructura cuanto por la intencionalidad del hablante. En nuestro caso, como proponemos el esquema para el análisis del habla del profesor, focalizaremos en las posibles intencionalidades que el docente de un curso puede tener cuando interviene en una conversación durante la clase.

Según la actuación que adoptan los participantes, la estructura puede ser considerada:

- **simétrica**: cuando es de paridad, es decir la distribución de funciones durante los intercambios discursivos es equitativa entre los participantes.
- **asimétrica**: cuando se identifica una participación de autoridad porque alguien dice qué es lo que hay que hacer.

En esta diferenciación no se toma en cuenta el rol de los participantes en cuanto a la autoridad que instala, por ejemplo el dominio del tema que se discute. Es decir, un intercambio comunicativo puede ser asimétrico entre dos estudiantes simplemente porque uno de ellos, con su habla condiciona las acciones sucesivas del otro y, de igual modo, se puede hablar de una relación de simetría (en ciertos tramos del discurso) entre un docente y algún alumno cuando existe en ese intercambio acciones mutuas que no denotan la preponderancia del accionar de uno sobre el otro.

Según la intención que el habla del docente puede proponerse cuando gestiona una conversación se mencionan algunos indicadores representativos de ciertas acciones que, normalmente, los docentes desarrollan en sus aulas para propender a la instalación de un clima positivo en el trabajo.

- **Atenuar la desaprobación o censura**: este tipo de acciones se reconoce no solo cuando el docente debe intervenir para modificar un comportamiento o una actitud violenta, sino también, cuando en algunas ocasiones hay respuestas erróneas que pueden condicionar la continuidad de la participación de un estudiante durante una discusión. Con miras a dar continuidad en los intercambios comunicativos los docentes suelen emplear el tiempo verbal condicional, cambios en la entonación, pausas, entre otros recursos prosódicos y no verbales. También es común encontrar que si la respuesta no es la esperada, el profesor se encargue de explicar (o preguntar) bajo qué condiciones esa respuesta podría ser la correcta. De esta manera la desaprobación se ve suavizada. Por ejemplo: *"¿podrías aclarar bajo qué condiciones es que este cuerpo tiene energía potencial nula?"*
- **Valorizar otras voces**: se alude con esta categoría a las veces que el profesor en su discurso retoma lo que ha expresado un estudiante utilizando explícitamente el nombre de esa persona. De esta manera se otorga un estatus relevante a esa voz. Por ejemplo: *"Allí Ignacio, está diciendo algo y no sé si todos lo han escuchado".*
- **Mostrar flexibilidad y capacidad de reflexión**: se incluyen aquí las instancias en las que el docente es capaz de mostrar ciertas actitudes donde se revisa el curso de las acciones que están desarrollando para adecuar a toda la clase. Es decir, que son capaces de cambiar una actividad que se está desarrollando, explicitar lo que está sucediendo, manifestar la posibilidad de redefinir las acciones, etc. Muchas veces los profesores advierten que es necesario detenerse en una noción, retomar algo previo, insistir en determinados procedimientos, etc. Por ejemplo: *"Volvamos al comienzo entonces. Cuando decimos que el par acción y reacción no forman un sistema es porque estas dos fuerzas se aplican en diferentes cuerpos. Fíjense esta fuerza de acción que ejerce el libro sobre la mesa se aplica en la mesa. Esta fuerza de reacción que ejerce la mesa se aplica en el libro. De esa manera podemos sostener que no se anulan aunque su intensidad también su dirección sean la misma y el sentido contrario. Si aislamos, para estudiar el libro, la fuerza acción no puede dibujarse en él. Dibujaremos el peso que es de igual magnitud"*
- **No reconocer la presencia de otras voces**: se asocia a esta categoría las veces en que en un intercambio existen voces que se manifiestan, con preguntas o puntos de vista que son expuestos, pero no son escuchados por el resto de los sujetos. También se reconoce en esta opción, las instancias en las que directamente no se da la posibilidad de que existan otras voces porque no se solicita su participación instalando una única voz. Esta es una característica frecuente entre los profesores noveles. En situaciones de prácticas profesionales no consiguen reconocer, propio del esfuerzo de concentración que desarrollan por la preocupación que suelen tener en el control de otros factores durante las clases, tales como el comportamiento de sus estudiantes o estar atentos solamente a aquellas voces que enuncian lo que ellos (como docentes) están esperando oír.

- **Invitar a sumarse, implicar en la conversación**: se contempla aquí las veces que el profesor suma a otros sujetos a la conversación que se mantiene pidiendo explícitamente que participen, preguntando por su opinión, etc. Por ejemplo: *"¿qué opinás, Florencia, del signo menos en el resultado del problema que resolvió Sebastián?"*
- **Suavizar órdenes**: es común utilizar el imperativo para realizar una orden. Se suele sustituir o atenuar este modo con palabras o expresiones que implican deseo, posibilidad, etc. Por ejemplo: *"podrías repetir esa última idea?'*
- **Utilizar el humor, la ironía u otros recursos**: el uso de diferentes recursos en un intercambio puede ser más "natural" (ejemplo el humor entre estudiantes o entre estudiantes y docente) o más "pensado" (en el caso del docente o de un estudiante para suavizar alguna intervención). En todo caso las técnicas que se utilicen tienen diferentes objetivos: corregir algún error, suavizar órdenes, mostrar limitaciones y autocríticas, hacer más fluida una explicación de un tema que puede estar resultando densa o confusa, etc. Por ejemplo: *"¡podemos ir sintonizando con el comienzo de la clase de Física y abandonar las novedades que traemos del fin de semana?"*
- **Recuperar en la conversación otras voces**: se alude con ella a las instancias en que explícitamente se tienen en cuenta el discurso de otras voces en un intercambio. Es una categoría vinculada con la de invitar o implicar a alguien en una conversación. Es bien relevante para los estudiantes cuando el docente, sobre todo si es para destacar un aporte, menciona en su alocución el nombre de alguno de los estudiantes. Por ejemplo: *"como dijo Nahuel, no podemos pensar en un móvil eterno porque la energía se degrada".*
- **Atenuar la dificultad de las tareas**: con diferentes expresiones se intenta disminuir la complejidad que puede tener una actividad o la comprensión de ciertos conceptos. Se reconocen el uso de expresiones de aliento, ánimo y estímulo para continuar en una situación más allá de los obstáculos que haya que superar. Por ejemplo: *"recuerden que cuando van a resolver un problema es importante que primero reconozcan cuál es el sistema que estamos estudiando".*

En cuanto a la dimensión que se ocupa de la construcción del conocimiento, también se la ha presentado aquí organizada en torno a dos opciones: la función que el habla del docente puede tener durante el proceso en que se construye conocimiento y la producción que se desarrolla.

En relación con la función que se reconoce cuando el docente interviene es posible identificar las siguientes opciones:

- **Explicitar ideas acerca de un fenómeno o situación:** son instancias en las que el docente describe o comenta características de un determinado fenómeno para situarlo o contextualizarlo, recurriendo para ello a recuperar nociones que ya se han estudiado antes. También situaciones que muestran los límites, dificultades o alcances de un enunciado. Por ejemplo: *"recuerden que la ley de Ohm no es universal. No vale para todos los circuitos"*.
- **Explicar y argumentar:** se considera en esta categoría a la justificación de ciertos principios o enunciados, o la explicitación de contraargumentos. Por ejemplo: *"Chicos. Analicemos por qué es que aquí hablamos de cambio en la velocidad a pesar de que el velocímetro se mantiene fijo en el número 80. Recuerden que la causal de cambio en la velocidad es una fuerza. Al tratarse de una situación en una curva, hay un cambio en la dirección y por tanto, una fuerza que no cambia el módulo de la velocidad pero sí su dirección"*.
- **Resumir y reorganizar la información:** se reconocen aquí a aquellas acciones que sintetizan y reestructuran algunos aspectos de un tema. Por ejemplo: *"Entonces, hasta aquí, tenemos dos cuestiones bien relevantes que debemos tener presentes en las explicaciones de los fenómenos de frotamiento: una es que cuando la carga se transfiere en el frotamiento no se pierde. La carga se conserva. Eso significa que pasa de un cuerpo a otro. Y la otra cuestión es que estamos hablando de cargas particulares: los que se transfieren son los electrones. Aquellos que más fácilmente pueden ser quitados de las órbitas más externas. Esto significa que si un cuerpo tiene carga positiva es porque ha cedido electrones a alguien. Nunca porque ganó protones".*

La otra opción que se identifica dentro de Construcción de conocimiento es la referida a lo que se produce durante el discurso o los intercambios comunicativos que se suceden en las aulas.

En este sentido se reconocen las siguientes acciones:

- **Definir conceptos, principios:** se consideran aquí las oportunidades en que el docente define, el alcance o las características de un concepto. Es decir, se delimita el sentido, se circunscribe una realidad, se explica. Por ejemplo: "*Entonces, recuerden que cada vez que queremos aludir a esta fórmula nos referimos a la intensidad de corriente. Con la fórmula lo que obtenemos es una medida de esa magnitud".*
- **Comparar, diferenciar, ejemplificar**: aquí se tienen en cuenta las ocasiones en que se recurre a diferentes recursos para ayudar en la comprensión de un fenómeno o situación, para limitar los alcances, para dar una explicación más específica, etc. Por ejemplo: *"a diferencia de los conductores, los llamados aislantes son materiales cuyos electrones no tienen esa capacidad de movilidad de la que hablamos antes".*
- **Construir nuevos conocimientos**: en esta categoría se reconocen aquellas instancias en las que, sin necesariamente ser definidas, como de evaluación, el docente encuentra el modo de reconocer que hay nuevos modos para proceder en la resolución de una tarea. Por ejemplo, cuando los estudiantes consiguen resolver una situación problemática y el docente demanda una alternativa diferente para ello destacando que también están en condiciones de hacerlo de otro modo. Tal puede ser el caso de una resolución dinámica de un problema o haciendo empleo de consideraciones energéticas.
- **Resignificar conceptos:** se incluyen aquí las expresiones que los docentes suelen emplear para dar un sentido específico a un concepto en el marco de la Física. Por ejemplo: *"tengan presente que como ha pasado con otros términos, en Física, la palabra potencia tiene un significado específico asociado a que tan rápido se desarrolla trabajo en este caso".*
- **Identificar errores**: el reconocimiento de los errores es de suma importancia como una oportunidad para aprender y no con una connotación negativa. En los futuros profesores es necesario hacer énfasis en que el error o las interpretaciones incorrectas desde lo disciplinar deben ser integradas a las discusiones que se mantienen en las aulas, formando parte del proceso de aprendizaje. Retomando el ejemplo de la categoría anterior, podría seguirse: *"… la potencia no es ni la fuerza ni el esfuerzo ni el trabajo, es otra cosa diferente".*
- **Identificar conocimientos o ideas previas**: con esta categoría se alude a las veces en que se detectan conocimientos o ideas previas construidas en otros contextos y que suelen ser una oportunidad, o bien para resignificarlas, en caso de que pudieran ser erróneas desde el campo de la Física (ver resignificar conceptos), o bien para integrarlas a la discusión cuando son aceptables. Por ejemplo, los estudiantes suelen tener nociones acerca de que las partículas pueden fusionarse o fisionarse y hacer este tipo de planteos cuando se habla de átomos estables. Será oportunidad para que el docente establezca las limitaciones que está haciendo en el tratamiento del tema y aclare que eso que están consultando es aceptable bajo otras circunstancias y limitaciones.

REFLEXIONES FINALES

En esta presentación hemos intentado explicitar algunos indicadores del habla de los profesores en sus clases. La propuesta se ha enfocado desde la integración de las relaciones personales que se establecen, las finalidades que con ellas se podrían promover; los propósitos que se tienen en cuanto al impacto del conocimiento que se intercambia, finalmente, aquello que (desde una mirada analítica) ha resultado de la construcción.

Consideramos que se trata de un conjunto de categorías de análisis. A partir de ellas se podrían diseñar diferentes instrumentos para utilizar en las prácticas profesionales (para los docentes responsables de las prácticas profesionales), en los talleres de docencia (con docentes que estén dispuestos a llevar a cabo un trabajo de reflexión sobre su propia práctica).

Una posible vía para que los profesores en formación pudieran iniciarse en este trabajo de reflexión es introducirlos en el análisis de estas categorías durante el período de realización de las prácticas profesionales. Además de un trabajo de lectura en profundidad se pueden establecer acuerdos para registrar el audio de algunas clases de práctica de manera que luego de la clase propiamente dicha se realice el análisis de los intercambios comunicativos mantenidos y se discuta acerca de las implicancias que el habla genera.

REFERENCIAS

Barbier, J. (1996) *Savoirs théoriques et savoirs d´action*. Paris: PUE

Brown, P. y Levinson, S. C. (1978). *Politeness. Some Universals in Language Use*. Cambridge University Press en J. Catellá; S. Comelles, A. Cros, M. Vilá. (2007) *Entender(se) en clase. Las estrategias comunicativas de los docentes bien valorados*. Barcelona: Graó.

Bruner, J. (1989). Acción pensamiento y lenguaje. Madrid: Alianza.

Catellá, J.; Comelles, S.; Cros, A. y Vilá, M. (2007). *Entender(se) en clase. Las estrategias comunicativas de los docentes bien valorados*. Barcelona: Graó.

Cazden, C. (1991). *El discurso en el aula*. Barcelona: Paidós.

Cubero Pérez, R.; Cubero Pérez, M.; Santamaría Santigosa, A.; de la Mata Benítez, M.; Carmona, M. y Prados Gallardo, M. (2008) La educación a través de su discurso. Prácticas educativas y construcción discursiva del conocimiento en el aula. *Revista de Educación* Nº 346. pp. 71-104.

Domínguez, M. A. (2011) *Modos de intercambio de significados: Procesos de negociación en clases de Física del nivel secundario*. (en línea). Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.455/te.455.pdf

Edwards, D. y Mercer, N. (1987). El conocmiento compartido: el desarrollo de la comprensión en el aula. Barcelona: Paidós.

Gumperz y Hymes (1972) Directions in sociolinguistics. *The ethnography of communication. American anthropologist*, vol 66 nº6, parte 2. En Calsamiglia Blancafot y Tusón Valls (2007) *Las cosas del decir*. Barcelona: Ariel.

Hennessey, M.G. (1991). Analysis of conceptual change and status change in sixth graders'concepts of force and motion. *Doctoral Dissertation*. University of Wisconsin- Madison (citado en Hewson y Hennessey, 1992.)

Lakoff, R. T. (1973). *The logic politeness; or Minding your p´s and ´p*. Paper from thr Ninth Regional Meeting, Chicago. Chicago Linguistic Society, pp. 292-305 en J. Catellá; S.Comelles, A. Cros, M. Vilá. (2007) Entender(se) en clase. Las estrategias comunicativas de los docentes bien valorados. Barcelona: Graó.

Lemke J. L., (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Lenguaje, aprendizaje y valores, Barcelona: Paidós.

Martins, I. (2006). *Dados como diálogo. Contruindo dados a partir de registros de obervação de interações discursivas em salas de aula de ciencias. A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias.* RS Brasil: Editora Unijuí.

Mortimer, E. (1994). *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis Conceituais*. Faculdade de Educação da USP; São Paulo; Tese (Doutorado).

Perrenoud, O. (2002) *A prática reflexiva no ofício de profesor*. Porto Alegre: Artmed.

Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press.

Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Revista Alambique. Lenguaje y Comunicación*, 12, 12-32.

Wertsch, J. (1993) *Voces de la Mente. Un enfoque sociocultural para la acción mediada*, Madrid: Editorial Visor.

Wittgenstein, L. (1953). Investigaciones filosóficas. Barcelona: Crítica.

EL USO DE LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA: UNA APLICACIÓN PARA EL ELECTROMAGNETISMO.

María Andrea Perea[1]; Laura Buteler[1]

[1]Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET - FaMAF, U. N. C.
perea@famaf.unc.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta una revisión de propuestas para la utilización de la Historia de las Ciencias en la enseñanza, a las cuáles agrupamos de acuerdo a las finalidades que persiguen: evocar descubrimientos, resaltar la dimensión humana de las Ciencias mediante el aporte de grandes científicos, enseñar los procesos científicos, detectar las preconcepciones de los estudiantes y enseñar conceptos, y destacar las bases socio-culturales de las ideas y de la investigación científica. Discutimos por qué consideramos que éste último enfoque engloba a los demás, y elaboramos un ejemplo de una aplicación del mismo para el caso del campo electromagnético. Nuestra propuesta se enfoca en la controversia entre "Acción a distancia" vs. "Campo", y está elaborada en base a experimentos cruciales realizados por Heinrich Hertz.

Palabras clave: historia de las ciencias, enseñanza de las ciencias, campo electromagnético, enfoque socio-cultural.

ABSTRACT

The present is a revision of different proposals that utilize History of Science in teaching. They have been grouped according to the purpose they pursue: to evoke discoveries, to highlight the human aspect of Science through the contributions of renamed scientists, to teach the processes of scientific construction, to detect students' preconceptions and teach concepts, and to highlight the socio-cultural basis of scientific ideas and research. We discuss why we consider that this last aspect includes the other ones, and elaborate an example of its application for the case of the electromagnetic field. Our proposal is focused on the controversy between "action-at-a-distance" and "field", and is elaborated on the basis of key experiments carried out by Heinrich Hertz.

Key words: history of science, science teaching, electromagnetic field, socio-cultural approach.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente desmotivación por parte de los estudiantes de nivel secundario, los docentes debemos diseñar permanentemente estrategias didácticas para lograr captar su atención en primer lugar, y provocar así condiciones favorables para el aprendizaje. Una adecuada implementación de la Historia de las Ciencias en la enseñanza de la Física, permitiría a los docentes no sólo motivar a sus estudiantes, sino también, facilitares a los mismos una comprensión más profunda de los contenidos, de los procesos de la ciencia, de los factores que influyen en el desarrollo de las investigaciones científicas (económicos, sociales, culturales, morales, etc.) y de la dimensión humana de la misma.

La Historia de las Ciencias ha ido adquiriendo una creciente importancia para la enseñanza en varias áreas del conocimiento científico. Aunque esta afirmación pueda encontrar gran aceptación entre científicos, educadores e historiadores, es muy posible que albergue en su seno significados bastante distintos y grandes controversias.

Por ejemplo, Brush (1990) afirma que el significado de "Historia de las Ciencias" para los educadores no siempre se parece a aquello que los filósofos e historiadores tienen en mente. Brush cita un ejemplo de un material educativo que critica el uso de la Historia de las Ciencias en la enseñanza porque resulta monótono "repetir todos los procesos de los científicos", uno a uno, con sólo algunas demostraciones.

Acordamos con Iparraguirre (2007) en que a pesar de las posibles controversias, es claro que en tanto se considere favorable plantear cierto grado de problematización de los contenidos para su enseñanza, la Historia de las Ciencias constituye una especie de sitio ideal en el que se pueden encontrar directamente los conceptos surgiendo de los problemas que les dieron origen.

Además en los mismos diseños curriculares de la escuela secundaria y en de los profesorados de Ciencias, la Historia de las Ciencias aparece como un contenido transversal a los contenidos disciplinares. A modo de ejemplo, podemos citar el diseño curricular de Educación Secundaria de la Provincia de Córdoba (período 2012-2015), en particular al correspondiente a la orientación "Ciencias Naturales". En éste se establece que una de finalidades formativas de la Física como espacio curricular, consiste en promover "*el reconocimiento y la valoración de los aportes de la Física a la sociedad a lo largo de la historia, comprendiendo el conocimiento físico como una construcción histórico-social de carácter provisorio que permite el desarrollo de una posición crítica, ética y constructiva en relación con el avance de conocimientos científicos - tecnológicos y su impacto sobre la calidad de vida" (Diseño curricular de Educación Secundaria, tomo 4, pág. 92)*.

Entonces, como existen tanto requerimientos curriculares para introducir la Historia de las Ciencias en la enseñanza como numerosas posiciones a favor de su implementación (ya sea la de los propios docentes, los investigadores o los historiadores), consideramos pertinente diseñar una propuesta didáctica adecuada para ello. Inicialmente realizamos una revisión bibliográfica de las ya existentes, prestando especial atención a sus fundamentos, objetivos, metodologías y resultados obtenidos (para el caso en las que se conoce que han sido aplicadas en la práctica).

LA HISTORIA COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. UNA REVISIÓN.

La importancia que ha ido adquiriendo el uso de la historia de las ciencias en el aula se ha visto reflejada por la diversidad de formas en la que se la ha aplicado: como una introducción para algún tema o concepto en particular, como un criterio a partir del cual se organiza la unidad didáctica, a manera de ilustración de un contenido, como una forma de motivar a los estudiantes, a modo de temática que sea objeto de una investigación bibliográfica, como generador de discusiones sobre las teorías científicas y facilitar la comprensión de la evolución de un concepto científico, para analizar la forma de construcción de la ciencia, para detectar las preconcepciones de los estudiantes, entre otras. A continuación presentamos una categorización que agrupa a varias de las distintas investigaciones y aplicaciones que, en distintas partes del mundo, se han realizado hasta el momento sobre el uso de la Historia de las Ciencias en la enseñanza. Dicha categorización ha sido elaborada considerando los fines que cada propuesta persigue, sin embargo cabe aclarar, que algunos de los trabajos citados corresponderían a más de una de las categorías, aunque se los ha colocado en la que consideramos que más se destacaba.

Evocar descubrimientos y resaltar la dimensión humana de las ciencias mediante el aporte de grandes científicos.

Probablemente el uso más común de la Historia de las Ciencias en la enseñanza tiene como objetivo remarcar algunos descubrimientos históricos y a grandes científicos. A partir de este enfoque la ciencia cobra una imagen más humana, puesto que se conectan conocimientos científicos con nombres específicos, rostros, épocas y lugares. El mito, la biografía, la leyenda, y sobre todo la anécdota, son los recursos que usualmente utilizan los profesores para incluir la Historia de las Ciencias en sus clases.

Un ejemplo de esto es el trabajo realizado por Martínez Navarro & Repetto Jiménez (2002a) en el cuál proponen presentar los contenidos a partir de las figuras de los científicos que los desarrollaron, mediante sus biografías. Ellos consideran que así se pone de manifiesto la dimensión humana de la ciencia.

Otra propuesta que corresponde a esta categoría es la presentada por Delgado Bermejo *et al.* (2002) a través de la cuál se pretende colaborar en la recuperación del papel que desempeñaron, las mujeres en la ciencia y en la tecnología a lo largo de las diferentes épocas históricas e introducirlas en las actividades planificadas para ser implementadas en el aula. En particular, los autores citan a algunas científicas, además de Marie Curie, que han recibido el premio Nobel, como por ejemplo Rosalyn Yallow (Fisiología o Medicina, 1977) y Dorothy Crowfoot Hodgkin (Química, 1964); y a otras que a pesar de no haber sido premiadas se han destacado por sus contribuciones a la ciencia como Lise Meitner (Física) y Marie Lavoisier (Química).

Enseñar los procesos de las Ciencias.

Solbes & Traver (1996) estudiaron el uso de la Historia de las Ciencias en la enseñanza y a partir de allí propusieron una metodología a la cual se podrían adherir los profesores de ciencias. Su propuesta consiste en tratar de clarificar qué papeles puede jugar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las mismas, de acuerdo con el *modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación*, y elaborar así materiales didácticos coherentes con la propuesta. Los autores sugieren elaborar y someter a análisis a un gran y variado catálogo de actividades de claro contenido y enfoque histórico destinados al trabajo en el aula. Su intención no es sólo que los docentes lo utilicen como material complementario, sino también como parte sustancial del hilo conductor de los contenidos abordados en la enseñanza de las ciencias.

En una línea similar, Martínez Navarro & Repetto Jiménez (2002b) han sugerido una metodología que consiste en realizar una organización de los contenidos que tenga en cuenta la naturaleza de la ciencia y del propio trabajo científico, las aplicaciones de la ciencia y sus implicaciones sociales, de manera tal que permita la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos. Según los autores esto potenciaría la familiarización con la metodología científica y las actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje.

Guridi & Arriasseq (2004) apuntan más bien a tratar de lograr que los estudiantes sean más conscientes de los contenidos que se están abordando, es decir, comprender lo que el concepto significa, por qué y cómo surgió, en qué condiciones, entre otros. Los autores sostienen que de esta manera se los podría incorporar en forma funcional en las clases y no sólo cuando el tema "se preste para esto". Sugieren una planificación en la cual la Historia de las Ciencias y la Física interactúen permanentemente. La incorporación de la Historia de las Ciencias en la enseñanza tiene que ver, entre otras cosas, con el hecho de presentar a los estudiantes una visión contextualizada de la Física y de erradicar visiones "simplistas" y utópicas sobre la metodología científica. La propuesta concreta que estas presentan intenta "reconstruir" la evolución histórica acerca de los modelos atómicos, desde el descubrimiento de las primeras partículas subatómicas hasta el modelo atómico de Bohr.

El trabajo realizado por Iparraguirre (2007) se basa en la suposición de que es bueno que los estudiantes se acostumbren a ver surgir los conocimientos del proceso por el cual se trata de dar solución al problema y no se acostumbren a aprender objetos aislados, desconectados de las cuestiones que los hicieron surgir, o a las que podrían aplicarse. Siguiendo lo antes mencionado, el autor postula para el caso particular de la óptica la introducción de elementos históricos, lo cual considera que podría servir para guiar la evolución de los conceptos en el estudio escolar atendiendo al curso seguido por dicha evolución a lo largo de la historia. Básicamente lo que Iparraguirre propone aquí es rescatar el análisis de la evolución histórica de las ideas, los modelos, y de los problemas causantes de esa evolución, y adaptar su tratamiento a un proceso de aprendizaje activo y problematizador.

En estos trabajos se destaca por sobre todo el uso de la Historia de las Ciencias para enseñar ciencias y concientizar al mismo tiempo a los estudiantes sobre lo que es y lo que significa la metodología de investigación científica, cómo son los procesos de la ciencia, la no-linealidad de los mismos, cómo va evolucionando el conocimiento, etc.

Detectar las preconcepciones de los estudiantes y enseñar conceptos.

Como resultado del estudio de las preconcepciones de los estudiantes, se han descubierto algunos paralelismos entre las ideas de los estudiantes y las de los científicos del pasado (Bizzo, 1993). Por lo tanto, se considera que abordar la historia, incluyendo argumentaciones de teorías competitivas contra ciertas visiones, puede facilitar la reconsideración de las preconcepciones y superarlas, usando los materiales históricos como un soporte necesario. Sin embargo, cabe mencionar que Piaget y García (1987; citado en Bizzo, 1993), quienes supuestamente fueron los principales precursores de la exploración sobre estos paralelismos entre la construcción del conocimiento a lo largo de la historia de la humanidad y en la mente del estudiantes, fueron muy cautelosos en abordar la cuestión. Ellos no consideraban que el estudiante recapitule los pasos de los científicos del pasado, además la cuestión no estaba centrada en el contenido de los descubrimientos, sino más bien en los métodos empleados en sus descubrimientos.

Como un caso particular correspondiente a la detección de preconcepciones, podemos mencionar la posición de Matthews (1990) al respecto. Dicho autor sostiene que tal vez la mayor contribución de la Historia de las Ciencias a la enseñanza es la posibilidad de anticipar "obstáculos epistemológicos" que puedan dificultar el proceso de aprendizaje, y a partir de ahí, elaborar estrategias de enseñanza que puedan contemplar los debates originales, ofreciendo mayor número de alternativas a los estudiantes.

En un trabajo presentado por Gagliardi & Giordan (1986) se muestra un ejemplo de cómo utilizar la Historia de las Ciencias para superar ciertos obstáculos epistemológicos que se les presentan a los estudiantes en Biología con respecto a la noción de especie. La propuesta se basa en la discusión sobre la construcción del concepto de especie por medio de un análisis de etapas previas de la ciencia, y al mismo tiempo valorizar la construcción de conocimientos que se ha realizado fuera de las instituciones científicas. Utilizan la Historia de la Biología como herramienta para definir los conceptos estructurantes, es decir, aquellos que al ser construidos por el alumno determinan una transformación en su sistema cognitivo lo que le permite incorporar nuevos conocimientos. Por otro lado, en lugar de presentar la citología o la fisiología como "verdades", sugieren indicar los inconvenientes que se presentaron para desarrollarlas, las trabas conceptuales y los obstáculos que fue necesario superar. Pretenden además, que la Historia de las Ciencias no sólo sea una parte integrante de la enseñanza, sino que permita la introducción de una clase de discusión sobre los mecanismos de producción del conocimiento. La ciencia pasaría a ser una institución que produce ciertos resultados que es necesario controlar y que deben ser patrimonio de toda la población (Gagliardi & Giordan, 1986).

Los episodios históricos muestran cómo pueden surgir ideas específicas dados ciertos recursos conceptuales, preguntas, y la oportunidad de investigar. Es decir, los estudiantes pueden aprender a través de la simulación histórica. Una estrategia de este tipo consiste en que los estudiantes se involucren en diálogos imaginarios, basados en figuras históricas. Cuando los alumnos se sitúan ellos mismos históricamente para responder preguntas, pueden involucrarse aún más al sentirse "dueños" tanto de los problemas como de las soluciones resultantes. Por ejemplo, cuando los estudiantes presencian o incluso participan en diálogos dramatizados históricos en el aula entre Aristóteles, Newton y Galileo, consiguen reconocer sus propias preconcepciones expresadas en las palabras de estos tres científicos famosos y son guiados, a través del debate, a la teoría científica actual sobre el movimiento (Lockhead & Dufresne, 1989; Salomón, 1989).

Destacar las bases culturales de las ideas y de la investigación, mediante un enfoque socio-cultural.

Malamitsa, Kokkotas & Stamoulis (2005) llevaron a cabo una investigación en la cuál pretendían examinar si el aprovechamiento en la enseñanza de las ciencias de algunos casos de la Historia y especialmente la controversia Galvani – Volta, contribuían hacia el desarrollo del pensamiento crítico. Como resultados del estudio observaron la necesidad de dar a los estudiantes la oportunidad de desarrollar su comprensión sobre cómo son aceptadas o rechazadas las ideas científicas con base en la evidencia empírica, y cómo las controversias científicas pueden surgir desde las diferentes maneras de interpretar tal evidencia. Sostienen que esta manera de aprender las ciencias es vista tanto como un proceso de construcción activo e individual del conocimiento, como un proceso social el cual involucra a otros en esta construcción (compañeros, profesores, expertos, etc.), y finalmente como un proceso de enculturación en las prácticas científicas de la sociedad en general.

Galili (2010a) postula que cualquier disciplina fundamental como la física podría ser representada como la incorporación de elementos de tres grupos. El primero incluye los principios, conceptos fundamentales y leyes. Juntos, forman el *núcleo* de la disciplina. A partir del resto de los elementos, aquellos que representan distintas aplicaciones de los elementos del núcleo tales como la resolución de problemas, el modelado y las explicaciones de diversos fenómenos y experimentos de laboratorio, componen el *cuerpo* de la disciplina. Sin embargo, se pueden reconocer elementos de conocimiento de un tercer tipo, los cuales forman la *periferia*. Aquí uno encuentra, por ejemplo, los principios y las concepciones del pasado, reemplazadas en el curso de la historia por teorías más nuevas, así como también los fenómenos que no pueden ser explicados basados en los principios del núcleo. La periferia incluye todo el conocimiento relevante del objeto de dominio, incluyendo las preconcepciones. Las dos primeras áreas (núcleo y cuerpo) determinan la disciplina, y la suma de la periferia lleva la disciplina al estatus de *disciplina-cultura.*

Al abordar el discurso científico se crea un diálogo diacrónico que incluye la contribución desde diferentes épocas, países, visiones del mundo, valores, maneras y normas de organización del conocimiento. Y a pesar de todas esas diferencias dichas contribuciones crean un espacio de aprendizaje esencial para la comprensión (Galili, 2010b). Por su propia naturaleza, tales diálogos incluyen también elementos de conocimiento obsoletos e incorrectos, desde un punto de vista moderno. Uno puede, por lo tanto, distinguir dos tipos de elementos de conocimiento en la historia de la física. Por un lado, están los elementos que sobreviven al paso del tiempo debido a su veracidad. Por ejemplo, la ley de flotación de Arquímedes, la ley de Pascal de presión de los fluidos, el valor obtenido por Eratóstenes correspondiente al diámetro de la Tierra, entre otras. Existen sin embargo, otros elementos que son actualmente considerados incorrectos. Tales como la teoría de movimiento de Aristóteles, la teoría de movimiento de Descartes, la teoría del calórico, etc. Esto crea el conocimiento de contenido cultural que amplía el espacio de aprendizaje.

Galili (2010b) propone la incorporación de la incursión histórica en puntos que son conceptualmente críticos a lo largo de la implementación del currículo. Dichas incursiones requieren por parte del docente:

- La descripción de la historia conceptual de un cierto conocimiento.
- La elaboración de aspectos filosóficos e históricos de la descripción provista, incluyendo aspectos de la naturaleza de las ciencias.
- Una elaboración sobre la relevancia del tema considerado por el currículo, que incluye los resultados de las investigaciones sobre las dificultades de los estudiantes y las preconcepciones pertinentes.
- Informarse sobre actividades y métodos de enseñanza.
- Disponer de una breve lista de recursos, leer más y ampliar el propio conocimiento.

Uno de los ejemplos presentados por Galili (2010b) es el de la incursión a la historia del concepto "peso". Se puede presentar el peso como formado a partir de tres pasos principales: 1) el peso es el rasgo característico del cuerpo que causa su pesadez y caída; 2) el peso es la fuerza de acción gravitatoria que actúa sobre el cuerpo desde otro cuerpo y es diferente de la masa; 3) el peso es el resultado de pesar el cuerpo, distinguido de la fuerza gravitatoria. La definición de "peso" cambió a lo largo de la historia mostrando la complejidad de la materia. Siguiendo el origen del concepto y la epistemología correspondiente, el estudiante revela la imagen completa, haciendo al concepto más significativo debido a la variación en el espacio de aprendizaje apropiado. Por último la historia llega a la física moderna y a la separación entre gravitación y peso como se deduce desde el principio de equivalencia de Einstein.

Por último, vamos a mencionar un trabajo realizado por García Arteaga (2009) en el que se propone específicamente un enfoque socio-cultural para el caso específico de la mecánica de fluidos. En éste, a partir del análisis histórico-epistemológico de los escritos originales de Galileo, Torricelli, Pascal y Boyle se recontextualizan las experiencias y problemáticas sobre la naturaleza del vacío, el equilibrio de los líquidos, la presión atmosférica en la edad media y se muestran los aspectos relevantes para su enseñanza a nivel universitario para profesores en formación.

Coincidimos con García Arteaga (2009) en que se tiene la firme convicción desde una visión histórica-epistemológica de las ciencias de que la actividad del científico es una actividad cultural que se desarrolla en torno al entendimiento del mundo y depende, por lo tanto de las personas que llevan a cabo dicha actividad. El conocimiento, en este sentido, se establece en la necesidad de construir una imagen en torno al fenómeno que responda a criterios de organización del individuo, y que pueda confrontar y socializar con su entorno. No hay en sentido estricto, conocimiento separable de los individuos y comunidades que lo producen, sino una construcción y validación del mismo que le generan significados.

UNA APLICACIÓN DEL ENFOQUE SOCIO-CULTURAL EN EL ELECTROMAGNETISMO

En este trabajo se considerará un enfoque socio-cultural para la incorporación de la historia de la física en la enseñanza, y se propondrá una aplicación en el área del electromagnetismo.

Apuntamos a una propuesta y materiales de enseñanza (que podrían derivarse directamente de ella) que sean aplicables y de utilidad tanto en la formación de futuros profesores, como así también en los que se encuentran en actividad.

a) *Por qué se elije este enfoque.* Consideramos que este enfoque incluye a los anteriores. Si se orienta la enseñanza a partir del mismo, sería posible alcanzar todos o la gran mayoría de los objetivos que se buscan en general, cuando se emplea la Historia de las Ciencias en la enseñanza. Es decir, rememorar a científicos destacados y sus contribuciones, mostrar la dimensión humana y los procesos de las Ciencias, detectar preconcepciones en los estudiantes, enseñar conceptos, destacando sobre todo las bases culturales sobre las que surgieron las ideas y se realizaron las investigaciones, teniendo en cuenta la influencia que tuvieron los aspectos sociales, económicos, morales, entre otros.

Coincidimos con Grimellini Tomasini (2004) en que es importante, remarcar el gran valor cultural que tiene el aprendizaje de la Física, puesto que permite:

- Conocer no sólo las respuestas a las cuestiones sino principalmente por qué los físicos se preguntaron justamente aquellas cuestiones.
- Conocer la situación física problema que se pretende resolver.
- Ver cómo los descubrimientos físicos influenciaron nuestra vista general del mundo.
- Encontrar la conexión entre al Física y otras áreas culturales, el arte y la literatura incluidos.

b) *Por qué el electromagnetismo*. Ya que por lo general las situaciones estudiadas en clase corresponden a casos estáticos, se propicia de esta manera la no diferenciación entre la teoría newtoniana (que considera que las interacciones entre masas o cargas se realizan a través de fuerzas instantáneas a distancia) con la teoría de campos (que considera las interacciones con un campo preexistente en el punto a donde se sitúa la carga o la masa). Comúnmente en estos casos, no se explicitan adecuadamente las limitaciones de la teoría newtoniana ni las ventajas de la teoría de campos, por lo que los estudiantes terminan teniendo una visión newtoniana de la interacción. Tanto en la escuela secundaria, como en los institutos terciarios, en la universidad y hasta en la mayoría de los libros de textos de física, el estudio del electromagnetismo comienza con la electrostática. Como se mencionó anteriormente, esto lleva a conceptualizaciones sesgadas que no contribuyen a una adecuada comprensión del concepto de campo electromagnético. En este sentido, creemos que la aplicación que se propone en esta presentación podría ayudar a superar esta dificultad.

La controversia "acción a distancia vs campo": Heinrich Hertz como el principal protagonista para la superación de dicha controversia

Hasta mediados del siglo XIX las leyes de Newton eran las que lideraban la física. La idea de que el universo está compuesto por materia y vacío, y que las fuerzas se pueden transmitir ya sea por contacto (de un cuerpo a otro) o a distancia (de manera instantánea) había logrado explicar satisfactoriamente la mecánica y los movimientos de los astros. Ésta es una visión puramente mecanicista de la naturaleza. A causa del éxito que tuvieron entonces estas leyes terminaron convirtiéndose en un dogma de fe. Los fenómenos de atracción electrostática y magnética eran un buen ejemplo de acción a distancia, aunque no encajaban del todo en el esquema newtoniano.

Años más tarde, a partir de las ideas de Faraday (1791-1867) y J. C. Maxwell (1831-1879) se gesta y consolida el concepto de campo. En 1864, J. C. Maxwell formuló matemáticamente una teoría que reunía todos los resultados conocidos sobre electricidad y magnetismo. Las ecuaciones de Maxwell sintetizaban las propiedades e interrelaciones entre electricidad y magnetismo, pero además predecían la existencia de ondas electromagnéticas, así como también su velocidad. Estas ondas fueron generadas y detectadas por primera vez en 1887 por Heinrich Hertz (1857-1884).

Hertz se formó bajo la tutela de H. Von Helmholtz (1821-1894) entre 1878 y 1883, mientras se encontraba en Berlín. Por esos años, la mayoría de los físicos alemanes aceptaban como válidas las teorías de acción a distancia para la descripción de los fenómenos electromagnéticos desarrolladas por F. Neumann (1798-1895) y W. Weber (1804-1891). Dichas teorías consideraban que la velocidad de propagación de las fuerzas electromagnéticas era infinita.

Helmholtz desarrolló una teoría mixta con la que intentó conciliar las teorías de acción a distancia con la teoría de campos de Maxwell. En su teoría, aceptaba la acción a distancia para el vacío, pero adoptaba la teoría de Maxwell para los dieléctricos. Por lo tanto, al ser Helmholtz el tutor de Hertz, éste último aprendió la teoría electromagnética propuesta por su maestro, y además fue uno de los pocos físicos de la época que apreciaba la importancia de los trabajos de Maxwell, aunque inicialmente tuvo una fuerte creencia en la teoría de acción a distancia.

El oscilador construido por Hertz en 1887, le permitió realizar una gran variedad de experimentos y verificar la veracidad de las ecuaciones maxwellianas, refutando así la idea de acción a distancia (instantánea) propuesta inicialmente por Newton y presente en las descripciones de los fenómenos electromagnéticos realizadas por Neumann y Weber, a la cuál adhería Hertz en un comienzo. Podría decirse que, durante esos años, Hertz pasó por una evolución conceptual en la cual partió de una mentalidad más bien electrodinámica (según la tradición de Àmpere, Weber y Helmholtz) hacia una mentalidad de campo electromagnético (según la tradición de Faraday y Maxwell). Para la primera, la base de los fenómenos eléctricos son las cargas y las corrientes (o cargas en movimiento), mientras que para la segunda lo es todo el espacio, aún el espacio vacío. En esa transferencia conceptual García Doncel (1990) distingue tres pasos destacados a lo largo de las experimentaciones realizadas por Hertz:

1. Descubre corrientes de "polarización" en los dieléctricos (Maxwell las había llamado corrientes de desplazamiento).
2. Ve al espacio mismo como un dieléctrico capaz de ser polarizado, cuando detecta que la acción eléctrica inductora se propaga por él con una velocidad finita.
3. Descubre que la propagación de esa fuerza eléctrica posee carácter ondulatorio y todas las propiedades de la luz.

Primer paso. En 1879, la Academia de Berlín ofrece un premio a quien "establezca experimentalmente cualquier relación entre las fuerzas electromagnéticas y la polarización dieléctrica de los aisladores". Helmholtz sugiere a Hertz que encare este tema de investigación. Inicialmente Hertz no se entusiasma con el problema, recién en 1887, cuando dispuso de un oscilador, lo hizo. Logró demostrar que un material aislante ubicado cerca del oscilador modificaba la respuesta del detector, comprobando así que en los cuerpos aislantes pueden producirse corrientes eléctricas de alta frecuencia detectables por sus efectos de inducción electromagnética. Esta fue la verificación experimental de la existencia de corrientes de desplazamiento en los aislantes, lo cual era de fundamental importancia en la teoría de Maxwell (Lamberti, 1997).

Segundo paso. Tras la experiencia con las corrientes de desplazamiento, Hertz realizó un verdadero cambio en su cuadro conceptual y en su estrategia experimental. Una forma de determinar en qué medida era correcta la teoría de Maxwell era medir la velocidad de propagación de las perturbaciones eléctricas. En su primer intento logra formar ondas estacionarias de corrientes de alta frecuencia en alambres rectos, y en aproximadamente un mes, logra establecer las interferencias entre esas ondas y la acción electromagnética directa. A partir de esto, Hertz pretendía medir la velocidad de propagación de la acción electrodinámica, y encontrar que coincidía con la velocidad de la luz. Pero lo que obtiene es una velocidad infinita. Posteriormente, luego de varios intentos fallidos (cuando disponía de más espacio y tiempo), logra obtener resultados claramente correspondientes a una velocidad finita (a fines de 1887). El 21 de enero de 1888 es celebrado por algunos como el día del "establecimiento de las ondas electromagnéticas", día en el cuál se encuentra fechado el artículo escrito por Hertz que recoge los experimentos anteriormente mencionados. En su versión inicial no habla de ondas en el espacio, sino de "ondas propagadas por alambres" y de "acción electrodinámica propagada por el aire"; pero al demostrar que la acción electrodinámica se propaga con una velocidad finita, Hertz concluye su segundo paso conceptual, el cual es considerado como el *paso revolucionario de su conversión* (García Doncel, 1990).

La velocidad de estas ondas en el vacío era coincidente con los valores medidos de la velocidad de la luz. Se concluyó entonces que la luz no era otra cosa que una onda electromagnética en el rango de longitudes de onda "visible" para nosotros. Sin embargo, algo estaba mal en los fundamentos de la física, ya que los resultados de la teoría de Newton de la mecánica clásica y los resultados de la teoría del electromagnetismo de Maxwell eran incompatibles e irreconciliables.

Tercer paso. Introduce el concepto de "ondas en el espacio", demuestra experimentalmente su existencia. Los experimentos relativos a ondas estacionarias en el espacio comienzan (marzo de 1888) con el estudio sistemático de efectos sombras y reflexiones (hasta ahora inimaginables) en pantallas y espejos. Obtiene de este modo la comprobación directa de esas ondas, y la medida de su longitud y velocidad.

Convencido ya experimentalmente de las ondas electromagnéticas, deduce teóricamente a partir de las ecuaciones de Maxwell la formación de esas ondas en torno al dipolo oscilante que constituye el emisor (de su oscilador). En estos cálculos suprime definitivamente la distinción entre fuerzas electrostáticas y electrodinámicas, reinterpretando y corrigiendo con sus nuevas ecuaciones los anteriores resultados experimentales (en concreto, las ondas hercianas se propagan esféricamente a partir del dipolo, y no cilíndricamente, como había dibujado previamente Hertz). Además calcula la energía irradiada por un dipolo al espacio. El proceso conceptual se concluye con los experimentos relativos a los "rayos de fuerza eléctrica" (a fines de 1888). En estos se visualizan aún más las propiedades de las ondas hercianas y su total analogía con la luz. Hertz dijo meses más tarde *"Al plantear esos experimentos y al describirlos, dejamos de pensar eléctricamente, pensamos ópticamente. Ya no vemos corrientes circulando por los conductores, o electricidades acumulándose. Vemos únicamente las ondas en el aire, cómo se entrecruzan, cómo se dividen, se reúnen, se refuerzan y debilitan".*

La propuesta

Nuestra propuesta metodológica consiste en sugerencias para elaborar un conjunto de actividades en las cuales la historia de la física se encuentre entretejida en la misma disciplina, recurriendo en particular a experimentos cruciales realizados en la historia a partir de los que pueda observarse una clara evolución de los conceptos físicos. Por ejemplo, el caso del oscilador construido por Hertz en 1887. Este le permitió realizar una gran variedad de experimentos y comprobar la veracidad de las ecuaciones maxwellianas, refutando así la idea de acción a distancia (instantánea) propuesta inicialmente por Newton y presente en la descripción de los fenómenos electromagnéticos realizada por Neumann y Weber, a la cuál adhería Hertz en un comienzo.

La idea general consiste en incluir hechos tomados de la historia de la física (incluyendo fragmentos de trabajos originales de los científicos, sus diarios de laboratorio, cartas a colegas, entre otros) como material de análisis (no a modo ilustrativo ni como anécdotas). Se pretende trabajar partir de dicho material, pretendiendo de esta manera facilitar a los alumnos la comprensión de los mecanismos por los cuales se producen y reproducen los conocimientos, así como también el contexto en el cuál se originó, en este caso particular, la teoría de campos, cuáles fueron los problemas dieron origen a esas investigaciones, qué científicos aportaron en el descubrimiento y, qué inconvenientes surgieron y finalmente qué experimentos sirvieron para verificar y entender la existencia campos electromagnéticos. Se propone enseñar a partir de las representaciones que poseen los estudiantes, y se pretende que a partir de esta estrategia didáctica logren superar los inconvenientes a los que se enfrentan en el proceso de aprendizaje de dicho concepto, reconociendo las ventajas de la teoría electromagnética, y sus implicancias y aplicaciones en la tecnología actual.
Los criterios empleados para pensar y diseñar la propuesta son los siguientes:

A nivel disciplinario

- Reconstruir ciertos contenidos del electromagnetismo desde una perspectiva newtoniana de acción a distancia hacia una perspectiva más bien maxwelliana, incursionando por experimentos cruciales que llevaron a resolver esta controversia.
- Favorecer la comprensión y el reconocimiento del concepto de campo electromagnético, resaltando en los aspectos que lo hacen el más adecuado y completo para la descripción de fenómenos de este tipo.

A nivel epistemológico

- Fomentar una imagen de la Física como un "producto cultural" caracterizada por la coexistencia de diferentes interpretaciones del mismo fenómeno.

A nivel educacional

- Promover el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, permitiéndoles entre otras cosas, analizar ideas y compararlas con las observaciones correspondientes al comportamiento de la naturaleza, y confrontando de esta manera, sus propias preconcepciones con el funcionamiento de las Ciencias.

Fases de la propuesta

- *Iniciar con una introducción al electromagnetismo*:

Realizar una breve reseña de la historia de la electricidad y el magnetismo hasta el comienzo del siglo XVII. Presentar los principales aspectos que forman el previo conocimiento fenomenológico de la electricidad y los efectos de atracciones en la naturaleza como la gravedad. Dar a conocer el papel inspirador de los contextos socio-históricos para la investigación sobre el magnetismo (destacándose las brújulas magnéticas que permiten la navegación en el mar, así como también para la minería del carbón). Incluir finalmente en esta reseña los trabajos realizados por William Gilbert (1544-1603), mediante el análisis de su diario de laboratorio, y con la posterior implementación de una serie de experimentos similares a los que él mismo llevó a cabo para lograr distinguir entre interacciones eléctricas y magnéticas.

- *Profundizar en el concepto de campo electromagnético*:

Describir la situación reinante sobre los conocimientos relativos al electromagnetismo a inicios del siglo XVIII, haciendo referencia a los científicos que estaban trabajando en ellos, tales como Faraday, Neumann, Weber, Maxwell, entre otros. Destacando la controversia existente en la descripción de determinados fenómenos electromagnéticos, puesto que por un lado, los newtonianos empleaban la acción a distancia (instantánea) para describirlos (un ejemplo de ello es la Ley de Coulomb), mientras que los maxwellianos recurrían al concepto de campo.

Una vez planteada la controversia por parte del docente, colocar a Heinrich Hertz como el centro de la cuestión, con una breve presentación de su vida, contexto histórico-social, formación e inquietudes personales.

Trabajar posteriormente con los alumnos sobre la evolución de los conceptos por la que fue pasando Hertz a lo largo de su trayectoria científica, mediante la lectura y el análisis de materiales originales como: fragmentos de su diario de laboratorio, cartas escritas a colegas y a sus padres en donde hacía referencia a sus experimentos. Sería interesante que culminen con el armado de un oscilador, similar al de Hertz, con el cuál puedan verificar algunos de los resultados obtenidos por él, tales como la presencia de ondas electromagnéticas, ubicación de máximos y mínimos, etc.

Apuntar a que logren responderse cuestiones como: ¿Qué es lo que puede influir en decisiones de los científicos sobre los temas de investigación y en la forma de hacerla? ¿Por qué los científicos escriben acerca de su trabajo? ¿Necesitaba Hertz hacer experimentos o había otras maneras de hacer la investigación? ¿Qué fue lo que en definitiva convenció a Hertz en la certeza de las ecuaciones de Maxwell?

REFLEXIONES

Como se dijo en un comienzo, la creciente carencia de motivación por parte de los estudiantes hacia el aprendizaje de las Ciencias en general, nos lleva continuamente a los docentes a replantearnos las metodologías que implementamos en la enseñanza, y a tratar de adecuarlas a la situación educativa actual, sin descuidar por ello los distintos tipos de contenidos que deben ser enseñados. Consideramos que esta propuesta constituye una alternativa válida y apreciable, la cuál brinda al profesor una base metodológica a partir de la cual se pueden diseñar actividades que incluyan a la Historia de las Ciencias, sin aumentar la cantidad de conocimientos, sino optimizando la calidad de los mismos.
Según la categorización inicial presentada sobre el uso que se le ha dado a la Historia de las Ciencias en la enseñanza, nuestra propuesta fue elaborada tratando de atender fundamentalmente a un enfoque socio-cultural de la disciplina. Adoptamos dicho enfoque, porque como mencionamos anteriormente, incluye a los demás, es decir, es el más amplio y completo. Creemos que, en la actualidad, enseñar la física como parte de nuestra cultura, sería una estrategia poderosa para llevar a la práctica ya que, por sobre todas las cosas, estamos formando ciudadanos.
Sin embargo, es importante reconocer que la inclusión de la Historia en la enseñanza de la Física no garantiza por sí misma que el aprendizaje se acerque a lo que se consideraría significativo, sino que para lograr esto es necesario que el docente recurra a una propuesta bien fundamentada, que considere pertinente y adaptable, para poder aplicarla en sus clases y a sus propios alumnos. Es claro que esto implica un esfuerzo extra por parte de los profesores, aunque estamos seguros de que los resultados que se obtendrían serían altamente gratificantes y alentadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bizzo, N. M. V. (1993). Historia de la Ciencia y Enseñanza de la Ciencia: ¿Qué paralelismos cabe establecer? *Comunicación, Lenguaje y Educación,* 18, pp. 5-14.

Brush, S. G. (1990). History of Science and Science Education. *Interchange,* 20 (2), pp. 60-70.

Delgado Bermejo, M.; Martínez Navarro, F.; Morera Marante, P.; Perdomo Lorenzo, T.; López Pérez, P.; Llamas Luque, C. & Botín Hernández, P. (2002). Ciencia y género. La mujer en la historia de la ciencia. Mujeres en la sombra. Una propuesta de enseñanza y aprendizaje para la física y química de la ESO y bachillerato. Análisis de una experiencia. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Centro Superior de Educación. Universidad de La Laguna. Tenerife. http://apice.webs.ull.es/pdf/123-070.pdf.

Gagliardi, R. & Giordan, A. (1986). La Historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias,* 4 (3), pp. 253-258.

Galili, I. (2010a). History of Physics as a tool for teaching. En Vicentini & Sassi (eds.). *Connecting research in Physics Education with Teachers Education.* I.C.P.E. pp. 153-166.

Galili, I. (2010b). Cultural content knowledge – The required enhacement for physics teachers. Reims International Conference: Teaching and Learning Physics Today: Challenges Benefits? http://www.univ-reims.fr/site/evenement/girep-icpe-mptl-2010-reims-international-conference/gallery_files/site/1/90/4401/22908/29321/29397.pdf

García Artega, E. (2009). Historia, epistemología y enseñanza de las ciencias; caso mecánica de fluidos. *Enseñanza de las Ciencias,* Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 1256-1260.

García Doncel, M. (1990). Heinrich Hertz, Las Ondas Electromagnéticas. Publicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra.

Grimellini Tomasini, N. (2004). Teaching physics from a cultural perspective: Examples from research on physics education. En Redish & Vicentini (eds.) Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", Research on Physics Education. 156, pp. 559-582.

Guridi, V. & Arriassecq, I. (2004). Historia y filosofía de las ciencias en la educación polimodal: propuesta para su incorporación al aula. *Ciência & Educação*. 10 (3), pp. 307-316.

Iparraguirre, L. M. (2007). Una propuesta de utilización de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de un tema de Física. *Enseñanza de las Ciencias,* 25 (3), pp. 423-434.

Lamberti, P. W. (1997). Las investigaciones de Heinrich Hertz sobre las ondas electromagnéticas. *Revista de Enseñanza de la Física,* 10 (2), pp. 37-47.

Lockhead, J. & Dufresne, R. (1989). Helping students understand difficult science concepts through the use of dialogues with History. En Hergit, D. E. (ed.): *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*. Florida. pp. 221-229.

Malamitsa, K.; Kokkotas, P. & Stamoulis, E. (2005). The use of aspects of History of Science enhances the development of critical thinking - a proposal. Eighth International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference. England.

http://www.ihpst2005.leeds.ac.uk/papers/Malamitsa_Kokkotas_Stamoulis.pdf

Martínez Navarro, F. & Repetto Jiménez, E. (2002a). Utilización de las biografías de los científicos en la enseñanza de las ciencias con una orientación de ciencia, tecnología y sociedad. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Centro Superior de Educación. Universidad de La Laguna. Tenerife. http://apice.webs.ull.es/pdf/211-029.pdf

Martínez Navarro, F. & Repetto Jiménez, E. (2002b). Utilización didáctica en la enseñanza de la física y química de bachillerato de la biografía y producción científica de investigadores eminentes. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Centro Superior de Educación. Universidad de La Laguna. Tenerife. http://apice.webs.ull.es/pdf/124-028.pdf

Matthews, M. R. (1990). A role for history and philosophy of science in science teaching. *Interchange,* 20 (2), pp. 3-15.

Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. Secretaría de Educación. Subsecretaría de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa. Dirección General de Planeamiento e Información Educativa. (2012) Diseño curricular de Educación Secundaria (2012-2015). Orientación Ciencias Naturales. Tomo 4, p. 92.

http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/EducacionSecundaria/LISTO%20PDF/orientacion%20naturales28-03-12.pdf

Seroglou, F. & Koumaras, P. (2001). The Contribution of the History of Physics in Physics Education: A Review. *Science & Education.* 10. Pp. 153–172.

Solbes, J. & Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias,* 14 (1), pp. 103-112.

Solomon, J. (1989). The Retrial of Galileo. En Herget, D. E. (ed.): *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*. Florida. pp. 332–338.

¿POR QUÉ LOS MISMOS ALUMNOS QUE RESUELVEN BIEN UN PROBLEMA DE EMPUJE RESUELVEN MAL OTRO? UNA EXPLICACIÓN A PARTIR LA TEORÍA DE CLASES DE COORDINACIÓN.

Buteler, Laura

Instituto de Física Enrique Gaviola, CONICET – FaMAF, UNC

RESUMEN

Un fenómeno relevado en numerosas oportunidades en el ámbito de la investigación en educación en física, es que la utilización de conceptos físicos durante la resolución de problemas está inexplicablemente relacionada a las diferencias contextuales de los problemas. En este trabajo se adopta la Teoría de Clases de Coordinación (diSessa y Wagner, 2005) para entender cómo dos contextos diferentes están involucrados en la coordinación del concepto de empuje de dos alumnos universitarios de física. Las nociones de proyección y de alineamiento brindadas en el marco de la teoría, junto con la consideración de que las definiciones proveen estrategias para generar proyecciones, ha permitido entender: a) por qué estos estudiantes pueden resolver un problema y no otro cuando el concepto involucrado es el mismo en ambos casos, y b) por qué las explicaciones generadas por el entrevistador, aunque correctas y adecuadas a la situación que genera el conflicto, no les ayudan a superar su confusión.

Palabras clave: Clases de Coordinación, Empuje, Aprendizaje, Resolución de problemas

ABSTRACT

There is a lot of research that informs us about the unknown relationship between the context of a problem and the use of concepts within physics problem solving. Coordination Class Theory (diSessa & Wagner, 2005) is adopted here to illuminate how two different contexts are involved during the coordination of buoyancy by two university physics students while they solve two problems. The ideas of alignment and concept projection offered in Coordination Class Theory, and the fact that definitions provide a class of projections, allowed to understand: a) Why these students can solve one buoyancy problem and not the other and, b) Why the interviewer's explanations, both correct and suitable, did not help students overcome their misunderstanding.

Keywords: Coordination Classes, Buoyancy, Learning, Problem solving

INTRODUCCIÓN

El proceso del cambio conceptual en física, esto es, el proceso por medio del cual las ideas intuitivas de los estudiantes se reorganizan para dar lugar a conceptos físicos normativos, está bastante lejos de ser comprendido aún. Los primeros intentos de comprensión nacieron a partir de ideas importadas de la filosofía de la ciencia, hipotetizando paralelismos entre los cambios conceptuales producidos en las comunidades científicas y aquellos producidos en las mentes de los estudiantes en el contexto del aula (Posner et. al, 1982, McCloskey, 1983, Hewson y Hewson, 1984). Más allá de la utilidad de esta hipótesis para entender mejor los errores habituales de los estudiantes, muchas veces similares a los acontecidos en la historia de la Física, esta premisa perdió fuerza cuando los mismos que la propusieron admitieron que la racionalidad y la sistematicidad eran factores imprescindibles en el desarrollo, selección y aplicación de una teoría por parte de una comunidad científica, pero que no siempre están presentes en los razonamientos de los estudiantes durante el aprendizaje de conceptos científicos (Strike y Posner, 1992).

Más recientemente, los trabajos de Vosniadou (Vosniadou y Brewer, 1992, Ioannides y Vosniadou, 2002) proponen un modelo para entender el cambio conceptual suponiendo que los estudiantes poseen teorías marco (implícitas) y que el cambio conceptual consistiría en re-estructurar tales teorías implícitas. A diferencia de los estudios anteriores, estas teorías marco ya no son necesariamente coincidentes con las teorías prevalecientes en la historia de la física, básicamente porque no son explícitas y por lo tanto no admiten los procesos aplicables a las teorías científicas consensuadas por una comunidad. Una de las implicaciones más difundidas a partir de esta presuposición, es que las conceptualizaciones de los estudiantes, surgidas en el seno de estas teorías marco, pueden asumirse como coherentes, limitadas en número, y compactamente categorizables. Por lo tanto, una predicción que se desprende de ésta es que las respuestas de los estudiantes a una clase de situaciones referidas al mismo concepto, serán consistentes dado que ellos accederían a la misma teoría marco para una variedad de instancias particulares. Vosniadou y colaboradores corroboran tal predicción. Sin embargo, estos resultados han sido desafiados por diSessa et. al (2004), mostrando cómo la replicación de ese estudio agregando variaciones contextuales a las situaciones y preguntas realizadas por Ionnades y Vosniadou (2002), cambia las categorías obtenidas de forma dramática, refutando así las predicciones realizadas.

También Chi (2005) ha propuesto una explicación para el cambio conceptual basado en la existencia de categorías ontológicas para los conceptos científicos. Según esta autora, los conceptos pertenecen a distintas categorías, y sobre la base de esa asignación se atribuyen diferentes propiedades a las entidades que pertenecen a ellas. Así, si la corriente eléctrica es entendida como perteneciente a la categoría "materia" y no como perteneciente a la categoría "proceso", el estudiante debería realizar un cambio o re-asignación de ese concepto de una categoría a otra, que es lo que la autora entiende como un proceso de cambio conceptual *fuerte*. Las categorías actuarían como "barreras conceptuales" difíciles de cruzar por los estudiantes, y explicarían la robustez de algunas concepciones erróneas. Este estudio ha sido cuestionado recientemente por Gupta et. al (2010), argumentando que no existiría tal barrera entre categorías ontológicas de manera estable, sino más bien que las personas (tanto estudiantes como físicos profesionales) utilizarían distintas categorías dependiendo del contexto de la situación en la que se utiliza el concepto. Estos autores entienden tales categorías no como restricciones fijas y estáticas, sino dinámicas y altamente dependientes del contexto de uso.

Estos antecedentes muestran que el proceso de cambio conceptual, tradicionalmente entendido como un proceso ligado a la abstracción de características comunes compartidas por todas las instancias del concepto, podría estar mucho más relacionado a las diferencias contextuales de las instancias particulares a partir de las cuales se aprenden y se utilizan los conceptos. Dicho en otros términos, ¿los conceptos normativos se aprenden vía un proceso de abstracción y generalización desde las situaciones particulares o vía incorporación de las diferencias contextuales para su uso en múltiples contextos? La diferencia fundamental entre estas dos formas de entender la conceptualización está en el lugar que ocupa el contexto en la naturaleza del proceso de aprendizaje. En el primer caso, las diferencias contextuales se diluyen y desaparecen para lograr la abstracción de características comunes. En el segundo, las diferencias contextuales no se diluyen, sino que se incorporan al concepto mismo como ingrediente fundamental.

Esta investigación presupone la segunda de las dos posibilidades, e intentará explicar cómo los contextos intervienen en el proceso de aprendizaje del concepto de empuje por parte de dos estudiantes universitarios de Física. Para ello se utilizará la Teoría de Clases de Coordinación que se ubica dentro de un enfoque múltiple y contextualizado de la cognición (o conocimiento en piezas), propuesta originalmente por diSessa y Sherin (1998) y revisada por diSessa y Wagner (2005). Esta teoría no pretende describir la estructura y función de todos los conceptos, sino que se acota a un tipo particular de conceptos que se denominan *clases de coordinación.* Este tipo particular de conceptos ha mostrado ser un candidato natural para entender la naturaleza psicológica de muchos conceptos físicos (esto es, cómo las personas construyen los conceptos físicos) que habitualmente se enseñan en el nivel medio y universitario. La teoría ha sido utilizada para entender mejor los retrocesos y los avances durante el aprendizaje del concepto de *fuerza* en mecánica (diSessa y Sherin, 1998), de *tiempo propio* en relatividad especial (Levrini y diSessa, 2008), de *oscilación armónica* en física (Parnafes, 2005) y de la *ley de los grandes números* en estadística (Wagner, 2006), entre otros.

TEORÍA DE CLASES DE COORDINACIÓN

Nivel I: Función primordial de una clase de coordinación

Una clase de coordinación es un tipo de concepto cuya función básica es "leer" cierta clase particular de información desde una situación en el mundo. El verbo "leer" es utilizado aquí en un sentido metafórico para comunicar la idea de focalizar la atención sobre cierta información y relevarla. De manera que si se puede determinar cuál es esa información particular, se puede determinar la clase de coordinación en cuestión. Sin embargo, el punto importante para entender qué es una clase de coordinación no está en poder determinar esa información, sino en la comprensión de los procesos y estrategias que la teoría prevé para realizar tal "lectura" desde situaciones concretas. Por ejemplo, si el concepto de fuerza es una clase de coordinación, la información particular que hay que "leer" es la naturaleza u origen de la fuerza, la localización, la magnitud y la dirección de la misma. O sea que si logramos determinar esa información, entonces podemos identificar la clase de coordinación para fuerza. Pero ¿cuáles son los procesos por medio de los cuales somos capaces de leer esa información? ¿Son los mismos para situaciones diferentes que involucren un mismo concepto?

Nivel II: Dificultades observables

Ser capaz de obtener la misma información relevante que define a una clase de coordinación desde diferentes situaciones, es problemático para la mayoría de los estudiantes de física. "Leer" la información particular de una clase de coordinación desde una situación A involucra ciertos procesos o estrategias que no necesariamente son los mismos que los que permiten "leer" esa misma información desde otra situación B. El aprendizaje de un concepto del tipo *clase de coordinación* involucra utilizar un conjunto de variadas estrategias, capaces de actuar sobre un espectro de situaciones distintas y aptas para "leer", desde cada una de ellas, la misma información distintiva de esa clase de coordinación. Y el proceso de aplicar alguna de esas variadas estrategias de una clase a una situación concreta se denomina *proyección del concepto*. Se hace referencia al problema de la *expansión* cuando tales estrategias son insuficientes para cubrir un dado espectro de situaciones distintas, es decir, cuando hay imposibilidad de proyectar el concepto en ciertas situaciones. Se hace referencia al problema del *alineamiento* cuando desde ese espectro de situaciones distintas no se "lee" la misma información característica de una clase.

Es importante destacar que si bien los requerimientos de *expansión* y *alineamiento* son esenciales para una clase de coordinación bien formada, no se asume que los estudiantes de física los satisfagan. No se asume que una proyección exitosa de una clase en una situación dada, implique la proyección exitosa en otros contextos. Estas consideraciones resultan importantes porque nos proveen de un marco explicativo para estudiar el proceso de construcción de conceptos que aún no han cumplido con los requerimientos normativos de *expansión* y *alineamiento*.

Nivel III: Arquitectura de una clase de coordinación

En este nivel se especifican los procesos por los cuales es posible lograr la *expansión* y el *alineamiento*. Para ello nos referiremos a dos componentes clave de una clase de coordinación: la *red causal* y las *estrategias para levantar información*. La información definitoria o distintiva de una clase de coordinación no siempre está disponible directamente desde la situación presentada. Cuando esto ocurre, es necesario inferir esa información definitoria o distintiva desde la información directamente disponible en la situación. El conjunto de tales inferencias se denomina *red causal*. Es esta red causal lo que permite obtener la información definitoria de la clase a partir de la información directamente percibida. Por ejemplo, los horarios de partida y de llegada escritos en un boleto de avión que conecta dos localidades de distintos países, no nos informa directamente sobre la duración del vuelo. Para conocer esta información es necesario realizar inferencias tomando como base la diferencia de husos horarios de esas dos localidades. En física, cuando se resuelve un problema involucrando una clase de coordinación, la información directamente disponible está en el enunciado del problema y la información definitoria de esa clase se obtiene vía inferencias (red causal), las que forman parte del proceso de solución. Para obtener esta información definitoria o distintiva de una clase es necesario realizar inferencias, que pueden ser cualitativas o cuantitativas -vía ecuaciones-. Ese conjunto de inferencias constituyen la red causal. Esas redes causales son diferentes para distintas situaciones aunque su solución involucre la misma clase de coordinación. Lo que sí debería ser lo mismo es la información definitoria de esa clase que se extrae de todas esas situaciones distintas. Cuando eso ocurre se ha logrado el *alineamiento*.

Las *estrategias para levantar información o estrategias de lectura* son las que relevan la información directamente percibida a partir de la cual se puede obtener la información distintiva de la clase, vía la red causal. En el caso de los horarios de partida y llegada del boleto del vuelo, la información que proveen las estrategias de lectura son los tiempos precisos de partida y de llegada en ese boleto, y no otra información contenida en el boleto (como número de vuelo, o número de asiento o el nombre de la línea aérea). Las estrategias de lectura son las que "deciden" cuál es la información disponible útil para una clase de coordinación y cuál no. Al igual que la red causal, estas estrategias son diferentes para diferentes situaciones, aún cuando se trate de la misma clase de coordinación. En síntesis, la red causal y las estrategias para levantar información, son los procesos de una clase de coordinación que permiten relevar la misma información distintiva de esa clase haciendo distintas cosas ante distintas situaciones. Según esta teoría, aprender un concepto no es abstraer características comunes a muchas situaciones particulares, sino reclutar estrategias específicas asociadas a distintas situaciones particulares como partes constitutivas del concepto y coordinarlas para obtener a partir de todas ellas la misma información distintiva. Esa información distintiva es lo común entre todas las instancias particulares, pero no se llega a ella por un proceso de abstracción.

Por último, esta teoría prevé dos mecanismos para la generación de las estrategias de lectura y la red causal. Estos son la *incorporación* y el *desplazamiento*. El conocimiento previo es la fuente desde la cual se construyen las clases de coordinación. Por lo tanto, la *incorporación* se lleva a cabo desde elementos del conocimiento previo del sujeto. Cuáles elementos de ese conocimiento se incorporan y cuáles no es uno de los factores que determina que una clase sea bien formada o no. También debe haber *desplazamientos* en la construcción de una clase. Desplazar no tiene aquí una connotación de reemplazo, sino que se refiere a desplazar el uso de ciertos elementos del conocimiento previo de ciertos contextos, pero no de *todos* los contextos. Es bastante usual que los estudiantes utilicen ciertos tipos de razonamiento que ellos consideran que son adecuados en ciertos contextos, cuando en realidad no lo son. Consecuentemente, esas formas de razonamiento, que provienen de su conocimiento previo y que son experimentadas por ellos como adecuadas, necesitan ser desplazadas _empezar a no ser usadas_ en esos contextos. Cuáles elementos del conocimiento previo se desplazan y cuáles no es otro de los factores que determina cuán coordinada está esa clase.

Esta perspectiva para la conceptualización trae consigo importantes implicaciones para el proceso de aprendizaje. En primer lugar no se debería esperar una línea definida entre "saber" y "no saber" un concepto. Si los conceptos se construyen a partir de la coordinación de múltiples elementos, estableciendo múltiples relaciones entre ellos, es posible que, desde el punto de vista normativo, una persona muestre un desempeño competente en relación a una instancia particular de un concepto físico aún cuando alguna de las múltiples relaciones requeridas no exista o sea errónea. Más aún, hay razones para sospechar que los humanos podemos no lograr nunca una construcción conceptual perfecta o bien que tal estado de completitud no es especificable. En este sentido, los estados más interesantes de describir serían los intermedios, aquellos que se transitan mientras aprendemos, seguramente incompletos, y no aquellos correspondientes a "sabe" o "no sabe" el concepto X.

EL ESTUDIO

Objetivo

El objetivo de este trabajo es entender mejor estadios intermedios de aprendizaje del concepto de empuje en dos estudiantes universitarios de Física utilizando el modelo de Clases de Coordinación de diSessa y Wagner (2005). Los registros que se presentan serán analizados utilizando las nociones de proyección, expansión y alineamiento presentadas en el Nivel II del apartado anterior.

Los participantes y el contexto de la tarea

Los participantes de esta investigación son dos estudiantes de segundo año de una licenciatura de física de una universidad pública de Argentina. Al momento de la entrevista, ellos terminaban de cursar y regularizar Física General II, donde se habían desarrollado contenidos de Mecánica de Fluidos y de Termodinámica. Es una materia del ciclo básico, por lo que los temas de Mecánica de Fluidos se enseñan al nivel de los presentados en textos como los de Serway (1997) y Sears (1966). La participación de estos estudiantes fue voluntaria y producto de una convocatoria a todo el grupo de alumnos de esa asignatura. El desempeño académico de estos estudiantes es intermedio, y son representativos de un alto porcentaje de todos los estudiantes de Física General II.

La tarea consistió en la resolución de dos problemas de hidrostática (ver figura 1). Los estudiantes fueron incentivados a discutir y analizar las respuestas que iban dando mientras resolvían los problemas. El entrevistador intervenía sólo para mantener y orientar las discusiones cuando consideraba que era necesario. La entrevista se registró en formato audio-visual.

Un bloque de metal (que se hunde en el agua) se sumerge 10 cm en un recipiente con agua, sin tocar el recipiente. La balanza, ¿marcará más, menos o lo mismo que antes de sumergirlo?

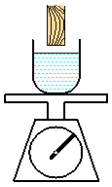
1) más

2) menos

3) igual

4) no se

5) no hay suficiente información



Un objeto flota en agua con 3/4 de su volumen sumergido en agua. Se vierte aceite sobre el agua, cuya densidad es la mitad que la del agua. Prediga qué ocurrirá cuando se alcance el equilibrio.

1) El objeto se hundirá más en el agua.

2) El objeto permanecerá a la misma altura con respecto al nivel del agua.

3) El objeto subirá con respecto al nivel del agua.

4) No hay suficiente información.

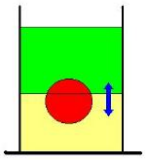


Figura 1: Los dos problemas dados a los estudiantes

Si bien la investigación no se lleva a cabo en un entorno natural de aprendizaje (aula real), los estudiantes se involucraron rápidamente en la tarea y en la discusión con su par, dejando muy en segundo plano la filmación y la posible impronta de autoridad generada por la presencia del entrevistador. Como se verá en las transcripciones que se muestran más adelante, la espontaneidad de la interacción entre ellos dos y entre ellos y el entrevistador, da cuenta de esta actitud. Se trata de un estudio de caso, cuyos resultados deben ser entendidos como acotados a este caso. No obstante ello, creemos que los resultados son valiosos para entender mejor algunos detalles de los procesos de pensamiento involucrados en el aprendizaje de este concepto físico.

Como se mencionó en la introducción, el concepto de fuerza ha sido considerado una clase de coordinación, por lo que se asume que el concepto de empuje, en tanto fuerza, también lo es. La información distintiva de la clase empuje es su origen o naturaleza, la localización del mismo, su dirección y sentido, y su magnitud. Una clase de empuje bien desarrollada debería permitir obtener esa información de una variedad de situaciones distintas. Como se mostrará, estos estudiantes han podido obtener esta información desde uno de los problemas y no desde el otro, observándose que las explicaciones del entrevistador no logran orientarlos.

En términos teóricos, las preguntas que se intenta responder son:

¿Por qué estos estudiantes pueden proyectar el concepto de empuje para resolver bien el problema del bloque de metal introducido en el agua y no para el de la pelota introducida en el agua y el aceite?

¿Por qué las explicaciones ofrecidas por el entrevistador no les ayudan a coordinar apropiadamente el concepto de empuje en el contexto del problema de la pelota en agua y aceite?

Se intentará entender mejor por qué eso ha sucedido.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Primera parte: A y J proyectan empuje sobre el problema de la barra sumergida en agua

A y J entienden este problema como uno de equilibrio, tanto para la barra de metal como para el agua del recipiente. Bajo esas condiciones identifican el empuje sobre la barra hacia arriba y su reacción sobre el agua hacia abajo, lo que les permite decidir que la balanza registrará esa fuerza hacia abajo sobre el agua. Como esa fuerza es la reacción del empuje sobre la barra, determinan que tiene la misma intensidad que el empuje, al que le asignan una magnitud igual al peso del volumen de agua desalojada por la barra.

A: Y sí, va a marcar más porque hay más masa sobre la balanza…

J: al final sería como si pesáramos el líquido más el metal…no… está el empuje… no sé... pero marca más…

A: …. la balanza… ¿qué va a sentir? El peso del agua lo va a sentir. Que el agua haga fuerza hacia arriba… ¿significa que la balanza va a sentir esa fuerza?

J: sí, claro… yo creo que sí… esperá… ¿no se derrama agua no?

E (entrevistador): *no, no se derrama*

A: Suponete que vos te parás en una balanza y mide tu peso. Ahora tenés un cilindro colgado de un hilo del techo y lo empujás para arriba… ¿la balanza siente esa fuerza con que vos lo empujás?

J: sí, la siente… no sé cuánto… pero siente más…. O sea esa fuerza que siente es la misma que le ayuda al hilo a sostener el peso del cilindro

A: … sí, por analogía… pero no lo veo claro en el agua… Ah!!... El agua hace esa fuerza para arriba… y la barra sobre el agua… pero el agua también está quieta… entonces tiene que aparecer una fuerza más que mide la balanza… que es igual a la fuerza hacia arriba sobre la barra… o sea es el empuje

J: que es el peso del agua desalojada por la barra… eso es lo que mide de más la balanza

Comentario: Se puede interpretar que dos factores hicieron posible la resolución de este problema: la analogía de estar parados en la balanza y "empujar" un cilindro colgado del techo hacia arriba, y una definición de empuje, no verbalizada como tal pero que se trasluce de lo dicho, como "una fuerza hacia arriba ejercida por el agua sobre la barra (A:…*Que el agua haga fuerza hacia arriba… ¿significa que la balanza va a sentir esa fuerza?*), que aparece por el desalojo de fluido (J: *¿no se derrama agua no?*), y cuya magnitud coincide con la del peso del volumen de líquido desalojado (J: *que es el peso del agua desalojada por la barra… eso es lo que mide de más la balanza*)". La analogía sirvió básicamente para interpretar qué fuerza, de todas las presentes en ese sistema, acusaba la balanza, y la definición se utilizó para asignarle un valor concreto a esa lectura en la situación de esa barra sumergida en el agua. Las definiciones son, en general, buenas proveedoras de procedimientos o estrategias de lectura para obtener información distintiva de una clase de coordinación. En este caso, esta definición provee, para esta situación, las estrategias de lectura necesarias (si hay líquido desplazado, hay empuje, es hacia arriba y su valor es igual al peso del líquido desalojado) para generar una proyección de la clase de empuje en este contexto. A y J, han logrado exitosamente determinar el origen, la localización, dirección y sentido del empuje sobre la barra sumergida así como su par sobre el agua. Es más, ellos alinearon esta proyección con otra proveniente de una situación en la que la barra era de madera en vez de metal (por razones de espacio no transcribimos esos registros aquí, pero resaltamos este resultado porque otros grupos de estudiantes no logran alinear las proyecciones provenientes de esas dos situaciones tan similares). Ellos lograron relevar la misma información de ambas situaciones, es decir, alinearon ambas proyecciones.

Segunda parte: A y J proyectando empuje en el problema del agua y del aceite

A y J entienden que sobre la pelota actúan cuatro fuerzas: el peso de la pelota, el empuje que le hace el agua y dos fuerzas ejercidas por el aceite que son el empuje hacia arriba porque hay aceite desplazado, y el peso de la columna de aceite hacia abajo porque está encima de la pelota. Y presuponen que el peso de la columna de aceite supera al empuje del aceite, por lo que predicen que la pelota se hunde un poco más en el agua.

A: tengo el peso de la pelota, el empuje que le va a hacer el agua... ¿y el aceite como va a actuar? Porque el aceite puede hacer un peso con esta columna… y también le va a hacer empuje… porque yo estoy convencida que el aceite le hace una fuerza para abajo a la pelota, le tiene que hacer una fuerza igual al peso de la columna… y ahí no entiendo la relación que hace el peso de este aceite y el empuje

A: o sea, porque el aceite hace dos cosas sobre la pelota… una es el peso de la columna… pero… ah! ¿Pero qué pasa si yo le pongo una columna infinita de aceite arriba? ¿Va a seguir estando en el mismo lugar?

J: ¿no deberíamos considerar la presión que el fluido de arriba hace sobre la pelota?

A: sí, pero no tenemos información…

J: mirá… esta área, esta superficie de acá arriba, tiene que soportar una presión debido al líquido (aceite) que tiene arriba… no sabemos cuánto vale la presión, pero sabemos que le va a hacer una fuerza hacia abajo… o sea que se va a hundir un poco más... no sabemos cuánto… pero tampoco nos pregunta acá…

A: o sea… el empuje que le haga el aceite a la pelota nunca lo va a hacer subir… pero tampoco va hacer ir para abajo… porque el empuje siempre va para arriba

J: el empuje a lo sumo va a valer el peso del volumen de líquido desalojado

A: y si… empuje… va para arriba…

A: entonces el objeto se hundirá más en el agua, por el peso de la columna de aceite que la empuja hacia abajo… si… tiene una fuerza más hacia abajo…

E: ¿pero no habían dicho que el empuje era para arriba?

A: sí, pero eso no es el empuje… es el peso del aceite que está encima de mi pelota…

E: bueno, ahora imaginate que la pelota está ahí con el aceite encima y yo le echo más aceite encima ¿la pelota va a cambiar de posición?

J: sí, va a cambiar la presión… a no ser que se haya hundido del todo…

A continuación, A y J empiezan a sumar todas las fuerzas sobre la pelota y tienen problemas para incluir la fuerza que hace la columna de aceite porque no saben cómo escribirla

A: *entonces, menos el peso de la pelota* (escribe la expresión para el peso con signo menos)… *y de última nos olvidamos de la columna de aceite… porque no conocemos el radio… ¿vos lo sabés?*

J: ¿qué radio? ¿Para qué querés saber el radio?

A: para calcular la superficie de pelota que toca al aceite… bueno… no importa… (sigue con el planteo de las fuerzas)… *menos el peso de la pelota más el empuje que le hace el agua* (escribe la expresión de empuje) *más el empuje que le hace el aceite* (escribe ese empuje en función de la incógnita que es el volumen de pelota sumergido en agua) *y ¿consideramos la columna de aceite?*

J: sí, claro esa presión ejerce una fuerza hacia abajo

A: entonces… (A trata de escribir la presión sobre la superficie para describir la fuerza y se le complica)

Comentario: A y J siguen usando la definición de empuje, que exitosamente utilizaron en el problema anterior, para proyectar ese concepto en este nuevo contexto. Ellos reconocen la presencia del empuje hacia arriba del agua y del aceite sobre la pelota, a partir del líquido que desalojan. Pero esa definición no les permite "leer" que el aumento de presión debido al aceite sobre el agua está incorporado en el empuje que recibe. Los procedimientos que provee esta definición de empuje[1] ("una fuerza hacia arriba ejercida por el agua sobre la barra que aparece por el desalojo de fluido, y cuya magnitud coincide con la del peso del volumen de líquido desalojado") no son suficientes para levantar información relevante de esta clase de coordinación en este contexto, aunque A y J creen que sí. Ellos han proyectado empuje en ese contexto, pero esa proyección no les permite extraer la información distintiva correcta de esa clase.

Tercera parte: ¿Por qué las explicaciones del entrevistador no funcionan?

Cuando A y J están intentando (sin éxito) formalizar matemáticamente la fuerza del aceite sobre la pelota, el entrevistador (E) interviene para preguntarles el origen de cada una de esas fuerzas. Cuando A y J dicen que la fuerza hacia abajo del aceite se debe a que éste toca por arriba a la pelota, E les pregunta si esa fuerza no la habían tenido en cuenta ya en los dos empujes. Ante esta pregunta A y J entran en un estado de confusión. A dice no saber qué es el empuje, de dónde viene, que cosas incluye y J no dice nada más. A partir de allí el entrevistador asume (sin advertirlo) el rol de docente, y ensaya cinco explicaciones distintas, pero ninguna de ellas parece ayudar a que estos estudiantes puedan entender por qué esa fuerza estaría tenida en cuenta en los empujes recibidos por el agua y el aceite. El entrevistador cambia de rol con estos estudiantes cuando se da cuenta que no entienden sus explicaciones.

[1] Esta definición para empuje es, desde el punto de vista normativo, la que provee el Principio de Arquímedes. Esta definición fue la única disponible hasta la llegada de Pascal, casi diecinueve siglos más tarde. Desde entonces también definimos empuje como la resultante de las fuerzas ejercidas por el fluido sobre el objeto sumergido. Más allá de las diferencias y similitudes implicadas en ambas definiciones, es muy discutible la existencia de una única definición para empuje.

E: ¿pero esa fuerza que el aceite hace sobre la pelota no la habían tenido ya en cuenta en el empuje del agua y del aceite?

A: vos decís…. (baja mucho el tono de voz, no se escucha lo que murmura)… *no, no… no sé…. es que no sé de dónde viene el empuje…. no sé lo que es…. o sea no sé qué me incluye, no sé si eso me incluye el peso de mi columna de aceite…*

E: bueno, imaginate que tenés una pelota flotando totalmente sumergida en agua, entonces vos le sacás un poco de agua de arriba, pero la pelota sigue sumergida totalmente, o le agregás agua, en cualquier caso ¿cambia de posición la pelota?

A: … no sé…supongo que no porque no hay nada que relacione esas cosas….

E (cambio de rol): *claro, porque el empuje sigue siendo igual al peso de la pelota, y ese empuje ahí no tiene nada que ver con cuánta agua haya arriba de la pelota, ¿si?*

A: pero… es que…. ¿Estamos diciendo entonces que el empuje también me anula la columna de agua sobre la pelota?

E: más que anularla la tiene en cuenta

A: pero si el valor de mi empuje es el mismo y la columna de agua varía… ¿cómo la tiene en cuenta si a la pelota no le pasa nada?

E: cuando vos ponés agua encima de la pelota, cambiás la presión arriba de la pelota, a los costados y debajo de la pelota, en todos los puntos cambia….

A: ¿de tal manera que mi empuje sea igual? (silencio)…. *No, no, no podría hacerlo….*

Comentario 1: E presupone que este nuevo contexto que les brinda, algo más simple que el del agua y aceite, les ayudará a entender la relación entre presión ejercida por el agua sobre la pelota y el empuje, cualquiera sea la columna de agua encima de ella. Evidentemente, el comentario de E acerca de los cambios de presión sobre toda la superficie de la pelota, es desestimado por A para entender la relación entre el empuje y la columna de agua sobre la pelota. A y J generan una proyección sobre este nuevo contexto de la pelota sumergida totalmente en agua (y a partir de la misma definición que usan en el problema anterior), que no se alinea con la proyección de empuje en el contexto de la pelota en agua y aceite.

*E: yo creo que ustedes ya lo estaban haciendo (*les indica las fuerzas que ellos habían planteado sobre la pelota en agua y aceite*) es más….lo dijeron tan claramente…. Hay un empuje del agua y un empuje del aceite porque hay líquido desalojado… es todo lo que necesitan saber*

Ante el silencio y la expresión de desconcierto de A y J, E ensaya otra explicación:

*E: supongamos que la pelota está totalmente sumergida en aceite, y el aceite es menos denso que la pelota, entonces ¿qué fuerzas actúan sobre la pelota? El peso que la tierra ejerce a la pelota y el empuje que le hace el aceite. Nada más. Como el peso es mayor que el empuje la pelota se va al fondo y cuando toca la base del recipiente aparece la normal y se equilibran todas las fuerzas, entonces la pelota queda en equilibrio. Pero el aceite está encima, sin embargo el empuje que le hace el aceite ¿para donde va? Para arriba. Entonces vamos a la ecuación que escribieron allí (*el peso de la pelota igual al empuje del agua más el del aceite*)… entonces si ahora resuelven esa ecuación fíjense a donde llegan*

A: (después de resolver la ecuación para el nuevo volumen sumergido en agua con el aceite encima)… *pero… ¡no llegamos a lo mismo! ¡Nos da un medio y antes estaba sumergida tres cuartos!*

E: entonces, ¿la pelota se hundió más?

A: menos… ¡¿por qué?!... ah! ¿Se agregó el empuje del aceite?... (resultado inesperado)

Comentario 2: Nuevamente, A y J entienden el nuevo ejemplo de la bola hundida en aceite, pero no encuentran relación entre éste y el problema que tienen que resolver. A y J proyectan empuje en este contexto de la pelota en aceite (usando su definición), pero esa proyección tampoco se alinea con la obtenida en el problema del agua y el aceite.

Entonces E ensaya su tercera explicación. Les hace notar que cuando la pelota sólo estaba sumergida en agua, desalojaba agua y aire, entonces recibía dos empujes: del agua y del aire. Y el empuje del aire se considera despreciable frente al del agua. Si ahora se reemplaza el aire por aceite, el empuje del aceite deja de ser despreciable, entonces la pelota sube un poco con respecto a la situación agua-aire.

E: es más, se puede hacer el experimento, yo les voy a buscar los elementos para que lo hagan. A medida que le vas agregando aceite al agua, la pelota va subiendo, lo podés ver.

A: Ah, mirá vos….no pensé que pasaba eso (indiferente)

E: pero hay algo que es importante, que ustedes tenían claro y dijeron en un momento, que el empuje del aceite era hacia arriba siempre, aunque el aceite estuviera encima de la pelota…

A: Sí, y no sé cómo hará para empujar para arriba….

La cuarta explicación de E comienza con una definición.

E: el tema es qué es el empuje. El empuje es igual a la fuerza que yo tengo que hacer para sacar una porción de fluido que desalojo y poner ahí una porción de material[2]

A: ¿pero de dónde sale?

E: sale de la presión hidrostática de todos los puntos que rodean esa porción de material

A: pero acá (la superficie de pelota en contacto con el aceite) *todas las presiones son hacia abajo o a lo sumo horizontales*

E: bueno pero imaginate un casquete como ese en el fondo de un recipiente con líquido, ¿hacia dónde apuntan las fuerzas debidas a las presiones sobre él?

A: bueno pero ahí abajo tenés agua, entonces también tenés fuerzas hacia arriba…

E: pero cuando tenés dos casquetes unidos es lo mismo, pasa lo mismo… no te convence….

A: sí, lo creo… pero no lo veo… no veo las fuercitas así…(hacia arriba)

Comentario 3: En este caso, la nueva definición brindada por E, no les provee procedimientos útiles para proyectar empuje en el contexto del problema del agua y el aceite. Por ello, esta definición no les ayuda. Algo similar ocurre con otra definición provista por E más abajo.

E (quinta explicación): *para desalojar agua, el cuerpo hace fuerza sobre ella, y esa fuerza el agua la redistribuye y termina empujando el agua que desalojó hacia arriba… y esa es la diferencia que ves antes y después de sumergir un cuerpo. Vos ves que el líquido subió el nivel. Ahí está el empuje.*

Comentario final: Mientras que es evidente que el entrevistador puede extender el concepto de empuje a múltiples contextos, y explicar el empuje de varias formas distintas, extrayendo de todos ellos la misma información definitoria de la clase, los estudiantes no lo pueden hacer. Ellos parecen trabajar con una única definición de empuje como "una fuerza hacia arriba ejercida por el agua sobre la barra que aparece por el desalojo de fluido, y cuya magnitud coincide con la del peso del volumen de líquido desalojado", que les provee procedimientos (si hay fluido desalojado, hay empuje, es hacia arriba y es igual al peso del volumen de fluido desalojado) fructíferos sólo para algunos contextos. Y el contexto de la pelota sumergida en agua y en aceite no es uno de ellos. Si bien el entrevistador les ofrece múltiples contextos y explicaciones, las proyecciones que de ellos se derivan no pueden ser alineadas con las que se derivan de su única definición de empuje aplicada en el contexto del agua y el aceite. Entendemos este "desencuentro" entre las explicaciones de E y la comprensión de A y J, como un problema de ausencia de alineamiento entre las proyecciones de A y J y las que se derivan de los contextos y explicaciones provistas por E.

[2] Esta expresión está acompañada por una gesticulación que indica el proceso de desplazar un volumen dentro del fluido para que el mismo sea ocupado por el cuerpo. Cuando él supone la igualdad del empuje con esa fuerza necesaria para desplazar una porción de fluido, se estaba refiriendo al módulo del empuje. En rigor, esa fuerza a la que E hace referencia y el empuje constituyen un par de acción y reacción.

CONSIDERACIONES FINALES

Los registros y análisis anteriores muestran, tal como la teoría de coordinación de clases lo prevé, el rol fundamental que juegan los contextos en el aprendizaje del concepto de empuje. También se advierte que las definiciones son, generalmente, proveedoras de proyecciones fructíferas en algunos contextos y no en otros. Pero quizás más interesante aún, es que esta teoría permite entender *cómo* intervienen las diferencias contextuales en el aprendizaje de este concepto. Las nociones de proyección y de alineamiento, junto con la consideración de que las definiciones proveen estrategias para generar proyecciones, ha permitido entender: a) por qué un estudiante puede resolver un problema y no otro cuando el concepto involucrado es el mismo en ambos casos, y b) por qué no cualquier explicación generada por el que enseña es útil para el que aprende, aunque todas las explicaciones brindadas sean correctas y adecuadas a la situación que genera el conflicto.

La diferencia en el desempeño de A y J en los dos problemas puede entenderse a partir de la noción de proyección del concepto de empuje y de la consideración de las definiciones como fuentes de estrategias para proyectar. La definición que A y J manejan en ambos contextos ("una fuerza hacia arriba ejercida por el agua sobre la barra que aparece por el desalojo de fluido, y cuya magnitud coincide con la del peso del volumen de líquido desalojado") da lugar a proyecciones distintas del concepto de empuje en ambos contextos. De una de ellas se obtiene la información distintiva de la clase y de la otra no, es decir, esas proyecciones no cumplen con la condición del alineamiento. Esa definición les es adecuada (provee las estrategias necesarias) para generar una proyección exitosa en el contexto de la barra sumergida en el agua, pero no para el contexto de la pelota en agua y aceite. La proyección sobre este contexto y desde esa definición, no les permite obtener la información distintiva de la clase de coordinación para empuje *("es que no sé de dónde viene el empuje…. no sé lo que es…. o sea no sé qué me incluye, no sé si eso me incluye el peso de mi columna de aceite…")*. El contexto de la pelota en agua y aceite requeriría de otra definición que permita proyectar empuje tal que el resultado de esa proyección esté alineado con la proyección en el problema anterior. Tal definición debería proveer procedimientos que permitan incorporar la presión de la columna de aceite sobre la pelota en el cálculo del empuje (como la integral de superficie de las presiones sobre *toda* el área de la pelota). Y posiblemente de otro contexto en que les sea más directo relacionar esa integral con el empuje como peso del volumen de líquido desalojado. Ese contexto podría ser un cubo sumergido ¾ de su volumen en agua sobre la que se va vertiendo aceite en cantidades pequeñas hasta que llegue a cubrir el cubo. Ese contexto pondría en evidencia que cuando se vierte aceite sobre el agua sin cubrir la cara superior del cubo, aumenta la presión en la cara inferior del cubo haciéndolo subir. Y la diferencia de fuerzas (via presiones) entre ambas caras es igual al peso de aceite desalojado. Y que lo mismo ocurre cuando el aceite "cubre" el cubo. Así cubrir o no cubrir el cubo sería irrelevante para calcular el empuje como el peso del líquido desalojado o como la integral de la presión sobre las caras del cubo. El cambiar la pelota por el cubo haría posible que ellos puedan fácilmente ir haciendo los cálculos correspondientes. Esta posible definición y este posible contexto son especulaciones que, de acuerdo a nuestras predicciones, permitirían entender a ambas definiciones de empuje como equivalentes y permitiría, para este contexto, alinear las proyecciones derivadas de ambas. Éstas últimas son especulaciones objeto de una investigación actualmente en curso.

El análisis anterior también permite entender el "desencuentro" entre las explicaciones del entrevistador (asumido ya en rol de docente) y el razonamiento de A y J, en tanto que las explicaciones y contextos provistos por el entrevistador no les proveen procedimientos para las proyecciones que A Y J están necesitando hacer para coordinar apropiadamente la clase de empuje. No importa cuán buenas o variadas sean las explicaciones ofrecidas, si éstas no proveen los elementos que los estudiantes están necesitando para coordinar esa clase. Esta idea puede resumirse bien en la respuesta de *A*: *"sí, lo creo… pero no lo veo… no veo las fuercitas así…"* Cuando los estudiantes no entienden algo, una posible causa puede ser que no estén pudiendo coordinar elementos de una clase, es decir, que no estén pudiendo proyectar o alinear unas proyecciones con otras. En estas situaciones las ayudas provistas por el docente serían cruciales. Pero, como hemos visto, no cualquier ayuda vale lo mismo para la comprensión de los estudiantes.

Los resultados obtenidos permitieron mejorar nuestra comprensión respecto a algunos aspectos de la resolución de problemas. En particular permitió: interpretar cómo ocurren ciertos procesos exitosos de solución y cómo no, generar predicciones acerca de cómo proveer contextos y definiciones fructíferas para generar procesos exitosos, y entender por qué las explicaciones del entrevistador resultaron ineficaces para estos estudiantes. Todas estas cuestiones son, a nuestro criterio, claves en la enseñanza y el aprendizaje de conceptos físicos y en su relación con la resolución de problemas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la atenta y minuciosa lectura que hicieron los evaluadores anónimos de la versión inicial del escrito. Sus aportes ayudaron a reorganizar y mejorar la calidad del manuscrito.

REFERENCIAS

Chi, M. (2005). Commonsense Conceptions of Emergent Processes: Why Some Misconceptions Are Robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, pp. 161-199.

diSessa, A. y Sherin, B. (1998). What change in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20 (10), pp. 1155-1191.

diSessa, A. y Wagner, J. (2005). What Coordination Has to Say About Transfer. En Mestre, J. (Ed.). *Transfer of Learning: From a modern multidisciplinary perspective*, pp. 121-154, Greenwich: Information Age Publishing.

diSessa, A., Gillespie, N. y Esterly, J. (2004). Coherence vs fragmentation in the development of concept of force. *Cognitive Science*, 28, pp. 843-900.

Gupta, A., Hammer, D. y Redish, E. (2010). The Case for Dynamic Models of Learners Ontologies in Physics. *Journal of The Learnign Sciences*, 19 (3), pp. 285-321.

Hewson, P. y Hewson, M. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, pp. 1-13.

Ionnades, C. y Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quaterly*, 2, pp. 5-61.

Levrini, O. y diSessa, A. (2008). How students learn from multiple contexts and definitions: Proper time as a coordination class. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 4, 010107-pp. 1-18.

Mc Closkey, M. (1983). Naive theories of motion. In D. Gentner y A. Stevens (Eds.). *Mental Models*, pp. 299-324. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Parnafes, O. (2005). The development of conceptual understanding through the use of computer-based representations. *Unpublished doctoral dissertation*, University of California at Berkeley.

Posner, G., Strike, K., Hewson, P. y Gertzog, W. (1982). Acomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, pp. 211-227.

Sears, F. y Zemansky, M. (1966). *Física General*. Madrid: Aguilar, S. A. de Ediciones.

Serway, R. (1997). *Física, Tomo I*. Distrito Federal: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Strike, K. y Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl y R. Hamilton (Eds.). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, pp. 147-176, Albany: State Universty of New York Press.

Vosniadou, S. y Brewer, W. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24 (4), pp. 535-585.

Wagner, J. (2006). Transfer in Pieces. *Cognition and Instruction*, 24 (1), pp. 1-71.

COMUNICACIONES ORALES 3

BLOQUE C

ANÁLISIS DE LA IDONEIDAD DE UNA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE EQUILIBRIO Y FLUCTUACIONES EN EL EQUILIBRIO, EN EL NIVEL UNIVERSITARIO BÁSICO.

Farina, Juan[1]; Utges, Graciela[2]

[1]Facultad Regional Rosario. UTN;[2] Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. FCEIA-UNR
juanalbertofarina@gmail.com;grautges@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo analizamos la idoneidad epistémica y cognitiva de una actividad implementada por un profesor de física con estudiantes de segundo año de carreras de ingeniería. La actividad incorpora una simulación sencilla (applet) destinada a profundizar algunos conocimientos relacionados con la noción de entropía desde una perspectiva microscópica. Fue organizada para lograr en los estudiantes una comprensión de la noción de equilibrio y su relación con la multiplicidad de estados. La perspectiva teórico metodológica se inscribe dentro del enfoque ontosemiótico (EOS), considerando particularmente la noción de idoneidad didáctica y los criterios asociados con la misma. Se detectan aspectos concretos de la práctica realizada que podrían ser mejorados para optimizar el aprendizaje de los estudiantes y se concluye que los criterios utilizados en el análisis constituyen una herramienta adecuada para la reflexión de los profesores en ejercicio sobre su propia práctica.

Palabras clave: idoneidad didáctica, criterios de idoneidad, simulaciones, enseñanza de entropía,

ABSTRACT

In this paper we analyze an activity implemented by a physics teacher at a second year engineering course. The activity incorporates a simple simulation (applet) to deepen some knowledge related to the notion of entropy from a microscopic perspective. It was organized to achieve in students an understanding of the notion of equilibrium and its relation with the multiplicity of states. The theoretical and methodological perspective falls within the ontosemiotic approach (EOS), considering particularly the notion of pedagogical suitability and the criteria associated with it. Specific aspects of the practice carried out that could be improved to optimize student learning are detected, and it was concluded that the criteria used in the analysis are a suitable tool for the in-service teachers reflection on their own practice.

Keywords: pedagogical suitability; suitability criteria in teaching, simulations, teaching of entropy

INTRODUCCIÓN

El diseño, implementación y evaluación de procesos de enseñanza y aprendizaje es una tarea compleja abordada por los profesores en el ejercicio de su actividad cotidiana. También es el centro de atención al que confluyen los esfuerzos de la investigación didáctica. Es importante que la Didáctica de las Ciencias brinde elementos para orientar, de manera fundamentada, la acción efectiva sobre la práctica. En ese sentido, la noción de idoneidad didáctica introducida en el marco del enfoque ontosemiótico (EOS) desarrollado en la didáctica de las matemáticas (Godino, Contreras y Font, 2006; Godino, Bencomo, Font y Wilhelmi, 2007), así como el sistema de indicadores empíricos que la acompañan, pueden constituir una herramienta orientada hacia la mejora progresiva de las prácticas de enseñanza.

La idoneidad didáctica es concebida como el conjunto sistémico de criterios para analizar la pertinencia o adecuación de un proceso de enseñanza en relación con una intención o proyecto educativo, siendo su principal indicador empírico la adaptación entre los significados personales logrados por los estudiantes y los significados institucionales pretendidos o implementados (Godino, Batanero y Font, 2006; Godino, Wilhelmi y Bencomo, 2005). La propuesta introduce criterios parciales de idoneidad atendiendo a las siguientes dimensiones: *epistémica* (relativa a los significados institucionales), *cognitiva* (significados personales), *mediacional* (recursos tecnológicos y temporales), *emocional* (actitudes, afectos, emociones), *interaccional* (interacciones docente-alumnos), y *ecológica* (relaciones intra e interdisciplinares y sociales). Los trabajos antes citados definen tanto las dimensiones y criterios parciales como el marco teórico de referencia que permite caracterizarlos y operativizarlos.

La noción de idoneidad didáctica y las ideas subyacentes a la misma reconocen como antecedente la aproximación iniciada por Michelle Artigue en la década de los años ochenta, denominada Ingeniería Didáctica (Artigue, 1995). Se denominó con este término a una forma de trabajo didáctico equiparable con el trabajo del ingeniero quien, para realizar un proyecto, se basa en los conocimientos científicos de su dominio, pero debe trabajar con objetos mucho más complejos que los depurados de la ciencia y tiene que abordar prácticamente, con todos los medios disponibles, problemas que la ciencia no quiere o no puede abordar. Esta visión permite abordar dos cuestiones centrales: a) las relaciones entre la investigación y la acción en el sistema de enseñanza y b) el abordaje de las "realizaciones didácticas" en clase, desde una metodología específica en la investigación en didáctica.

Como metodología de investigación, la ingeniería didáctica se caracteriza por un esquema experimental centrado en la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza. Pero no recurre a enfoques comparativos con validación externa, basados en el análisis estadístico del rendimiento de grupos experimentales y grupos de control, sino que se ubica, por el contrario, en el registro de estudios de caso, con una validación esencialmente interna, a partir de la confrontación entre el análisis a priori y a posteriori.

En este trabajo analizamos, utilizando la perspectiva mencionada, una actividad implementada por un profesor de física con estudiantes de segundo año de carreras de ingeniería. La actividad incorpora una simulación sencilla (applet) destinada a profundizar algunos conocimientos relacionados con la noción de entropía desde una perspectiva microscópica. Fue organizada para lograr en los estudiantes una comprensión de la noción de equilibrio y su relación con la multiplicidad de estados.

EL CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA. LA ACTIVIDAD PROPUESTA POR EL PROFESOR

La experiencia fue realizada en un curso de física básica para carreras de ingeniería donde, desde hace años, se desarrolla termodinámica desde una perspectiva microscópica. La expectativa del profesor era complementar las clases teóricas y prácticas que se venían realizando tradicionalmente en la asignatura, con actividades innovadoras, que incorporaran simulaciones. Procuraba con ello lograr una mayor comprensión por parte de los estudiantes del concepto de entropía, que en el curso es definida a partir de la formulación de Boltzmann.

Realizó búsquedas en Internet, orientadas preferentemente hacia recursos de uso libre. A pesar de que encontró una vasta cantidad de applets, relacionados con distintos temas de física, no eran muchos los que se adaptaban a sus propósitos. Fue difícil para el profesor concretar la selección y definir qué simulaciones poner al alcance de los alumnos. De la información disponible, finalmente seleccionó tres simulaciones: *Urna de Boltzmann*, *Irreversibilidad y fluctuaciones en el equilibrio* y *Multiplicidad*. La segunda simulación forma parte de un curso de la Universidad Complutense de Madrid[1], y las otras dos pertenecen a una propuesta diseñada por un grupo de la Universidad de Palermo (Italia)[2]

Como no disponía de una sala adecuada para trabajar con computadoras en los horarios previstos para la asignatura, el profesor adoptó una modalidad de trabajo alternativa. Cargó las simulaciones y las guías de trabajo correspondientes en discos compactos que entregó a los estudiantes, y les propuso que trabajaran con ellas en sus hogares. Previamente, realizó una clase demostrativa, donde mostró al curso las simulaciones, enfatizando aspectos que consideró relevantes en el uso de las mismas, explicó las consignas de trabajo y estableció las pautas generales sobre las actividades a realizar. Propuso a los alumnos trabajar con las simulaciones según las indicaciones planteadas en las guías, responder las preguntas incorporadas en ellas, orientadas a analizar los resultados y elaborar conclusiones. Acordó con los estudiantes un tiempo de una semana para interactuar con las prácticas y entregar un informe del trabajo realizado en función de lo indicado.

Los estudiantes trabajaron en grupo para llevar adelante la actividad propuesta. Se conformaron en total 16 grupos. Todos entregaron por escrito la tarea planteada, en el tiempo establecido.

Se describen a continuación los applets utilizados. En la Figura 1 (página 4) se muestran vistas representativas de las pantallas de cada uno de ellos.

[1] El applet Irreversibilidad y Fluctuaciones en el equilibrio forma parte del curso *Experimentos Interactivos,* coordinado por Ricardo Brito López y Francisco Domínguez, profesores de la Universidad Complutense de Madrid, España. Está disponible en http://valbuena.fis.ucm.es/expint/html/sistemas/irrever/fluc.html

[2] Los applets Urna de Boltzmann y Multiplicidad forman parte del módulo didáctico Entropía e Transformazioni, desarrollado por un grupo liderado por la profesora Rosa María Sperandeo, en la Universidad de Palermo. Están disponibles en http://www.uop-perg.unipa.it/ProTerm/entropia/modello_interazione_termica.htm

Urna de Boltzmann. El applet simula la extracción sucesiva de un número *N* de bolitas de una urna que contiene un gran número de bolitas rojas y azules, en cantidades iguales. Las bolitas sólo se diferencian por el color. Se puede seleccionar la cantidad de extracciones que se realizarán (de 1 a 1001) y el número *N* de bolitas que se tomarán en cada extracción (de 2 a 216). Un gráfico cartesiano muestra la frecuencia versus el número de bolitas azules. A medida que corre la simulación, se va visualizando el proceso de extracción y el correspondiente cambio en el gráfico de frecuencias. La guía elaborada por el profesor incluía actividades y una serie de preguntas, acompañadas de un glosario de nociones básicas vinculadas al tema (configuración; probabilidad; probabilidad clásica o teórica; probabilidad frecuencial o empírica; frecuencia; frecuencia relativa y frecuencia acumulada relativa). La actividad con el applet proponía: fijar en forma creciente la extracción del número de bolitas y la cantidad de extracciones e ir observando la cantidad de configuraciones posibles. Completar una tabla adjunta, visualizar histogramas, discutir conceptos y registrar todo lo hecho en el informe.

Irreversibilidad y fluctuaciones en el equilibrio. El applet simula la expansión libre de un gas para mostrar que el comportamiento irreversible está asociado a que el sistema está compuesto por un número elevado de grados de libertad. También permite observar las fluctuaciones de densidad que se producen en el equilibrio. Muestra un recipiente bidimensional en el que se representan las moléculas del gas (discos duros), ubicadas, en el inicio, en la mitad izquierda del recipiente. Al correr la simulación, el "gas" se expande y va ocupando la totalidad del recipiente. Pueden observarse en un gráfico las fluctuaciones y su comportamiento según el número de partículas utilizadas. En cualquier momento además, pulsando un botón, se puede observar el histograma de frecuencias. La actividad planteaba analizar un sistema con 6 partículas y comparar histogramas para diferentes tiempos. La información de los histogramas se traducía en una tabla de frecuencias, con el propósito de inferir que transcurrido un tiempo, el macroestado de mayor frecuencia corresponde al de mayor probabilidad.

Multiplicidad. El applet hace referencia a un sistema de N partículas con energía total E_{tot}, constante. Las partículas pueden ubicarse en diferentes niveles discretos de energía. Se pueden variar los valores de N y E_{tot} y observar las diferentes configuraciones de las partículas respecto de la ocupación de los niveles de energía (macroestados), así como los diferentes microestados asociados a cada una de ellas. Se puede reconocer el macroestado de mayor probabilidad (Ω_{max}) y asociarlo con la situación de equilibrio. Se interpretan las fluctuaciones en el equilibrio a partir de las probabilidades de los diferentes macroestados. Se observa que para un número N pequeño, las fluctuaciones son grandes. A la inversa, con N grande el macroestado de equilibrio es dominante. Se sugirió a los alumnos proceder del siguiente modo: Trabajar con 4 partículas y una energía total igual a 8. Analizar todas las configuraciones posibles, así como los diferentes modos en que las partículas pueden disponerse en cada configuración (macroestado). Se les pidió también completar una tabla donde se identificara cada macroestado y el número de microestados correspondientes y analizar el caso extremo admitido por el applet (máximo de 5 partículas y energía total igual a 11).

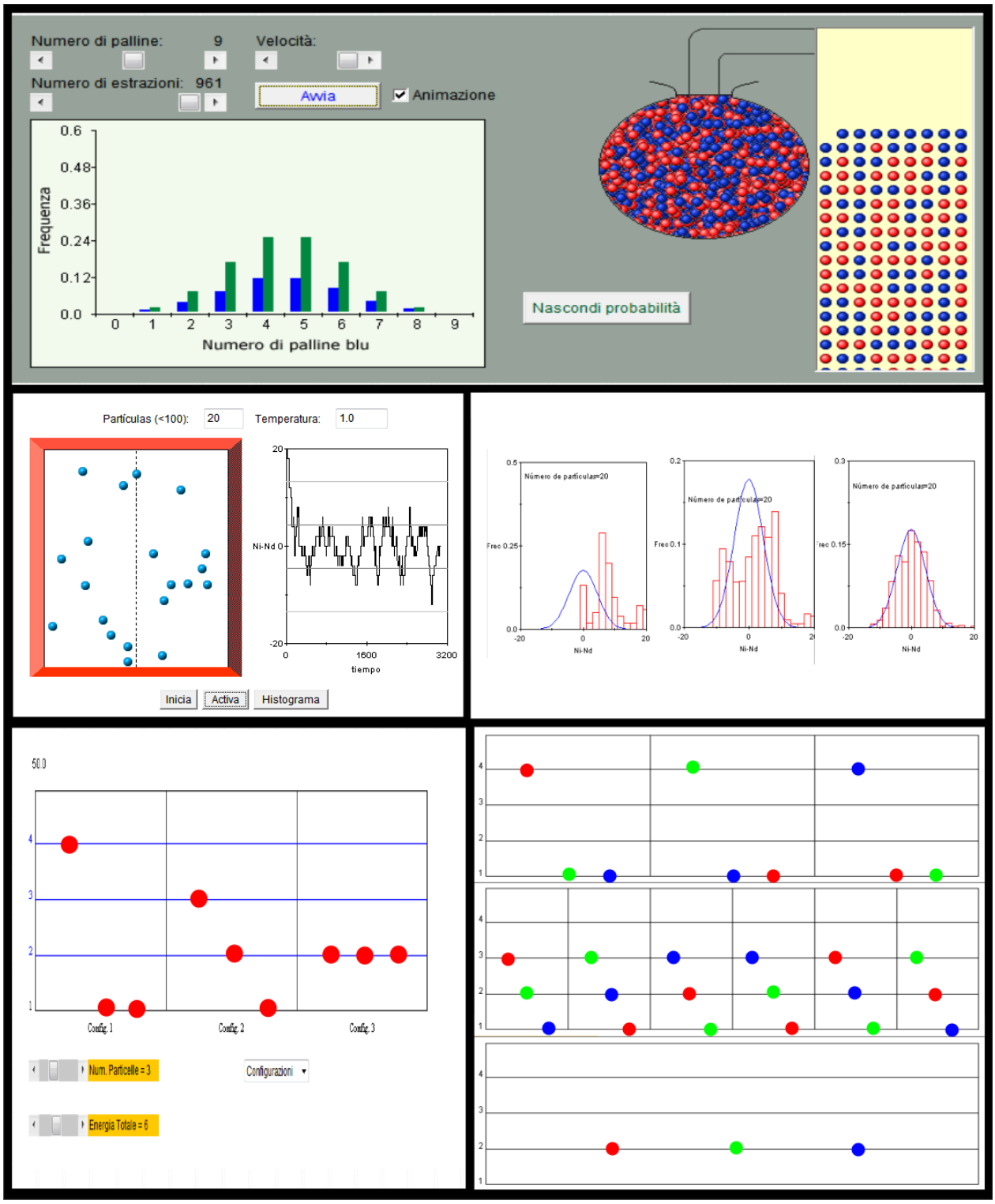


Figura 1: Imágenes representativas de los applets utilizados: Urna de Boltzmann (arriba); Irreversibilidad y fluctuaciones en el equilibrio (medio); Multiplicidad (abajo)

METODOLOGÍA

Para el análisis de la experiencia, adoptamos la metodología propuesta en ingeniería didáctica, complementada con criterios generales asociados a la noción de idoneidad didáctica. El proceso experimental de la ingeniería didáctica consta de cuatro fases: análisis preliminares; concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas; experimentación; análisis a posteriori y evaluación.

Los análisis preliminares contemplan, en primer nivel de elaboración, aspectos como: análisis epistemológico de los contenidos contemplados en la enseñanza; análisis de la enseñanza tradicional y sus efectos; análisis de las concepciones de los estudiantes, de las dificultades y obstáculos que determinan su avance; análisis del campo de restricciones donde se va a situar la realización didáctica efectiva. Esos análisis preliminares dan sustento al diseño del dispositivo didáctico a implementar.

El análisis a priori considera el dispositivo propuesto elaborando hipótesis sobre su idoneidad para regular el comportamiento de los estudiantes orientado a la construcción de los conocimientos esperados. Luego de la fase de experimentación (puesta en marcha del dispositivo didáctico) sigue una de análisis a posteriori que se basa en el conjunto de datos recogidos a lo largo de la experimentación.

Como ya lo habíamos indicado, en la confrontación de los análisis a priori y a posteriori, se fundamenta en esencia la valoración sobre la idoneidad del dispositivo. Tanto en uno como en el otro, nos hemos centrado en los significados. Siguiendo las ideas de la principal mentora de la ingeniería didáctica (Artigue, 1995), si desde una perspectiva constructivista se considera la participación del estudiante en la construcción de sus conocimientos a través de la interacción con un medio determinado, la teoría de las situaciones didácticas que sirve de referencia a la metodología de la ingeniería didáctica ha pretendido, desde su origen, constituirse en una teoría de control de las relaciones entre el significado y las situaciones de enseñanza y aprendizaje propuestas y/o implementadas.

Nos referimos a los significados desde dos perspectivas: los *pretendidos*, que se ponen en juego y se pretende que los estudiantes adquieran a través de la actividad propuesta, y los *logrados*, es decir, los efectivamente alcanzados por los estudiantes. En el EOS, los significados referidos a un objeto de conocimiento son concebidos como entidades sistémicas que incluyen diferentes elementos, entre los que se cuentan las situaciones-problema vinculadas al objeto, el lenguaje en que se expresa, las acciones y procedimientos con él relacionados, y las definiciones, propiedades, leyes, y argumentaciones asociadas. Estos elementos de significado pueden ser contemplados en dos niveles: institucional y personal. De modo general, y a los efectos del presente estudio, podemos considerar que el nivel institucional contempla los significados pretendidos por la institución educativa en base a los documentos curriculares y las tradiciones de enseñanza, y el nivel personal corresponde a los significados construidos o logrados por los estudiantes. Al respecto, la idoneidad epistémica de un recurso de enseñanza vendría dada por el modo en que el mismo contempla y representa los aspectos relevantes de los significados pretendidos, mientras que la idoneidad cognitiva se vincula a su capacidad para lograr que los estudiantes adquieran dichos significados, considerando un nivel de complejidad adecuado, y estableciendo los puentes necesarios con los conocimientos previos.

En el caso que estamos presentando, los análisis preliminares y el diseño del dispositivo fueron realizados por el profesor. Acompañamos al profesor, sin interferir en su elección del material, ni en la organización de la actividad. Registramos la clase demostrativa y luego de realizada la experiencia, trabajamos junto a él en el análisis de los resultados y la valoración de la propuesta. Nuestra tarea como investigadores se centró principalmente en colaborar con él en el análisis de la idoneidad didáctica del recurso diseñado e implementado, que, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, fue abordada en sus aspectos epistémicos y cognitivos.

Las fuentes utilizadas fueron la tarea encomendada a los alumnos (simulaciones, guías de trabajo) y los informes presentados por ellos. El instrumento de análisis, consistió en un cuestionario que aborda los aspectos considerados relevantes, y cuyo diseño se inspiró en un estudio realizado por Godino y colaboradores (2006) y en los criterios de idoneidad elaborados desde el EOS (Godino, 2011).

Si bien la actividad completa comprendió las tres simulaciones descriptas, en este trabajo nos concentramos exclusivamente en el análisis de la tercera. Las dos restantes son abordadas en otros trabajos, en preparación. En la página 6 se muestra la guía de trabajo propuesta por el profesor para la actividad que analizamos (Figura 2).

ACTIVIDAD: Multiplicidad

El utilitario muestra de cuantos modos podemos distribuir una energía dada entre un número determinado de partículas. La energía total viene dada por la suma de las energías de cada partícula. A cada partícula puede atribuírsele una unidad discreta de energía, de valor 1, 2, 3...unidades, compatible con la energía total.

Utilizando la simulación **Multiplicidad,** que distribuye las partículas entre diferentes niveles de energía, verificamos que para obtener el número total de microestados accesibles a un sistema de **N** partículas a las que se asigna una energía total E_T debemos contar la multiplicidad para todos los posibles valores de $n_1, n_2, n_3, \ldots n_n$ que satisfacen la condición:

$$E_T = n_1 + n_2 2\varepsilon + n_3 3\varepsilon + \ldots + n_n n\varepsilon \text{ (con } n_1 + n_2 + \ldots + n_n = N\text{).}$$

Consideremos el caso de 3 partículas con una energía total E=5. El sistema puede adoptar distintas configuraciones.

Por ejemplo: dos partículas con energía 1 y una con energía 3; una partícula con energía 1 y dos con energía 2 (si ε=1)

La simulación muestra, para diferente número de partículas y de valores de energía total, todas las configuraciones posibles, así como los diferentes modos en que las partículas pueden disponerse en cada configuración (macroestado).

Proceda del siguiente modo:

a) Trabajando con 4 partículas y una energía total igual a 8, analice todas las configuraciones posibles y el número de microestados correspondientes a cada configuración y complete la siguiente tabla:

	Configuración (macroestado)	Número de microestados
I	$1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 5\varepsilon$	4
II		
III		
IV		
V		
Número Total de microestados		

b) El utilitario sólo muestra hasta un máximo de cinco partículas y energía igual a11. Para valores mayores, los números se hacen muy grandes, pero aparece una situación interesante. La tabla muestra las 11 distribuciones posibles en el caso en que **N=6 y E_T= 12**
Se observa que hay una configuración que tiene un número de microestados notablemente más grande que las otras, y, por lo tanto, una probabilidad mucho más alta. Llamaremos a ésta configuración más probable, y es a la que puede asociarse un mayor número de microestados. En el caso indicado en la tabla, la VI configuración tiene una probabilidad del orden del 26 % [(120/462)*100].
Supongamos entonces, que el sistema se hubiera preparado inicialmente de modo tal que se encontrara en el macroestado II, y que luego las partículas (por razones internas, como por ejemplo, interaccciones entre ellas), pudieran cambiar de nivel, manteniendo el sistema aislado, es decir, sin modificar su energía total. El sistema podría estar entonces en cualquiera de sus microestados accesibles (462), pasando sucesivamente por cualquiera de ellos. Sin embargo, dado que la configuración VI es la más probable, el sistema se encontrará la mayor parte del tiempo en alguno de los 120 microestados correspondientes al macroestado VI. Decimos entonces que el sistema evoluciona hacia su macroestado más probable (donde $\Omega = \Omega_{max}$).
¿Qué se podría decir del sistema, una vez alcanzada esta distribución?
¿Está en equilibrio o no?

	Configuración (macroestado)	Número de microestados (Ω)
I	$7\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	6
II	$6\varepsilon, 2\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	30
III	$5\varepsilon, 3\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	30
IV	$5\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	60
V	$4\varepsilon, 4\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	15
VI	$4\varepsilon, 3\varepsilon, 2\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	**120**
VII	$4\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	60
VIII	$3\varepsilon, 3\varepsilon, 3\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	20
IX	$3\varepsilon, 3\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	**90**
X	$3\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 1\varepsilon, 1\varepsilon$	30
XI	$2\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon, 2\varepsilon$	1
Número Total de Microestados		462

Para reflexionar:

La Energía total del sistema puede expresarse como:

$$E_T = n_1 + n_2 2 + n_3 3 + \ldots + n_n n \text{ (con } n_1 + n_2 + \ldots + n_n = N\text{).}$$

Debido a las interacciones entre las moléculas, los números n_i ¿cambian o no?.

¿Así puede suponer que para cada estado macroscópico del sistema hay una distribución de partículas entre los distintos niveles que es mas probable que cualquier otra?

Si el sistema se encuentra en equilibrio, los números n_i pueden cambiar? Si es así, ¿esto produce efectos macroscópicos o cambios macroscópicos en el sistema? ¿Cómo incide en la respuesta el número de partículas que constituyen el sistema?

Informe

En el informe se deben registrar los resultados obtenidos para cada ítem de la Actividad y dar las respuestas a las cuestiones planteadas bajo el rubro **Para reflexionar.**

Figura 2: Actividad propuesta para trabajar con el applet: Multiplicidad

ANÁLISIS A PRIORI (IDONEIDAD EPISTÉMICA Y COGNITIVA).

El análisis a priori busca identificar cuáles son los elementos de significado puestos en juego a través de la actividad (situaciones-problema; lenguaje; técnicas; conceptos/propiedades; argumentos) y analizar en qué medida ellos guardan correspondencia con los significados institucionales pretendidos (idoneidad epistémica) y son accesibles y alcanzables por los estudiantes (idoneidad cognitiva). El mismo se ha organizado en base a un cuestionario que se aplica al recurso.

¿Cuáles son las situaciones-problema que permite tratar el recurso?

La situación problema tratada corresponde a la distribución de un número N de partículas entre diferentes niveles discretos de energía, siendo Et, la energía total del sistema. Cada partícula puede adquirir uno de múltiples valores discretos de energía pero manteniendo la energía total del sistema constante. Se propone, dados N y Et, analizar las diferentes configuraciones (macroestados) en que pueden organizarse las partículas en los diferentes niveles de energía y determinar la multiplicidad correspondiente a cada macroestado.

¿En qué tipo de situaciones previas se apoya o debería apoyarse el recurso?

En el contexto de la experiencia, el applet se apoya en dos actividades que fueron planteadas a los estudiantes con anterioridad. En la actividad 1 (Urna de Boltzman), los estudiantes tuvieron oportunidad de reconocer la diferencia entre frecuencia y probabilidad y observar cómo, en el fenómeno analizado, el histograma de frecuencias se aproximaba a la curva de probabilidad cuando aumentaba el número de extracciones. En la actividad 2 (Irreversibilidad y fluctuaciones en el equilibrio) los estudiantes trabajaron el concepto de irreversibilidad a partir de la expansión libre de un gas, verificando que para que se produzca ese comportamiento el sistema debe estar compuesto por un gran número de partículas; observaron los histogramas correspondientes y, en la gráfica de densidad, las fluctuaciones que se producen en el equilibrio.

¿Posibilitan las situaciones la presentación de los enunciados y procedimientos fundamentales del tema según el significado de referencia? ¿Permiten la contextualización y ejercitación de los conocimientos que se pretende construir?, ¿Posibilitan o promueven su aplicación a situaciones relacionadas?

La actividad trata cuestiones sobre equilibrio y fluctuaciones de equilibrio en un sistema particular, considerando particiones de energía. Se analizan los macroestados vinculados a esta magnitud. Podría decirse que el applet multiplicidad complementa lo actuado en el applet Irreversibilidad y Fluctuaciones en el equilibrio: mientras en el primero se trabaja con particiones de energía, en el segundo se consideran las distribuciones de partículas en el volumen de la caja. En ningún momento la actividad planteada busca relacionar las cuestiones tratadas con uno y otro applet. No se proponen actividades que promuevan su vinculación.

¿Se proponen situaciones donde los estudiantes tengan la oportunidad de plantear problemas, reformularlos y/o de problematizarse (en el sentido de asumir los problemas como propios)?

El apartado "para reflexionar" planteado a los estudiantes, presenta cuestiones relevantes que buscan problematizar aspectos relevantes del tema y obtener conclusiones sobre las características y el comportamiento del sistema modelizado. El abordaje de esas cuestiones ayuda a reflexionar sobre la incidencia del número de partículas del sistema en la estabilidad del estado de equilibrio.

¿Qué variables de tarea permite operativizar el applet? ¿Qué actividades/acciones/técnicas, propone el recurso para realizar, organizar, operativizar las situaciones problema planteadas en la actividad?

El applet permite establecer los valores de N (hasta un máximo de 5) y Et (máximo 11). Una vez fijados esos valores, muestra las diferentes configuraciones de las partículas en los niveles de energía compatibles con los valores establecidos, y puede contarse la cantidad de microestados correspondientes a cada configuración (Ω). Elegido el número de partículas y la energía total, se observan las configuraciones. El programa brinda icónicamente elementos para determinar la multiplicidad asociada a cada configuración. Los datos, volcados en una tabla, permiten distinguir que la multiplicidad de cada configuración es diferente. Si se aumenta el número de partículas, la preponderancia del valor de multiplicidad de una dada configuración respecto del de las otras es más evidente. Puede interpretarse dicha configuración como la asociada al macroestado de equilibrio y analizarse a partir de allí las fluctuaciones en el equilibrio.

¿Es el lenguaje utilizado apropiado para describir el fenómeno y /o proceso puesto en juego y la actividad propuesta ?

El lenguaje en el applet es básicamente icónico, pudiéndose visualizar esquemáticamente la distribución de partículas para una energía determinada. En la actividad intervienen tanto el lenguaje icónico como el simbólico y verbal, estableciéndose traducciones entre los mismos en varias oportunidades. Tanto los términos utilizados como los símbolos y representaciones son familiares para los estudiantes y han sido utilizados en otras oportunidades.

¿Qué conceptos, propiedades, nociones teóricas se consideran previos y cuáles se espera que emergerán de la utilización del applet?

Son conceptos previos: Macroestado, Microestado, Niveles de energía, multiplicidad, configuraciones. Estos conceptos han sido trabajados en actividades anteriores. Como conceptos emergentes, se espera obtener nociones de equilibrio, asociación de equilibrio con multiplicidad máxima, fluctuaciones en el equilibrio, importancia de considerar un número grande de partículas.

Las nociones que se pretende trabajar con el applet son básicamente: la vinculación del Equilibrio, con el Macroestado de máxima multiplicidad y las condiciones bajo las cuales se dan las fluctuaciones en el equilibrio. Ideas principales: En un sistema aislado, todos los microestados se suponen igualmente probables. Pero las configuraciones (modos de ocupación de los niveles discretos establecidos), no tienen igual probabilidad. Esto no es evidente para pocas partículas (donde varias configuraciones pueden tener probabilidades similares) pero si el número de partículas es suficientemente grande, hay una configuración claramente más probable. Dicha configuración (macroestado) corresponde al equilibrio. Dado que otras configuraciones son posibles, habrá fluctuaciones. Es decir, es posible que el sistema se encuentre por momentos en otros macroestados (de no equilibrio). Sin embargo, la alta probabilidad del macroestado de equilibrio hace que esa situación se de en lapsos muy cortos de tiempo y sea prácticamente imperceptible. A lo sumo podrán apreciarse ligeras variaciones de las variables macroscópicas en valores muy próximos a los del equilibrio (que corresponderán a macroestados con probabilidades altas, aunque menores a la del macroestado de equilibrio).

¿Tienen los alumnos los conocimientos previos necesarios para abordar la actividad? Los significados pretendidos tienen una complejidad abordable, o una dificultad manejable?

Los conceptos previos necesarios para abordar la actividad fueron trabajados en las clases teórico prácticas y además en el contexto mismo de la actividad planteada en el marco de las simulaciones anteriores. Es razonable suponer entonces que los estudiantes puedan abordar la actividad favorablemente. De todas maneras no puede descartarse a priori la posible generación de conflictos semióticos en el desarrollo de la actividad y en la comprensión de la temática abordada. En ese sentido, un análisis de la literatura sobre concepciones alternativas o dificultades de comprensión del concepto estadístico de entropía y los diferentes conceptos asociados es requerido para profundizar el análisis. Dada la relevancia de este aspecto, se lo trata separadamente en el apartado siguiente.

¿Están las definiciones, procedimientos, proposiciones o explicaciones clara y correctamente enunciados, y adaptados al nivel educativo al que se dirigen?

Las definiciones, procedimientos y proposiciones están adaptados al nivel educativo al que se dirigen de modo que se espera que articuladas con las actividades anteriores, emerjan y se afirmen los nuevos conocimientos esperados.

¿En qué argumentación (justificación), se basa el applet?

La argumentación es inductiva a través de la observación concreta de un número de partículas distribuidas en diferentes configuraciones de energía para una energía total constante del sistema. El dispositivo calcula y muestra los resultados de manera gráfica. A partir de situaciones con diferente número total de partículas y de energía total, podrá observarse el comportamiento de la multiplicidad del macroestado más probable (macroestado de equilibrio) y realizar consideraciones acerca de las posibles fluctuaciones en el equilibrio.

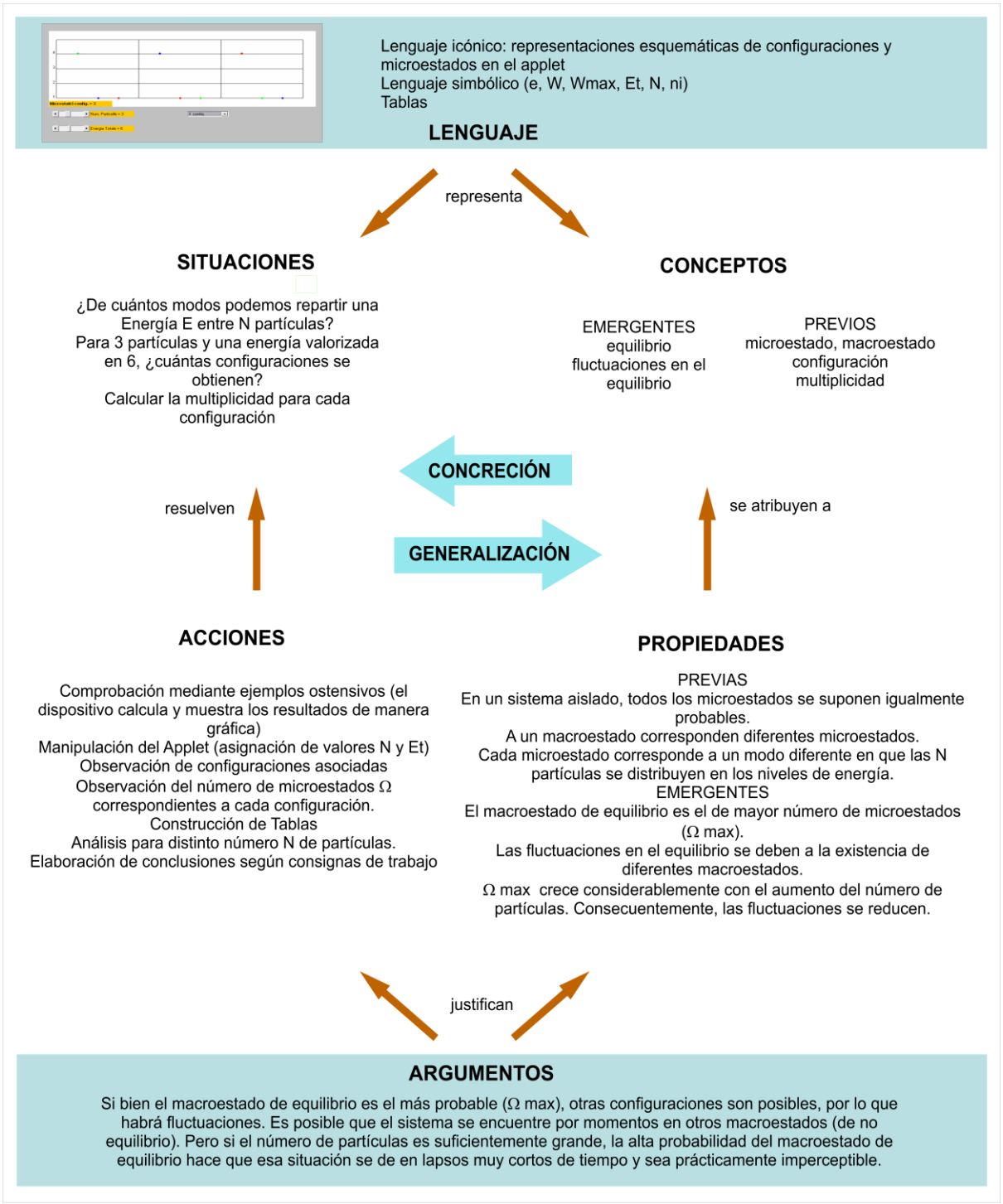


Figura 3: Elementos de significado puestos en juego en el applet Multiplicidad

CONCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE ENTROPÍA Y CONCEPTOS VINCULADOS

A diferencia de otros temas, no son numerosos los artículos que tratan las concepciones alternativas de los estudiantes sobre entropía o sus dificultades en la comprensión del concepto. Particularmente, muy pocos abordan el tema desde una perspectiva microscópica. Del relevamiento realizado, destacamos a continuación los resultados más relevantes.

a) segunda ley de la termodinámica

Se han realizaron estudios para investigar la comprensión de conceptos relacionados con la segunda ley de la termodinámica con estudiantes de todas las edades, incluyendo niños de jardín de infantes. Las investigaciones muestran que, ya desde esa temprana edad, los niños desarrollan ideas intuitivas relacionadas con la segunda ley, particularmente en el reconocimiento de procesos irreversibles y la tendencia al equilibrio. Hacia los 15 años la mayoría predice correctamente la tendencia del sistema físico hacia el estado de equilibrio. Sin embargo, el marco teórico en el que los estudiantes basan sus afirmaciones es difuso. Kesidou y Duit (1993) destacan que los estudiantes están a menudo centrados en un esquema de causa y efecto: los procesos reales son irreversibles porque no existen causas para invertirlos (una piedra que cae al suelo no vuelve espontáneamente a su altura inicial porque no existe fuerza ascendente presente). Surge de estos estudios que los estudiantes que ingresan a cursos universitarios de física sin haber sido instruidos previamente con respecto a entropía y la segunda ley tienen algunas ideas intuitivas sobre equilibrio e irreversibilidad, no basadas en una comprensión del concepto de entropía. La mayoría de los estudiantes no tuvieron oportunidad de aprender concepciones de física que faciliten una comprensión más profunda de su convicción.

b) entropía

Investigaciones realizadas con estudiantes secundarios o universitarios muestran que predominan en ellos nociones difusas y no muy estructuradas sobre entropía, expresadas fundamentalmente en torno a la idea de desorden. La siguiente tabla resume los principales hallazgos.

desorden	Desorden visible y entropía considerados como sinónimos. La entropía representa el desorden del sistema o es la causa del desorden del sistema o es la medida del desorden. Los estudiantes hablan de entropía como aleatoriedad o desorden sin poder explicar el significado de estos términos	Sözbilir (2001) Sözbilir y Bennett (2007) Selepe y Bardley (1997) Carson y Watson (2002)
forma de energía	Entropía considerada como otra forma de energía o como algo que tiene que ver con la energía. Indiferenciación de nociones de entropía, energía cinética, entalpía, energía libre de Gibbs, etc., que son todas consideradas como formas de energía.	Carson y Watson (2002) Weber (2009)
tendencia hacia el caos	Entropía como indicador de la tendencia de la materia a ser cada vez más desordenada, pasando del orden al caos	Weber (2009)
fórmula	Recuerdo de alguna expresión matemática específica, sin poder atribuirle significado. Entropía como "algo" que tiene que ver con dS, sin proporcionar cualquier información adicional	Weber (2009)
movimiento aleatorio	Inadecuada conexión de entropía con el número de colisiones e interacciones intermoleculares. Resultante del movimiento aleatorio de moléculas, considerando sólo direcciones aleatorias y no velocidades moleculares.	Sözbilir (2001) Sözbilir y Bennett (2007) Weber (2009)
energía cinética	Relación fuerte entre entropía y energía cinética de las partículas. Explicaciones referidas a aumento de entropía en términos de aumento de la energía cinética de las partículas.	Johnstone et al (1977) Selepe y Bradley (1997) Sözbilir (2001)
magnitud conservativa	La entropía de un sistema y su entorno se mantiene constante. La entropía del universo no cambia. La entropía no cambia cuando se produce un cambio espontáneo en un sistema aislado.	Ribeiro (1992) Christensen et al (2009)
tendencia a ignorar el entorno	Inadecuada conexión entre la entropía de un sistema y los cambios de entropía en su entorno. Las argumentaciones se hacen desde el punto de vista del sistema solamente, dejando de lado cualquier cambio en la entropía del entorno.	Sözbilir (2001) Sözbilir y Bennett (2007) Carson y Watson (2002) Weber (2009)
Sobre-generalización de la segunda ley	La entropía de un sistema *siempre* aumenta. Un sistema va siempre hacia máxima entropía. El cambio de entropía en una reacción química es siempre positivo. Por la 2da ley, la entropía del sistema debe aumentar en un cambio espontáneo. En un sistema aislado el cambio de entropía es mayor o igual a cero.	Ribeiro (1992) Sözbilir (2001) Thomas (1998) Christensen et al (2009)
cambios de entropía sólo en cambios de estado	Sólo se reconocen cambios de entropía en situaciones de cambio de estado.	Carson y Watson (2002)
cambio de entropía asociado con cambio de temperatura	Cuando se incrementa la entropía, la temperatura también aumenta	Johnstone et al. (1977)
relaciones con otras magnitudes	Se establecen relaciones incorrectas entre cambios de entropía y otras cantidades termodinámicas más familiares, tales como temperatura, trabajo, o transferencia de calor	Bucy et al. (2006)

Tabla 1: Concepciones de los estudiantes sobre entropía.

Sözbilir (2001) distribuyó cuestionarios a estudiantes turcos de pregrado en química en tres universidades, tanto antes como después de un curso de termodinámica química. Sólo una pequeña minoría de los estudiantes mostró una comprensión razonable del concepto de entropía. Este entendimiento débil se reflejaba en el estudio realizado por Pintó (1991) con estudiantes catalanes de pregrado de física, que muestra que pocos estudiantes utilizaban entropía para explicar procesos cotidianos y no conectaban entre sí diferentes aspectos de la segunda ley. Weber (2009), en el marco de una investigación más amplia basada en entrevistas realizadas a estudiantes universitarios, incluyó una pregunta acerca de por qué puede olerse la comida que se está cocinando en otra habitación. La mayoría de los estudiantes hicieron referencia a la difusión, pero ninguno fue capaz de explicar por qué la difusión funcionaba de la manera que sugerían. Tenían una comprensión instrumental de difusión y no hicieron conexión entre aleatoriedad, probabilidad, espacio muestral y entropía. Bucy, Thompson y Mountcastle (2006) discuten la comprensión de los estudiantes sobre los cambios de entropía en cursos de física térmica de división superior. Pidieron a los estudiantes comparar el cambio de entropía de dos muestras de un gas ideal en dos procesos diferentes: una expansión isotérmica y una expansión libre. Encontraron que los estudiantes tienen gran dificultad para aplicar la entropía como función de estado en sistemas físicos. Una idea incorrecta expresada por los estudiantes fue que el cambio de entropía debido a la expansión libre es cero porque no se produce transferencia de calor. Otra idea errónea es que el cambio de entropía del gas en la expansión isotérmica era cero, ya que es un proceso reversible, y que en la expansión libre era positiva debido a que es un proceso irreversible.

c) entropía desde una perspectiva microscópica

Poca investigación se ha realizado sobre los conocimientos o dificultades de los estudiantes sobre entropía, cuando su interpretación es abordada en la enseñanza desde una perspectiva microscópica. De las pocas referencias disponibles en la literatura, consideramos relevantes los hallazgos de Laverude (2009, 2010) y Weber (2009).

Loverude ha realizado varios estudios sobre la comprensión de temas estadísticos dentro de un curso de un semestre de física térmica que combina termodinámica clásica y mecánica estadística. En el primero de estos estudios, investigó la comprensión de las distribuciones de probabilidad dentro de un sistema binario (tirada de monedas, género de niños, modelo de Ising, etc.), así como las habilidades para distinguir un microestado de un macroestado en un contexto determinado. Encontró que un 45% de los estudiantes fue incapaz de determinar correctamente la probabilidad de obtener todas caras en una serie de eventos de tirada de monedas. También encontró que un 37% de los estudiantes confundían microestado y macroestado en sus respuestas indicando, por ejemplo, que todos los macroestados son igualmente probables. En un estudio posterior analizó la capacidad de los estudiantes de razonar sobre dos sistemas termodinámicos cuando interactúan entre sí. Utilizó un contexto de bolas colocadas en cajas, así como la interacción de sólidos de Einstein, un sistema físico más complicado que el sistema binario antes mencionado. Encontró que muchos estudiantes tienen dificultad para determinar la multiplicidad combinada de los dos sólidos juntos a partir de cada una de sus multiplicidades individuales. Un 60% de los estudiantes sumó las multiplicidades de partes constituyentes, en lugar de multiplicarlas. También encontró que los estudiantes a menudo consideraban que el macroestado más probable es aquel en el que cada sólido tiene la misma cantidad de energía, lo cual sólo es cierto si los sólidos que son de igual tamaño.

Loverude informó en sus artículos sobre los resultados de la aplicación de los tutoriales *Contando Estados* y *Estados en el Sólido de Einstein*, creados para abordar las dificultades discutidas. *Contando Estados* usa el contexto de tirada de monedas para derivar la distribución binomial, focalizando en la distinción entre microestado y macroestado y cómo se los define en un determinado contexto físico. *Estados en el Sólido de Einstein* aborda la distinción de lo que constituye un macroestado y un microestado en ese caso y el cálculo del número de microestados correspondiente a cada macroestado. Se utiliza una representación simbólica de los osciladores y las unidades de energía para establecer una analogía entre la relación oscilador-energía en el sólido de Einstein y la relación cara-cruz en la tirada de monedas. Casi la totalidad de los estudiantes que participaron en el tutorial respondió correctamente a una pregunta cualitativa de examen que requería una distinción entre microestado y macroestado. Sólo el 50% de los estudiantes, sin embargo, aplicó correctamente estas definiciones en un caso cuantitativo en el que se les pidió que determinaran la probabilidad de una secuencia de tiradas de moneda (un microestado).

Weber (2009) llevó adelante un estudio en profundidad con ocho estudiantes de profesorado de ciencias que habían realizado cursos introductorios de física y de química. Se realizaron cuatro entrevistas, en cada una de las cuales los estudiantes realizaban una tarea y respondían preguntas relacionadas con la misma y los conceptos involucrados. El estudio mostró que las concepciones de los estudiantes sobre probabilidad y estadística afectan fuertemente sus concepciones de entropía. El análisis detallado de las actividades y entrevistas realizadas por cada participante permitió identificar dificultades sobre combinatoria y análisis probabilístico que afectaban de modo particular la capacidad de cada estudiante para abordar una interpretación estadística de entropía.

Uno de los hallazgos generales del estudio es que los estudiantes no realizan las conexiones adecuadas entre los conceptos de probabilidad, aleatoriedad y entropía. Si se pretende abordar una descripción estadística del concepto, los estudiantes necesitan estar mejor preparados en conceptos estadísticos, especialmente referidos a la probabilidad de un evento, comparaciones de probabilidad y cálculo del tamaño de espacios de muestra (es decir, combinaciones). Eso sugiere que se deben desarrollar estrategias para presentar el concepto de entropía de manera integral. Es necesario poner de relieve la naturaleza de partículas de la materia, llamar la atención sobre el gran número de microestados de un sistema, comparar la probabilidad de los varios microestados y abordar el movimiento aleatorio del sistema a través de los varios microestados. Más importante aún, es necesario ayudar a los estudiantes universitarios a comprender cómo se relacionan estos conceptos con la entropía de un sistema.

ANÁLISIS A POSTERIORI (IDONEIDAD EPISTÉMICA Y COGNITIVA).

¿Qué dificultades evidenciaron los alumnos para realizar la tarea propuesta? ¿Pudieron ejecutar los procedimientos solicitados?

En general, los informes evidenciaron que los alumnos trabajaron con el applet sin dificultades y realizaron la tarea propuesta en cuanto al reconocimiento de la multiplicidad correspondiente a los diferentes macroestados del sistema, completando la tabla solicitada.

¿Comprendieron adecuadamente la situación presentada en el applet?

Se observó en algunos grupos una dificultad en cuanto a reconocer a qué tipo de sistema podía corresponder el modelo representado en el applet, particularmente debido a la distribución de las partículas en niveles discretos de energía de intervalos regulares. En general, la idea de los estudiantes correspondió a asociar el sistema modelizado con un gas. Sin embargo, ese caso no responde de manera inmediata a los niveles discretos regulares de energía que se muestran en el applet. No obstante, como explica Sperandeo (2000), ese modelo fue el utilizado por Boltzmann en su artículo de 1872, planteando niveles discretos y proponiendo luego un pasaje al límite cuando ε tiende a cero.

¿Establecieron relaciones adecuadas entre los diferentes lenguajes utilizados?

En cuanto al lenguaje, no se observaron mayores dificultades. Los estudiantes trabajaron con registros semióticos diferentes (lenguaje formal, verbal, icónico, etc.), relacionándolos adecuadamente. Debe mencionarse, no obstante, que algunos grupos mostraron interpretaciones erróneas de la expresión: $E= n_1\,\varepsilon+n_2\,2\varepsilon+n_3\,3\varepsilon+\ldots+n_n.n\varepsilon$, que en realidad evidenciaban confusiones en cuanto al modelo representado en el applet.

¿Lograron los alumnos la apropiación de los conocimientos pretendidos?

Hubo grupos que alcanzaron, en la realización de la tarea los niveles de comprensión y diferenciación conceptual esperados. Sus respuestas, particularmente en lo que se refiere a los temas planteados para reflexionar, mostraron que comprendían la vinculación entre macroestado más probable y equilibrio así como la incidencia del número de partículas en la percepción o no de las fluctuaciones.

> *"El número de partículas que constituyen el sistema incide de la forma en que si tenemos un número muy chico de partículas se podrán observar cambios macroscópicos, mientras que en un número grande de partículas no se observarán cambios de esta naturaleza".*
>
> *"Se producen cambios macroscópicos, ya que al cambiar de macroestado cambian las variables de estado".*
>
> *"El número de partículas incide en que si tenemos un número muy pequeño de partículas, podrían observarse cambios macroscópicos en el sistema, en cambio para un gran número de partículas no se observarán cambios en el estado macroscópico".*
>
> *"También vemos (según tablas de valores) que en una misma experiencia (es decir manteniendo constante la E_T y a N) hay macroestados que poseen mayor nº de microestados (Ω) que los demás, teniendo así una mayor probabilidad de aparecer que el resto".*
>
> *"Es de esperar, entonces que el sistema evolucione en el tiempo hacia el macroestado correspondiente al de mayor microestados accesibles, es decir el más probable y se estabiliza allí, aunque con posibles fluctuaciones".*
>
> *"Una vez alcanzada esta distribución existe casi la certeza de que el sistema permanecerá en ese estado macroscópico, que es enormemente mas probable que los otros. Se puede decir entonces que éste es el estado de equilibrio".*
>
> *"Si el sistema se prepara inicialmente de modo tal que se encuentra en un macroestado II , y que luego las partículas (por razones internas, como por ejemplo, interacciones entre ellas), pudieran cambiar de nivel, manteniendo el sistema aislado, es decir, sin modificar su energía total; el sistema podría estar entonces en cualquiera de sus microestados accesibles (totalidad de microestados), pasando sucesivamente por cualquiera de ellos. Sin embargo, dado que hay una configuración que es la más probable, el sistema se encontrará la mayor parte del tiempo en alguno de los microestados que corresponden a ese macroestado".*
>
> *"Una vez alcanzada esta distribución existe casi la certeza de que el sistema permanecerá en ese estado macroscópico, que es enormemente más probable que los otros. Se puede decir entonces que éste es el estado de equilibrio".*

Algunos grupos avanzaron más allá de lo que las consignas solicitaban, estableciendo relaciones entre los tres applets trabajados y reflexionando en el tercero en términos de entropía, irreversibilidad e, incluso, realizando algunas anticipaciones vinculadas a la distribución de Maxwell Boltzmann.

"Cuando el sistema evoluciona hacia su macroestado más probable ($\Omega=\Omega_{máx}$), éste alcanza la entropía máxima (manteniéndose en un valor constante) de manera tal que se llega al equilibrio".

"Cuanto más partículas se consideren mayores serán las probabilidades de que el sistema evolucione hasta una situación de equilibrio y menores serán las dispersiones observadas en torno a este caso, por tratarse de un proceso irreversible".

"Cuando se está trabajando con una cantidad de partículas muy grande (como un gas por ejemplo), uno puede dar por descontado que el sistema está en "equilibrio", entendiendo por esto que todas sus partículas tienen aproximadamente la misma energía y que las variables P, V, T ya tomaron valores estables y no serán modificados…cosa que es posible, pero altamente improbable".

Otros grupos, en cambio, evidenciaron dificultades de comprensión. Sintetizamos a continuación las principales dificultades encontradas:

- ✓ **No reconocimiento de la posibilidad de fluctuaciones,** A pesar que las consignas del applet (particularmente las cuestiones para reflexionar, apuntaban a reconocer fluctuaciones en el equilibrio, algunos grupos negaron sistemáticamente esa posibilidad. O, si las aceptaban, las interpretaban como un fenómeno microscópico.

"Si el sistema se encuentra en equilibrio,… no se producen cambios macroscópicos en el sistema, cualquiera fuese el número de partículas del sistema".

"Cuando el sistema está en equilibrio los n_i varían, sin embargo esto no produce efectos macroscópicos.".

"…Los ni pueden cambiar fluctuando alrededor de los valores de equilibrio sin que se produzcan efectos macroscópicos".

"…una vez que el sistema evolucionó, su estado macroscópico (presión, volumen, temperatura), se mantiene constante, con lo cual no se producen efectos macroscópicos. En cambio, hay cambios microscópicos".

- ✓ **Dificultad para reconocer la incidencia del número de partículas en la observación de fluctuaciones**

"Cuanto más partículas existan mayor será el número de macroestados y microestados asociados; se producirán distintas interacciones que alterarán el estado microscópico de las partículas pero mantendrán constante al sistema (debido a la condición de entropía)".

"Si el sistema está en equilibrio, …no se producen cambios macroscópicos en el sistema, cualquiera fuese el número de partículas del sistema".

- ✓ **Explicaciones híbridas,** donde a pesar de asociar el equilibrio con el macroestado más probable, se mantiene una visión determinista del segundo principio, propio de la termodinámica clásica, planteando que el sistema aislado evoluciona inexorablemente hacia el equilibrio y se mantiene luego indefinidamente en ese estado.

"Debido a las interacciones… [el sistema va]… evolucionando hacia su macroestado más probable"

"Cada estado macroscópico irá variando hasta convertirse en uno de mayor probabilidad"

"Una vez que el sistema alcanza esta distribución, trata de mantenerse allí, debido a que es la que más cómoda le sienta (estado macroscópico más probable). El sistema está en equilibrio y en caso de pasar a otro macroestado, éste trata de volver al macroestado más probable."

DISCUSIÓN

Un enfoque estadístico para abordar el concepto de entropía requiere la introducción de conceptos matemáticos de probabilidad y, principalmente, un cambio en la manera como concebimos los fenómenos físicos. El requisito para pasar de modelos deterministas a modelos probabilísticos implica la posibilidad de modificar la forma de mirar la realidad y la de concebir las relaciones entre modelos, teorías y fenómenos empíricos.

Si bien el análisis presentado en este trabajo es parcial, ya que se ha considerado sólo una de las simulaciones seleccionadas por el profesor, podemos adelantar que las otras dos fueron trabajadas adecuadamente por la mayoría de los grupos y se han observado menos dificultades en la interpretación y ejecución de las tareas y en las respuestas a las consignas planteadas. En términos generales, el análisis indica que los modelos y situaciones exploradas en los applets seleccionados por el profesor constituyen un escenario interesante para ayudar a los estudiantes a desarrollar las ideas centrales del enfoque. Sin embargo, se observan aspectos que deberían considerarse para optimizar la implementación de la propuesta.

Refiriéndonos puntualmente a la actividad analizada, hemos visto que, si bien una cantidad importante de grupos logró una adecuada apropiación de los conocimientos pretendidos, otros evidenciaron problemas, que pueden asociarse a la dificultad para incorporar un modo de razonamiento probabilístico que explica comportamientos macroscópicos en términos de configuraciones microscópicas, y a la dificultad para asociar el modelo presentado en la simulación con un sistema físico específico. Cabe destacar que, si bien la presentación de las configuraciones en el applet son icónicas y concretas, el modelo presentado tiene un carácter abstracto, ya que no alude a ningún sistema físico real, haciendo sólo referencia a una distribución de partículas en niveles discretos de energía.

Por otra parte, la idoneidad epistémica y cognitiva no son los únicos aspectos a considerar. Las otras dimensiones de análisis planteadas para considerar la idoneidad didáctica (mediacional, emocional, ecológica, interaccional) aportan consideraciones importantes a tener en cuenta. Particularmente, la modalidad adoptada por el profesor para la realización de la actividad fuera de clase, si bien resolvió un problema de no disponibilidad de computadoras en el aula, impidió su interacción con los estudiantes durante la ejecución de la tarea. Aún manteniéndola fuera de las clases normales. se podría haber establecido algún mecanismo de interacción a través de email o redes sociales. Probablemente, el diálogo con los alumnos habría alertado a tiempo al profesor sobre interpretaciones erróneas o conflictos semióticos, permitiéndole tratar los mismos

Para finalizar, queremos remarcar que, si bien la disponibilidad de recursos tecnológicos (en la modalidad de "applets" y otros tipos de programas interactivos) es cada vez más abundante, su incorporación en la enseñanza y el aprendizaje no es inmediata ni transparente. Consideramos necesario abordar de manera sistemática la cuestión tecnológica del diseño, desarrollo y evaluación de propuestas de intervención en el aula y, en ese sentido consideramos que la noción de idoneidad didáctica y sus diferentes facetas pueden brindar aportes efectivos.

REFERENCIAS

Artigue, M. (1995). Ingeniería didáctica. En Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., Gómez, P. (eds.). *Ingeniería didáctica en educación matemática, una empresa docente*. Méjico: Grupo Editorial Iberoamérica. pp. 33-59.

Bucy, B.R.; Thompson, J.R.; Mountcastle, D.B.(2006). What is Entropy? Advanced Undergraduate Performance Comparing Ideal Gas Processes. En P. Heron, L. McCullough y J. Marx eds.:*2005 Physics Education Research Conference Proceedings*, 77-80.

Carson, E.M.;Watson, J.R. (2002) Undergraduate students' understandings of entropy and Gibbs free energy. *University Chemistry Education*, 6, 4–12.

Christensen, W. ; Meltzer, D.; Ogilvie, C. (2009) Student ideas regarding entropy and the second law of thermodynamics in an introductory physics course. *Am. J. Phys.,* **77** (10).

Duit, R.; Kesidou, S. (1988). Students' Understanding of Basic Ideas of The Second Law of Thermodynamics. *Research in Science Education*, 18, 186-195.

Godino, J. D. (2011). Indicadores de la idoneidad didáctica de procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas *XIII CIAEM-IACME, Recife, Brasil, 2011*

Godino, J. D.; Batanero, C.; Font, V. (2006). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada. [Disponible en Internet: http://www.ugr.es/local/jgodino/indice_eos.htm]

Godino, J. D.; Batanero, C.; Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. ZDM. *The International Journal on Mathematics Education*, 39 (1-2), 127-135.

Godino, J. D.; Bencomo, D.; Font, V.; Wilhelmi, M. R. (2007). Análisis y valoración de la idoneidad didáctica de procesos de estudio de las matemáticas. *Paradigma*, XXVII (2), 221-252.

Godino, J. D.; Contreras, A.; Font, V. (2006). Análisis de procesos de instrucción basado en el enfoque ontológico-semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactiques des Mathematiques, 26* (1), 39-88.

Godino, J. D.; Recio, A.; Roa Guzmán, R.; Ruiz López, F.; Pareja Pérez, J.L. (2006). Criterios de diseño y evaluación de situaciones didácticas basadas en el uso de medios informáticos para el estudio de las matemáticas. *Números*, ISSN 0212-3096, Nº. 64

Godino, J.D.; Wilhelmi, M. R.; Bencomo, D. (2005). Suitability criteria of a mathematical instruction process. A teaching experience of the function notion. *Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education*, 4.2: 1–26.

Johnstone, A.; MacDonald, J.; Webb, G. (1977). Misconceptions in school thermodynamics. *Physics Education*, May, 248-251.

Kesidou, S.; Duit, R. (1993). Students' Conceptions of the Second Law of Thermodynamics - An Interpretive Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85-106.

Loverude, M.E. (2009) Student understanding of basic probability concepts in an upper-division thermal physics course. *2009* P*hysics Education Research Conference Proceeding*.

Loverude, M.E. (2010) Investigating Student Understanding for a Statistical Analysis of Two Thermally Interacting Solids. *2010 Physics Education Research Conference Proceedings.*

Pinto Casulleras, R. (1991) Algunos conceptos implícitos en la 1ra y la 2da Ley de la Termodinámica: una aportación al estudio de las dificultades de su aprendizaje. (Tesis Doctoral). Departamento de Física, Universitat Autonoma de Barcelona.

Ribeiro, G.T.C. (1992). Entropy and the second principle of Thermodynamics - Fourth year undergraduates' ideas. *Research in Assessment,* Vol. IX, 23–36, Royal Society of Chemistry, London.

Selepe, C.; Bradley, J. (1997). Student- Teacher's Conceptual Difficulties in Chemical Thermodynamics. In M. Sanders, (Ed), *SAARMSE Fifth Annual Meeting* (pp. 316-321). University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa, 1997.

Sozbilir, M. (2001). A Study of Undergraduates' Understandings of Key Chemical Ideas in Thermodynamics. Ph.D. Thesis, University of York, York, UK, 495 p.

Sözbilir, M.; Bennett, J.M.(2007). A study of turkish Chemistry undergraduates' understandings of entropy. *Journal of Chemical Education*, 84(7), 1204–1208.

Sperandeo, R.M. (2000). Teaching the entropy concept by transforming Boltzmann's conjectures into computer experiments *Acta Scientiarum* 22(5):1249-1261.

Thomas, P.L.; Schwenz, R.L. (1998). College Physical Chemistry Students' Conceptions of Equilibrium and Fundamental Thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1151-1160.

Weber III, J.J. (2009). Post-secondary Science Students Conceptions of Randomness and Entropy. Ph.D. Thesis. Universidad de Georgia.

INCIDENCIA DE ALGUNAS CUESTIONES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN CIENCIAS

Colombo de Cudmani, Leonor[1]; Moya de Ovando, Mónica[2]

[1] Departamento de Física. FACET. Universidad Nacional de Tucumán; [2]Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
lcudmani@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

En un trabajo anterior se analizaron algunos problemas que se presentan con frecuencia en las investigaciones educativas en ciencia sobre todo en trabajos de noveles investigadores. Para aportar mayores evidencias, se estudia la incidencia de estas patologías en distintas instancias de trabajo en Investigación Educativa en ciencias (IEC): presentación de proyectos a organismos evaluadores y financiadores (CECyT, Consejos de Investigación de Universidades Nacionales, PROFOR); planes de trabajo y partes de avance de alumnos de Maestrías en Enseñanza de las Ciencias y trabajos para ser presentados y difundidos en Congresos y Revistas del área.

Los resultados pueden ser de utilidad para investigadores que se inician en esta actividad.

Palabras claves: Investigación educativa, Ciencia, Dificultades, Calidad de la Investigación.

ABSTRACT

In an earlier paper some problems that arise frequently in educational research in science especially in novice researchers work, were analyzed. To provide further evidence, we study the incidence of these problems at different levels of work in Science Education Research (SER): presentation of projects to funding agencies (Gecyt, the Research Council of National Universities, ETPES), of students of Master in Science Teaching and papers to be presented in conferences and journals in the area.

The results can be of use for researchers who are new in this activity.

Keywods: Educational Research, Science, Problems, Quality of Research.

INTRODUCCION

Como señalábamos en un trabajo anterior (Colombo de Cudmani, 2002) investigadores que encaran sus tesis de maestrías y doctorados como en la evaluación de la investigación educativa en ciencias, a la hora de juzgar proyectos de investigación y sus avances y conclusiones, trabajos de post graduación, trabajos para ser publicados, se presentan frecuentemente algunos aspectos que atentan contra la calidad (Roberts; 1996) de la investigación.

En este trabajo se analizaran muestras concretas de trabajos y proyectos, en general de investigadores noveles, con el propósito de aportar mayores evidencias de estas patologías que muchas veces suelen ser causa del fracaso o de la pérdida de calidad de las investigaciones realizadas.

Consideramos que este análisis puede ser un aporte útil, sobre todo para quienes se inician en el campo de la IEC, para mejorar la calidad de sus planes y propuestas.

Aparecen así cuestiones referidas a:

- Tomar campos, ámbitos y contextos de investigación demasiado amplios, con lo que se dificulta la obtención de datos válidos y confiables para responder a las preguntas o hipótesis que se investigan,
- a falta o uso indebido del marco conceptual que guía la investigación,
- en la búsqueda de precisión y rigor se cae a menudo a un manejo algorítmico de datos sin la debida reflexión sobre sus grados de incertezas, y
- la búsqueda de generalizaciones lleva, a menudo, a otorgar demasiada confianza en la correlación como prueba de relación causal sin aportar otras fundamentaciones que avalen la conclusión

REFERENCIALES TEÓRICOS

Tomaremos como marco de referencia conceptual cuestiones que se abordaron en el debate referente a la IEC. Si bien aparecen en la literatura referencias a otros tipos de paradigmas o a otras formas de denominarlos, en lo que se refiere a la IEC el debate estuvo planteado desde el comienzo entre los mal llamados paradigmas cuantitativos y cualitativos.

Se analizó esta cuestión desde una perspectiva histórica (Colombo de Cudmani, 2002) En él sosteníamos que *"en los trabajos encarados con metodología cuantitativa, la búsqueda de precisión y rigor conduce a menudo a un manejo algorítmico de datos sin la debida reflexión sobre sus grados de incertezas. Por otra parte la búsqueda de generalizaciones lleva, a menudo, a otorgar demasiada confianza en la correlación como prueba de relación causal y con frecuencia no se tiene en cuenta la posibilidad de que las dos variables relacionadas sean, a su vez, dependientes de una tercera. En los trabajos en que predomina una lógica cualitativa, los referenciales teóricos y las validaciones de los argumentos que conducen a las conclusiones no están suficientemente fundados y contextualizados.*

El paradigma fue el de las ciencias experimentales como la Física (Bunge, 1976), ... En esta visión cuantitativa el investigador estudia objetos que están en la sociedad, los descubre, y busca leyes y generalizaciones sobre su comportamiento. Puesto que sus objetos de estudio son "observables" se comprende que en el campo de la educación esta posición generará el paradigma conductivista. (Pozo, 1994; Moreira, 1999). El investigador es neutro, en busca de objetividad con respecto al objeto, no emite juicios de valor. Las regularidades y leyes no solo sirven para explicar sino también para predecir.

Por cierto que la generalización fundada es especialmente valiosa en enseñanza de las ciencias ya que se trata de una investigación aplicada donde se valora altamente la posibilidad de transferencia al aula. Son buenos ejemplos el éxito y rápida aceptación de la investigación sobre preconcepciones, sobre las estrategias de generación de conflictos y generación de obstáculos, sobre modelos de desarrollo cognoscitivo de Piaget y Vigotsky"

Se buscan regularidades y leyes usando los métodos de inferencia inductivo: concomitancia y correlación (Mills; 1930).

observables ⟶ medibles ⟶ tratamiento estadístico

Dentro de esta lógica el método de la "variación concomitante" permite "descubrir" y "demostrar" la existencia de conexiones causales.

"Los trabajos de Piaget (1979), Vigotsky (1989) en lo psicológico, y nuevamente Piaget, Popper (1962), Khun (1977, 1962, 1965), Vigotsky (1989) en lo epistemológico van a introducir un cambio de paradigma que por cierto está ligado epistemológicamente al cambio paradigmático que se desencadena en las ciencias naturales, particularmente en la física con las ideas relativistas y con la mecánica cuántica. Las ideas de objetividad, de realidad del objeto físico, de observable, de ley determinista son cuestionadas por los científicos y los epistemólogos de las ciencias.

"Estas críticas y la de otros filósofos señalaban los fundamentos del paradigma cualitativo – interpretativo con que hoy se trabaja:

- *la inseparabilidad de las interrelaciones entre el objeto de la investigación y el sujeto investigador.*
- *la crítica a la búsqueda de regularidad o leyes causales determinista en la investigaciones sociales.*
- *La necesidad de buscar una comprensión interpretativa. La hermenéutica, entendida como interpretación …..de eventos o sucesos dentro de un contexto de tal modo que los significados adquieran significados más claros y precisos".*

"En un trabajo anterior (199, Cudmani) sosteníamos: "No solo los hechos carecen de significación por sí mismos y deben ser interpretados a partir de ciertas conceptualizaciones, también los conceptos y proposiciones adquieren significados más objetivos y precisos dentro de un contexto teórico. Contra la concepción basada en un inductivismo ingenuo según la cual los significados quedan claramente determinados por una definición operativa a partir de observaciones, como meras generalizaciones de los hechos, lo que aquí se sostiene es que los enunciados observables usan siempre el contexto de alguna teoría, explícita o no. Estos enunciados y conceptuaciones serán tan precisos como lo sea el marco conceptual o teórico que se tome como referencia."(Op cit 2002)

En este debate aparecido en un primer momento una interpretación excluyente. El uso de uno de estos enfoques excluía aportes del otro

*"Estas visiones diferentes se traducen en una **total incompatibilidad** de objetivos de investigación de metodologías y de criterios. El cuadro siguiente trata de esquematizar esas diferencias:*

INTERPRETTIVA -CUALITATIVA	***RACIONALISTA - CUANTITATIVA***
Comprensión e interpretación subjetiva del comportamiento de los actores del evento.	*Búsqueda de generalizaciones de regularidades entre variables definidas en un modelo explícito.*
Interpretación del lenguaje, de los gestos, etc. en busca de la comprensión que el individuo da a su acción.	*Control de hipótesis.*
Interpretación del fenómeno a partir de las interpretaciones de los actores.	*Diseños experimentales que permitan controlar las incertezas.*
El método predominante indirecto (de los hechos a la teoría).	*Manejo estadístico de relaciones y correlaciones.*
Aproximaciones holísticas (totalizadoras sin recortes o identificación de variables).	*El método predominante es el hipotético deductivo (de la teoría a los hechos).*
Conceptos explicitados por propiedades y relaciones.	*El distanciamiento del investigador del objeto investigado (objetividad respecto del objetivo).*

Pero pronto surgieron otros puntos de vista, anuestro entender supoeradoraes, que implican una visión menos radical.Basada fundamentalmente en las epistemologías neo y pos positivistas, la idea de complementariedad y de unidad sostiene que ambos enfoques son válidos, y que la mayor o menor eficiencia de una u otra metodología de investigación depende de los fines y objetivos de la investigación.

"En síntesis, sea cual sea su objeto de estudio natural o social el investigador no puede independizarse de sus modelos ni de los juicios de valor. La dicotomía entre cantidad y cualidad no puede sostenerse : no puede haber rigor ni precisión cuantitativa sin el debido rigor cualitativo tanto en ciencias fácticas como en ciencias sociales"(op cit)

En este trabajo adherimos a la concepción de unidad o por lo menos de complementariedad de los paradigmas, poniendo el énfasis en la calidad de la investigación más que en el tipo de metodología usada. La misma complejidad del problema educativo es favorable a una argumentación que sostiene que su abordaje desde los distintos enfoques permite lograr una mayor y mejor comprensión, y un mayor poder explicativo y predictivo.

Por ello señalaremos como criterios guías algunos consensos alcanzados para juzgar la calidad de la investigación:

1.Explicitación de los marcos teóricos de referencia, fundamentales para otorgar significados claros y precisos a las conceptuaciones (Colombo de Cudmani, Pesa, 2008) y proporcionar criterios que guíen la investigación.

2.Definición clara del ámbito y el contexto de la investigación teniendo en cuenta que la recolección de datos valiosos y confiables sea factible.

3.Coherencia entre este marco teórico y las distintas cuestiones abordados en la investigación; caracterización de objetivos, búsqueda y análisis de datos, elaboración de resultados.

4.Importancia de fundamentar lógica y epistemológicamente cada una de las afirmaciones y conclusiones.

5.Importancia de fundamentar la validez y fiabilidad de los instrumentos y los datos recogidos.

6.Utilización correcta de las cuantificaciones y de la estadística, teniendo en cuenta los límites que se derivan de la validez y la fiabilidad de instrumentos y datos.

A partir de estos consensos se definirán las categorías a investigar en las distintas muestras usadas para recoger la información.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se propone a modo de hipótesis que existen ciertos núcleos de dificultad que aparecen con marcada frecuencia en los trabajo0s de investigadores noveles, a saber:

1. Tomar campos, ámbitos y contextos de investigación demasiado amplios, con lo cual de afecta la validez y la confiabilidad de datos y resultados,
2. la falta o uso indebido del marco conceptual que guía la investigación,
3. manejo algorítmico de datos sin la debida reflexión sobre sus grados de incertezas, y
4. se toma la correlación como prueba de relación causal sin aportar otras fundamentaciones que avalen la conclusión.

El propósito de este trabajo es el de definir categorías de análisis para identificar las principales falencias mencionadas en la planificación y desarrollo de IEC y evaluar la incidencia de estas cuestiones en determinados contextos tales como la planificación, avances y conclusiones de proyectos de investigación, de tesis de postgrado, trabajos para ser publicados en revistas y memorias.

Categoría I: Referidas al marco teórico de referencia: como destacamos en un trabajo anterior (Colombo de Cudmani, 2002) la caracterización y el uso eficiente de los referentes teóricos suele ser una de las más marcadas diferencias entre las propuestas de los investigadores experimentados y los noveles. Entre estos últimos la ausencia de esos referentes es muy frecuente pues no se ha tomado aún conciencia de su rol primordial para otorgar significados y guiar la investigación cualquiera sea el enfoque metodológico.

Explicitar el marco de referencia es un requisito epistémico fundamental a la hora de otorgar significados más claros y precisos a las conceptuaciones, facilitar la identificación de criterios que guíen la investigación, tanto en la formulación de los problemas, en la planificación de la metodología de investigación y para la convalidación de las hipótesis entendido como un sistema dinámico en revisión y realimentación permanente en el cual el modelo y el proceso de investigación están constantemente en relación dialógica. El modelo guía la investigación, la investigación realimenta y reconstituye el modelo. Sin embargo, es frecuente que el marco se explicite al comienzo de las propuestas de investigación pero luego no se tenga en cuenta en el resto de la indagación.

Podría ocurrir que la investigación se encuadrara en una visión etnográfica radical en cuyo caso la no explicitación del marco es una norma metodológica. En las muestras que se analizaron no se registró ningún caso de este tipo.

Definiremos así como categoría de análisis:

I Análisis del marco conceptual

Distinguiremos dos dimensiones:

Ia El marco de referencia no está explicitado en la investigación.

Ib El marco es explícito pero el resto de la investigación: objetivos, criterios de análisis, resultados y conclusiones no son coherentes con dicho marco.

Categoría II: Referidas a la habitual confusión entre concomitancia y correlación con causalidad.

Con frecuencia se detecta en la literatura una falencia lógica y epistemológica consistente en suponer que si dos o más variables aparecen altamente correlacionadas garantiza que hay entre ellas una relación y más aún una relación causa-efecto y se extraen conclusiones las cuales son, por lo menos, apresuradas (Mill; 1952).

Para fundamentar la relación o la causalidad se hace necesario recurrir a otros argumentos que justifiquen esta interpretación.

Para el análisis definiremos como categoría de análisis:

II Se considera la correlación como razón no solo necesaria sino suficiente para establecer un nexo causal entre variables.

Categoría III: Referidas a la amplitud del ámbito temático y del contexto en el que se desarrollará la investigación

Entendemos que el ámbito, mide la extensión del campo factual que abarca la investigación; considerando que la precisión o adecuación que se logra en las conclusiones, en relación al campo que se estudia resulta que estas dos propiedades no son, en general, independientes. Es posible aumentar el ámbito de una investigación, permitiendo un grado mayor de ambigüedad y vaguedad pero, reduciendo el ámbito, es posible lograr mayor precisión (Colombo de Cudmani L, Salina, Jaen; 2000).

Como señalábamos en el trabajo anterior una característica bastante frecuente en los marcos referenciales y las temáticas que proponen quienes se inician en la Investigación Educativa en Ciencias es un exceso de generalidad. Se proponen campos de investigación muy abarcativos sobre problemas a abordar sin los recortes al ámbito y al contexto de aplicación, por lo cual se dificulta alcanzar grados razonables de precisión y profundidad en la obtención de los datos.

Se proponen por ejemplo temáticas y contextos como: "El campo escolar, un espacio social para la producción de trayectorias escolares en el nivel medio y de formación docente" o "Evaluación de los aprendizajes en el área de Tecnología, en la EGB3 y Polimodal" sin considerar la factibilidad de recolectar datos válidos y fiables que permitan extraer conclusiones confiables.

Por cierto que esto no debe tomarse como criterio rígido. Un ámbito y un contexto muy amplio y abarcativo podría justificarse si se tratara de una primera aproximación exploratoria a un campo de investigación. En nuestro análisis se ha tenido en cuenta que esa amplitud sea en realidad un obstáculo para la calidad de la investigación que se encara.

Definiremos la correspondiente categoría de análisis como:

III Se propone un ámbito y un contexto demasiado amplio que dificulta la recolección de datos válidos y confiables.

Categoría IV: Referidas a utilización incorrecta de las cuantificaciones y de la estadística, sin tener en cuenta los límites que se derivan de la validez y la fiabilidad de Instrumentos y datos

Cuando se analiza el grado en que se presenta una variable se suele asignar a cada uno de estos grados un número; por ejemplo, se trata de "estimar el grado de dificultad de un problema de aprendizaje" y se usa una escala de cinco puntos*: muy difícil, difícil, de dificultad media, fácil, muy fácil* y se asigna a cada una de esas evaluaciones cualitativas un número sin tener en cuenta que este no es el resultado de una medición de magnitudes sino una estimación simbólica que evalúa una cualidad.

A partir de esta representación numérica de la cualidad se opera con ella como si fueran magnitudes y se los somete a sofisticados controles estadísticos, sin tener en cuenta el grado de precisión de cada uno de esos "números".

De esta práctica resultan datos con tres y cuatro cifras significativas, lo que implica que se suponen incertezas del orden de 1 o de 0,1 %, sin tener en cuenta que por lo menos hay una incerteza de medio punto, que en nuestro ejemplo significaría una incerteza de 10 %. Y además, no se está teniendo en cuenta la posible asignación de puntajes por distintos investigadores (confiabilidad) ni por el mismo investigador en distintos tiempos (estabilidad).

A partir de datos con un dígito se obtienen coeficientes con tres o cuatro, se someten estos resultados a controles estadísticos y se extraen conclusiones en base a diferencias que, en muchos casos, están muy por debajo de las incertezas de sus "mediciones".

"Cuando se usan metodologías cuantitativas, como ya se ha analizado, es muy importante tener muy presente que la precisión cualitativa debe preceder a cualquier intento de precisión cuantitativa. Si las variables que se cuantifican no están suficientemente definidas, si su estimación en términos cuantitativos no se acompaña con el análisis de su validez, si su confiabilidad y su fiabilidad no han sido debidamente analizadas y evaluadas los resultados y conclusiones que se extraigan carecerán de valor y rigor científico"(Colombo de Cudmani, 2000).

Definimos así la categoría:

IV Uso incorrecto de las cuantificaciones y de la estadística.

INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS MISMOS

A fin de evaluar el grado en que estas categorías aparecen en la IEC en especial en investigadores que se inician en esta tarea (investigadores noveles) se analizaron documentos de las siguientes muestras:

Muestra A: Planes y partes de avances de 16 alumnos de Maestrías en Enseñanza de las Ciencias. El total de documentos analizados fue de 58, 16 planes de trabajo y 42 partes de avance.

Estos investigadores pueden caracterizarse como investigadores noveles, que están formándose en la IEC.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Categoría I: Análisis del marco conceptual

Subcategoría Ia: El marco de referencia no está explicitado en la investigación

Se trabajó sólo con los 16 planes de trabajo.

El resultado fue de **2/16 (13%)**

Esta incidencia aparentemente muy baja no lo es tanto si se tiene en cuenta que en las normas de postgrado para la presentación de tesis se hace referencia explícita a dicho marco conceptual.

Subcategoría Ib: El marco es explícito pero el resto de la investigación: objetivos, criterios de análisis, resultados y conclusiones no son coherentes con dicho marco.

El análisis se verifica sobre los 14 que lo explicitaron y sobre los partes de avance:

Planes: 10/14 (71%)

Partes de Avance: 28/42 (62%)

Estos porcentajes son demasiado altos si se tiene en cuenta en que medida afecta, como se discutió anteriormente, a la calidad de la investigación

Categoría II: Correlación como razón no solo necesaria sino suficiente para establecer un nexo causal entre variables.

El análisis muestra que sólo se presenta esta categoría en 22 situaciones y la confusión se presenta en **15/22 (68%)**

Categoría III: Ámbito y contexto demasiado amplio que dificulta la recolección de datos válidos y confiables

Esta categoría se evalúa en los **Planes de tesis** y se obtiene una incidencia de **12/16 (75%)**

La hipótesis se confirma en un grado muy elevado de casos. Incide en todo el diseño y la calidad de la investigación y obliga a replantear las planificaciones, con las consecuentes frustraciones y pérdidas de tiempo

Categoría IV: Uso incorrecto de las cuantificaciones y de la estadística Esta categoría sólo se presenta cuando los trabajos de tesis han avanzado y aparece en 16 casos en que se presentan tablas o gráficos de valores.

El resultado obtenido es:

Partes de avance: 13/16 (81%)

Esta muestra es particularmente significativa si se considera que son alumnos de maestrías que han cursado y aprobado cursos sobre Metodología y Modelos de aprendizaje en donde estas cuestiones fueron analizadas.

Los altos porcentajes que se registran permitirían inferir que estas cuestiones son obstáculos epistemológicos resistentes al cambio que inciden en la calidad de las tareas de investigadores

Muestra B: Proyectos de Investigación presentados para su evaluación a diferentes organismos financiadotes tales como INFOD (Instituto de Formación Docente, Ministerio Nacional de Educación), FONCYT (Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica), Consejos de Investigaciones de Universidades Nacionales entre otros

Para el análisis se ha usado una muestra de 47 Proyectos de los cuales en 32 se dispone de evidencia que muestra que se trata de investigadores noveles.

Llamaremos $\mathbf{B_1}$ los 47 noveles y $\mathbf{B_2}$ a los 15 investigadores restantes.

Los resultados son:

Categoría I:

SUBCATEGORÍA Ia: Se encontraron según las muestras,

B_1: 2/32 (6,3%)

B_2: 1/15 (6%)

SUBCATEGORÍA Ib: Se observa para cada muestra,

B_1: 19/32 (59%)

B_2: 8/15 (53%)

Los porcentaje parecen mostrar que no hay demasiadas diferencias entre los comportamientos de ambos grupos.

Categoría II: No se registraron casos correspondientes a esta categoría pues se trata de Proyectos donde aun no se ha recopilado ni procesado información factual.

Categoría III: los datos recabados son,

B_1: 23/32 (71%)

B_2: 6/15 (40%)

Categoría IV: Sólo aparecen en B_1, 14 situaciones y en B_2, 7 casos. Los resultados son**,**

B_1: 12/14 (86%)

B_2: 5/7 (71%)

Si bien las muestras son pequeñas aparece evidencia de una fuerte incidencia de esta práctica tan poco científica en los trabajos de IEC.

MUESTRA C: Trabajos de investigación presentados para ser publicados en Revistas y Memorias de Congresos.

Se dispone de una muestra amplia de 95 trabajos; se analizaron **48 evaluados** en los últimos 5 años.

Como no se conocen los Currículos y en general ni siquiera los nombres de los autores, no se puede discernir si se trata de investigadores noveles o experimentados.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Categoría I:

Subcategoría Ia: 2/48 (4 %)

Subcategoría Ib: 30/48 (63%)

Si bien en general el modelo se explicita, hay un alto porcentaje de trabajos est5e no se usa luego en el desarrollo de la investigación por lo cual parece claro que su importancia no ha sido debidamente valorada por los autores

Categoría II: Se identificaron **18** casos. Presentan el problema **15/18 (83%)**

Resulta un porcentaje muy elevado, que afecta a la lógica de la investigación y que puede conducir a falsas interpretaciones y confusiones.

Categoría III: aparecen 12 casos. Es decir, **12/48 (24%)**

Parece razonable este resultado bastante más bajo que en las muestras anteriores cuando se tiene en cuenta que la necesidad, durante el desarrollo de la investigación, de generar datos válidos y confiables, determina el recorte de ámbitos temáticos y contextos. Se marca así una diferencia con los casos que se limitan a una planificación.

Categoría IV: Se identificaron **22** casos con datos numéricos en tablas y/o gráficos. Presentan el problema **18/22 (81%)**

Nuevamente se encuentra una alta incidencia de esta falencia que confirma la inferencia de que estamos ante un grave obstáculo epistemológico resistente al cambio y de fuerte incidencia en la calidad de las tareas de investigadores.

CONCLUSIONES

Se ha detectado la alta de incidencia que tienen algunos problemas que afectan a la calidad de la IEC, especialmente en quienes se inician en la investigación. Creemos que estos resultados pueden ser útiles a esos investigadores para evitar fracasos, frustraciones y pérdidas de tiempo.

También consideramos que debieran ser objeto de reflexión entre los formadores en esas investigaciones. Como vimos, los resultados en alumnos de Maestrías parecen indicar que estamos frente a núcleos de dificultad difíciles de superar, por lo cual habría que prestarles especial atención en los diseños curriculares de formación en la investigación.

Por cierto que estas conclusiones no deben interpretarse como criterios rígidos. Ellos son valiosos en la medida que cumplan con su objetivo: mejorar la calidad de las investigaciones. En lo referido al marco teórico ya señalamos como ejemplo que podría ocurrir que la investigación se encuadrara en una visión etnográfica radical. Asimismo ámbitos o contextos muy amplios podrían ser aceptables en trabajos exploratorios, como una primera aproximación al objeto de estudio. En nuestra indagación no se presentó esa posibilidad.

Por otra parte, creemos que los resultados obtenidos en la categoría IV son especialmente negativos, porque se introduce una práctica espuria que atenta directamente contra la calidad científica de los trabajos pues afecta directamente a la confiabilidad de los datos. En próximas indagaciones nos proponeos continuar con la indagación sobre la incidencia de este problema en trabajos publicados en revistas y memorias de conocido prestigio.

REFERENCIAS

Bunge M. (1976) La investigación científica. Ed. Ariel. Barcelona. España.

Colombo de Cudmani L, Pesa, M. (2008). La evolución de los significados de los conceptos científicos en relación con la estructura cognitiva de los estudiantes. *Ciência & Educação.* v. 14, n. 3, p. 365-80.

Colombo de Cudmani L., Salinas J., Jaen M. (2000) Epistemología de la Física: Tópicos introductorios. Edit. Facultad Ciencias Exactas y Tecnología. UNT. Tucumán. Argentina.

Colombo de Cudmani L.; Cudmani C. (1994). Sobre la asignación de puntajes en pruebas y exámenes. *Memorias REF IV,* pp. 189-195. Tucumán. Argentina.

Colombo de Cudmani, L. (2002). Cuestiones que plantea la Metodología de Investigación en Educación en Ciencias. *Memorias de SIEF*. Corrientes Argentina.

Cudmani L., Pesa M. (1993) La integración de aportes interdisciplinarios en la generación de una nueva disciplina: La educación en Física. *Rev. de Ens. de la Física (A.P.F.A).* FAMAF. Univ. Nac. de Córdoba. Argentina

Kuhn, H. (1965). Dilkey, Wilhelm (1833 – 1911) Collier´s Encyclop. Crowell. Collier Publis. Comp. USA.

Kuhn, T. (1962) The structure of scientific revolutions University of Chicago Press. USA.

Kuhn, T. (1977). Essential tension: selected studies in scientific tradition and change. Chicago Univ. Press. USA.

Mill J.S. (1952) System of Logic Libro III. Longmans Green Edic. . Londres.

Moreira M.A. (1999) Teorias de aprendizajem. Ed. Pedagógica e universitaria Lda. Sao Paulo. Brasil.

Piaget J. (1979) Tratado de lógica y conocimiento científico: Epistemología de las ciencias del hombre. Paidós Bs. As.

Popper, Karl R (1962) La lógica de la investigación científica. Editorial Tecnos. Madrid.

Pozo J.I. (1994) Teorías cognitivas del aprendizaje. Ed. Morata. Madrid. España.

Pozo J.I. (2000) Aprender y enseñar ciencia. Ed. Morata. Madrid. España.

Roberts, D.A. (1996). What counts as Quality in Qualitative Research?. *Sc. Educ*. 80 (3), pp. 243-248. USA.

Vigotsky L. (1989) El desarrollo de los procesos superiores Edit. Crítica – Barcelona – España.

LIBRO DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA DE FÍSICA, QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MODELIZACIÓN MATEMÁTICA BASADAS EN INVESTIGACIÓN

García de Cajén, S.[1], Rocha, A.[1], Domínguez Castiñeiras, J.M[2], Bravo, B.[1], Cajaraville Pegito, J.M.[2], Fernández Blanco, T.[2], García Barros, S.[3], Martínez Losada, M.A.[3], Pereira García, I.[2]

[1]Departamento de Profesorado en Física y Química, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.

[2]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Matemática. Facultad de Educación. Universidad de Santiago de Compostela. España.

[3]Departamento de Pedagogía y Didáctica. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de la Coruña. España.

E-mail: garciadecajen@gmail.com

RESUMEN

La investigación en didáctica de las ciencias, pone de manifiesto conocimiento sustantivo que retroalimenta a la misma comunidad de investigación. Pero, cada vez más, se sostiene la importancia que los resultados de la investigación alcancen efectos de mejora en la enseñanza de las ciencias. Idea que se refuerza cuando quienes investigan están vinculados con la formación inicial y continua de profesorado, dado que se considera fundamental que la investigación aporte sustentos teóricos-didácticos y modelos de transposición del conocimiento científico a través de materiales didácticos que el profesorado pueda utilizar para implementar en su clase de Física, Química, Biología o Modelizaciones Matemáticas en temas de ciencias. En ese sentido, el trabajo conjunto y cooperativo de nueve docentes-investigadores de una Universidad argentina y dos Universidades españolas, se ha plasmado en el libro titulado *Materiales Didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Educación Secundaria y Bachillerato* (Rocha, García de Cajén, Domínguez Castiñeiras (comp.), 2011), el cual se pretende presentar a través de esta comunicación.

Palabras claves: Libro, Secuencias de Enseñanza, Investigación, Ciencias

ABSTRAC

Research in science education demonstrates substantive knowledge and provides feedback to the research community itself. Increasingly, the importance of using research results for the purpose of improving the teaching of science is being argued.
Such an idea is reinforced when those investigating it are linked to the initial and continual training of teachers. It is considered essential that research contributes with theoretical and didactic support, and that transpositional models of the scientific knowledge are included in teaching materials that teachers can implement in their classes such as Physics, Chemistry, Biology, and Mathematical Modeling.
In this regard, the joint and cooperative work of nine researchers and teachers from different universities in Argentina and Spain have resulted in a book titled *Materiales Didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Educación Secundaria y Bachillerato* (Rocha, Garcia Cajén, Dominguez Castiñeiras (ed.), 2011), which is intended to present through this communication

Keyword: Book, Teaching sequences, Research, Science

INTRODUCCIÓN

En el proceso de diseñar la manera de enseñar y de llevar adelante las clases es relevante el papel que juega el contenido específico objeto de enseñanza. Shulman (1986) destaca la importancia de ser docente de determinada asignatura, por ejemplo: "profesor de Física" o "profesor de Química" porque considera que se aprende cómo enseñar contenidos específicos de la disciplina: "cómo enseñar energía eléctrica", "cómo enseñar equilibrio químico". Estos "cómo" implican la tarea de transformar el conocimiento de la asignatura, en una forma de conocimiento accesible para ser enseñada. En esa transformación se pone en juego el conocimiento acerca del estudiantado destinatario, sobre el currículum y las intenciones de la educación, de las habilidades para enseñar en general y del contenido de la asignatura, en particular. A ese conocimiento se lo denomina conocimiento pedagógico del contenido (CPC).

Si bien la formación de competencias para operativizar el CPC, es pertinente de la formación inicial y continua de profesorado, cada vez son más los investigadores de la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza que asumen el reto de dar un paso más transformando el conocimiento basado en la investigación, en aportaciones que integran las directrices del currículo, la experiencia de formadores de profesorado y los resultados de la investigación educativa. En la medida que el profesorado pueda disponer de este tipo de materiales didácticos, podría impactar en la mejora de las propuestas de aula.

En esa línea de aportaciones, los grupos de docentes investigadores de las Universidades del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) (Argentina), de Santiago de Compostela (USC) (España) y de lA Coruña (UC) (España), en el marco de un proyecto financiado por AECI, diseñaron secuencias didácticas de Física, Química, Biología y Matemática aplicada a la Física, todas ellas elaboradas desde una perspectiva integradora de los currículos de la Provincia de Buenos Aires y de Galicia. Dichas secuencias se han compilado en el libro ***Materiales Didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Educación Secundaria y Bachillerato*** (Rocha, García de Cajén, Domínguez Castiñeiras (comp.), 2011).

Con frecuencia los trabajos producidos por investigadores quedan dentro de la propia comunidad. Si bien, de alguna manera es esa misma comunidad la que puede recoger ideas y resultados, que suelen impactar en la formación de profesorado, resulta fundamental que materiales didácticos basados en investigación, lleguen directamente al profesorado que enseña la ciencia escolar. En tal sentido, el presente trabajo tiene el propósito de comunicar acerca de qué trata el mencionado libro de secuencias didácticas, en el ámbito del SIEF XI cuyo lema justamente vincula investigación con mejora de la enseñanza de las ciencias, particularmente de la Física.

DESARROLLO

El trabajo conjunto de investigadores en la producción de secuencias didácticas

La tarea de elaboración de secuencias didácticas compiladas en el libro *Materiales Didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Educación Secundaria y Bachillerato* (Rocha, García de Cajén, Domínguez Castiñeiras (comp.), 2011), se desarrolló en el marco de un proyecto conjunto entre docentes investigadores de la UNCPBA, de la USC y de la UC: "Relación entre investigación educativa, práctica docente y dificultades de aprendizaje. Diseño e implementación de secuencias de enseñanza en Ciencias Experimentales y Matemática" (A/011181/07 y A/18389/08), concedido por la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID)**.**

Los grupos de docentes investigadores de la didáctica de las ciencias, de las mencionadas Universidades, tienen una amplia trayectoria de trabajo conjunto que en esta oportunidad se ha plasmado en seis secuencias de enseñanza surgidas a partir del desarrollo de trabajos de diseño e investigación y pueden considerarse útiles en cuanto presentan estrategias que resultan efectivas para el trabajo de enseñar cada tema en particular. Las secuencias didácticas que forman parte del libro son fruto de la experiencia en formación de profesorado, en docencia y en investigación en didáctica de las Ciencias de la Naturaleza y la Matemática, de las y los autores, en ambos sistemas educativos.

Las temáticas de que se ocupan las secuencias de enseñanza se corresponden con contenidos de enseñanza vinculados a la Física, la Química, la Biología y la modelización Matemática en Física, teniendo como destinatarios a estudiantes de 12 y 17 años.

Específicamente, persiguen el objetivo de la enseñanza de contenidos referidos a los temas Nutrición, Visión y color, Matemática de la electricidad, Energía eléctrica, Termoquímica y Equilibrio químico. La totalidad de los temas son pertinentes de tratamiento en la formación en ciencias de estudiantes de Educación Secundaria (ES), de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), y de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato, de Galicia (España), en el marco de los respectivos diseños curriculares actuales. En los siguientes **Cuadros 1 y 2** se resume información acerca de las estructuras educativas en los contextos de referencia.

Sistema educativo Provincia Buenos Aires (Argentina)	
Educación Secundaria (ES) (*obligatoria*) 1ro a 6to. año	Secundaria Básica 1ro a 3er. año Edad:12-14 años
	Secundaria Superior 4to. a 6to. año Edad.15-17 años

Sistema educativo Galicia (España)	
Educación Secundaria (ESO) (*obligatoria*) 1ro. a 4to. año	Edad:12-15 años
Bachillerato 1ro. a 2do.año	Edad: 16-17 años

Cuadros 1 y 2: Estructura de los sistemas educativos en contexto argentino y español, respectivamente

El lugar que ocupan las *Ciencias de la Naturaleza* en los diseños curriculares de 12 a 17 años, de ambos sistemas educativos referenciales, se sintetiza de la siguiente manera:

En el contexto argentino la escuela Secundaria Básica incluye *Ciencias Naturales* en primer año, con un enfoque areal y, a partir de segundo año, de manera disciplinar en *Biología* y *Físico-Química*. A partir de allí, la escuela Secundaria Superior (4to. a 6to. años) incluye: *Introducción a la Física*, *Biología* e *Introducción a la Química*, como asignaturas de formación común para todas las orientaciones. En particular, en la orientación Ciencias Naturales aparecen espacios curriculares dedicados a profundizar en los contenidos de las disciplinas *Física*, *Química* y *Biología*, a partir de lo realizado hasta ese momento.

En el contexto español, la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) incluye, en los dos primeros cursos, *Ciencias de la Naturaleza*. En el tercero y cuarto cursos se organiza disciplinariamente. *Biología y Geología* y *Física y Química*, conforman los dos espacios específicos en los que se trabajan los contenidos de Ciencias de la Naturaleza. Por su parte el Bachillerato incluye *Ciencias para el mundo contemporáneo*, con carácter de asignatura de formación común. En la modalidad Ciencias y Tecnología, se prescriben como específicos, espacios curriculares tales como *Física*, *Biología*, *Química*, *Física y Química*, *Electrotecnia*, *Biología y Geología*, *Ciencias de la Tierra y Ambientales*.

Contextualización curricular de las temáticas de las Secuencias Didácticas

Los documentos curriculares que se mencionan en este apartado son los diseños curriculares de Educación Secundaria – Argentina, de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires (DGCE, 2007; 2009) y los Reales Decretos de la Xunta de Galicia que regulan, las enseñanzas de la educación secundaria obligatoria de la Comunidad Autónoma de Galicia – España (XUGA; 2007) y del bachillerato (XUGA; 2008). La relevancia de las temáticas seleccionadas para el diseño de las secuencias didácticas, surge de la contextualización de las mismas en el currículo de ciencias, tomado como referencia **(Tabla 1)**.

Disciplina	Secuencia Didáctica	Autores	Niveles educativos	
			Pcia. Bs.As. (Argentina)	Galicia (España)
Física	Energía eléctrica: alfabetización para la ciudadanía	García de Cajén, S.B.	4to. ES (todas orientaciones) 5to. ES (Cs. Nat.)	1ro. Bach.
	El aprendizaje de la visión y el color: un cambio de modo de conocer	Bravo, B	1ro. y 3ro. ES	2do. ESO
Matemática (Modelización en Física)	Las matemáticas de la electricidad. El caso de la corriente continua	Cajaraville Pegito, J.M. Fernández Blanco, T	4to. ES (todas orientaciones)	3ro. y 4to. ESO
Química	La termodinámica de las reacciones químicas	Domínguez Castiñeiras, J.M Pereira García, I	4to. ES (todas orientaciones) 5to. ES (Cs. Nat.)	2do. Bach. (orientación Cs y Tec.)
	La enseñanza del Equilibrio Químico como estrategia para resignificar otros conceptos y modelos de Química	Rocha, A.L	4to. ES (todas orientaciones) 5to. ES (Cs. Nat.)	2do. Bach. (orientación Cs y Tec.)
Biología	La materia y la energía en la nutrición de los seres vivos	García Barros, S., Martínez Losada, M.A.	4to. ES (todas orientaciones)	2do. y 3ro. ESO
ES: Educación Secundaria; ESO: Educación Secundaria Obligatoria; Bach.: Bachillerato				

Tabla 1: Ubicación de las secuencias didácticas en los diseños curriculares

Seguidamente, se pone de manifiesto la ubicación que la temática de cada secuencia de enseñanza desarrollada en cada capítulo del libro, ocupa en los diseños de referencia. El profesorado que consulte el libro, podrá ubicar las temáticas en el currículo de su propio contexto

Energía eléctrica, alfabetización para la ciudadanía incluye contenido que puede ubicarse en Introducción a la Física, asignatura de cuarto año de la Educación Secundaria común a todas las especialidades de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

El Diseño Curricular de cuarto año de Educación Secundaria, establece que Energía es el contenido central de Introducción a la Física al reconocerlo como un contenido imprescindible, relevante y significativo para el estudiantado de todas las orientaciones. A tal efecto, propone organizar la enseñanza de la Energía de forma tal que se realice un paneo sobre distintos tipos de energía y su contextualización: Energía en el mundo cotidiano; Energía en el Universo; Energía Eléctrica; Energía Térmica y Termodinámica.

En cuanto a la perspectiva de enseñanza de la Energía Eléctrica, el currículo orienta a la *alfabetización científica de la ciudadanía* desde un enfoque CTSA. Su tratamiento requiere de conocimiento de la electricidad, pero lejos está de proponer desarrollar los contenidos por sí mismos. De manera que se supone una nueva forma de enseñar y significar la Energía Eléctrica.

Mientras que el currículo de Bachillerato, en Galicia, lo incluye en *Física y Química* de primer año, poniendo énfasis en el papel de la Energía Eléctrica en la sociedad actual y la repercusión de su utilización en distintos ámbitos.

El aprendizaje de la visión y el color: un cambio de modo de conocer es una secuencia pensada para trabajar en el desarrollo de ideas relacionadas con los fenómenos de visión y la percepción del color. El Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) propone comenzar a abordar contenidos relacionados con estos fenómenos en Ciencias Naturales de primer año de Secundaria y retomar su estudio, en Físicoquímica de tercer año. En dichos diseños se sugiere estudiar la luz y el color asociado a fenómenos de intercambio de energía. Así se propone abordar, dentro del eje temático *Intercambio de energía* la emisión, propagación y características espectrales de la luz y los procesos que ocurren cuando interacciona con la materia (como la absorción y reflexión de radiación).

En el Diseño curricular de Galicia (España) del espacio Ciencias de la Naturaleza para segundo año de ESO aparece el tratamiento de la temática Materia y Energía y en ese marco, se propone trabajar la luz en términos de energía, la relación entre luz y visión y la identificación de las aplicaciones prácticas relacionadas con ella. El desarrollo de este tema tiene como objetivo, fundamentalmente, avanzar en explicar fenómenos cotidianos y aplicaciones tecnológicas relacionados con la temática.

Las matemáticas de la electricidad: el caso de la corriente continua, es una secuencia orientada específicamente a la modelización de fenómenos, en este caso de la Física. Plantea el papel central que tienen las modelizaciones matemáticas en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza. Esta articulación, surge de sostener que la posibilidad de vincular los conocimientos de distintos campos, fortalece el aprendizaje y promueve competencias para situar la cognición en problemáticas que trascienden al aula de ciencia donde se enseña un determinado contenido. Los diseños curriculares incluyen la Matemática en la totalidad de los años de estudio, reconociendo así el papel relevante que esta posee. En particular, la secuencia que se presenta puede ubicarse en Matemática de cuarto año de la Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires, con vinculaciones a Introducción a la Física del mismo año y a la Física que trata el Electromagnetismo en el quinto año de la orientación Ciencias Naturales. Por su parte, en el currículo de Galicia, se ubica en Matemática de la ESO con aplicación en Física de primer año de Bachillerato.

La termodinámica de las reacciones químicas como así también la que se presenta en el capítulo ***La enseñanza del Equilibrio Químico como estrategia para resignificar otros conceptos y modelos en el aula de Química*** han sido pensadas para el segundo año de Bachillerato español. Los documentos curriculares proponen el tratamiento de los aspectos energéticos y cinéticos de las reacciones químicas en el cuarto y quinto bloque de la asignatura *Química* y, en los dos bloques siguientes, el trabajo en relación con los tipos de reacciones más relevantes por sus implicaciones para la industria y la economía, como son las reacciones ácido - base y las de óxido – reducción aparece ya en la asignatura Introducción a la Química que es común a todas las orientaciones. En ese contexto, la formación que se espera ofrecer tiene relación con una formación general y contextualizada de los ciudadanos, profundizando algunos aspectos de lo aprendido hasta el momento en la escuela Secundaria.

La materia y la energía en la nutrición de los seres vivos ha sido diseñada para la materia Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en el contexto español. En este marco, durante el segundo curso se propone trabajar en la caracterización de la función de nutrición como un intercambio de materia y energía con el ambiente y en el tercer curso, basándose en ello y retomando ideas desarrolladas sobre materia y energía desde el ámbito de la Física y la Química, se introduce el tema de la Alimentación y Nutrición humanas.

Por su parte, en el Diseño Curricular de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires se propone, ya desde primer año, trabajar en relación con los alimentos y los nutrientes que el organismo obtiene de ellos y sus funciones en el organismo humano y su relación con la salud.

La enseñanza de la Biología de cuarto año se apoya en los aprendizajes realizados en el ciclo básico, en especial en relación con las transformaciones y los intercambios de materia y energía. Esto se retoma para analizar los fenómenos biológicos.

Aportes de la Investigación en el diseño de materiales didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza, en Secundario y Bachillerato

Las secuencias didácticas que conforman el libro que se presenta, se han diseñado teniendo en cuenta una estructura en común, pero que se flexibiliza según el estilo de cada autor. Desde dicha estructura de base, se vislumbra el aporte de la investigación educativa (Domínguez Castiñeiras, 2007), ya que se distinguen las siguientes fases: *Determinación del contenido académico; Determinación de la problemática de aprendizaje; Selección, formulación y secuenciación de objetivos; Estrategias de enseñanza y secuencia de actividades; Selección de estrategias de evaluación.*

A su vez, en cada fase, los enfoques, las decisiones y las propuestas planteadas evidencian estar sustentadas en conocimiento surgido de investigaciones de los propios autores y de un conocimiento profundo acerca del estado de la investigación didáctica específica de las temáticas que dan tratamiento en cada secuencia. Seguidamente, se hace referencia a algunas de las aportaciones de la investigación en cada fase del diseño.

Aportes en la Fase de Determinación del contenido académico: A partir de un análisis científico del contenido y sobre la base de supuestos didácticos, psicológicos, epistemológicos-científicos y sociológicos de la enseñanza de las ciencias que encuentran fundamento en la investigación educativa, queda determinado el contenido académico, motivo de la secuencia de enseñanza.

Cabe destacar, que prácticamente la totalidad de los campos de conocimiento en que se centran las diferentes secuencias didáctica que componen el libro, han sido objeto de controversia en numerosas ocasiones a lo largo de la historia de la Ciencia; además, diversas implicaciones asociadas a la propia naturaleza del conocimiento aumentan la complejidad de su enseñanza. Por todo ello, los investigadores autores de las secuencias realizan una revisión del significado de los principales conceptos y enunciados del campo de conocimiento a enseñar, desde el punto de vista de la comunidad científica. De manera, que el profesorado de Secundaria y Bachillerato que consulte el material, encuentre respaldo en los análisis científicos del campo de la Termodinámica, la Energía Eléctrica, la Nutrición, la Luz y el Color, el Equilibrio Químico y de las Modelizaciones Matemáticas de los fenómenos asociados con la corriente continua.

En esta fase, se justifica la relevancia del contenido académico motivo de tratamiento, explicitando el lugar que ocupa en los diseños curriculares y, entre otros, en cuestiones tomadas del contexto.

***Aportes en la Fase de Determinación de la problemática de aprendizaje*:** Una vez determinado el contenido académico, esta fase se centra en tener en cuenta las características de quien aprende en relación con ese contenido, específicamente. Esto implica considerar qué dificultades representa su aprendizaje, qué estrategias cognitivas disponen, qué intereses propios tienen, entre otras cuestiones que hacen a la situación del alumnado que aprende. En resumen, se trata la problemática didáctica.

Las ideas previas y el conocimiento empírico sobre los hechos y fenómenos de la vida cotidiana constituyen una verdadera estructura cognoscitiva sobre la cual los alumnos organizan y estructuran el conocimiento científico. De aquí que una de las primeras tareas en la elaboración de la secuencia de actividades sea indagar en los conocimientos con que los alumnos llegan al aula, y en las dificultades a las que se enfrentarán durante el proceso de aprendizaje.

Con la finalidad de analizar las concepciones y los modelos de los estudiantes antes de la intervención en el aula, los investigadores autores de cada secuencia aporta una revisión de la literatura científica sobre los problemas de aprendizaje y las ideas alternativas del alumnado sobre Termoquímica y Termodinámica Química (Pereira García y Domínguez Castiñeiras, 2008), sobre la Energía Eléctrica (García de Cajén, 2007; Pontes Pedraja, 2000), sobre Visión y Color (Bravo, 2008; Pozo y Gómez Crespo, 1998), sobre Equilibrio Químico (Domínguez Castiñeiras, 2000; Caruso y otros, 1998), sobre la Nutrición (León-Sánchez et al., 2005; Banet, 2001) y sobre la Modelización Matemática (Godino y Font, 2004; Socas, 1997).

Las conclusiones extraídas de estos estudios, complementadas con un análisis de las exigencias cognitivas que demandan los contenidos objeto de aprendizaje (Shayer y Adey, 1986), proporcionan una base para adaptar los contenidos conceptuales y procedimentales a las características psicoevolutivas de los alumnos a los cuales va dirigida la secuencia de enseñanza.

***Aportes en la Fase de Selección, Formulación y Secuenciación de objetivos*:** El conocimiento puesto en juego en la determinación del contenido académico y su problemática didáctica asociada, se integra en el proceso de selección y secuenciación de objetivos. Es decir, tales procesos, revisten coherencia con los marcos teóricos y didácticos, como así también con las intenciones educativas que subyacen para su propuesta.

Los criterios de selección, formulación y secuenciación de objetivos, en cada una de las secuencias didáctica del libro, atienden al desarrollo de las capacidades, destrezas, estrategias y actitudes que se espera que los alumnos alcancen mediante el aprendizaje. En concreto, los autores han seleccionado para cada secuencia los objetivos que se puedan desarrollar con las diversas actividades que proponen. Dado el contexto de presentación de esta comunicación, se ejemplifican algunos objetivos de las secuencias con temáticas de Física o relacionadas con la misma.

En la secuencia de enseñanza de la ***Energía Eléctrica***, se propone el abordaje de los sistemas eléctricos desde el punto de vista de la energía eléctrica, de modo de operar los conceptos y leyes centrales para formar competencias para la participación ciudadana en la problemática energética y sus vinculaciones CTSA. Estableciendo los siguientes objetivos generales:

- Argumentar acerca de problemáticas del mundo contemporáneo referidas a la Energía eléctrica, utilizando las leyes de electricidad y estableciendo vinculaciones CTSA.
- Resolver socialmente problemas auténticos que involucren fenómenos de transformación de la energía eléctrica y análisis de sistemas eléctricos desde el *punto de vista de la energía y la potencia***.**
- Participar en la cultura de uso racional y eficiente de energía eléctrica, del uso de energías renovables y de la seguridad eléctrica

En la secuencia de enseñanza de ***Visión y Color*** se plantea que mediante la educación científica en Secundaria, los estudiantes deberían construir, no sólo conceptos, leyes, modelos y teorías propuestas por la ciencia, sino también apropiarse de las características que subyacen a la manera de conocer e interpretar el mundo, en un proceso de alfabetización científica (Pozo, 2007). Con la propuesta diseñada se propone realizar un aporte a la concreción de dicho objetivo intentándose que los alumnos experimenten un cambio en su modo de conocer, cambio inherente a los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales, como así también en los modos de razonar, que habitualmente subyacen al saber que inicialmente comparten sobre estos fenómenos.

Mientras que en la secuencia de enseñanza de ***Las Matemáticas de la Electricidad***, el objetivo general consiste en estimular las capacidades, destrezas, estrategias y actitudes positivas relacionadas con la importancia relevante del estudio básico de la corriente continua y los modelos matemáticos asociados, de gran utilidad para resolver determinados tipos de situaciones problemáticas. Que se traduce en algunos de los siguientes objetivos escolares del estudio de las matemáticas de la corriente continua

- Estimular la comprensión de los modelos matemáticos asociados al estudio de la corriente continua, mediante la resolución de determinados tipos de problemas.
- Relacionar, en su caso, estos modelos entre sí, desarrollando en los estudiantes la capacidad de pasar de un modelo a otro intercambiando y/o sustituyendo parámetros y variables mediante las reglas algebraicas.
- Desarrollar en los estudiantes estrategias para elegir el modelo matemático más adecuado a la situación-problema planteada.

Este recorte de objetivos, es sólo una muestra de un extenso y variado conjunto de objetivos que los investigadores plantean al diseñar las secuencias de enseñanza compiladas en el libro.

***Aportes en la Fase de Estrategias de enseñanza y secuencia de actividades*:** Se proponen estrategias de enseñanza que se justifican, desde la perspectiva didáctica asumida por cada autor, en lo que respecta al papel del alumnado, del profesorado y del ambiente de aula, entre otras cuestiones a atender. De los planteos metodológicos derivan las secuencias de actividades.

En esta fase los investigadores aportan al entendimiento de las actividades como elementos que posibilitan que el estudiante acceda a conocimientos que por sí mismo no podría llegar a representarse (Sanmartí, 2000). Las actividades, se convierten en el medio para potenciar el aprendizaje de los alumnos, tendientes a propiciar que sus modelos iniciales, modos de razonar, manera de concebir los fenómenos, evolucionen hacia otras más complejas y cercanas a las de las ciencias. De modo que las actividades comprometen tanto a alumnos como docente y pueden implicar trabajos individuales y grupales; actividades de lápiz y papel o experimentales; la exposición del profesor interaccionando con el gran grupo; debates; entre otras tareas posibles de realizar.

Los investigadores, organizan estas actividades en etapas de enseñanza que tienen *intenciones didácticas* específicas, atendiendo a cómo se concibe que ocurre el aprendizaje. De manera tal que las diferentes secuencias didácticas introducen en distintos momentos actividades de iniciación, de desarrollo, de aplicación, de síntesis y de evaluación del propio aprendizaje (metacognición). Se ejemplifica, con la *Actividad 2* propuesta en la secuencia de enseñanza de la *Energía eléctrica*, redactada en los siguientes términos:

Actividad 2: *Adiós… lámparas incandescentes*

Un sitio web español, (*http://iesvillalbahervastecnologia.wordpress.com/2009/09/09/adios-a-las-bombillas-incandescentes*), dice textualmente lo siguiente.

"Una de las claves para evitar el cambio climático consiste en el ahorro energético..."
Recordemos primero que cada Kilovatio-hora (kWh) de energía consumido representa, aproximadamente, la emisión de unos 250 gramos de dióxido de carbono a la atmósfera si empleamos combustibles fósiles (petróleo, carbón o gas natural) como fuente de energía. Para que sepas de lo que hablo, un Kilovatio hora es el consumo de una estufa normalita durante una hora, o de una plancha sencilla durante unas dos horas. Esto puede parecer poco, pero el consumo de energía en España durante un año es de unos 250000 GWh ¿Te haces a la idea? Pues te lo escribo con todas las cifras 250000000000 KWh. ¡echa cuentas!

¡Más de 62500 millones de kilogramos de CO_2 que enviamos a nuestra atmósfera cada año!

Fase Iniciación

2.1 Previo a la lectura del texto del cuadro anterior, enunciar supuestos acerca de la relación existente entre el *cambio climático* y la *lámpara incadescente*, que ilustra a la actividad.

Fase Desarrollo

2.2 Leer la información, analizar la terminología utilizada, y comentar, en pequeño grupo, la interpretación dada al texto.

2.3 Evaluar la validez científica de las referencias a *energía consumida*.

2.4 Indagar sobre qué vinculación tiene la emisión de dióxido de carbono, con la lámpara incandescente.

2.5 Ubicar, en un mapa de la región, lo más cercanamente posible al contexto escolar, la existencia de centrales eléctricas o usinas, que utilicen combustibles fósiles, como fuente de energía.

2.6 Indagar respecto a la capacidad energética de dichas centrales, usinas, etc. Luego cuantifica la emisión de CO_2.

2.7 Suponer que en la propia ciudad, cada usuario del sistema residencial de energía, decide cambiar una lámpara incandescente de 100 W, por otra de bajo consumo que ilumine igual. Indagar sobre cuánta economía anual se realiza en términos energéticos, en emisión CO_2 y en erogación monetaria.

Fase Aplicación

2.8 Ponderar el impacto de ahorro energético anual por cambio de lámparas en tu ciudad en relación al requerimiento energético anual de la misma.

Fase Meta-cognición

2.9 Reescribir la noticia, pero contextualizada en la propia ciudad del estudiante, de manera de socializar los resultados de las indagaciones realizadas y, además, concientizar sobre el impacto que tiene en el conjunto las conductas individuales de los usuarios.

Los propósitos didácticos de esta Actividad 2 son: Expresar saberes previos sobre la problemática energética en relación con la sustentabilidad ambiental; Razonar la problemática utilizando una visión sistémica; Diferenciar el lenguaje cotidiano del lenguaje científico, acerca de la conservación de la energía; Superar el razonamiento lineal entre lámpara incandescente y emisión de CO_2, comprendiendo el impacto ambiental de la utilización de las fuentes de energía basadas en recursos no renovables; Indagar sobre la obtención de energía eléctrica en su región. Formar noción acerca de valores de energía eléctrica; Elaborar y llevar a cabo un proyecto de investigación sobre el ahorro energético en su contexto, basado en supuestas conductas ciudadanas; Aproximación a cierta información útil: por ejemplo, la potencia eléctrica de lámparas de bajo consumo; la cantidad de usuarios residenciales en su ciudad; Delimitar datos en situaciones reales, por ejemplo, el tiempo de encendido de las lámparas que se reemplazan; Operativizar la relación entre potencia y energía eléctrica (E=P.t) y sus dimensiones; Evaluación del impacto ambiental de los procesos de obtención de energía eléctrica, en relación a conductas ciudadanas para el ahorro energético.

En esta *Actividad 2*, se observa que está compuesta por diversas tareas que se organizan en etapas. Sin embargo la forma de elaborar las Actividades es diferente en otras secuencias, donde los investigadores organizan directamente las actividades en etapas, es decir existen actividades específicas de iniciación, desarrollo, etc., y no como en este caso donde son las tareas incluidas en las actividades las que se secuencian en etapas. Independientemente de ello, todas las secuencias de enseñanza tienen numerosas e inéditas actividades que el profesorado puede utilizar en sus clases de ciencia escolar, ya sea tomándolas directamente o modificándolas según criterio profesional docente.

Aporte en la Fase de Selección de estrategias de evaluación: La evaluación del aprendizaje es sustantiva en cuanto devuelve información acerca de logros que se pretendían obtener a través de la metodología utilizada en la enseñanza del contenido. En esta fase, se explicitan decisiones respecto a qué, cómo, cuándo y con qué estrategias evaluar aquellos aspectos primordiales del contenido enseñado.

A propósito de esta última tarea en la elaboración de las secuencias de enseñanza, los investigadores proponen una información sobre el proceso de construcción del conocimiento; esta información es posible de extraer mediante la evaluación formativa integrada en el propio proceso de aprendizaje. A su vez, toma relevancia el análisis de las actividades para lograr el seguimiento de las manifestaciones del alumnado a lo largo de las diferentes situaciones de aprendizaje. En particular, las actividades de aplicación son especialmente interesantes para obtener información no sólo sobre la evolución de las ideas del estudiantado y su relación con el grado de consecución de los objetivos, sino también para evaluar el interés, la motivación, la participación, la cooperación y la autonomía de los alumnos en el trabajo de aula, y asimismo para analizar las redes de interrelaciones entre el alumnado, el docente y la propuesta didáctica.

A MODO DE CIERRE

Las secuencias didácticas que forman parte del libro *Materiales Didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Educación Secundaria y Bachillerato* (Rocha, García de Cajén, Domínguez Castiñeiras (comp.), 2011) atienden a la enseñanza de temáticas relevantes en los diseños curriculares de Educación Secundaria (ES) de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) y de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato, de Galicia (España). Resultan fruto de la experiencia en formación de profesorado, en docencia y en investigación en didáctica de las Ciencias de la Naturaleza y la Matemática, de las autoras y los autores, en ambos sistemas educativos.

Sabiendo, que serían varios los aspectos a atender para realizar la presentación completa de este libro, se espera de esta comunicación en el SIEF11, que al menos quede abierta la inquietud por conocer más acerca de estas secuencias didácticas. En razón de ello, los investigadores autores de las secuencias de enseñanza de Física, Química, Biología y Modelización Matemática asumen el compromiso de realizar, conjuntamente con el profesorado de ciencia escolar, que así lo deseen, un intercambio de experiencias que permita enriquecer cada una de las propuestas presentadas en este libro.

Para ello se ha desarrollado un espacio de intercambio en el que se pretende volcar las diferentes experiencias de trabajo que se realicen al utilizar el material del libro; compartiendo resultados que permitan retroalimentar el quehacer profesional. Se trata del sitio *Compartiendo ciencia*, al que se puede acceder en: http://ead.fio.unicen.edu.ar/mod/resource/view.php?id=1459

Se pretende, en definitiva, hacer partícipe a los y las docentes, de recursos que los puedan ayudar en su práctica docente, y a los estudiantes, a hacer más efectivo su aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

A la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) por el financiamiento recibido a través de los proyectos A/011181/07 y A/18389/08.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banet, E. 2001. *Los procesos de nutrición humana*. Madrid: Síntesis.

Bravo, B. 2008. *La enseñanza y aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria obligatoria*. Tesis Doctoral no publicada. Departamento de psicología Básica, Universidad Autónoma de Madrid.

Caruso, F. Castro, M. Domínguez Castiñeiras, J. García - Rodeja, E. Iturralde, C. Rocha, A. Scandroli, N. 1998. Construcción del concepto de reacción química. *Educación química* 9 (3), 151- 155

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires). 2007. *Prediseño Curricular Educación Secundaria. Construcción de Ciudadanía. 1° a 3° año*. La Plata.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires). 2009. Diseño *Curricular del ciclo Superior de la Educación Secundaria. 4º a 6° año*. La Plata

Domínguez Castiñeiras, J.M. 2000. *Evolución de las formas de hacer y de pensar sobre un sistema material, en el marco de la Termodinámica y del modelo de partículas*. Estudio mediante esquemas de acción y de razonamiento. Tesis doctoral. USC. España

Domínguez Castiñeiras, J.M. (editor), 2007. *Actividades para la enseñanza en el aula de ciencias. Fundamentos y planificación*. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina

García de Cajén, S. B. 2007. *Perfiles argumentativos sobre la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica: currículo, libros de texto y profesorado*. Tese de doutoramento. Facultade de CC. Da Educación. Servicio de Publicaciones e intercambio científico de la Universidad de Santiago de Compostela.

Godino, J.D.; Font, V. 2004. Razonamiento algebraico. En Godino, J.D. (director) *Didáctica de las Matemáticas para Maestros*. Proyecto Edumat-Maestros. (http:// www.ugr.es/local/jgodino/edumat-maestros

León-Sánchez, R., Barrera García, K., & Palafox, G. 2005. Las ideas de los niños acerca del proceso digestivo. Paper presented at the *VII Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias Experimentales.*

Sanmartí, N. 2000. *El diseño de las unidades didácticas en Didáctica de las ciencias experimentales*. En Perales Palacios y Cañal de León (dirección). Ed Marfil. España.

Shulman, L. 1986. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher.* 15 (2), 4-14.

Pereira García, I. y Domínguez Castiñeiras, J. M. 2008. Problemática de aprendizaje de la Termodinámica Química. Actas de los *XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Editorial: Editorial Universidad de Almería, pp.732-751. ISBN: 978-84-691-5088-7

Pontes Pedrajas, A. 2000. Aprendizaje reflexivo y enseñanza de la energía: una propuesta metodológica. *Alambique*. N º 25, 80-94.

Pozo J.I. y Gómez Crespo, M. 1998. *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Editorial Morata SL

Pozo, J.I. 2007. ¿Qué puede aportar la educación científica a la mejora de la actividad mental de los alumnos? En: J.M. Sánchez (ed.) *Iniciación a la cultura científica: la formación de maestros*. (pp. 126 – 140) Madrid: Editorial A. Machado libros, SA.

Rocha, A.L.; García de Cajén, S.B.; Domínguez Castiñeiras, J.M. (comp.). 2011. *Materiales didácticos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en educación secundaria y bachillerato.* Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. ISBN 978-950-658-263-0.

Shayer, M. y Adey, P. 1986. *La Ciencia de Enseñar Ciencias*. Madrid: Nancea.

Socas, M. 1997. Dificultades y errores en el aprendizaje de las Matemáticas en la Escuela Secundaria. En Rico, L. et al (eds). *La Educación Matemática en la Enseñanza Secundaria*. Cap. 5, pp. 125-154. Barcelona. ICE-Horsori

XUGA. 2007. Decreto 133/2007, del 05 de julio, polo que se establece a ordenación e o currículo as ensinanzas da Educación Secundaria Obligatoria na Comunidade Autónoma de Galicia. *Diario Oficial de Galicia*, n° 136, p. 12.032, 13 de Xullo de 2007.

XUGA. 2008. Decreto 126/2008, del 19 de junio, polo que se establece a ordenación e o currículo do Bacharelato da Comunidade Autónoma de Galicia. *Diario Oficial de Galicia*, n° 120, p. 12.183, 23 de Xuño de 2008.

CÁTEDRA MIXTA ENTRE DOS FACULTADES COMO ÁMBITO DE EVALUACIÓN COLECTIVA

Petrucci, Diego[1], Cabana, Florencia[2]; Cappannini, Osvaldo[3] y Von Reichenbach, Cecilia[3]

[1] Facultad de Ciencias Exactas, UNLP y CeFIEC, FCEyN, UBA; [2] Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP; [3] Facultad de Ciencias Exactas, UNLP y Conicet.

dpetrucci@exactas.unlp.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se discuten los vínculos entre la investigación en Didáctica de las Ciencias y la práctica docente, específicamente a nivel universitario. Luego se presenta el caso de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, en la cual se ha creado un Espacio Pedagógico que se ocupa de las cuestiones docentes de la Facultad y donde se realiza investigación. Finalmente se relata una solución innovadora a un problema, un "Espacio mixto" cuya concepción e implementación fue posible gracias a que las unidades académicas comprendidas incluyen entre sus actividades a la investigación en Didáctica de las Ciencias. En este recorrido se argumenta a favor de la importancia de la evaluación colectiva.

Palabras clave: Investigación, enseñanza, evaluación, institución.

ABSTRACT

This paper discusses the links between research in Science Education and teaching practice, particularly at university level. Then we present the case of the Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, which has created a scope, named Pedagogical Space (Espacio Pedagógico). This area deals with the Faculty's teaching issues and also conducts research. Finally, recounts an innovative solution to a problem, a "Combined space" (Espacio Mixto) whose conception and implementation was made possible because academic units include among its tasks research in Science Education. Throughout the paper, we argue for the importance of collective evaluation.

Keywords: Research, teaching, assesment, institution.

INTRODUCCIÓN

Una de las preocupaciones más importantes de la comunidad educativa es la poca relación entre el conocimiento que se genera a través de la investigación en Didáctica de las Ciencias y el que se aplica efectivamente en las aulas. Una hipótesis con bastante consenso indica que la existencia de puentes entre estas dos actividades favorecería transformaciones positivas de la educación en ciencias. Este tema suele ser abordado en las mesas redondas de los congresos del área, una pauta de que ésta es una de las mayores preocupaciones del área. En este artículo analizamos esta cuestión, considerando inicialmente distintos aspectos. Luego se aborda el caso de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP donde se destaca la importancia del apoyo institucional para el establecimiento de estos puentes.

La investigación va por un lado y el trabajo de aula por otro

En el contexto universitario la distancia entre estas actividades resulta aún mayor que en el resto del sistema educativo, coincidiendo con el prejuicio de que la Didáctica es para la primaria y la secundaria y que en el nivel universitario sólo se necesita saber la disciplina (Campanario, 2002). Desde estas posturas, el trabajo de aula se remite a lo que el docente incorporó durante su vida de estudiante y al método de "prueba y error" de su experiencia en el rol docente, analizada desde una concepción de alumno y de aprendizaje aferrada a la experiencia previa exitosa: la del propio docente como autodidacta.

La investigación en Didáctica de las Ciencias, por otro lado, ha avanzado considerablemente en las últimas décadas y brinda una vasta cantidad de aportes útiles para procesos de innovación. Sin embargo, los docentes la perciben alejada de la realidad del aula y, por esta misma causa, relativizan su valor en cuanto a su utilidad. La comunicación de sus trabajos se realiza a través de publicaciones en revistas especializadas que, generalmente, se vuelcan a los cursos de formación docente de manera expositiva. Probablemente esto ocurra porque resulta sumamente complejo articular estos conocimientos con la vivencia habitual de los docentes frente al desarrollo de los cursos.

La investigación como búsqueda

La investigación, en cualquier disciplina o frente a cualquier problemática, implica una búsqueda en la que nunca hay recetas (si las hubiera, la investigación se reduciría a una rutina lo cual contradice la esencia del planteo de investigación científica) pero sí son necesarios los marcos teóricos, algunos más validados que otros, que orienten la toma de decisiones de acuerdo al problema que se intenta comprender. En algunas disciplinas más que en otras, existen marcos teóricos más confiables o que han demostrado a la comunidad científica constituirse en herramientas para un conjunto muy amplio de problemas.

Esa no es la situación en el caso de la enseñanza dado que los problemas a enfrentar implican situarse en una realidad compleja, surcada por infinidad de dimensiones a tener en cuenta y que resultan difíciles de encuadrar en una sola disciplina o en marcos teóricos totalizadores. Las teorías que actualmente aparecen con mayor consenso en el campo de la Didáctica de las Ciencias reafirman continuamente la idea de que son respuestas provisionales (UDC, 2002), como todo marco teórico de cualquier campo científico.

La actividad de aula como hecho colectivo, social e ideológico

Enseñar implica trabajar con la incertidumbre, pero al mismo tiempo en función de marcos más o menos teóricos, a partir de los cuales generar prácticas con mayor probabilidad de éxito. Implica tener en cuenta variables muy diversas, actuar coherentemente en relación con ellas y como actividad social que es, depende del trabajo con otros. La respuesta que surja de un solo docente encerrado en las paredes de su clase nunca será una buena solución al problema de enseñar, de la misma manera en que nunca un científico aislado del resto de la humanidad, sólo con su propio intelecto y sin compartir su trabajo con otros, podrá "descubrir la verdad" de una realidad con la que tiene contacto sólo desde la interpretación.

Desde esta perspectiva investigar y enseñar comparten contextos análogos aunque no iguales. Una característica en la que difieren (y fuertemente) es la que tiene que ver con el proceso de evaluación: mientras en la enseñanza la evaluación frecuentemente se restringe a los resultados de la acreditación del alumnado, desde un punto de vista del marco del proceso-producto; en la investigación se desarrolla un verdadero procedimiento colectivo en el que la discusión de hipótesis y metodologías antecede a la valoración de los resultados. Así la comunicación del trabajo desarrollado, incluyendo todo lo que permita que el resto de la comunidad de investigadores deba conocer para debatir acerca del trabajo realizado, permite ir avanzando en la construcción de un conocimiento sustentado solamente en la calidad de esas discusiones que tratan de dejar de lado, en todo lo posible, las "modas" o las afirmaciones sin el respaldo de argumentos adecuados.

En la búsqueda de transformaciones en la enseñanza, en cambio, pareciera que predomina la idea de "cada maestrillo con su librillo" (Campanario, 2002) y que lo esencial está en lograr "resultados" con los estudiantes sólo registrables a través de la aplicación de "buenos instrumentos" sobre ellos. Los docentes nos "encerramos" habitualmente en nosotros mismos (o, a lo sumo, en nuestros grupos de trabajo), diagnosticamos como si nuestra "mirada experimentada por tantos años de actividad" garantizara una objetividad que ningún científico sería capaz de arrogarse y, libres de todo marco teórico explícito, sólo desde nuestras representaciones previas acerca de la enseñanza y el aprendizaje, diseñamos propuestas innovadoras de acuerdo a lo que nos parece mejor (obviamente, en base a lo que sucedió con los grupos de estudiantes anteriores y no con el que tenemos enfrente).

Hemos participado, incluso, de cursos de formación en los que se nos transmitió la información acerca de lo que los investigadores en temas de Educación en Ciencias vienen aportando en las últimas décadas y así sabemos de la existencia de ideas alternativas y hasta podemos citar a Vigotsky y la Zona de Desarrollo Próximo pero carecemos de ámbitos y de hábitos de evaluación colectiva de lo que hemos hecho o estamos intentando hacer. Las instituciones en las que trabajamos, mientras tanto y en el mejor de los casos, circunscriben el esfuerzo a alentarnos a asistir a estos cursos de formación, a valorarlos en algunos casos (sólo en algunas instituciones se aprecian estos antecedentes para la asignación de cargos) pero no a generar ámbitos de trabajo adecuados (afianzando el desarrollo de equipos en los que sistemáticamente se trabaje sobre innovaciones) ni a que la evaluación de lo realizado se colectivice e incluya a la mayor cantidad de actores posibles.

¿Cómo puede el contexto institucional ayudar a achicar la brecha entre investigación y docencia?

Al igual que lo indicado en UDC (2002) consideramos que afrontar los problemas de la enseñanza de las ciencias requiere de la existencia de comunidades, que agrupen a docentes e investigadores, que profundicen colectivamente en la comprensión del hecho educativo. De la misma manera que en dicha publicación, sostenemos que pensar que se puede avanzar significativamente sin investigar es ilusorio porque la experiencia solo posibilita "descubrir" lo ya conocido pero también es ilusorio pensar que la investigación realizada sin docentes pueda posibilitar que aumente la calidad de la enseñanza ya que implicará una investigación cerrada en sí misma y sin proyección.

Siempre coincidiendo con UDC (2002), las ideas y las prácticas innovadoras fundamentadas en la investigación y (agregamos nosotros) articuladas con las innovaciones generadas desde el proceso que el propio docente puede llevar adelante con los estudiantes que participan en él, solo se pueden generar en un marco en el que se compartan objetivos y planteamientos y en el que sus diversos miembros reconozcan que forman parte de él, les guste participar y se comprometan para hacerlo evolucionar.

A esto le agregamos también que estos marcos deben sumar a esa construcción el necesario proceso de evaluación colectiva que incluya todas las condiciones a cubrir en un proceso que se inicia con la explicitación de las ideas previas para ir avanzando (al igual que proponemos desde un marco constructivista de trabajo de aula) en la elaboración colectiva (investigadores, docentes, estudiantes e instituciones) del camino a recorrer. Va de suyo que para ello es imprescindible contar no sólo con apoyo institucional tanto a la investigación como a las innovaciones (Perales et al., 2002) sino que son las instituciones quienes deben generar estos contextos.

EL ESPACIO PEDAGÓGICO

Un camino en el sentido expuesto, en una Facultad de Ciencias Exactas es contar con un área pedagógica que incluya a la investigación en Didáctica de las Ciencias como una de sus actividades centrales. En este ámbito, las "buenas" experiencias de innovación funcionan como "espejos" donde mirarse. Una de esas buenas experiencias, que describimos aquí, es un Espacio mixto entre la Facultad de Ciencias Exactas y la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la UNLP.

En los últimos años, en varias instituciones universitarias se viene avanzando en la inclusión de áreas pedagógicas en facultades de ciencias exactas. En particular, en la FCE de la UNLP se ha institucionalizado desde julio de 2010 un Espacio Pedagógico (EP) que abarca tres áreas de trabajo:

A) un **Área Inicial**, que se ocupa de los aspectos vinculados a la inserción de los estudiantes en la Facultad: el Ingreso, un Sistema de tutorías, la Orientación académica, entre otras actividades.

B) un **Área Académica Específica**, que reúne a las actividades de aliento a innovaciones mediante programas específicos, espacios de formación e informes docentes, reformulación de reglamentaciones, asesoramiento pedagógico a cursos, etc.

C) un **Área de Investigación**, con cargos para realizarla apuntando a sustentar las actividades desarrolladas en las otras dos áreas.

A continuación describimos brevemente cada una de ellas.

Área Inicial: allí se están desarrollando las siguientes tareas:

- **Curso de Ingreso**: es de tipo introductorio, es decir no es eliminatorio, ni nivelatorio. Sirve para que los ingresantes conozcan a la Facultad y la Facultad a los ingresantes. Además es un espacio sistemático y fructífero de formación docente (60 docentes por año).
- **Orientación Académica**: Es un ámbito en el cual se orienta a los estudiantes que lo requieran en el diagnóstico de dificultades académicas, en las tareas a seguir para superarlas y en las metodologías de estudio. Además permite realizar un seguimiento a los estudiantes con posterioridad al curso de ingreso. También contribuye a la articulación del ingreso con los docentes de primer año, puesto que las dificultades diagnosticadas son trabajadas con ellos en instancias de intercambio.
- **Tutoría**: Es una tarea desarrollada por estudiantes avanzados o graduados recientes que realizan el seguimiento de los ingresantes y estudiantes, principalmente durante su primer año. Su función es identificar y trabajar sobre las dificultades que trascienden los aspectos académicos, ya sean vocacionales o emocionales. Esta tarea les permite además recoger información, que es compartida en el EP, y que resulta valiosa para la toma de decisiones, en particular para diseñar y desarrollar las políticas necesarias. También facilitan la articulación con los docentes de estos estudiantes.
- **Otras actividades:** Articulación con escuela media; Conexión con proyectos de extensión.

Área Específica:

- **Programa de Apoyo a Propuestas de Mejoramiento en la Enseñanza**: Alienta a que los cursos elaboren su propio proyecto de innovación. Los proyectos aprobados tienen:
  - Prioridad en la asignación de espacios (como aulas y laboratorios) y recursos en general.
  - Asistencia técnica del EP.
  - Atención a las necesidades de los proyectos acreditados al momento de la asignación de docentes (por ej., comprometiéndose la Facultad a dar estabilidad a los equipos docentes).

  El EP hace el seguimiento y colabora con las innovaciones. Actualmente hay 6 proyectos en ejecución más 1 en elaboración. Genera una comunidad docente innovadora que va en crecimiento.
- **Talleres de formación docente**: Extienden la formación docente que se realiza en el marco del ingreso. Contribuyen a la formalización de saberes didácticos (teóricos y prácticos). Favorecen la formación de una comunidad. En estos talleres se muestra el sustento didáctico de las actividades concretas que son vivenciadas en el aula. De este modo se muestran caminos para recorrer (formación en la acción), mientras se fomenta la reflexión sobre la ciencia, su historia, su filosofía y su didáctica. En el primer cuatrimestre de 2012 se dieron 7 talleres de los que participaron entre 25 y 50 asistentes entre estudiantes, auxiliares docentes y profesores.
- **Foros abiertos de discusión**: de temáticas pedagógicas de la comunidad de la Facultad. Pueden instalar una agenda, pero también responder a necesidades. Por ejemplo, ser solicitados por el Consejo Directivo u otras instancias de gestión como comisiones de enseñanza de los Departamentos. Los foros permiten que las personas con inquietudes se conozcan entre si. También favorecen la tarea de construir consensos en la comunidad.
- **Otras instancias de formación en la docencia y en la didáctica**: se realizan otras actividades de formación:
  - Formación de nuevos Orientadores Académicos
  - Formación de Tutores,
  - Formación de Acompañantes de Innovaciones.

  Estas tareas se llevan a cabo principalmente desde el paradigma de la formación en la acción.
- **Realización y análisis de encuestas de alumnos a docentes y cursos**: además de las encuestas propias de los proyectos de investigación, se está avanzando en la aplicación de encuestas conceptuales (del estilo del Force Concept Inventory (Hestenes et al., 1992)) para relevar aprendizaje de conceptos en los cursos.
- **Espacios mixtos**: son descriptos en profundidad al final de este apartado.
- **Otras actividades**: reformulación de planes de estudio, asesoramiento didáctico a cursos, modificación de reglamentación, asesoramiento a comisiones de enseñanza y seguimiento y a comisiones específicas de carrera, reformulación de la encuesta a estudiantes sobre la actividad docente y de los informes docentes, etc.

Además de articular esta área específica con la investigación, se trabaja para que los docentes se inicien en la realización de innovaciones en sus cursos, dejando de lado las excusas. Todas estas actividades alientan y acompañan las innovaciones. Entre el Espacio Mixto, el Programa de Mejora y los Talleres de Formación Docente se produce una retroalimentación virtuosa.

Área de Investigación: *Investigación con pertinencia*. Actualmente se viene desarrollando un proyecto: "***Perspectivas históricas y del presente en las representaciones de la materia y sus interacciones en estudiantes y cursos de la UNLP***" que indaga sobre la historia del Departamento de Física de la Universidad y sobre las ideas de los estudiantes sobre modelos de materia. También se está diseñando un segundo proyecto "Sistematización investigativa de innovaciones docentes en cursos de la Facultad de Ciencias Exactas". Además se están armando una Revista, un Blog y un Foro, con la finalidad de servir de canal de comunicación y divulgación de investigaciones e innovaciones. Es una comunidad en formación y en crecimiento. Participan alrededor de 4 investigadores formados y 12 en formación, provenientes de Física, Bioquímica, Biotecnología y Profesorados. Queda pendiente aún la incorporación de investigadores de las áreas de Matemática y Química.

Desde el EP se vienen impulsando modificaciones en las perspectivas tradicionales sobre la enseñanza en la Facultad, tanto de docentes como de estudiantes. Una herramienta importante en este proceso, además de los cursos apuntados a mostrar maneras alternativas a la tradicional expositiva, que sirven de ejemplares, lo constituye la puesta en funcionamiento del Programa de Mejoramiento de la Enseñanza mediante el cual la institución avala y alienta el desarrollo de innovaciones en los cursos por equipos de docentes a través de proyectos evaluables.

Otra de las herramientas implementadas se denomina "Espacios mixtos" y está orientada a generar ámbitos de trabajo conjunto para aquellos cursos en los que tradicionalmente el equipo docente pertenece a Exactas mientras que los estudiantes provienen de otras Facultades. Habitualmente estos cursos quedan en un limbo institucional, una "tierra de nadie" estableciendo islas didácticas explícitas cuyas propuestas de trabajo raramente se diferencian de lo que los docentes que las integran saben hacer: lo que aprendieron como contextos de aprendizaje desde sus propias disciplinas (Milicic, 2004). No hay garantía, por ejemplo, de cubrir lo requerido desde la formación disciplinar de las facultades para las que se brinda el curso ya que, entre otras dificultades, no resulta sencillo el establecer cuáles son esos requerimientos.

Estos "Espacios mixtos" son acuerdos entre Facultades para trabajar conjuntamente sobre el desarrollo de cursos que interesan a ambas instituciones. Allí confluyen no sólo los actores (docentes y estudiantes) sino las instituciones y sus intereses pedagógicos convirtiéndose en evaluadores continuos de lo que sucede. Alientan, además, a que docentes y estudiantes se apropien del curso volcando en ellos lo que van conociendo de los aportes desde la investigación (con el auxilio del área correspondiente de cada Facultad) de manera articulada con sus propias propuestas de innovación.

Los "Espacios mixtos" constituyen, a nuestra manera de ver, complementos necesarios de la tarea de evaluación de lo que los actores del proceso en el aula van concretando. Posibilitan también la colectivización de las propuestas de innovación y de la valoración de su puesta en funcionamiento, en un marco de necesidades pocas veces explicitado en el día a día pero imprescindible si es que se pretende mejorar la calidad de los procesos de aprendizaje. En conjunto con otras herramientas (como el Programa de Mejoramiento de la Enseñanza) pueden constituir marcos institucionales más adecuados para la articulación entre los conocimientos derivados de la investigación y el trabajo de aula.

UN EJEMPLO DE TRANSFERENCIA: LOS CURSOS DE FÍSICA 1 Y 2 PARA PROFESORADOS COMO ESPACIO MIXTO

Se trata de los cursos de Física para profesorados de Química, Biología y Matemática. Los profesorados son coordinados por la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación y algunas materias disciplinares tradicionalmente son dictadas por y en la FCE. La innovación surgió durante el intercambio entre ambas facultades ante una necesidad manifestada por los estudiantes de los profesorados de adaptar las materias de manera que les resultaran más apropiadas para su formación. A partir de la creación del Espacio mixto, estos dos cursos cuentan con un plantel docente de ambas facultades formado por un Profesor, un Jefe de Trabajos Prácticos y un Ayudante Diplomado, elegidos mediante una selección (Exactas) y un concurso interno (Humanidades). Además también fueron compartidos los espacios físicos: un aula de la Facultad de Humanidades, y un aula y la sala del Museo de Física en Ciencias Exactas. Las propuestas fueron:

- Incorporación de herramientas innovadoras.
- Intención de introducir a los estudiantes tanto en sus tareas específicas de profesorado como en tareas de extensión universitaria.
- Una mirada de la Física diferente de la habitual en el curriculum tradicional, posicionado a la ciencia como una actividad humana en desarrollo y a la alfabetización científica como parte de la cultura.
- Una fuerte impronta experimental.
- Énfasis en la explicación de fenómenos naturales más que en conceptos y procedimientos.
- Acento en las interacciones recíprocas entre la física y la tecnología, contemplando el rol que las tecnologías cumplen en la actividad científica, el impacto en el mejoramiento en la calidad de vida y también los efectos no deseados como los relacionados con el medio ambiente, los usos bélicos, los problemas energéticos, etc.

- A los contenidos tradicionales se suman explícitamente contenidos transversales como nociones epistemológicas *(características de los conceptos científicos, hipótesis, leyes, teorías y modelos),* contenidos metodológicos *(modelización, sistemas de referencias y coordenadas, medidas, errores y sistema de unidades, herramientas de medición y experimentación*) y contenidos didácticos específicos *(CTSA y alfabetización científica).*
- Materia por promoción sin examen final, los trabajos propuestos a los estudiantes son teóricos-prácticos e incluyen situaciones problemáticas para modelizar y resolver, problemas de índole conceptual, análisis de situaciones cotidianas, relacionadas con la tecnología y de relevancia sociocultural, problemas que pongan en juego las concepciones alternativas y las visiones epistemológicas, y el enunciado, la descripción y la explicación de leyes y principios.
- En cada actividad se explicita a los alumnos -futuros docentes- las razones y motivaciones de cada una.

Actividades realizadas:

- Visitas periódicas al Museo,
- Visitas a laboratorios (Acústica, Magnetismo, Centro de Investigaciones ópticas, Gisdrama) y charlas con especialistas sobre temas actuales de ciencia y tecnología en los que se ponen en juego los conocimientos adquiridos en la materia. Entre esas charlas están "Satélite SAC-D", "Partículas fundamentales y física experimental de altas energías: desde los modelos teóricos a los rayos cósmicos y la máquina de Dios" y "El cuerpo humano como receptor: la locomoción y el equilibrio, la energética del metabolismo, los órganos que nos permiten ver y escuchar y los sentidos del tacto y del gusto".
- Taller de experimentación en mecánica con instrumentos del museo.
- Los alumnos debieron investigar en grupos de tres (multidisciplinarios) distintos temas en los que fueron orientados por especialistas: instrumentos ópticos, neurociencias, nanotecnología, teoría de cuerdas, la física detrás de la medicina. Presentaron clases especiales en las que se evaluó, entre otras cosas, su desempeño como oradores.
- Se incluyeron en el programa, además de temas de electricidad y magnetismo y óptica, algunas nociones de física moderna: mecánica relativista, mecánica cuántica, teoría atómica y nuclear.
- Se promovió la participación de alumnos en una actividad de extensión (atención al público en las demostraciones sobre pilas y medio ambiente en el stand de la Red de Museos de la UNLP en la Expouniversidad 2011).

	Inscriptos	Comenzaron	Promocionaron	Rinden final	Desaprobaron	Abandonaron
1er Sem. 2011 Física I	29	22	10	2	9	1
2do Sem. 2011 Física II	15	15	10 (con muy buenas notas)	1	4	0
1er Sem. 2012 Física I	41	37				

Tabla 1: Resultados de aprobación de la experiencia.

La evaluación realizada por los docentes indica que la deserción fue notablemente menor que en años anteriores y que registraron una participación más activa. A continuación se resumen los resultados provisorios del primer semestre de 2012 (Física I). Se implementó un programa destinado a mejorar la preparación en matemáticas a fin de minimizar las dificultades provenientes de la escasa base previa de los alumnos del Profesorado en Ciencias Biológicas. Teniendo en cuenta la mejor preparación de los estudiantes del Profesorado en Matemáticas y su inclinación a la docencia, se buscó generar en estos últimos el apoyo necesario a sus compañeros de Ciencias Biológicas. Para ello se implementó, con el asesoramiento del EP, una adaptación del sistema de aprendizaje cooperativo (Johnson et al., 1999 y Escribano, 1995) en las primeras semanas del año. Se tomó un "parcial cero" sobre vectores, ecuaciones y trigonometría, individual pero que debía ser aprobado grupalmente. Los resultados no fueron tan buenos como lo esperado, ya que en las tres fechas de parcial las mejoras registradas fueron escasas.

Atribuimos este fracaso a que la necesidad de avanzar con los temas de física impidió dedicar el tiempo necesario para el trabajo en grupo -con la correspondiente supervisión de los docentes- en el aula.

Los resultados de los primeros parciales muestran que una de las mayores dificultades sigue siendo la escasa preparación en matemáticas. Se entabló contacto con los docentes del curso de matemáticas de la Facultad de Ciencias Naturales para solicitar cambios que apunten a mejorar esa situación, a implementarse a partir de 2013.

De los 37 estudiantes que comenzaron, 9 abandonaron posteriormente la cursada, en el primer parcial 10 aprobaron por promoción, 1 aprobó la cursada, 9 desaprobaron y 6 aprobaron uno de los dos bloques en que estaban divididos los temas. Resta aún tomar el segundo parcial y el "flotante" en el que pueden recuperar cuatro de los 8 bloques en que se organizan los contenidos. Los docentes se manifiestan insatisfechos con estos resultados parciales.

REFLEXIONES FINALES

Los cursos "de correlación" que son dictados en y por una facultad para estudiantes de otra, tradicionalmente son vistos por los docentes como ámbitos laborales de menor categoría que los que se imparten para estudiantes de las licenciaturas propias. Los magros resultados en términos de aprobación y también de aprendizaje, se suelen atribuir a la mala formación e incluso a las bajas capacidades intelectuales de los estudiantes de profesorados. La formación de equipos docentes mixtos permite evaluaciones y análisis más profundos y mejores descripciones que llevan a la elaboración de propuestas más apropiadas al colectivo de estudiantes. La insatisfacción del equipo docente mixto respecto de los resultados es evaluada desde la institución como un signo positivo. Denota que estos resultados no son naturalizados y que la tarea de búsqueda, innovación y en definitiva, de mejora, continúa.

Los "Espacios mixtos" permiten, entre otras cosas, colectivizar la evaluación dando la posibilidad de despegarla de la acreditación y de sus instrumentos (Gil Pérez, 2000). Este es un ejemplo del establecimiento los primeros puentes entre investigación y docencia. Aún queda mucho por hacer. El rumbo sigue siendo investigación rigurosa y docencia de calidad.

REFERENCIAS

Campanario, J. M. (2002). ¿Qué puede hacer un profesor como tú con una clase tan masificada como ésta? *Revista Docencia Universitaria*, 3(1), pp. 27-41.

Escribano, A. E. (1995). Aprendizaje cooperativo y autónomo en la enseñanza universitaria, *Enseñanza,* 13, 1995, pp. 89-102, Ediciones Universidad de Salamanca.

Gil Pérez, d. y Pessoa de Carvalho, A. M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación Química* 11(2), pp. 244-251.

Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G. (1992a). Force Concept Inventory. Physics Teacher, 30, pp. 141-158.

Johnson, D. W., Johnson, R. T. y Holubec, E. J. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula, Buenos Aires: Paidós.

Milicic, B. (2004). La cultura profesional como condicionante de la adaptación de los profesores de Física universitaria a la enseñanza de Física, Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

Perales, F. J., Sierra Fernández, J. L. y Vílchez, J. M. (2002). ¿Innovar, investigar? ¿Qué hacemos en didáctica de las ciencias? *Alambique*, 34, pp. 71-81.

UDC, Unidad de Didáctica de las Ciencias-UAB (2002). Conectar la investigación y la acción: el reto de la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 34, pp. 17-29.

LOS ESTADOS DE AGREGACIÓN Y LAS REPRESENTACIONES UTILIZADAS POR ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Cappannini, Osvaldo [1] y Espíndola, Carlos [2]

Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB (CONICET-CICPBA-UNLP), Calle 59 N° 789, C. C. 565, La Plata 1900, Buenos Aires, Argentina; [1] Fac. de Ciencias Exactas, UNLP; [2] Colegio Nacional "R. Hernández", UNLP.
Tel.: (++54) (0221) 425-4904, fax (++54) (0221) 425-7387 , cappa@iflysib.unlp.edu.ar

RESUMEN

Existe una extensa lista de trabajos de investigación dedicados a identificar representaciones sobre estructura de la materia en personas pertenecientes a diferentes niveles y roles en el sistema educativo. Uno de los objetivos de la educación secundaria es que lo estudiantes aprendan a interpretar fenómenos macroscópicos en términos de modelos discretos y microscópicos. El modelo corpuscular resulta fundamental para poder explicar, por ejemplo, las diferencias entre estados de agregación de la materia, sus propiedades y los cambios, físicos o químicos, que experimentan. Las investigaciones realizadas muestran que los estudiantes aceptan fácilmente este modelo corpuscular y parte de la terminología que incluye, pero que no lo utilizan espontáneamente. En este trabajo se presenta una indagación sobre representaciones de estructura para los tres estados de agregación en estudiantes universitarios en conjunto con un análisis de la utilización conjunta de modelos para pares de estados de agregación, reflejando que también en este nivel y para estudiantes de cursos introductorios de Química, el modelo discreto de la materia sólo resulta dominante para gases pero no para sólidos y líquidos.

Palabras clave: representaciones, estructura de la materia, modelo corpuscular.

ABSTRACT

We can find an extensive list of research articles aimed to identify structure of matter representations in people belonging to several levels and roles in the educative system. Students' learning of the explanation of macroscopic phenomena in terms of discrete and microscopic models constitutes one of the purposes of secondary education. The corpuscular model is essential to explain, e.g., the differences among the three states of matter, their properties and the (physical or chemical) changes they may undergo. Research has shown that although students easily accept this corpuscular model and some of its terminology, they do not use it spontaneously. This article presents an inquiry on representations about structure of the three states of matter in university students together with an evaluation of their use for pairs of states of matter, showing that also in this level and for students belonging to Introductory Chemistry courses, the discrete model of matter is dominant only for gases but not for solids and liquids.

Keywords: representations, structure of matter, corpuscular model.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha reconocido desde la investigación en didáctica de las ciencias que, tanto como los científicos, los estudiantes construyen representaciones mentales de manera similar para interpretar sus experiencias cotidianas y los fenómenos que suceden en el mundo que los rodea. Solomon (1993), Linder y Marshall (2003) y Mortimer (1995) entre muchos otros, han señalado que cada individuo aborda los problemas, en distintos temas y contextos, utilizando diferentes maneras de pensar. Desde esta perspectiva, no se pueden considerar unas representaciones mejores que otras sino que hay modelos más o menos adecuados al contexto en el que se van a utilizar. Asimismo, el término representación implica una construcción mental del estudiante en la que confluyen sus conocimientos previos y recursos cognitivos disponibles además de las características identificadas en la situación que enfrentan (Hammer, 2004). Aún cuando las representaciones se consideran básicamente de naturaleza cognitiva, constituyen el resultado de la interacción de cada estudiante con su entorno, en el marco de su relación con la escuela y el ámbito social a través de sus vínculos con pares y docentes (Pozo y Rodrigo, 2001).

El estudio de estas representaciones, también llamadas por algunos autores modelos mentales (Norman 1983; Johnson-Laird, 1983; Vosniadou, 1994), de su construcción y utilización en diferentes contextos, resulta de interés por dos motivos principales: influyen decisivamente en los procesos cognitivos y pueden brindar a investigadores en didáctica de las ciencias y docentes una importante información acerca del marco conceptual del estudiante, es decir, de su estructura subyacente de conocimientos (Vosniadou, 1994). Los modelos presentes en estudiantes de diferentes niveles del sistema educativo sobre la estructura de la materia se han constituido en tema de investigación continuo en las últimas décadas (Mortimer 1995 y 1998; Garnett y otros, 1995; Johnson, 1998; Benarroch, 2000 y 2001, Krnel y otros, 2000 y 2005; Eilam, 2004; Stains y Talanquer, 2007) dada su importancia como sostén de la explicación de las propiedades macroscópicas de los materiales en la ciencia de este siglo.

Es decir, la construcción del conocimiento en las ciencias naturales, se ha organizado en torno a un gran número de leyes, teorías y modelos para situarnos en distintos niveles de complejidad a la hora de responder a preguntas como: ¿existen propiedades comunes a todos los materiales?, ¿por qué hay tantas sustancias diferentes?, ¿qué hace que una sustancia tenga propiedades diferentes a otra?, ¿cómo se puede explicar que unas sustancias se transformen en otras distintas? Las respuestas que ha dado la ciencia a lo largo de la historia a cuestiones como estas han generado un cuerpo de conocimientos que, mediados por la transposición didáctica, se recogen en los currículos escolares, organizados también en torno a diferentes leyes, teorías y modelos que deben presentarse a los estudiantes. De una adecuada articulación entre este cuerpo de conocimientos generado desde el ámbito científico y las representaciones presentes en cada estudiante, dependerá el proceso de aprendizaje (Mortimer y Scott, 2002).

Uno de los supuestos acerca del conocimiento de los estudiantes que ingresan al ámbito universitario es que se han familiarizado con la denominada teoría de partículas, uno de los núcleos de la formación en ciencias en el contexto del nivel secundario. El modelo asociado a esta teoría, que propone a la materia como divisible en partículas constituyentes separadas por vacío y en continuo movimiento, explica muchas de las propiedades macroscópicas a través de interacciones y comportamientos de dichas partículas. El proceso de articulación de este modelo con los conocimientos previos de los estudiantes puede constituir una barrera, al inicio del nivel universitario, para abordar nuevos conocimientos.

El presente artículo surge a partir de algunos interrogantes dirigidos al análisis de esta situación en estudiantes universitarios, tales como: ¿muestran estos estudiantes una adecuada incorporación del modelo discreto de la materia? ¿los aplican en la explicación de propiedades macroscópicas de materiales y de los fenómenos observados en ellos? ¿utilizan un único modelo de materia para diferentes estados de agregación y para distintos fenómenos?

Cappannini y otros (2008) indagaron sobre representaciones de la estructura de la materia en tres estados (gas, líquido y sólido) en estudiantes universitarios, además de analizar la coherencia entre modelo discreto y propiedades fenomenológicas y el uso de un único modelo para dichos estados (congruencia) para gas y líquido. En relación con la coherencia en el uso del modelo asociado a la teoría de partículas, ese trabajo muestra las dificultades en estudiantes universitarios para explicar propiedades macroscópicas de líquidos y sólidos acudiéndose a una diversidad de representaciones distantes del conocimiento científico y mostrando, en muchos casos, una considerable incoherencia entre la representación y lo fenomenológico o dentro mismo del modelo discreto. Del análisis efectuado infieren que no se debería presuponer la utilización generalizada de un único modelo por parte de los estudiantes, tanto en este nivel del sistema educativo como en los previos. Concluyen, además, que la falta de congruencia (utilización de un único modelo para los tres estados de agregación) observada en cuanto a gas y líquido resulta preocupante dado que se precisa de un único modelo, discreto y microscópico, para el abordaje de situaciones más complejas que pudieran incluir transformaciones con y sin cambio en la naturaleza de las sustancias (por ejemplo, transiciones de fase, disoluciones y reacciones químicas) en diferentes cursos de formación en ciencias.

El análisis mostrado en el presente artículo fue emprendido sobre una población de 293 estudiantes finalizando el curso de Química General de primer año, en la Facultad de Ciencias Exactas (UNLP) y 69 estudiantes de las carreras de Licenciatura en Ciencias de los Alimentos, Licenciatura en Genética, Ingenierías en Alimentos e Ingeniería Agronómica (segundo cuatrimestre de primer año) de la UNNOBA, apuntando a la idea de identificar las representaciones que poseían acerca de sustancias en los tres estados de agregación (sólido, líquido y gas).

METODOLOGÍA

En el tratamiento de las respuestas obtenidas se utilizaron los criterios de selección y ordenamiento de gran cantidad de datos ya descritos en Espíndola y otros (2007), basados en un punto de vista fenomenográfico (Marton, 1981; Ebenezer y Fraser, 2001). Para ello, se parte de no establecer categorías *a priori* sino que las mismas se generan a partir de un proceso de agrupamiento de respuestas similares de los encuestados, caracterizando el denominado espacio de representaciones en relación con el tema considerado. La posibilidad de agrupar las respuestas en función de similitudes que conduzcan a generalidades y de ellas a categorías, requiere de una disposición particular de los datos obtenidos (Espíndola y otros, 2007).

Contestar llenando la planilla de respuestas adjunta. En caso de elegir la opción "ninguna de las anteriores" explicar brevemente la opinión personal en el reverso de la planilla para respuestas.

2) Considerá una jeringa con aire, que tiene tapada la salida. Si empujás el émbolo podrás desplazarlo hasta cierto punto haciendo que el espacio ocupado por el aire disminuya. ¿Qué te parece que sucede? Respondé eligiendo una o más de las siguientes posibles respuestas:

   a) disminuye el volumen de aire;
   b) disminuye el volumen de las partículas que lo forman;
   c) disminuye el espacio entre las partículas que lo forman;
   d) no cambia el volumen de aire;
   e) no cambia el volumen de las partículas que lo forman;
   f) no cambia el espacio entre las partículas que lo forman;
   g) ninguna de las anteriores.

3) Considerá una jeringa con agua, que tiene tapada la salida. Si empujás el émbolo podrás desplazarlo, con algún esfuerzo, hasta cierto punto haciendo que el espacio ocupado por el agua disminuya. ¿Qué te parece que sucede? Respondé eligiendo una o más de las siguientes posibles respuestas:

   a) disminuye el volumen de agua;
   b) disminuye el volumen de las partículas que la forman;
   c) disminuye el espacio entre las partículas que la forman;
   d) no cambia el volumen de agua;
   e) no cambia el volumen de las partículas que la forman;
   f) no cambia el espacio entre las partículas que la forman;
   g) ninguna de las anteriores.

4) Considerá un recipiente cilíndrico rígido lleno de plastilina y provisto de un pistón en la parte superior. Mediante un dispositivo de alta presión se empuja el pistón hacia abajo haciendo que el espacio ocupado por la plastilina disminuya. ¿Qué te parece que sucede? Respondé eligiendo una o más de las siguientes posibles respuestas:

   a) disminuye el volumen de plastilina;
   b) disminuye el volumen de las partículas que la forman;
   c) disminuye el espacio entre las partículas que la forman;
   d) no cambia el volumen de plastilina;
   e) no cambia el volumen de las partículas que la forman;
   f) no cambia el espacio entre las partículas que la forman;
   g) ninguna de las anteriores.

Tabla 1. Situaciones de la encuesta utilizada para evaluar las representaciones de los estudiantes universitarios sobre estructura de diferentes estados de agregación de la materia.

El instrumento utilizado

El instrumento utilizado fue una encuesta sobre representaciones de gas, líquido y sólido, consistente en cinco situaciones problemáticas que, en orden de complejidad creciente, abarcaba temas desde la conservación de la materia (en un contexto absolutamente fenomenológico) hasta la consideración de una sustancia líquida según un modelo discreto microscópico (Espíndola y otros, 2007). Las preguntas 2, 3 y 4 se abocaron respectivamente a la compresión de materiales en los tres estados de agregación, tanto desde una visión fenomenológica como también desde sus modelos discretos. En la Tabla 1 se transcriben las situaciones 2, 3 y 4 de la misma.

En (Cappannini y otros, 2008) se presentaron algunos resultados en cuanto a la coherencia al usar modelos discretos en la explicación de lo fenomenológico en la población de estudiantes de la UNLP. En la evaluación de la coherencia, se tuvo en cuenta la relación entre los ítems (b), (c), (e) y (f), que reflejan un modelo discreto, y los ítems (a) y (d), correspondientes a una visión fenomenológica, en las preguntas 2, 3 y 4. Las respuestas desde (a) hasta (c) implican aceptar la compresión mientras que las (d) hasta (f) niegan esta situación. Se describen, a continuación, las diferentes categorías incluidas en Cappannini y otros (2008).

Categoría I: reúne las respuestas (a-e-f); (e-f); (b-d); (b-c-d); (c-d); (c-d-g) y (c-d-e). Si se analizan las combinaciones (a-e-f) y (e-f), se puede deducir que se acepta lo fenomenológico (reflejado en el ítem (a)) pero se acude a una descripción discreta incoherente ya que la combinación (e-f) implica que no cambian ni el volumen de las partículas constituyentes ni el espacio entre ellas. Es decir el modelo microscópico no refleja coherencia con lo observable.

En cuanto a las respuestas restantes de esta categoría, la elección de las combinaciones (b-d) y (b-c-d) implica un proceso inverso al anterior aunque indica también incoherencia entre la representación discreta planteada y lo observable. En el caso de la combinación (b-d), las partículas constituyentes se contraen pero no cambia el volumen total lo cual lleva a preguntarse si el espacio entre las partículas va a aumentar y, de producirse esto, por qué razón. En el caso de las respuestas (c-d) y (c-d-g), se afirma que disminuye el espacio entre partículas sin cambiar el volumen total, lo cual implicaría un aumento del volumen de las partículas (sin explicitar razones para ello). En el caso de (c-d-e), la incoherencia entre el modelo discreto y lo observable resulta más explícita ya que se afirma que los espacios entre partículas se reducen, el volumen total no cambia y tampoco el volumen de las partículas.

Categoría II: En este caso, a la aceptación de lo fenomenológico sigue un modelo discreto coherente con lo macroscópico. Cabe acotar que en las respuestas (c-e), (c) y (e) se ha supuesto que se ha aceptado implícitamente lo fenomenológico y se expone sólo el modelo discreto acorde. Esta resulta ser la categoría deseable, aún cuando los detalles de la representación (por ejemplo, a qué se le asigna el término "partícula" y si es que estas "partículas" constituyentes están o no en movimiento o si hay o no vacío entre ellas) no se pueden obtener a partir sólo de la encuesta planteada.

Categoría III: Esta categoría reúne respuestas también encontradas en la literatura y que reflejan un modelo discreto que intenta explicar lo fenomenológico (aceptado) mediante la asignación de características macroscópicas a las partículas constituyentes de la materia. En todas las respuestas la disminución del volumen de las partículas se considera el factor determinante del cambio en el volumen total.

Categoría IV: en esta categoría aparecen contradicciones. Por ejemplo, la combinación (a-b-e) implica que mientras el volumen total disminuye, el de las partículas también disminuye pero, a la vez, permanece constante. La respuesta (b-e-f) añade, a la contradicción anterior sobre las partículas, que el espacio entre ellas no cambia. Las siguientes combinaciones incluidas en la categoría muestran contradicciones respecto del espacio entre partículas (que disminuye al mismo tiempo que permanece constante). En (c-d-e-f) y (c-d-f), por ejemplo, no cambia el volumen total ni el de las partículas pero el espacio entre ellas muestra un comportamiento contradictorio (se achica pero se mantiene constante). La última respuesta (a-c-e-f) indica una disminución del volumen total aunque no cambia el volumen de las partículas y resulta nuevamente contradictorio el comportamiento del espacio entre ellas.

Categoría V: Las respuestas en esta categoría, muestran un modelo discreto que resulta coherente en sí mismo pero se rechaza lo afirmado en el enunciado respecto de la compresión de la sustancia. Esta categoría aparece fundamentalmente en las respuestas para líquido y sólido, lo cual evidencia las ideas previas de incompresibilidad de líquidos (como el agua) y la dureza considerada como propiedad característica de los sólidos. En este caso, la idea previa obstaculiza el análisis de la situación por parte de los estudiantes.

Categoría VI: Tal como en la categoría anterior, se niega lo fenomenológico pero sin evidenciar un modelo discreto.

Categoría VII: A diferencia de la categoría VI, se acepta lo fenomenológico pero nuevamente sin evidenciar un modelo discreto.

Categoría VIII: Estas respuestas implican desacuerdo con las alternativas ofrecidas desde la encuesta y, en algunos casos, se acompañaron con observaciones que deberán ser analizadas individualmente.

Categoría "Otras": En esta categoría se agruparon aquellas planillas donde no hubo respuesta o donde las opciones elegidas implicaban contradicción en lo macroscópico, reflejada por la presencia, al mismo tiempo, de cambio y no cambio del volumen del material (combinaciones (a-d), con o sin acompañamiento de modelo discreto). Se puede entender como una dificultad de interpretación del enunciado o desgano en participar de la encuesta. Nuevamente, el número de respuestas en esta categoría fue muy bajo.

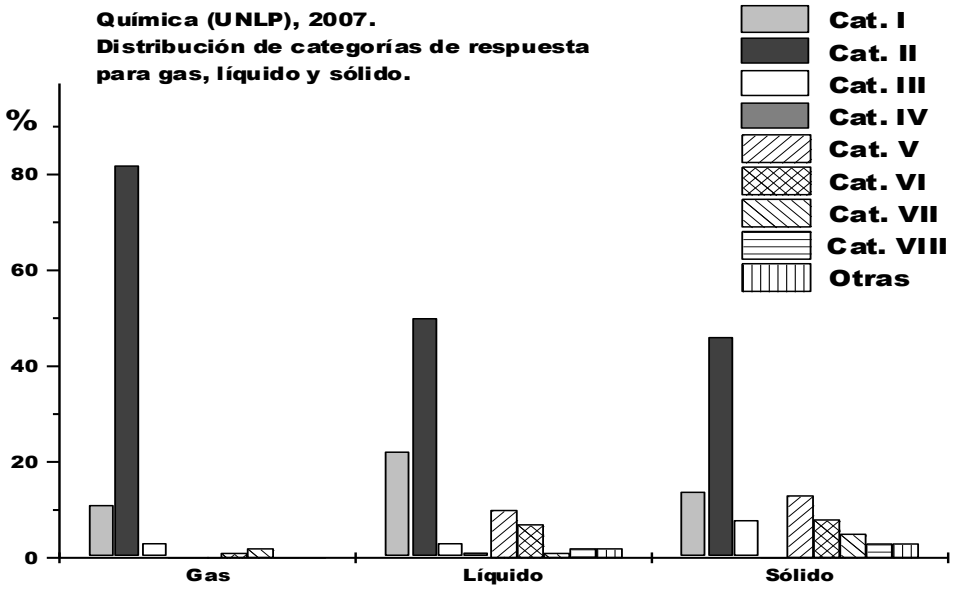


Figura 1. Distribución de categorías de respuesta para "gas", "líquido" y "sólido" en estudiantes de 1er año de Química (materia Química General, curso 2007), UNLP.

En la Figura 1 se ha volcado la distribución (en porcentaje) de las respuestas para cada categoría y cada estado de agregación para la población de estudiantes de la UNLP. Se evidencia que la categoría II es la dominante para los tres estados de agregación de la materia, aunque en gas resulta más notable (82% frente a 50% y 46% en líquido y sólido respectivamente). Además, se percibe una gran dispersión en otras categorías: la I y la III poseen elevados porcentajes de elección para los tres estados de agregación; la V y la VI aparecen como importantes en líquido y sólido y la VII también en sólido aunque con frecuencias menores. De la observación de esta Figura se puede interpretar que la elección dominante de la categoría II para gas se ha dispersado en líquido y sólido abarcando muchas otras categorías también.

La otra cuestión analizada aquí fue la de evaluar la utilización de un único modelo para los tres estados de agregación y que se ha denominado "congruencia". En este sentido se ha considerado como deseable que, tanto desde una mirada macroscópica como microscópica, las respuestas de los estudiantes universitarios reflejaran un único modelo para la materia independientemente de su estado de agregación. En la Tabla 2 se transcriben los resultados obtenidos para la población de estudiantes de la UNLP.

Del análisis de la Tabla 2 surge que la congruencia II-II (modelo discreto y microscópico tanto para gas como para líquido) resulta dominante. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que sólo el 48% de los estudiantes manifiesta esa congruencia en los modelos usados para ambos estados de agregación, en tanto que el 52% restante están considerando modelos diferentes para cada fase. También se puede notar que la gran mayoría de las respuestas para gas se concentran en la categoría II y no aparece un comportamiento análogo para líquidos, fase en la cual se hace más evidente la dispersión de respuestas. Se podría inferir que el modelo discreto y microscópico para gas se ha incorporado como conocimiento establecido mientras que no surge un modelo dominante para líquido, lo cual podría relacionarse con las características de trabajo en el aula respecto de ambos estados de agregación de la materia.

Gas	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Otras
Líquido									
I	**C (8)**	**X (13)**					**X (1)**		
II	**X (1)**	**C (48)**							
III		**X (1)**	**C (2)**						
IV		**X (1)**							
V		**X (10)**							
VI	**X (1)**	**X (5)**							
VII		**X (1)**							
VIII		**X (1)**					**X (1)**		
Otras		**X (1)**							**C (1)**

Tabla 2. Congruencias-Incongruencias Gas-Líquido. Distribución de respuestas conjuntas para gas y líquido correspondientes a estudiantes de 1er año de Química (materia Química General, curso 2007), UNLP. **C** indica congruencia; **X** indica incongruencia. Entre paréntesis figura el porcentaje de respuestas de cada combinación.

En el caso de las respuestas alternativas a la II-II, se destacan las combinaciones II-I (modelo discreto microscópico para gas y modelo microscópico discreto pero que no explica la observación, indicando una disociación entre niveles macroscópico y microscópico de descripción, para líquido) con 13% y II-V (modelo discreto para gas y modelo discreto, coherente en sí mismo pero que no acepta lo fenomenológico -el cambio de volumen- para líquido) con 10%. Es decir, el modelo discreto aparece como mayoritario aunque, en un porcentaje elevado de estudiantes, incoherente con el nivel macroscópico de descripción y circunscripto al gas.

En la Tabla 3 se incluyen los resultados (en porcentaje) de congruencia gas-líquido para la población de estudiantes de la UNNOBA evidenciando comportamientos análogos aunque se evidencia una dispersión mayor en las respuestas:

Gas	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Líquido								
I	**C (3)**	**X (4)**	**X (3)**		**X (1)**			
II	**X (4)**	**C (13)**	**X (3)**				**X (1)**	
III	**X (1)**	**X (4)**					**X (1)**	
IV					**X (1)**			
V	**X (1)**	**X (4)**	**X (1)**		**C (3)**			
VI		**X (3)**	**X (1)**			**C (1)**		**X (1)**
VII	**X (1)**	**X (1)**	**X (1)**		**X (1)**	**X (1)**		
VIII		**X (1)**						**C (6)**

Tabla 3. Congruencias-Incongruencias Gas-Líquido. Distribución de respuestas conjuntas para gas y líquido correspondientes a estudiantes de 1er año de diversas carreras de la UNNOBA. **C** indica congruencia; **X** indica incongruencia. Entre paréntesis figura el porcentaje de respuestas de cada combinación.

En cuanto a las congruencias gas-sólido y líquido-sólido, en las Figuras 2 y 3 se muestran gráficas comparativas entre las poblaciones de UNLP y UNNOBA.

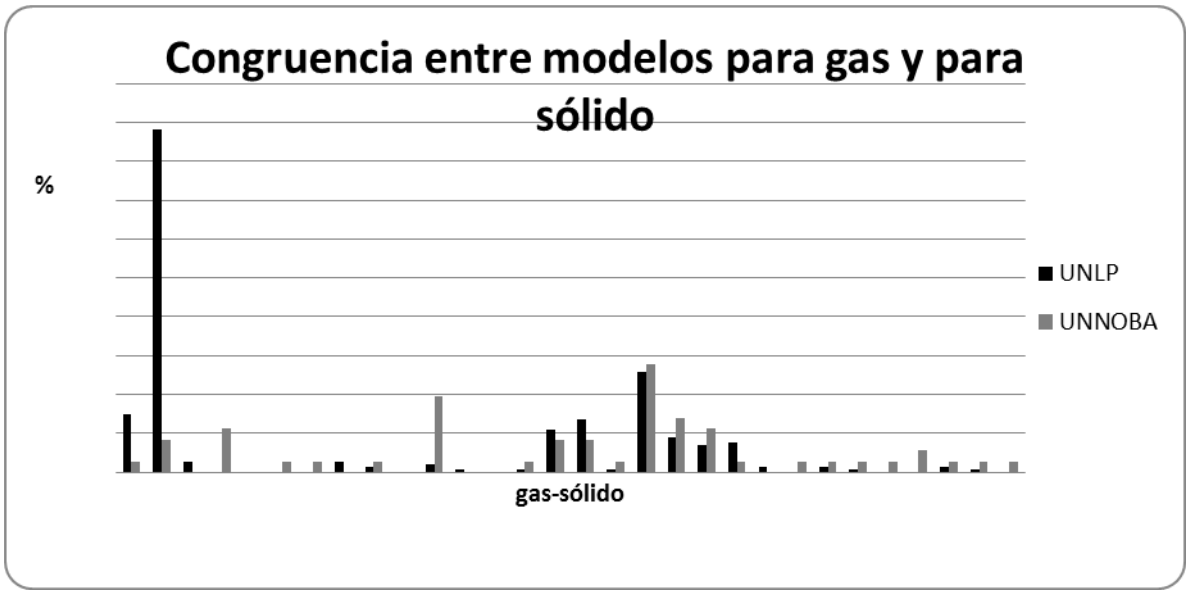


Figura 2. Comparación de congruencia gas-sólido para poblaciones de estudiantes de UNLP (negro) y UNNOBA (gris). Se han considerado sólo los porcentajes superiores al 1%.

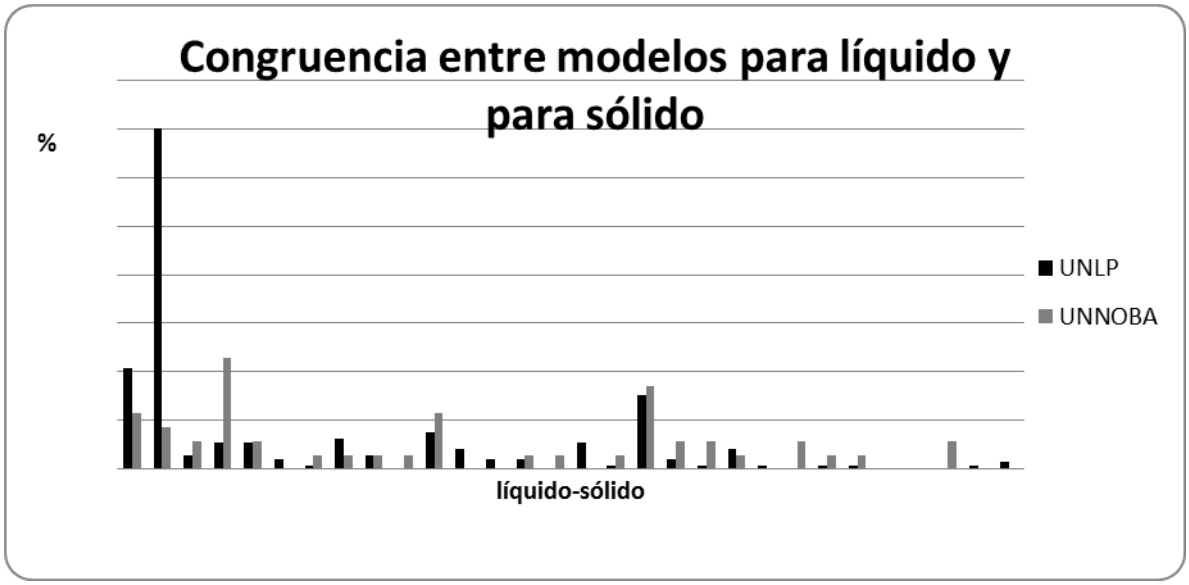


Figura 3. Comparación de congruencia líquido-sólido para poblaciones de estudiantes de UNLP (negro) y UNNOBA (gris). Se han considerado sólo los porcentajes superiores al 1%.

Lo que surge de las gráficas, en primer lugar, es una diferencia notable de distribución de elecciones para ambas universidades tanto en el caso de gas-sólido como en el de líquido-sólido. En ambos casos, en la UNLP aparece un mayor peso de las combinaciones II-II y I-I mientras que la UNNOBA muestra resultados más dispersos. Sin embargo resulta llamativo el significativo porcentaje para las combinaciones II para gas y I a VI para líquido o sólido (aunque en este último en menor medida).

En la población de estudiantes de la UNLP se nota la predominancia de la categoría II-II (44% para gas-sólido y 35% para líquido-sólido) a diferencia de los estudiantes de la UNNOBA en los que las respuestas se vuelcan hacia otras combinaciones: para gas-sólido la I-V (con 9,7%), II-VI (con 7%), la V-V y II-VII (con 5,6% cada una) mientras que para líquido-sólido preponderan la V-V (con 11,4%), la II-V (con 8,6%), la I-V y I-I (ambas con 5,7%) y finalmente la II-II (con 4,3%).

Cabe resaltar que la combinación II-V aparece con porcentajes similares y notables para las dos gráficas en ambas universidades (13% en UNLP y 13,9% en UNNOBA para gas-sólido y 7,6% en UNLP y 8,6% en UNNOBA para líquido-sólido). Esta combinación implica la elección de un modelo discreto coherente con lo macroscópico para gas pero no para sólido, al que se imagina desde un modelo discreto pero rechazando lo afirmado en el enunciado respecto de la compresión de la sustancia.

En el caso de líquido-sólido, solamente las categorías V-V en UNNOBA (con 11,4%) y I-I en UNLP (con 10,3%) reflejan un porcentaje elevado de elección.

CONSIDERACIONES FINALES

En el presente artículo se han volcado los resultados de una indagación sobre representaciones de la estructura de la materia en tres estados (gas, líquido y sólido) en estudiantes universitarios de dos instituciones y carreras diferentes, además de analizar la coherencia entre modelo discreto y propiedades fenomenológicas y el uso de un único modelo para dichos estados (congruencia).

Con relación a la coherencia en el uso del modelo asociado a la teoría de partículas, el análisis muestra que existen dificultades en los estudiantes universitarios para explicar propiedades macroscópicas de líquidos y sólidos acudiéndose a una diversidad de representaciones distantes del conocimiento científico y mostrando, en muchos casos, una considerable incoherencia entre la representación y lo fenomenológico o dentro mismo del modelo discreto.

Del análisis efectuado se confirma que no se debería presuponer la utilización generalizada de un único modelo por parte de los estudiantes. De hecho, lo evaluado permite inferir que estudiantes universitarios que ya han finalizado un primer año aun mantienen una diversidad de representaciones no necesariamente compatibles con lo propuesto desde la comunidad científica.

En cuanto a las congruencias gas-sólido y líquido-sólido los resultados registrados indican dificultades similares que las señaladas en Cappannini y otros (2008) para gas-líquido. Mientras que en gas para UNLP predomina el modelo adecuado (categoría II), los porcentajes de congruencia reflejan una baja elección de la combinación deseable. En el caso de la UNNOBA la situación parece aún peor ya que las combinaciones predominantes se alejan de una adecuada congruencia. La congruencia entre las tres fases para cada estudiante reflejará porcentajes aún menores en ambos universos encuestados. La pintura global estaría indicando que las representaciones microscópicas discretas no sólo no son mayoritarias sino que se circunscriben al estado gaseoso. Esto implica que la articulación entre el cuerpo de conocimientos generado desde el ámbito científico y las representaciones presentes en cada estudiante dista de ser la deseada.

La observación de que la representación dominante se corresponde con la teoría de partículas mayoritariamente en gases, que es el contexto habitual en el que se trabaja en el aula este modelo, parece indicar la necesidad de un tratamiento explícito, tanto en el nivel secundario como en el universitario, del modelo discreto para discutir los fenómenos que incluyen los otros estados de agregación.

REFERENCIAS

Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 235-246.

Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias,* 19(1), pp. 235-246.

Cappannini, O. M. y Espíndola, C. (2008). ¿Utilizan nuestros estudiantes universitarios un único modelo de materia cuando analizan situaciones que incluyen distintos estados de agregación? *Memorias del IX Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF IX)* volcadas a DVD (ISBN 978-987-22880-4-4).

Ebenezer, J. y Fraser, D. (2001). First year chemical engineering students' conceptions of energy in solution processes: phenomenographic categories for common knowledge construction. *Science Education*, 85(5), pp. 509-535.

Eilam, B. (2004). Drops of water and of soap solution: students' constraining mental models of the structure of matter. *J. Res. Sci. Teach.,* 41, pp. 970-993.

Espíndola, C. Zanassi, G. y Cappannini, O. M. (2007). Una propuesta para la superación de obstáculos en la evaluación diagnóstica de modelos sobre estructura de la materia en estudiantes universitarios. Enviado para su publicación en *Formación Universitaria*, diciembre de 2007. Revista electrónica (http://www.citchile.cl).

Garnett, P. J.; Garnett, P. J. y Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, pp. 69-95.

Hammer, D. (2004). The variability of student reasoning. En E. Redish y M. Vicentini (Eds.) *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School, Course CLVI*. Bologna, Italia. Disponible en (http://www2.physics.umd.edu/%7Edavidham/varenna3.pdf).

Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *Int. J. Sci. Educ,*. 20(4), pp. 393-412.

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Krnel, D.; Watson, R. y Glazar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *Int. J. Sci. Educ.*, 20(3), pp. 257–289.

Krnel, D.; Watson, R. y Glazar, S. A. (2005). The development of the concept of 'matter': a cross-age study of how children describe materials. *Int. J. Sci. Educ.,*27(3), pp. 367-383.

Linder, C. y Marshall, D. (2003). Reflection and phenomenography: towards theoretical and educational development possibilities. *Learning and Instruction*, 13, pp. 271-284.

Marton, F. (1981). Phenomenography: describing conceptios of the world around us. *Instructional Science*, 10, pp. 177-200.

Mortimer, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4, pp. 267-285.

Mortimer, E. (1998). Multivoicedness and univocality in the classroom discourse: an example from theory of matter. *Int. J. Sci. Educ*., 20(1), pp. 67-82.

Mortimer, E. F. y Scott, P., (2002). "Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: una ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino". *Inv. Em Ensino de Ciências*, 7(3). Revista electrónica (http://www.if.ufrgs.br).

Norman, D. N. (1983). Some observations on mental models. En D. Gentner y A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 7-14), Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Pozo, J. I. y Rodrigo, M. J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), pp.407-423.

Stains, M. y Talanquer, V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: an analysis of student thinking. *Int. J. Sci. Educ*., 29(2), pp. 643-661.

Solomon, J. (1993). The social construction of children's scientific knowledge, Capítulo 5. En P. J. Black y A. M. Lucas (Eds.), *Children's Informal Ideas in Science*, Londres: Routledge.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, pp.45-69.

PRESENTACIONES MURALES

APRENDIZAJE ACTIVO EN LAS CLASES EXPERIMENTALES DE FÍSICA EN EL NIVEL POLIMODAL

Glusko Cristian A.; Dima, Gilda N.; Marina Girelli; Fernanda Reynoso Savio

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina

cristianglusko@gmail.com

RESÚMENES

No es desconocido el cuestionamiento, de alumnos y docentes de ciencias, a la tarea experimental. En Física esta actividad juega un rol fundamental para el aprendizaje. Por ello el docente debe recurrir a estrategias que permitan al estudiante la efectiva construcción de su propio conocimiento sobre la base de actividades de experimentación.

Apoyados en las metodologías de Aprendizaje Activo, es que proponemos una estrategia didáctica tendiente a favorecer el aprendizaje conceptual sin dejar de prestar atención a aspectos tales como la toma de datos (su interpretación y análisis), la comunicación oral y escrita de los mismos. En esta metodología el alumno participa activamente de la tarea experimental.

Nos encontramos trabajando con estudiantes del Nivel Polimodal del Colegio Provincia de La Pampa de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, Argentina, enmarcado en un Proyecto de Investigación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam. El mismo fue elaborado dando continuidad a lo investigado en una Tesis de Maestría en Enseñanza de la Física, con alumnos de Física Básica Universitaria. Esperamos que los alumnos de este nivel alcancen resultados exitosos, tal como ha sucedido con los estudiantes universitarios.

En el póster resumimos las características de la estrategia didáctica.

ABSTRATC

It is not unknown the questioning, on part of science students and teachers, about the experimental task. As regards Physics, this activity plays a fundamental role for learning. This is the reason why the teacher should resort to strategies that allow the student to effectively construct his own learning on the basis of activities of experimentation.

Supported by Active Learning methodologies, we suggest a didactic strategy which aims to favor the conceptual learning taking into account aspects such as data collection (its interpretation and analysis) and oral as well as written communication of the above mentioned data. In this methodology, the student actively participates of the experimental task.

We are currently working with students at Polimodal level from Provincia de La Pampa School located in Santa Rosa, La Pampa, Argentina enshrined in a Research Project from Facultad de Ciencias Exactas y Naturales from UNLPam. This project was developed as the continuation of what had been investigated during a Master's Degree Thesis about Teaching Physics with Elementary University Physics students. It is our hope that students of this level can achieve successful results, just as what happened with university students.

In the poster we summarize the didactic strategy characteristics.

APRENDIZAJE ACTIVO EN LAS CLASES EXPERIMENTALES DE FÍSICA EN EL NIVEL POLIMODAL

Glusko Cristian A.; Dima, Gilda N.; Marina Girelli; Fernanda Reynoso Savio.

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – U. N. de La Pampa, Argentina. Uruguay 151 – 6300 Santa Rosa (La Pampa).
T.E.: 02954- 425166 - e-mail: Cristianglusko@gmail.com

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

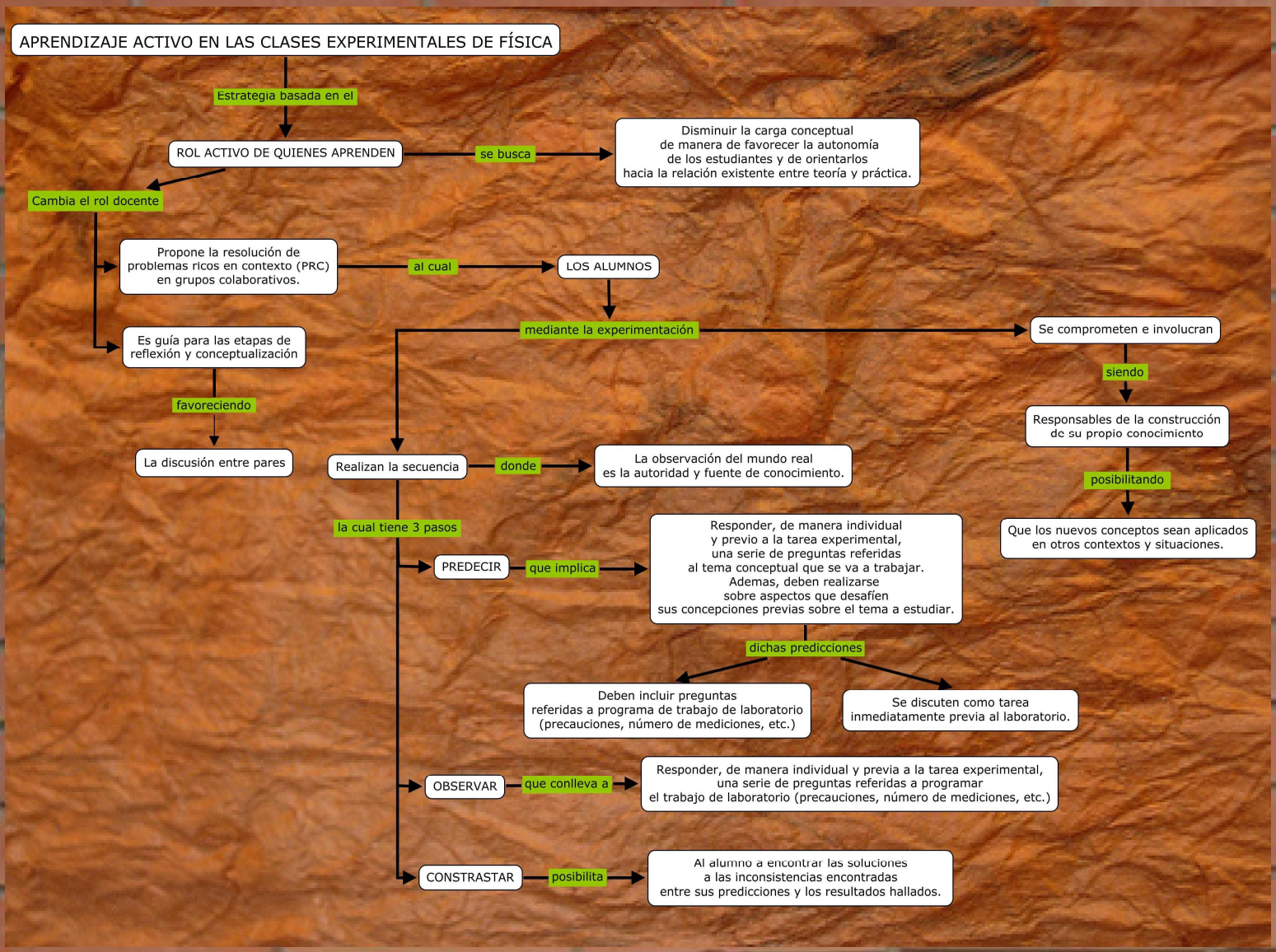
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

Dado que la Física es una ciencia experimental, la actividad de laboratorio juega un papel fundamental en su aprendizaje. Así el docente debería recurrir a estrategias que permitan al estudiante la construcción efectiva de su propio conocimiento por medio de estas actividades.

Aunque éstas tienen el potencial para contribuir en gran medida al aprendizaje conceptual, procedimental y actitudinal, numerosas investigaciones demuestran que esto no se da. Es necesario, entonces, revisarlas con el fin de realizar las modificaciones que solucionen los inconvenientes detectados.

Dentro de un Proyecto de Investigación, desarrollado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, Argentina, nos encontramos desarrollando una estrategia didáctica en las clases experimentales con estudiantes del nivel polimodal. Dicha estrategia fue probada exitosamente en un curso de Física Básica Universitaria como Tesis de Maestría en Enseñanza de la Física.



LA ENERGÍA COMO CONCEPTO INTEGRADOR EN MECÁNICA Y CALORIMETRÍA. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA APLICACIÓN DE UN INSTRUMENTO UTILIZADO COMO PARTE DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN PRIMER Y SEGUNDO AÑO DEL NIVEL POLIMODAL

Dima Gilda Noemí[1]; Follari, Beatriz del Rosario[1]; Lambrecht, Carmen[1], Perrotta, Teresa[1]; Carola, María Eugenia[2]

[1]Facultad de ciencias Exactas y Naturales, UNLPam.

[2]Colegio Secundario María Auxiliadora,

dimascari@cpenet.com.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se muestran los resultados y conclusiones obtenidos en la aplicación de un instrumento utilizado para la toma de datos y evaluación de una estrategia para la enseñanza de la energía como concepto integrador en mecánica y calorimetría. Dicha estrategia se implementa en primer y segundo año del nivel Polimodal. El instrumento aquí presentado es un test utilizado para *Trabajo y Energía* que fue tomado del *Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE)* de Thornton y Sokoloff que se entrega a los alumnos antes y después de abordado el tema. Los detalles de la estrategia se presentan en un trabajo en este Simposio

La energía como concepto integrador en mecánica y calorimetría. Aplicación de un instrumento de evaluación de una estrategia didáctica en primer año del nivel Polimodal

Dima Gilda Noemí[1]; Follari, Beatriz del Rosario[1]; Lambrecht, Carmen[1], Perrotta, Teresa[1]; Carola, María Eugenia[2]

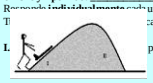
[1] Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UNLPam.
Uruguay Nº 151 – (6300) Santa Rosa, La Pampa ,Argentina
T.E.: 02954- 425166 - e-mail: bfollari@exactas.unlpam.edu.ar
[2] Colegio secundario María Auxiliadora
Avda. Roca Nº 63 – (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina

Fundamentación

El proceso de enseñanza como producción de cambios conceptuales, puede ser considerada como un proceso que facilita la transformación permanente del pensamiento, las actitudes y los comportamientos de los alumnos, provocando el contraste de sus adquisiciones más o menos espontáneas en su vida cotidiana con las proposiciones de las disciplinas científicas.
Existen investigadores que señalan que los contenidos relacionados con la energía son claves en la alfabetización científica, la que consiste en la adquisición de aptitudes, actitudes y su aplicación en contextos cotidianos. El estudio de estos temas constituye una problemática fundamental para la formación de ciudadanos que puedan participar en la toma de decisiones útiles a la sociedad en la cual viven.
En el marco de una estrategia elaborada para la enseñanza de la energía como concepto integrador en mecánica y calorimetría, se elaboraron diversos instrumentos para los diferentes momentos de la enseñanza. Entre los instrumentos de evaluación se encuentran los test sobre diversos conceptos, que se entregan previa y posteriormente al dictado del tema. Presentamos el test utilizado para *Trabajo y Energía* que fue tomado del *Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE)* de Thornton y Sokoloff.
Los detalles de la estrategia se presentan en un trabajo en este Simposio

Instrumento: Test trabajo y energía

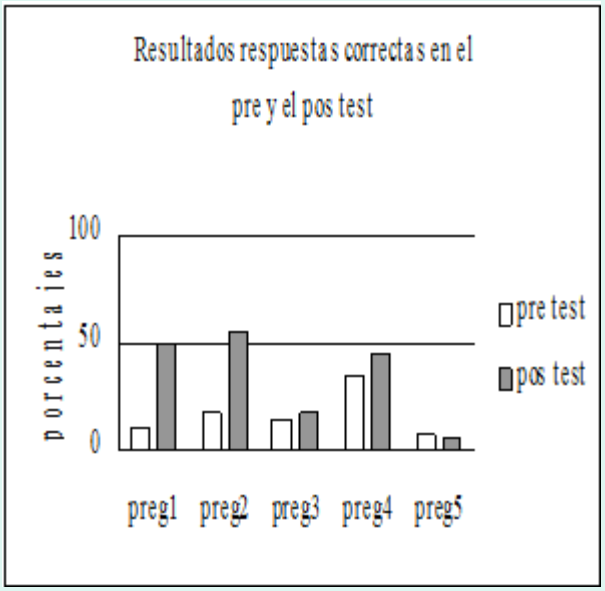
TEST TRABAJO Y ENERGÍA
Nombre y Apellido: _____ **fecha:** _____
Responda individualmente cada una de las siguientes preguntas. Elige una (y sólo una) de las opciones presentadas en cada caso.
Tomar la enseñanza para otros alumnos. No es una evaluación. Gracias por contestar a conciencia.



I. [illegible] por la ladera de una colina. Al llegar a la parte más alta, lo deja caer por la pendiente. Esta operación la realiza en dos oportunidades: en la primera el trineo desliza por la misma cuesta por la que subió (I) y en la segunda, por la otra ladera, más empinada (II). Suponga que no existe rozamiento entre el trineo y el hielo de la superficie y que la resistencia del aire se puede despreciar.
¿Cómo será la rapidez del trineo al pie de la colina cuando baja por el lado más empinado (II) en relación a cuando baja por la ladera menos empinada (I)?
A.- La rapidez al pie de la colina es mayor para la ladera más empinada (II).
B.- La rapidez al pie de la colina es igual para las dos laderas.
C.- La rapidez al pie de la colina es mayor para la ladera menos empinada (I) porque el trineo viaja una distancia mayor.
D.- No dan suficiente información como para decir cual rapidez al pie de la colina es mayor.
E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.
II.- Compare la energía cinética (energía de movimiento) del trineo al pie de la colina. Seleccione la mejor respuesta entre las siguientes:
A.- La energía cinética al pie de la colina es mayor para la ladera más empinada (II).
B.- La energía cinética al pie de la colina es igual para las dos laderas.
C.- La energía cinética al pie de la colina es mayor para la ladera menos empinada (I) porque el trineo viaja una distancia mayor.
D.- No dan suficiente información como para decir cual energía cinética al pie de la colina es mayor.
E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.
III.- Compare el trabajo realizado por la persona si sube el trineo por la ladera I o por la ladera II.
A.- El trabajo es mayor cuando sube por la ladera más empinada (II).
B.- El trabajo es mayor cuando sube por la ladera menos empinada (I), ya que la distancia es mayor.
C.- El trabajo realizado cuando sube por la ladera más empinada (II) es igual al trabajo hecho cuando sube por la ladera menos empinada (I).
D.- No dan suficiente información como para decir cual trabajo es mayor.
E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.
IV.- Suponga ahora que la persona hace deslizar al trineo hacia abajo por la ladera menos empinada (I) pero que no pueda despreciarse el rozamiento. Compare la energía cinética que tiene al pie de la colina con la que tendría si no hubiera rozamiento.
A.- La energía cinética al pie de la colina es mayor para la ladera sin rozamiento.
B.- La energía cinética al pie de la colina es menor para la ladera sin rozamiento.
C.- La energía cinética al pie de la colina es igual para los dos casos.
D.- No dan suficiente información como para decir cual energía cinética es mayor.
E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.
Describa con palabras el razonamiento empleado para responder a la pregunta 4.
V.- Si consideramos un sistema que incluya el trineo, la colina y la tierra, y el rozamiento debe tenerse en cuenta, indique la opción que considere correcta.
A.- La energía total disminuye a causa del rozamiento; la energía cinética aumenta y la potencial disminuye.
B.- La energía total no se modifica. La energía cinética y la interna aumentan y la potencial disminuye.
C.- La energía total no se modifica. La energía cinética aumenta y la potencial disminuye.
D.- La energía total disminuye. La energía cinética y la interna aumentan y la potencial disminuye.
E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.
Describa con palabras el razonamiento empleado para responder a la pregunta 5.

Objetivos planteados para el instrumento

- **Obtener información acerca de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto al trabajo y la energía.**
- **Evaluar las diferentes estrategias empleadas para la enseñanza.**
- **Proponer a los alumnos situaciones que provoquen un conflicto que propicie el aprendizaje.**



Conclusión

Del análisis de los resultados obtenidos concluimos que el para las dos primeras preguntas, la ganancia es muy significativa, un buen número de estudiantes comprendió que en ausencia de rozamiento la rapidez es independiente de la trayectoria. Para las últimas tres preguntas el número de respuestas correctas varía muy poco antes y después del estudio del tema, por lo que es necesario rever los instrumentos utilizados para la enseñanza del concepto de trabajo, de situaciones que involucran rozamiento y de conservación de la energía en un sistema.

EL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE: UNA INVESTIGACIÓN EN SU APRENDIZAJE EN EL CONTEXTO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN UNA FACULTAD DE INGENIERÍA

Torroba Patricia[1], Costa Viviana[1,2] y Devece Eugenio[1].

[1]Imapec, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNLP.
[2]NIECyT, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. Argentina.

patricia.torroba@gmail.com , vacosta@ing.unlp.edu.ar , eugdvc@gmail.com

RESÚMENES

El Movimiento Armónico Simple (MAS) es uno de los movimientos idealizados más importantes de la física, pues constituye una buena aproximación a muchas de las oscilaciones que se dan en la naturaleza.

En la Facultad de Ingeniería de la UNLP, los alumnos abordan por primera vez el MAS en Física I (Mecánica Clásica), sin haber estudiado previamente la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de segundo orden. La siguiente instancia de retomar el MAS surge en un curso de matemática de Álgebra Lineal (Matemática C), cuando se estudian estas ecuaciones. Simultáneamente con esta asignatura se estudian en Física II (Electromagnetismo) los circuitos LC lo que permitió hacer un análisis comparativo entre este y el MAS.

Proponemos investigar cómo los alumnos aprenden y vinculan estos temas entre la matemática y la física en las Ciencias Básicas. La investigación se realiza a partir de encuestas previas y posteriores a la realización de una actividad conjunta de los profesores de las asignaturas mencionadas en el aula de clase de Matemática C.

Los primeros resultados de la investigación estarían indicando la necesidad de la mediación de los profesores en ayudar a los alumnos a vincular los aspectos temáticos estudiados en las diferentes asignaturas.

The Simple Harmonic Motion (SHM) is one of the most important movements idealized physics, since it is a good approximation to many of the oscillations that occur in nature.

In the Faculty of Engineering, UNLP, students analyze for the first time the SHA in Physics I (Classical Mechanics), without having studied yet the resolution of linear ordinary differential equations of second order. The next instance of retaking the SMA arises in a mathematics course: Linear Algebra (Math C), when these equations are studied. Simultaneously with this course, LC circuits are discussed in Physics II (Electromagnetism). This type of circuits allows a comparative analysis between this circuit and the SHM.

We propose to investigate how students learn and construct links between mathematics and physics in this theme in Basic Sciences. Research is carried out through questionnaires that were applied before and after the development of an integrated activity between teachers of the three subjects mentioned, during a class of Math C.

The first results of this research would indicate the need of help of the students to link the thematic aspects of the three subjects through the mediation of teachers.

Referencias

Alonso, M.-Finn, E. (1995). Física- Addison Wesley. Iberoamericana S.A.- Wilmington, EUA.

Ausubel, D.P. (1977). "The facilitation of meaningful verbal learning in the classroom", Educational Psychologist, 12, pp 162-178

Boido, G. (1996). Noticias del Planeta Tierra. A -Z editora S.A. República Argentina.

FeyNman, R., Leighton, R.-Sands, M. (1971). The Feynman Lectures on Physics. Volumen I: Mecánica, radiación y calor. Fondo Educativo Ineramericano, S.A. EUA.

FEYNMAN R., LEIGHTON R. B. & SANDS M. (1998). Física: Electromagnetismo y materia. Volumen 2. Reedición de Addison Wesley.

Henry R. (2008). Ecuaciones diferenciales: una introducción moderna. Editorial: Reverte.

Resnick, R., Halliday D., Krene, K. (2008). Física, volumen 1. Grupo Editorial Patria. México.

SERWAY, R. (2001). Física, tomo II, Cuarta Edición. McGraw-Hill. México.

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de La Plata

EL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE: UNA INVESTIGACIÓN EN SU APRENDIZAJE EN EL CONTEXTO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN UNA FACULTAD DE INGENIERÍA

Patricia Torroba[1], Viviana Costa[1,2], Eugenio Devece[1]

patricia.torroba@ing.unlp.edu.ar.

[1]IMApEC, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 115 y 49, 1900 La Plata, Argentina

[2]NIECyT, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. Argentina.

Objetivos de la investigación

✓ Indagar mediante pre-test sobre conceptos aprendidos por los alumnos en **Física I** (Mecánica Clásica): **Movimiento armónico simple** y en **Física II** (Electromagnetismo): **circuitos LC.**

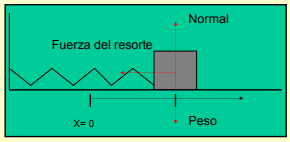
✓ Analizar mediante post-test si existe o no conexión práctica e inmediata de los conocimientos adquiridos en materias correlativas. **Matemática C** (Algebra Lineal): **ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de segundo orden.**

DINÁMICA DEL MAS UTILIZANDO EL MARCO TEÓRICO NEWTONIANO

Primer Principio:

Sistema inercial de referencia (SIR).

Se elige fijo a Tierra



Tercer Principio: Se representa mediante Diagrama de Fuerzas

Ley de Hooke

$$F_x = -kx$$

Segundo Principio: $\sum \vec{F}_i = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = \frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$$

Donde:

$$\omega_0 = \sqrt{k/m}$$

Tratamiento del tema en Matemática C

Utilizando conceptos del *Algebra Lineal*, el alumno resuelve la ecuación diferencial lineal de segundo orden:

$$x''(t) + p(t)\cdot x'(t) + q(t)\cdot x(t) = r(t)$$

La ecuación del MAS es un caso particular de la ec. general anterior

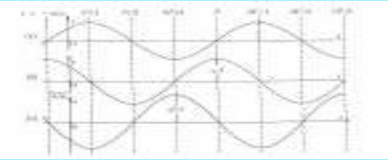
$$x''(t) + \omega^2 x(t) = 0$$

Se obtiene matemáticamente la familia de soluciones:

$$x(t) = c_1 \cos(\omega t) + c_2 sen(\omega t)$$

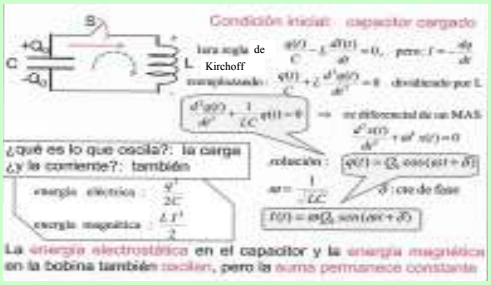
Búsqueda de la solución: Características del MAS

- Periódico
- Oscilatorio
- Unidimensional



Solución propuesta en física $x(t) = A\cos(\omega t + \phi)$

Tratamiento del Crcuito LC en Física II



Encuesta pre-test para alumnos de Mat C

1. ¿Recuerda alguna característica del **Movimiento Armónico Simple (MAS)**? ¿Cuáles?
2. ¿Podría dar algún ejemplo de un MAS?
3. ¿Recuerda la ecuación diferencial que satisface el MAS y la interpretación física de las constantes involucradas?

Resultado de encuestas (anónimas, alumnos de segundo año de la Facultad de Ingeniería, UNLP)

Pre-test (35 alumnos) (año 2011)

- El 65,63 % de los alumnos recuerda las características del MAS.
- El 62,85 % de los alumnos ejemplifican correctamente situaciones físicas que describen un MAS.
- El 60 % de los alumnos no recuerda la ecuación diferencial que satisface el MAS ni la interpretación física de las constantes involucradas.

Resultado de encuestas (anónimas, alumnos de segundo año de la Facultad de Ingeniería, UNLP). **Pre-test: Circuito LC - ecuaciones diferenciales ordinarias .**

Respondieron 23 alumnos (año 2012)

- El 69% de alumnos respondieron que cuando estudiaron los circuitos LC, no lo vincularon con otro movimiento previamente estudiado.
- El 31% de alumnos respondieron que lo vincularon con el MAS por asociación a la similitud de las ecuaciones.

Conclusiones

- Los post-test estarían indicando la necesidad de la participación de los docentes en el proceso de vinculación entre ambas disciplinas:

Post-test (26 alumnos)

- El 81% dijo que NO hubiese vinculado las soluciones encontradas en matemática con la obtenida en Física I sin la ayuda del PROFESOR.
- El 92% contesta que SI cree que la participación de los profesores de Física I en la clase de Matemática en esta experiencia interdisciplinaria lo ayudó a conectar los contenidos dados en Matemática C, Física I y Física II.
- Se genera una visión global del tema en el contexto del plan de estudios y su aplicación en el ejercicio profesional.
- Se desarrolla en los alumnos la habilidad de aplicar los conceptos adquiridos en distintos y/o nuevos contextos.

DE LA PRESENCIALIDAD A LA SEMIPRESENCIALIDAD: MODELO DIDÁCTICO BASADO EN EL USO DE LAS TIC

Avila, Marta[1]; Saracho, Marta[1]

[1]Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca
rodocrosita1035@yahoo.com.ar

Resumen

Considerar las reales potencialidades de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) permitirá formular un nuevo modelo didáctico en la universidad que brinde respuesta en relación a la formación de sujetos capaces de transformar la información en conocimiento. Este trabajo busca elaborar un modelo con integración de las TIC que permita lograr una mayor autonomía e interactividad entre los actores educativos. En el segundo cuatrimestre del año 2012, se implementará el dictado del tema Fuerzas y Movimientos con la modalidad semi-presencial, en la asignatura Física I de las carreras de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca. Desde la investigación "*Los procesos de innovación en las prácticas educativas basados en la incorporación de las TIC a las carreras de Matemática y Física*" inicialmente se elaboró un diagnóstico rescatando las opiniones de docentes y alumnos sobre la disponibilidad de recursos tecnológicos, actitudes y expectativas. En la estrategia didáctica se sugiere como primera actividad la identificación de los conocimientos previos que poseen los estudiantes sobre la temática. Los resultados de los diagnósticos permitirán aproximar las acciones docentes al contexto real. La ponencia muestra el modelo propuesto y las actividades con los recursos utilizados.

Palabras clave: Nivel universitario, TIC, modelo didáctico

Abstract

The real potencial of the Information and Communication Technology (ICT) makes it possible to frame a new didactic model at the university which will give answers related to the training of subjects so that they can be able to transform information into knowledge. The aim of this work is to elaborate an ICT integrated model which allows to obtain greater autonomy and interactivity between the educational actors. In the second cuatrimester of 2012 the theme Forces and Movement will be delivered in a combined modality, online and on-campus in the subject Physics I of the career Physics at the College of Exact and Natural Sciences of the National University of Catamarca. In the research entitled "The innovation processes in the educational experiences based on the inclusion of ICT into the Mathematics and Physics careers", a diagnosis was initially elaborated in which students and teachers expressed their views about the availability of technological resources, attitudes and expectations. In the instructional strategy, the first activity suggested is the identification of the previous knowledge students have of the subject matter. The diagnosis results will contribute to bring teachers closer to real contexts. The paper presentation will show the proposed model and the activities with the resources used.

Key words: university level, ICT, didactic model.

DE LA PRESENCIALIDAD A LA SEMIPRESENCIALIDAD: MODELO DIDÁCTICO BASADO EN EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

Ávila, Marta del Valle; Saracho, Marta Alicia
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UNCa – Belgrano al 300 –CP 4700
rodocrosita1035@yahoo.com.ar

OBJETIVOS

- **Desarrollar un modelo didáctico con integración de las TIC y recursos de gestión del conocimiento que permitan lograr una mayor autonomía e interactividad en los actores educativos**
- **Promover una enseñanza no tradicional centrada en el alumno que tenga en cuenta nuevos enfoques formativos, las oportunidades y retos de las TIC.**

DIFICULTADES QUE PRESENTAN LOS ESTUDIANTES INGRESANTES

En aspectos relacionados con:

- ❑ **El aprendizaje de ciertos conceptos físicos**
- ❑ **La integración de conceptos de cinemática y dinámica**
- ❑ **La persistencia de concepciones alternativas**
- ❑ **La dependencia del estudiante hacia el profesor**
- ❑ **La escasa motivación puesta de manifiesto en la poca participación en las clases teóricas-prácticas**

PLANIFICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

En el segundo cuatrimestre del año 2012 se implementará el dictado del tema FUERZAS Y MOVIMIENTO con la modalidad semipresencial en la asignatura Física I de las carreras de Física, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca.

Se aplicará utilizando el campus virtual que dispone la Facultad para su uso: plataforma Moodle (código abierto) www.facenvirtual.com.ar/moodle

Al elaborar la estrategia didáctica en el entorno semipresencial se procuró tener en cuenta:

1. **La identificación del conocimiento previo que poseen los estudiantes**
2. **El conocimiento de las necesidades e intereses de los estudiantes para activar los procesos de adquisición de un aprendizaje significativo y autónomo.**
3. **La realización de actividades que favorezcan la motivación de los estudiantes para despertar el interés por el estudio**
4. **La autoevaluación para que el estudiante conozca lo que ha aprendido y cómo puede lograr los objetivos no alcanzados.**

ESTRUCTURA DE LOS RECURSOS A UTILIZAR

Este trabajo constituye el estdo de avance del proyecto de Investigación "LOS PROCESOS DE INNOVACIÓN EN LAS PRÁCTICAS EDUCATIVAS BASADOS EN LA INCORPORACIÓN DE LAS TIC EN LAS CARRERAS DE MATEMÁTICA Y FÍSICA". En una primera instancia del proyecto se planificó y aplicó un relevamiento o diagnóstico de situación para detectar la disponibilidad, actitudes y espectativas de docentes y alumnos de la muestra en estudio sobre las TIC. Considerando los datos obtenidos del diagnóstico se seleccionan los recursos, los que se mencionan:

a) **Textos de lectura obligatoria**
b) **Simulación del fenómeno físico estudiado**
c) **Problemas juego y problemas tradicionales para el logro de la transferencia conceptual a situaciones nuevas**
d) **Videos con experiencias históricas como actividades integradoras**
e) **Instrumentos para la autoevaluación de la comprensión de conceptos y su aplicación a contextos diferentes**

EJEMPLO 1: LECTURA DE TEXTO OBLIGATORIO

TITULO DE LA ACTIVIDAD:

DE ARISTÓTELES A GALILEO

OBJETIVO: Reconocer el carácter cambiante de la ciencia a través de la evolución de los modelos físicos

CONSIGNA DE TRABAJO

El material de lectura estará disponible en: GALILEO Y LA CIENCIA DEL MOVIMIENTO.doc.pdf Lea el texto y vea el video adjunto.

Responda:

1. **¿Con qué propósito se realizó el experimento?**
2. **¿Qué permiten obtener los datos registrados en el video?**
3. **¿Cuál es la conclusión que puedes obtener de esta tarea?.**
4. **¿Qué es lo que aprendiste con la tarea propuesta?**
5. **¿Qué reflexión puedes hacer sobre las ideas de los científicos? ¿Y sobre la incorporación del trabajo experimental en la ciencia?**
6. **Envía al correo electrónico de la cátedra las respuestas a los interrogantes planteados**

EJEMPLO 2: SIMULACIÓN DEL FENÓMENO FÍSICO

TÍTULO DE LA ACTIVIDAD:

ESTUDIO DE LA TRAYECTORIA DE UN CUERPO EN TIRO VERTICAL

OBJETIVO: Caracterizar la trayectoria de un móvil en tiro vertical

CONSIGNA DE TRABAJO:

Teniendo en cuenta lo aprendido sobre descripción de movimiento construya las gráficas y= y (t); v= v (t) y a= a (t) utilizando la página web

http://usuarios.lycos.es/pefeco/caidagraves/caida_Grav_indice.htm

1. **Visualiza la trayectoria del móvil ¿Cuál es la posición inicial del móvil?**
2. **Pulsa en 'Aplicación práctica' y sigue las instrucciones correspondientes**
3. **Determina la altura máxima y el alcance horizontal para h0= 0m.**
4. **¿Cuál es la velocidad inicial del cuerpo? ¿Y la velocidad cuando llega al suelo?**
5. **¿Cuánto tiempo tarda el cuerpo en alcanzar la altura máxima? ¿Y cuánto tiempo tarda en llegar al suelo?**
6. **Completa el cuadro que se le presenta en la página web.**
7. **Comprueba los datos registrados por Ud. con los que figuran al pulsar 'Comprobación de resultados'.**
8. **¿Qué es lo que aprendiste con el desarrollo de esta Actividad? ¿Tuviste alguna dificultad al realizarla? Indica cuál o cuáles.**
9. **Elabora un informe con los resultados de todas las cuestiones relacionadas con las situaciones problemáticas propuestas y envíalo como archivo adjunto con tu nombre y número de actividad al correo electrónico de la cátedra.**

EJEMPLO 3: SIMULACIÓN CON PROBLEMAS JUEGO

TITULO DE LA ACTIVIDAD:

MOVIMIENTO DE PROYECTILES

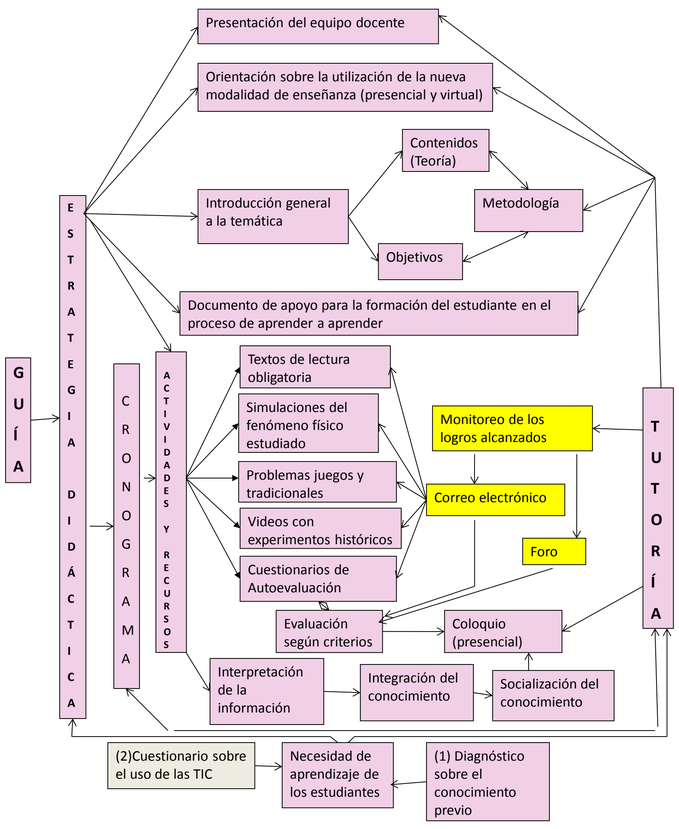
OBJETIVO: Caracterizar el movimiento de proyectiles

CONSIGNA DE TRABAJO: Consulte la página web

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/

1. **Utiliza el programa interactivo problema-juego Apunta con el cañón para dar en un blanco fijo, y trate de dar en el blanco con el menor número de intentos.**
2. **Resuelve los problemas planteados en dicha página, en relación al tema: cinemática, movimiento bajo la aceleración constante de la gravedad y compruebe la solución de los mismos con el programa interactivo.**
3. **¿Te ha resultado difícil realizar esta actividad? De ser así ¿Puedes identificar si la dificultad estuvo centrada en los contenidos, en los procedimientos? De haber existido otros inconvenientes los puedes mencionar o describir.**
4. **Elabora un informe con los resultados obtenidos y envíalo como archivo adjunto con tu nombre y número de actividad al correo electrónico de la cátedra.**

MODELO PEDAGÓGICO PROPUESTO



El modelo propuesto pretende desarrollar los pasos seguidos en la elaboración de la estrategia empleada donde el diseño de materiales con integración de las TIC, el conocimiento y los actores educativos (profesor y estudiantes) ocupan un lugar relevante.
Los resultados de los diagnósticos (1) y (2) permitirán aproximar las acciones docentes al contexto real. Este trabajo tiene como propósito ajustar criterios de evaluación en el diseño del material de enseñanza y aprendizaje teniendo en cuenta la utilización de las TIC con el fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes y posibilitar la adquisición de competencias.
A la izquierda se presenta el Modelo Didáctico Propuesto en la asignatura Física I utilizando la modalidad semipresencial.

REFLEXIÓN FINAL

Aunque hoy día no se conozca con precisión las características que ha de tener el nuevo paradigma educativo, Reigeluth (2000) sostiene que debe apoyarse en entornos enriquecidos tecnológicamente y en el modelo constructivista del aprendizaje. La convergencia de métodos constructivistas y tecnologías de la información y la comunicación se presentan como alternativas educativas en la formación de sujetos competentes que tengan que desarrollar tareas cognitivas complejas en la nueva sociedad de la información del siglo XXI.
La incorporación de las TIC a la enseñanza resulta necesaria y en consecuencia, adquiere importancia explorar los aspectos didácticos relacionados con ella; por un lado, para hacer explícito el modelo pedagógico subyacente a su uso y por otro lado para formular innovaciones coherentes con las investigaciones en didáctica de las ciencias.
La enseñanza en entornos virtuales requiere de la generación de espacios de reflexión que posibilite a los docentes de la cátedra pensar acerca de cómo lograr la traducción de los contenidos disciplinares en contenidos didácticos adecuados a la educación a distancia.
De la reflexión sobre la planificación e implementación de la experiencia se producirán
Interrogantes y respuestas de los sujetos involucrados en investigación lo que llevará al análisis, evaluación y conclusiones respecto a lo positivo y negativo de la aplicación de la propuesta, que permita realizar modificaciones sucesivas que conduzcan al cumplimiento de los objetivos planteados.

REFERENCIAS DEL CUADRO

El cuadro pintado de color gris que se muestra en el Diagrama corresponde a parte ya realizada de la investigación.
Los cuadros resaltados en amarillo son los recursos de comunicación utilizados y la función que cumplen en el modelo
En rosa se encuentran coloreados todos los pasos a seguir en la Estructura Didáctica de la Guía resaltando la función de tutoría

MEDIR SEGMENTOS DELIMITADOS EN EL PIZARRÓN: UNA SENCILLA ACTIVIDAD DE DIAGNÓSTICO PARA IMPORTANTES TEMAS INSTRUMENTALES Y CONCEPTUALES

Kupczewski, Marcos Esteban y Rosales, Alejandro

Cátedra de Física I Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - Sede Trelew

marcoskup@gmail.com y arosales.tw@gmail.com

RESUMEN

Aprender a registrar y analizar información generada desde mediciones de magnitudes físicas, es esencial para el estudiante de ingeniería. La realización de actividades de corta duración y aparente sencillez, con gran carga instrumental y conceptual, son útiles como diagnóstico. Así, la simple consigna "medir estos segmento delimitados en el pizarrón con todos los elementos que tienen disponibles, contestar las siguientes tres preguntas y entregar posteriormente lo producido", ha sido una valiosa instancia de enseñanza, aprendizaje y vinculación. Durante las últimas cuatro ediciones (2008 a 2011) del curso de nivelación de Física, ésa fue la actividad inicial para diagnosticar a cada cohorte y posteriormente trabajar temas de: precisión, exactitud, manejo de cifras significativas, confección de tablas y gráficos, selección de instrumentos de medición, manejo de sistemas de unidades, cumplimientos de pautas de trabajo, distribución de tareas en los grupos, manejo del cuaderno de laboratorio, responsabilidad, repetibilidad de mediciones y errores de medición, entre otros. Los aspectos tratados (e incluso los grupos conformados) perduran, algo que queda evidenciado al momento de que los estudiantes que realizaron o no el curso de nivelación deben afrontar integralmente la primera actividad experimental de Física I.

Palabras clave: medición, informes, magnitudes, experimentación

ABSTRACT

It is essential for engineering students to learn how to registering and analyzing the information generated from measuring physical magnitudes. The carrying out of short-time activities that seem quite simple, with wide use of instrumental and that involve conceptual work, have demonstrated to be very useful as a diagnostics. For instance, the exercise "measure these segments drawn on the board using all the elements available, then answer the following three questions, and produce and send to the instructor a report" has been a valuable task of teaching and learning, as well allowed the cooperation between the students. During the past four years (2008-2011), this activity was the first in the Physics Introduction Course. It was a good starting point for developing subjects like: precision, accuracy, meaningful digits, making tables and graphs, choice of the right measurement equipment, using the metric system, getting the ability to work within a group, using a laboratory notebook, responsibility, and repeatability of the measurements, among others. All these topics that were acquired remained through time (including the groups of students), demonstrated when the students took their first course on Physics (in comparison with those students that did not attend to the Introduction Course).

Keywords: measurements, reports, magnitude, experimental work

MEDIR SEGMENTOS DELIMITADOS EN EL PIZARRÓN: UNA SENCILLA ACTIVIDAD DE DIAGNÓSTICO PARA IMPORTANTES TEMAS INSTRUMENTALES Y CONCEPTUALES

Marcos Kupczewski (marcoskup@gmail.com) y Alejandro Rosales (arosales@tw.unp.edu.ar)
Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, U.N. de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Trelew.

Situación: Aprender a registrar y analizar información generada desde mediciones de magnitudes físicas es esencial para el estudiante.

Ámbito de aplicación: Actividad inicial (grupos de 4 a 6 alumnos) de las ediciones 2008 a 2011 del curso de nivelación de Física, optativa en el 2do cuatrimestre del 1er año, ingeniería civil.

Consigna: "Medir estos segmento delimitados en el pizarrón con los elementos que tienen disponibles, analizar los siguientes puntos y entregar lo producido."

"Analiza las mediciones de cada segmento a) realizadas por distintos alumnos con el mismo instrumento y b) del mismo alumno con distintos instrumentos.
c) Analiza los promedios de las distintas mediciones.
d) Determina que instrumento fue el más preciso y justifica."

Temas tratados: Precisión, exactitud, manejo de cifras significativas, tablas, gráficos, selección de instrumentos de medición, manejo de unidades, distribución de tareas, cuaderno de laboratorio, errores de medición, otros.

Tabla 1:

Año de realización	2008	2009	2010	2011
Número de trabajo	1	1	2	1
Número de comisión	6	4	7	4
Nombre de los autores	6	6	6	4
Fecha de realización	5	4	5	3
Unidades utilizadas	6	4	6	4
Unidades en celdas	6	3	4	3
Indicación de promedios	3	2	1	3
Operario diferenciado	2	5	7	4
Cantidad de comisiones	6	6	7	4

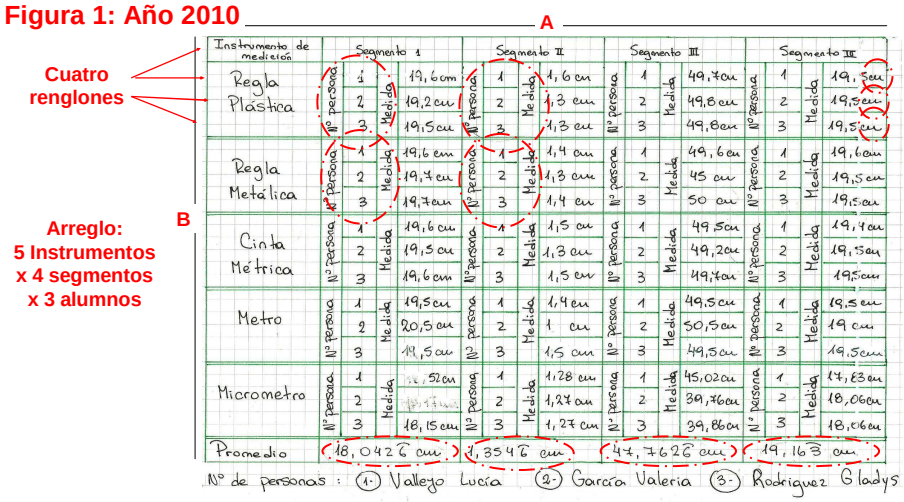
Resultados: El análisis de los 23 informes producidos en estos 4 años muestra que no todos completan la información básica. La mayoría presenta las unidades utilizadas, pero varían entre celdas o son iguales pero repetidas en todos las celdas (Tabla 1).

Tabla 2

Característica	Año	Media	Mínimo	Máximo
Superficie utilizada (AxB: cm^2)	2008	330	205	467
	2009	487	248	1032
	2010	193	83	287
	2011	410	158	741
Renglones utilizados	2008	23	19	27
	2009	38	13	72
	2010	14	10	18
	2011	27	8	62

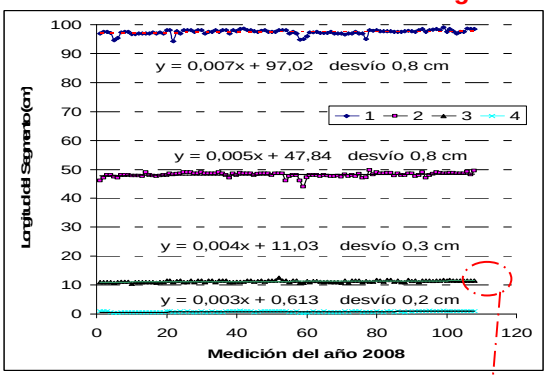
La superficie total, la cantidad de renglones y el arreglo de la información (filas x columnas) varió entre comisiones, se repitió información (Tabla 2). Algunos promedios reflejaron la todas las cifras de la calculadora (Figura 1).

Figura 1: Año 2010

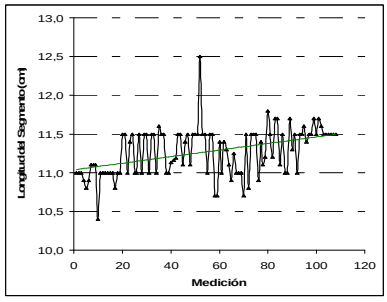


A partir de la información se realizaron gráficos de síntesis para motivar el intercambio (Figura 2).
Las respuestas no pueden ser analizadas en profundidad porque el tiempo disponible para su realización varió entre años según la cantidad de comisiones.

Figura 2



Uno de los mensajes a los alumnos: ¡Cuidado al analizar gráficos, la escala de trabajo puede engañar!



Conclusiones: Esta actividad, corta y de aparente sencillez, con gran carga instrumental y conceptual ha sido muy útil como instrumento de diagnóstico, enseñanza, aprendizaje y vinculación. Los aspectos tratados (e incluso los grupos formados) perduran, algo que se evidencia al momento de que los estudiantes, que realizaron o no el curso de nivelación, deben afrontar la primera actividad experimental de Física I.

XI Simposio de Investigación en Educación en Física
24, 25 y 26 de octubre de 2012. Esquel, Chubut

¿CUÁNTO RECUERDAN LOS ESTUDIANTES, DE UN AÑO A OTRO, SOBRE DOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO?

Dibar Ure, M. Celia[1] y Aleman, María Alejandra[2].

celiadibar@yahoo.com y alea_ar@yahoo.com

RESUMEN

En el presente trabajo, de tipo exploratorio y cualitativo, se estudian las respuestas de un grupo de estudiantes de un mismo curso que el año anterior habían realizado dos trabajos prácticos de laboratorio con características participativas, especialmente diseñados para la enseñanza de temas de óptica y otro para la enseñanza de temas de magnetismo. Los estudiantes cursan 6° Año de la Escuela Secundaria con orientación en Ciencias Naturales de un colegio privado de clase media. Se analiza cuánto recuerdan al año siguiente de las prácticas realizadas y de los conceptos involucrados en cada una de estas prácticas. Los resultados muestran que estos estudiantes recuerdan más del trabajo práctico de laboratorio de magnetismo que del de óptica.

Palabras clave: magnetismo, trabajo práctico de laboratorio, nivel secundario.

ABSTRACT

In the present work, which uses an exploratory and qualitative methodology, we study the answers of a group of students of a 6th year of a secondary school to a set of questions. These students were enrolled in a program with a Natural Science orientation in a private middle class secondary school. They had carried out 2 specially designed participative laboratories in optics and magnetism. The questionnaire was answered on the following year. We analyze what they remember about the labs after that time. The results show that they remember more about this lab than they do about the optics one.

Key words: magnetism, laboratory practice, secondary level.

¿Cuánto recuerdan los estudiantes, de un año a otro, sobre dos Trabajos Prácticos de Laboratorio? *

Dibar Ure, M. Celia[1] *y Aleman, Maria Alejandra*[2]
CONTACTO: alea_ar@yahoo.com

Universidad Nacional de General Sarmiento, ICI[1] e IDH[2]
*Trabajo realizado con la financiación parcial del PICTO UNGS 0084

RESUMEN: En el presente trabajo, de tipo exploratorio y cualitativo, se estudian las respuestas de un grupo de estudiantes de un mismo curso que el año anterior habían realizado dos trabajos prácticos de laboratorio con características participativas, especialmente diseñados para la enseñanza de temas de óptica y otro para la enseñanza de temas de magnetismo. Los estudiantes cursan 6° Año de la Escuela Secundaria con orientación en Ciencias Naturales de un colegio privado de clase media. Se analiza cuánto recuerdan al año siguiente de las prácticas realizadas y de los conceptos involucrados en cada una de estas prácticas. Los resultados muestran que estos estudiantes recuerdan más del trabajo práctico de laboratorio de magnetismo que del de óptica.

INTRODUCCIÓN:

Siempre resulta de gran interés estudiar cuánto recuerdan los alumnos de lo que aprenden en las clases de física (Petrucci et al., 2006). En particular en este trabajo nos interesa saber **cuánto recuerdan de un trabajo práctico de laboratorio con imanes,** porque consideramos que este **es un tema atractivo** para los estudiantes y que podría estar **relacionado con el interés precoz de los bebés menores de 10 meses** que muestran estudios anteriores (Dibar y Aleman; 2010). Con el fin de comparar, se trabajó con el mismo grupo de estudiantes de manera similar y durante la misma cantidad de clases, un tema de óptica: la refracción de la luz.

METODOLOGÍA Y MUESTRA:

La metodología utilizada para analizar los datos de este trabajo, **de tipo longitudinal, es exploratoria y cualitativa.**

Se trabajó con **20 estudiantes** de un colegio privado de clase media de zona norte que actualmente cursan 6° Año de la modalidad de Ciencias Naturales de la **Escuela Secundaria** y que en 2011 cursaban 5° Año.

TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO

Implementación, diseño y propósitos.:

Los alumnos trabajaron en forma teórica y práctica. Se destinaron **5 semanas para trabajar cada tema**: 11 horas de clase para los de óptica y 12 para los de magnetismo, que incluyen el **trabajo práctico de laboratorio de 2 hs. de duración.**

Los TPL consistieron en guías de **actividades de tipo abierta y cualitativa**, en las que, con algunas indicaciones, los estudiantes tenían que tomar decisiones sobre cómo realizar la actividad para contestar una pregunta. Se incluyó un observador de los grupos de trabajo mientras realizaban el TPL.

Se decidió planificar la experiencia con **actividades de características lúdicas** y que abordaran el tema desde distintos ángulos, **con material suficiente y variado para que todos los alumnos pudieran manipularlo**, de manera de favorecer el aprendizaje.

Magnetismo, *realizado el 19/08/2011.*

Que los estudiantes…

- Puedan ubicar los polos de un imán utilizando distintas técnicas e instrumentos.
- Comprendan que las interacciones magnéticas son fuerzas de acción a distancia.
- Puedan a diferenciar los polos de un imán por acción de fuerzas a distancia, de repulsión o atracción.

Óptica, *realizado el 18/11/2011.*

Que los estudiantes…

- Comprendan que la luz se desvía cuando pasa de un medio a otro y que esa desviación depende de características propias de los medios.
- Puedan ubicar el foco de una lupa y relacionarlo con la desviación de la luz.
- Puedan construir un anteojo astronómico usando dos lupas y mencionar las características de las imágenes que con este instrumento se obtienen.

CUESTIONARIOS

Luego de las vacaciones de verano, 6 meses después de los TPL.

Realizado el 03/04/2012.

El año pasado hicimos un trabajo práctico con imanes de distintas formas y tenías que ubicar los polos:

1. ¿Qué forma de imán te tocó estudiar? Dibujalo si te resulta más fácil.

2. ¿Te acordás cómo hiciste para buscar la ubicación de los polos? (contalo como si se lo tuvieras que explicar a un compañero que no estuvo ese día)

3. Jugando con dos imanes, se puede comprobar que hay una posición en la cual es imposible hacer que se toquen. ¿Por qué ocurre esto?

4. ¿Qué cosas aprendiste sobre este imán y sus polos?

5. ¿Y en general sobre magnetismo?

Realizado el 08/05/2012.

El año pasado hicimos un trabajo práctico de óptica en el que observamos el fenómeno de refracción:

1. ¿Que recordás de la experiencia de la moneda en que se manifestaba este fenómeno? Dibujalo si te resulta más fácil.

2. ¿Que recordás de la experiencia con los alfileres en la que también se manifestaba la refracción? Dibujalo si te resulta más fácil.

3. ¿Te acordás cómo hiciste para buscar la ubicación del foco de una lupa? (contalo como si se lo tuvieras que explicar a un compañero que no estuvo ese día)

4. ¿Qué sucedía cuando, jugando con dos lupas, tratabas de mirar objetos lejanos?

5. ¿Qué cosas aprendiste sobre las lupas y la refracción?

6. ¿Y de la óptica en general?

RESULTADOS

Consideramos que recuerdan el TPL de magnetismo cuando los estudiantes relatan las distintas actividades, detallan el uso de imanes, uso de limaduras de hierro, uso de brújula y realizan esquemas que las ilustran: "*teníamos un imán que no sabíamos cuáles eran sus polos entonces teníamos que usar otro imán que ya sabíamos sus polos y si se atraían era el opuesto al polo del imán que ya teníamos sus polos y si se repelían era del mismo polo*".

Además pueden diferenciar los polos de un imán por acción de fuerzas a distancia, de repulsión o atracción: "*hay dos posiciones de los imanes, si tengo dos imanes en los cuales sus polos son iguales N;N estos se repelerán, en cambio si tengo un N;S se van a juntar. Existe un sistema de repulsión y atracción a través de sus polos*"

Del 60% que no se acuerda del TPL de óptica, la mitad lo confunden con una experiencia demostrativa realizada con espejos esféricos.

	Imanes (n=18)	Refracción (n=20)
NO RECUERDA	22% ± 10%	60,0% ± 11%
RECUERDA	78% ± 10%	40,0% ± 11%

El 40% que recuerda las actividades de óptica, lo hace con explicaciones vagas, mencionan las distintas actividades y realizan dibujos que ilustran las mismas: "*la moneda se veía más cerca y no estaba donde parecía que estaba*"; "*y cuando se sacaba el telgopor del agua, ya no estaban en línea recta sino curva*" ó "*ir alejando o acercando la lupa, hasta que la imagen se aclare por completo y no se difumine*".

Cuando mencionaron las características de las imágenes que veían usando el anteojo astronómico, contestaron que "*los objetos se agrandaban*", "*se acercaban*" y "*se veían al revés*".

CONCLUSIONES

La modalidad de Trabajos Prácticos de Laboratorio implementada, tanto en el tema de magnetismo como en el de óptica, permitió un alto grado de participación y compromiso por parte de los estudiantes. Estos estudiantes, al año siguiente, pueden expresar alguna comprensión de lo que nos propusimos enseñar, utilizando relatos más pertinentes y detallados de las actividades de magnetismo, lo que nos permite decir que recuerdan más ese tema que el de óptica. Nuestros resultados parecen indicar nuevamente que el tema de la acción a distancia entre imanes posee características especiales (Dibar y Aleman, 2010).

REFERENCIAS: Petrucci, D., Ure, J. Y Salomone H., (2006) El rol de los trabajos prácticos de laboratorio en cursos Universitarios de Física.
Dibar, C. y Aleman, M.A. (2010) La atracción de los imanes.

LA TRANSDISCIPLINARIEDAD COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA EN EL CICLO BÁSICO, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA.

Cruz, Ricardo; Silva, Enrique; Macagna, Miriam; Aranibar, Liliana; Morgada, María Eugenia.

rcruz@frh.utn.edu.ar

RESUMEN

Una de las mayores dificultades con las que se enfrentan los alumnos de los primeros años de las carreras de Ingeniería es la falta de integración conceptual entre los conceptos desarrollados en las distintas asignaturas del mismo nivel, lo que les impide obtener una visión más amplia de los mismos y un mejor aprendizaje significativo. Cada asignatura se imparte y se aprende como un compartimento estanco sin plantear relaciones con las demás.

El presente proyecto pretende generar estrategias didácticas de integración para con Física I, Química General y Análisis Matemático I, tronco común a todas las carreras de Ingeniería que se desarrollan en nuestra Regional. Apuntamos, entonces, a construir y testear herramientas cognitivas que trasciendan a las tres disciplinas y que faciliten el mejoramiento del aprendizaje. En esta etapa estamos elaborando el material a utilizar en la experiencia piloto planeada para el ciclo académico 2013, que se llevará a cabo mediante el auxilio de las herramientas informáticas con que cuenta la Regional. Se contrastará, al final de la investigación, comparando resultados en cuanto a rendimiento académico y manejo conceptual de saberes adquiridos, por el grupo piloto en base a uno testigo pertenecientes ambos al mismo curso.

Palabras clave: Integración – Estrategias didácticas – Aprendizaje significativo – Rendimiento académico.

ABSTRACT

One of the major difficulties faced by students in the early years of engineering careers is the lack of conceptual integration between the concepts developed in the different subjects of the same level, which prevents them from obtaining a broader view them meaningful learning and better. Each subject is taught and learned as a watertight compartment without opening up relations with other peers.

This project aims to generate teaching strategies for integration with Physics I, Chemistry I and Calculus I, the common to all Engineering programs developed in our Regional. Aim, then, build and test cognitive tools that go beyond the three disciplines that facilitate the improvement of learning. At this stage we are developing the material used in the pilot cycle planned for 2013 that will take place with the aid of computer tools with which the regional has. It will contrast the end of the investigation, comparing results in terms of academic performance and conceptual management of knowledge acquired from the pilot group comparison based on a witness both belonging to the same course.

Keywords: Integration - Teaching Strategies - Significant learning - academic performance.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL – FACULTAD REGIONAL HAEDO
PARÍS 532 – HAEDO (1706) – PROVINCIA DE BUENOS AIRES
RICARDO CRUZ - ENRIQUE SILVA - MIRIAM MACAGNA – LILIANA ARANIBAR – MARÍA EUGENIA MORGADA
e- mail: cruz@frh.utn.edu.ar

LA INTERDISCIPLINARIEDAD COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA EN LAS MATERIAS DEL CICLO BÁSICO DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

Se pretende:

✓Determinar a través de instrumentos adecuados cognitivamente, el mejoramiento en la comprensión de temáticas, en base a la aplicación de la transdisciplinariedad.

✓Favorecer la adquisición de saberes que se desarrollan desde la matemática, física y química.

✓ Promover herramientas cognitivas que faciliten el mejoramiento de un aprendizaje efectivo.

✓Elaborar material didáctico que permita desarrollar la resolución de situaciones problemáticas sobre competencias específicas y transversales de las asignaturas del primer año de Ingeniería, con aplicaciones en el uso de la herramienta informática y con la posibilidad de su integración en el campus virtual que ofrece esta Facultad Regional.

METODOLOGÍA DE TRABAJO:

Tomando como base las asignaturas Física I, Análisis Matemático Y Química General, se desarrollarán actividades tendientes a articular los contenidos comunes entre las asignaturas contempladas.

Se le brindará acceso a un grupo de estudiantes a modo de experiencia piloto a las actividades insertadas en el campus virtual. Toda la actividad se desarrollará tomando como asignatura soporte Análisis I.

Se contrastará, al final de la investigación, comparando resultados en cuanto a rendimiento académico y manejo conceptual de saberes adquiridos, desde la comparación del grupo piloto en base a uno testigo pertenecientes ambos al mismo curso.

Herramientas a utilizar

✓Análisis de situaciones problemáticas comunes a las tres áreas planteadas desde guías de estudio colocadas en el campus virtual.

✓Aplicación de los contenidos involucrados en el trabajo al análisis y eventual producción de microvideos.

✓Uso de simuladores, tanto online como offline.

✓Uso del software "Matlab" para la realización de dichas actividades.

Instrumentos de evaluación:

✓Encuestas elaboradas para medir el nivel de comprensión de los contenidos utilizados para la articulación. Se harán tanto para el grupo piloto como para el grupo control.

✓Datos estadísticos de frecuencia de utilización, nivel de respuestas correctas, nivel de participación en las actividades, etc., aportados por la plataforma Moodle del campus virtual.

✓Análisis de rendimientos en las asignaturas involucradas.

Nivel de desarrollo:

En este momento el proyecto se encuentra en la primera etapa, preparando y testeando el material a utilizar durante el trabajo de campo, que se llevará a cabo en el ciclo 2013.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN CURSO

PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE UNA RED MULTIDISCIPLINAR DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS PARA PROFUNDIZAR EL DESARROLLO, LA APLICACIÓN Y EL SEGUIMIENTO DE MATERIALES INNOVADORES, EN LOS NIVELES MEDIO, SUPERIOR UNIVERSITARIO Y EN LA EDUCACIÓN NO FORMAL, BUSCANDO LA MEJORA DE LA ENSEÑANZA. LA PARTICULARIDAD DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Chaile M. O.[1]; Gramajo M. C.[2], Javi V. M.[3], Moya M. E.[4],
Montero Larocca M. T.[5] , Martínez C. C.[6]
ANPCYT-UNSa
[123]Facultad de Ciencias Exactas– Facultad de Ciencias Naturales[456]-Consejo de Investigación[123456]
Complejo Gral. San Martín – Campo Castañares
Av. Bolivia 5150 Salta T.E. 0387 4 255389
chailem@gmail.com; cecigramajo@hotmail.com; veroja@gmail.com, moyam@unsa.edu.ar,
marite@unsa.edu.ar, martinec@unsa.edu.ar

RESUMEN DE PROYECTO DE GRUPO DE INVESTIGACION

El PICT-O Nº 36724

Entre los años 2008 y 2011 investigadores de ciencias de las Facultades de Ciencias Exactas y Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta (UNSa), desarrollan el Proyecto de Investigación Orientado (PICT-O) Nº 36724, ganador de una Convocatoria de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (ANPCYT) (Chaile et. al., 2006). Su cometido principal tiene que ver con el desarrollo de un proceso de Investigación – Acción (I – A) en torno a la planeación, la puesta en práctica y la aplicación de materiales de carácter innovador para usar en las cátedras a cargo o en el nivel medio e incluso en espacios de Educación No Formal (ENF), al enseñas las ciencias.

El grupo de investigadores decide asimismo constituir una Red que se auto-alimenta y retroalimenta, que se comunica y se corrige o aprueba, en el nivel universitario donde actúa o relacionándose con colegas que enseñan en el nivel Medio. A la vez dicha Red se auto-titula Multidisciplinar porque incluye a profesionales que enseñan ciencias varias. De esa variedad se selecciona la experiencia investigativa de preparar y aplicar materiales para la enseñanza de la física y las energías renovables, elaborando, probando y validando contenidos curricular-científicos en formato multimedia de discos compactos (CD), video digital (DVD), a su vez combinado con materiales comúnmente utilizados en las clases y los laboratorios, demostrando su probidad.

Un modelo de investigación de tipo cualitativo, la Investigación – Acción

La I – A se define como "una guía para que los profesionales en ejercicio investiguen sus propios entornos no sólo para resolver problemas prácticos del currículum, sino también para aprender de su propia experiencia de investigación" (Elliott en McKernan. 1999: 15). También "la I – A, como movimiento de profesores-investigadores, es al mismo tiempo una ideología que nos enseña que los profesionales en ejercicio pueden ser tanto productores como consumidores del currículum (). El propósito último de la investigación es comprender; y comprender es la base de la acción para la mejora" (McKernan, Ib.: 23).

Partiendo de las primeras definiciones de la I – A de K Lewin en Estados Unidos (hacia 1944) "como un proceso cíclico de exploración, actuación y valoración de resultados" (Bausela, 2004), S. Corey (1953) cree que el cambio y la mejora de la práctica del currículum implica que los educadores interpreten los resultados de sus propias interpretaciones. Hacia los ´70 en Gran Bretaña L. Stenhouse propicia la figura del docente investigador, el que tiene a su cargo el estudio, análisis y puesta en práctica del currículum por sí, en reemplazo de la interpretación y orientación de especialistas externos. Este enfoque investigativo ofrece mayor control a los docentes en la recolección y análisis de los datos derivados de la enseñanza a su cargo y del desarrollo del currículum; luego, al estudiar los problemas, los comprende y trabaja procurando la mejora de la enseñanza a partir del reconocimiento de su significatividad y sustancialidad. Posteriormente, a partir del *Humanities Curriculum Project* es J. Elliott, discípulo de Stenhouse, quien ha ofrecido a la I – A como un paradigma de investigación alternativo (McKernan, Ob. Cit.: 62) generando una teoría práctica (en contraste con la teoría pura) y buscando establecer un puente entre la teoría y la práctica" (Elliott, 1994: 185 en MCyE Argentina, 1997: 7).

Complementariamente, Pérez Gómez (Gimeno S. y Pérez Gómez, 1993: 248) dice que "la investigación – acción se propone un vasto programa de integración de procesos, en un esfuerzo unitario por mejorar la calidad de la enseñanza mediante el perfeccionamiento de la práctica". De hecho Elliott (1991) incluye en ello la enseñanza, el currículum, la investigación y el desarrollo profesional.

Fases de la metodología de la I – A en el Proyecto

La Investigación – Acción se construye a través de cuatro fases complementarias y retro-alimentarias: la planificación, la actuación, la observación y la reflexión. En el Proyecto, durante la **fase de planificación** se considera **la** propuesta de organizar la actuación didáctica usando materiales basados en las TICs. Los investigadores de física se preguntan ¿cuáles son los criterios a considerar para que el diseño, el desarrollo y la aplicación de materiales innovadores para la enseñanza de la Física favorezcan una práctica docente tendiente a asegurar aprendizajes significativos?. La investigadora de Energías Renovables plantea: ¿cómo solucionar la escasez de materiales curriculares adecuados, para planificar y poder introducir una innovación en el desarrollo de estas nuevas temáticas en un contexto áulico o en espacios comunitarios?

Al **planificar** se reflexiona sobre cuándo, en qué momento, para qué ejes temáticos se abre la oportunidad de utilizar los materiales innovadores, por qué estos materiales responden a la autonomía buscada, a la efectividad presupuesta, a la significatividad del aprendizaje que se persigue. En la **fase de actuación** los investigadores implicados ponen en práctica los materiales (o preparan nuevos materiales). En esta fase se demuestra la actuación profesional del docente en relación con el manejo de los auxiliares en formato multimedial, su capacidad de avance directo o mediante estrategias, su proceso de cambio frente al modo tradicional de enseñanza. Implica –si se logra- asumir nuevos enfoques. En la **fase de observación** se efectúa una mirada inquisitiva sobre lo que sucede al enseñar y al aprender usando materiales innovadores. Se recogen datos a través de instrumentos consensuados y se los analiza. Aparece así la denominada **fase de reflexión**: el docente piensa críticamente qué hace al enseñar o al difundir contenidos, cómo, por qué, con qué efectos o resultados, qué grado de actuación le corresponde al alumno, a los colegas con quienes comparte, a sí mismo. En esa reflexión sopesa las ventajas de trabajar con materiales innovadores o los ajustes que tiene que hacer. Refiriéndose a la opinión del profesor con sus alumnos se trata de compartir "( ) el proceso del aprendizaje de nuestro saber que no poseemos ( )" para de este modo "( ) obtener una perspectiva crítica del aprendizaje que consideramos nuestro" (Stenhouse, 1987: 159). En síntesis:

Diagrama Nº 1: ESTRATEGIAS DE LA INVESTIGACION – ACCION PUESTAS EN PRACTICA. PICT.O Nº 36724. Salta. 2011.

observación de campo – reconocimiento en "terreno"
captación sensible de lo que se observa: registros numéricos, fotoregistración
diálogo y discusión internos
sistematización de las impresiones, los registros, los puntos de vista, la información
definición de énfasis de nuevas observaciones
la acción de elaborar materiales en soporte innovador: guionado, decisión técnica, pruebas, ajustes y re-inicio
"en terreno": entrevistas: confrontación/complemento de informaciones
"en terreno": toma de encuestas de datos
discusión en grupo interno: anticipación del escrito
escrito o Informe

Fuente: Elaboración propia en base a adaptación de Cendales, L. y Mariño, G. (2003): APRENDER A INVESTIGAR, INVESTIGANDO.

Una experiencia de investigación en Física: La práctica docente y el manejo del video.

Los investigadores de física sostienen un interés genuino sobre cómo mejorar la práctica docente por lo cual recurren a materiales en soporte innovador, que aporten a la enseñanza curricular. Reconocen que al trabajar ciertos temas el contenido se declara importante y se enseña con intensidad, pero queda una sensación de inaccesibilidad tanto concreta como abstracta, por parte del alumno. Tal es el caso del tema elegido, Densidad. La selección se efectúa luego de discusiones donde los profesionales manejan criterios de decisión basados en la experiencia de largos años de trabajo en el primer año: analizan la importancia de una práctica docente fundamentada; consideran el interés por el manejo apropiado del contenido; deciden –y están convencidos de su importancia- recurrir a las TIC, las que demandan una actualización en el modelo de enseñanza, pero no hay que confundir su uso limitándolas a ser un objetivo de la enseñanza, en cambio se define la importancia de adoptarlas como un medio para mantener y mejorar la calidad de la enseñanza. Los investigadores se muestran preocupados por sostener la relación entre la teoría de la Física y su enseñanza en la práctica. Una práctica situada y contextualizada donde no siempre, dicen, se tienen todos los instrumentales y laboratorios necesarios para enseñar de modo favorable. El uso y aprovechamiento de las TIC encuentra allí una de las razones más sentidas.

Mediante la formulación de preguntas hipotetizan, prefiguran situaciones de clases, contextualizan simbólicamente los datos referenciales necesarios para la enseñanza del tema Densidad y proponen una red de conceptos relacionados ( ) que permiten definir con precisión y objetividad su significado. Allí comienza el trazado del guión del video a elaborar. Ya durante la etapa de acción seleccionan las imágenes que acompañan a los conceptos a contener en el video, en formato fotográfico. Precisan el trabajo técnico que acompaña a la elaboración y edición del material en soporte multimedial. La reflexión acompaña los variados momentos de producción investigativa.

A su vez el subgrupo de investigadores de Física del nivel Medio realiza en sus clases la aplicación y el seguimiento de CDs y videos con contenidos de temas de Física. La planificación parte de interrogantes varios según sus experiencias previas, grados de familiaridad con las TIC y gusto por las nuevas tecnologías. El trabajo en red profesional que las contiene, sirve de apoyatura y consulta permanente para asegurar la toma de decisiones. En la acción en sí misma los investigadores llevan notas de registro de las actividades realizadas, de la distribución de tareas disparadoras o de estudio, del ambiente de la clase o laboratorio, las que complementan el trazado del plan de intervención propuesto, incluyendo el pase del video o CD. Previamente se preguntan cuándo, cómo y para qué hacerlo. La fotografía digital es otro elemento de recolección de datos.

La etapa de reflexión se imbrica en la situación práctica de enseñar, actuando de evaluación en espejo de lo que sucede y considerando lo emergente así como lo esperado. La recurrencia a la Red Profesional se torna un ejercicio de profesionalidad. En ella se comenta, expone, demanda, recepta, elabora y sintetiza, en colaboración. En búsqueda de la Mejora de la enseñanza los investigadores de Física recorre un camino de profesionalización con picos de logro, mesetas de duda y reflexión, seguido de la revisión, la re-planificación y el reinicio de la espiral de la I – A.

Una experiencia de trabajo en red para la enseñanza de las Energías Renovables.

Desde el punto de vista didáctico la Especialista en energías renovables adhiere a la teoría de la comprensión "como proceso continuo, es un ciclo repetitivo de aprender, revisar las prácticas, probar nuevos enfoques y reflexionar sobre la experiencia (Wiske Stone M. et al, 2006)". Sobre la base de la reflexión docente propone hacer comprender al alumno considerando cuatro dimensiones: el reconocimientote los conceptos principales de los procesos físicos involucrados; la orientación en el uso de métodos de razonamiento y reflexión sistemáticos; la claridad de los propósitos y las metas de la enseñanza para cada tema a abordar; la aceptación de las diversas formas de expresión de aquello que los estudiantes comprenden, ubicados en su contexto.

Trabaja los contenidos seleccionando "tópicos generativos", los que, en el proceso de I – A surgen de comentarios genuinos e interesantes apreciaciones que revelan los jóvenes, los miembros de la comunidad en las aulas y talleres donde se desempeña, actualizados y comprometidos con la realidad ambiental y energética que se vive. La segunda línea teórica de fundamento del trabajo Javi la encuentra en los escritos de Leao (2004), quien "propone un multiambiente de aprendizaje que posibilite la realización de exposiciones teóricas, prácticas de laboratorio, exposición de videos y que cuente con los recursos tecnológicos necesarios". Utiliza esquemas, gráficos explicativos, experiencias sencillas, útiles e ilustrativas para enseñar y para repasar explicaciones… Aprovecha videos del área de física producidos en el proyecto de articulación pues los conceptos contenidos hacen a la explicación de funcionamiento, más otros sencillos videos bajados de Internet; un video de co-autoria "Utilizando Energías Renovables: El Calefón Solar[1]", Solarmax de la Nacional Sciences Foundation y otros. Complementario a las lecturas y explicaciones, se vale de recursos innovadores como la Cocina Solar Tacho, el calefón solar y los sistemas fotovoltaicos, para enseñar lo conceptual y lo procedimental.

Al proceso de planificación, acción y observación se le agrega la reflexión. Ello le lleva a asumir nuevas posturas de fundamentación y de intervención didáctica, augurando resultados de mayor coherencia y rigor. En ese proceso, la referencia a fuentes bibliográficas y a espacios de cátedras con las que comparte tareas universitarias le sirven de apoyo, en tanto integra una Red Profesional que la acoge y refuerza su preparación. En el mismo sentido obraría su pertenencia al INENCO y su relación con la investigadora pedagoga del PICTO. La Red se completa (en el significado de haberla constituido, no de clausurar-la) con su compañera par de la escuela donde se desempeña en el nivel Medio, con los colegas del proyecto curricular de la institución (el docente de comunicación y diseño audiovisual, el docente de Tecnología de Control…) y con los directivos.

[1] El Video "Utilizando Energías Renovables: EL CALEFÓN SOLAR", producido en el marco del Proyecto OEA Energización Sustentable en Comunidades Aisladas con Fines Productivos. Autores: V. M. JAVI, G. LESINO GARRIDO y Tecnico de Producción P. CARBONELL "El Calefón Solar" resultó ganador del premio al Video en el rubro Documentales Terminados - Universidades Públicas, otorgado por INCCA TV, Argentina, 2010.

En la medida en que los materiales multimedia sirven para sostener la enseñanza, lo que se demuestra en logros de aprendizaje, el área de las Energías Renovables cumple con el objetivo del PICT.O Nº 36724 de *"poner en marcha un plan investigativo de elaboración y ajuste de materiales innovadores para los niveles EGB3/Polimodal, superior universitario y educación no formal".*

Conclusiones

Basado en la experiencia cumplimentada del proceso de I – A en la enseñanza de las ciencias, se observa un paralelo de experiencias enriquecedoras desde variados ángulos: se produce un giro importante del pensamiento profesional docente, el que se corre desde el modelo empírico - analítico de interpretación investigativa tradicionalmente asumido, hasta considerar la acción o la práctica docente como objeto de estudio o investigación con ánimo de perfeccionar-la (mejorar-la), desde los mismos sujetos involucrados (los docentes investigadores). Y ese perfeccionamiento (o mejora) se cualifica en forma de satisfacción por la adopción de nuevos materiales y su proceso de elaboración, conforme al contexto, a las necesidades de sí y del estudiantado real; se constituye una Red Multidisciplinar que, aunque no visibilice sus lazos de relación, se ubica en la Universidad y apunta a ser una masa crítica que se reconozca en sus inicios y en la continuidad de la tarea investigativa, propensa a investigar desde un nuevo modelo y con materiales genuinos aún novedosos para el medio local; se investiga desde la duda pero buscando la certeza, compartiendo con otros investigadores; la observación de lo que se hace en el aula, laboratorio, taller, conduce a la reflexividad crítica, a veces conducente a deshacer lo planeado y a revisar los elementos que interrelacionan en el acto de la educación.

Ello porque se logra compartir dos intereses profesionales manifiestos por sus integrantes: manejar, probar, hacer e incorporar materiales en forma multimedial e hipotetizar que adoptando tales formas de intervención se mejora, lo que seguramente se logra. Pero a ello se agrega estudiar el propio proceso de ser protagonista del cambio, desde la transformación del modelo racional o empírico o técnico, al enfoque cualitativo e interpretativo. Y desde el enfoque interpretativo al sentido ético de la educación, a la que se le reconoce valor en sí misma. Los nuevos materiales valen no sólo porque la enseñanza es mejor sino porque se usan en el proceso de **construir la educación** en la Universidad, en el nivel Medio, en la comunidad.

Bibliografía

Bausela Herreras, E. (2004): La docencia a través de la Investigación Acción. Revista Iberoamericana de Educación. http://www.rieoei.org/deloslectores/682Bausela.PDF

Cendales, L. y Mariño, G. (2003). *APRENDER A INVESTIGAR, INVESTIGANDO*. Venezuela. Federación Internacional de Fé y Alegría. Colección Programa Internacional de Formación de educadores Populares.

Chaile, M. O. (Dra.) (2006). Proyecto "Consolidación de una Red Multidisciplinar de Enseñanza de las Ciencias para profundizar el desarrollo, la aplicación y el seguimiento de materiales innovadores, en los niveles EGB3/Polimodal, superior universitario y en la educación no formal, buscando la mejora de la enseñanza". ANCYP – UNSa.

Elliott, J. (2000). *La investigación – acción en educación*. Madrid: Morata.

Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la Investigación – Acción*. Madrid: Morata

Gimeno Sacristán, J. (1988). *El currículum: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata

McKernan, J. (1999): Investigación – Acción y Currículum. Madrid: Morata.

Ministerio de Cultura y Educación (1997): *La Investigación – Acción en educación. Antecedentes y tendencias actuales*. Buenos Aires. Publicación 26 p.

Pérez Gómez, A. (1993). La función y formación del profesor/a en la enseñanza para la comprensión. Diferentes perspectivas. Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. (1993).*Comprender y transformar la enseñanza.* Madrid: Morata. Cap. XI. pp. 398 -429.

Stenhouse, L. (1991). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid: Morata. 3º Ed.

Stone Wiske, M. (Comp.) (2005). Compiladora (2005). *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Buenos Aires: Editorial Paidós

LABORATORIO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN FÍSICA (LIEF).

MSc. Prof. Nélida Palma; Prof. Ansisé Chirino; MSc. Prof. Silvia E. Elías; Mg. Ing. Rosa Venturini; Prof. Alejandra Alborch; Prof. Adriana Cuesta; Ing. Marcelo Gómez; Prof. Débora Insegna; Prof. Natacha Benavente; Ing. Leonardo Pogrebinsky Prof. Paulo Godoy; MSc. Prof. Nilda López; Ing. Eduardo Jaime; Lic. Mauricio Aubone; Téc. Francisco Donnici; Lic. Ana Lía Leonetti

Departamento de Física, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de San Juan

Av Libertador- Oeste-N°1109-

npalma@unsj.edu.ar

Resumen: La enseñanza de la Física, como objeto de estudio y análisis, ha incrementado notablemente el poder de convocatoria de investigadores y docentes desde no hace mucho tiempo. Desde los incipientes comienzos durante el final de la década del 40 y del 50, y el fuerte impulso recibido en la del 60 a raíz del ingente avance de la tecnología espacial, se han estado desarrollando actividades de investigación en la enseñanza de las ciencias, en particular de la Física, que han tenido un progreso sostenido, sobre todo a partir de la enorme competencia tecnológica que significó el marco de la guerra fría. No es de extrañar, por tanto, que el mayor desarrollo en ésta temática de investigación haya tenido lugar en Estados Unidos.

Si bien el enfoque inicial tendía a centrar los estudios en los programas de enseñanza de la Física para una determinada especialidad, paulatinamente se fue transitando hacia un análisis mas fino de los contenidos y metodologías de la enseñanza, creándose un espacio particular de interacción y discusión sobre el *perfil del educador* y el dónde, cómo, porqué y para qué debía ocuparse tiempo, recursos y dinero en conocer los mecanismos del proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Física.

En los países del Tercer Mundo, la influencia de los cambios realizados en los países centrales, y en particular de Estados Unidos, ha impactado en los sistemas educativos provocando transformaciones de diversa índole, sobre todo teniendo en cuenta que los propulsores de estas transformaciones fueron formados en instituciones educativas de los citados países. Muchos países han sido permeables a las nuevas tendencias en materia educativa, especialmente aquellas transformaciones tendientes a instalar un sistema altamente dependiente de las economías y tecnologías centrales, y enfocados en disciplinas muy vinculadas a los desarrollos tecnológicos y científicos.

En la Argentina, con una antigua y profunda tradición en el desarrollo y formación de educadores, que la hubo de colocar en una posición de liderazgo en América Latina en materia de educación, los cambios propuestos no resultaron de aplicación inmediata. La sólida estructura educativa argentina fue muy lenta en abrir sus puertas a nuevos enfoques educativos, especialmente en el ámbito universitario donde, salvo los últimos 20 o 25 años, la formación de especialistas en ciencia y tecnología estaba a cargo de educadores que centraban su atención en los contenidos y "herramientas" esenciales para la especialidad, considerando las metodologías como un acervo o aptitud propias del educador.

Pero desde hace unos años, enfrentando el crítico problema de la deserción y desgranamiento provocados por la masificación de la educación universitaria, el progresivo deterioro de la educación de nivel medio y la proliferación de carreras de incumbencia científica y tecnológica, los educadores universitarios se han preocupado por investigar las causas de las dificultades que existen en el aprendizaje y proponer soluciones a ellas.

En las universidades argentinas ha cundido el interés de los educadores en estudiar de forma sistematizada y con rigor científico el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Física. Quienes se dedican a ello son en general profesores de asignaturas específicas que tienen una experiencia personal en el tema y comparten en general vivencias y escenarios con profesores de otras ciencias aplicadas. También existen numerosos grupos e instituciones dedicados a la investigación en la enseñanza de las ciencias, algunos con énfasis en las aplicadas o experimentales.

En general, el abordaje de la problemática citada se realiza, en la mayoría de los casos, desde los mismos departamentos de enseñanza a través de programas y proyectos de investigación, creándose una vinculación entre diversos grupos de estudio a través de algún mecanismo articulador, como en el caso de otras ciencias, permitiendo la difusión y debate de nuevas ideas, plasmadas a través de reuniones de diverso tipo convocadas Ad-Hoc.

Desde hace alrededor de quince años, en el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, se están llevando a cabo trabajos de investigación en educación, entre otras cosas, con el propósito de relevar datos característicos sobre el proceso de *Enseñanza-Aprendizaje* en el área de la Física. A partir de los datos obtenidos sistemática y formalmente, y las experiencias de los docentes de las cátedras, se busca desarrollar e implementar recursos didácticos que mejoren el mencionado proceso. Los esfuerzos individuales de los docentes de Física, que presentan esta propuesta, ocupados con algún grado de extensión en tareas de investigación en temas de enseñanza, han definido un quehacer alternativo a las propias tareas de enseñar.

Además se debe mencionar que los profesores que aquí se presentan pertenecen y participan de las actividades que brinda el marco de la Asociación de Profesores de Física de la Argentina. En tal sentido, en cada edición de los congresos o seminarios hay aportes de ellos a dichos eventos.

Es bien sabida la intensa labor docente a la que se encuentra sometido el personal de los Departamentos de Enseñanza del Ciclo Básico, por tratarse de una Unidad Académica a cargo de asignaturas con gran número de alumnos, no obstante ello, los docentes vienen dedicando tiempo a actividades de investigación, dentro del Departamento de Física o en otras unidades de la Facultad, e incluso de otras facultades

La falta de un marco de referencia académico en la forma de un programa de investigación, que oriente proyectos y permita la interrelación entre temáticas e investigadores, ha disgregado los esfuerzos y no ha permitido generar un espacio adecuado de convivencia y debate sobre los temas de investigación en cuestión, es por esto que se presenta necesario y oportuno la creación de este ***Laboratorio de Innovación Educativa en Física (LIEF),*** el cual permita el crecimiento y desarrollo en la investigación y la transferencia relacionadas con la enseñanza de la física.

El ***Laboratorio de Innovación Educativa en Física (LIEF)*** tiene como propósitos:

- Profundizar el estudio de los procesos y metodologías utilizados en la enseñanza de la Física.
- Desarrollar líneas de investigación y realizar propuestas sobre diagnóstico, metodología y evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.
- Promover la formación de Recursos Humanos a través de la capacitación y el perfeccionamiento de los docentes investigadores.
- Fomentar la articulación con otros niveles de enseñanza y con otras disciplinas, en la búsqueda de aportes a la problemática de estudio.
- Lograr la integración de grupos de investigación interdisciplinarios.
- Contribuir a la vinculación con otros grupos y centros de investigación en la enseñanza de la Física, nacionales y extranjeros.
- Promover la difusión de los estudios realizados.
- Gestionar propiedad intelectual, patentes, licencias, registro de marcas y gráficas.

Los propósitos planteados permitirán a los docentes del Departamento proponer y desarrollar nuevos proyectos, facilitando y propiciando canalizar aquellas actividades de investigación educativa actualmente en curso, en el marco de una estructura institucional orgánica, y su posterior aplicación en las actividades docentes propias, y por medio de la transferencia a otras instituciones educativas del nivel medio y superior.

El LIEF tiene en este momento las siguientes áreas de trabajo: ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE ACTIVO; EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES, INGRESO Y PERMANENCIA EN LOS PRIMEROS AÑOS DE LA UNIVERSIDAD y DESARROLLO TECNOLÓGICO, EXPERIMENTAL e INFORMÁTICO

Abstract: The teaching of physics, as a study and analysis, has greatly increased the power to call for researchers and teachers from not so long ago. Since the early emerging during the end of the 40 and 50, and the strong momentum of 60 received in the wake of the enormous progress of space technology have been developing research in science education in particularly physics, which have been sustained progress, especially from the huge technological competence which meant the framework of the Cold War. No wonder, therefore, that further development in this research theme has taken place in America.

While the initial focus tended to focus studies curricula of physics for a given specialty, was gradually moving to a finer analysis of content and teaching methodologies, creating a private space for interaction and discussion profile of the educator and the where, how, why and what should deal time, resources and money in understanding the mechanisms of the process of Teaching-Learning of Physics.

n Third World countries, the influence of changes in the core countries, and particularly the United States, has an impact on education systems causing transformations of various kinds, especially considering that the proponents of these changes were trained educational institutions in those countries. Many countries have been receptive to new trends in education, especially those changes aimed at installing a system highly dependent on the economies and core technologies, and focused in disciplines closely related to technological and scientific developments.

In Argentina, with a long and deep tradition in the development and training of educators, who had to put in a leadership position in Latin America in terms of education, the proposed changes were not implemented immediately. Argentina's strong educational structure was very slow to open its doors to new educational approaches, especially in the university where, except for the last 20 or 25 years, the training of specialists in science and technology was in charge of teachers who focused their attention on content and "tools" essential for the field, considering the methodologies as a pool or fitness educator's own.
Argentinean universities has spread the interest of educators to study in a systematic and scientifically rigorous process of Teaching-Learning of Physics. Those engaged in it are usually teachers of specific subjects that have personal experience in the field and generally share experiences and scenarios with teachers from other applied sciences. There are also many groups and institutions engaged in research in science education, some with emphasis on applied and experimental.

In general, the approach to the problem above is done, in most cases from the same departments of education through programs and research projects, creating a link between various groups of study through an articulating mechanism as in the case of other sciences, enabling the dissemination and discussion of new ideas, shaped through meetings of various kinds called Ad-Hoc.

For about fifteen years in the Department of Physics, Faculty of Engineering UNSJ are being carried out research work in education, among other things, for the purpose of relieving characteristic data on the teaching-learning process in the area of physics. From the data obtained systematically and formally, and the experiences of teachers of the chairs, it seeks to develop and implement educational resources to improve that process.

It is well known the intense teaching which is under the staff of the Departments of Basic Education Cycle, because it is an academic unit in charge of courses with large numbers of students, nevertheless, teachers are spending time research activities within the Department of Physics or other units of the Faculty, and even from other schools

The lack of an academic framework in the form of a research program to guide projects and allow the relationship between subject and researchers, has broken up efforts and has failed to generate adequate space for coexistence and debate on research issues in question, is why it is necessary and appropriate presents the creation of the educational Innovation Laboratory in Physics (LIEF), which allows growth and development in research and transfer related to the teaching of physics.

The lack of an academic framework in the form of a research program to guide projects and allow the relationship between subject and researchers, has broken up efforts and has failed to generate adequate space for coexistence and debate on research issues in question, is why it is necessary and appropriate presents the creation of the educational Innovation Laboratory in Physics (LIEF), which allows growth and development in research and transfer related to the teaching of physics.

The Laboratory for Innovative Education in Physics (LIEF) has the following purposes:

• Further study of the processes and methodologies used in teaching physics.

• Develop research agenda and make proposals on diagnosis, assessment methodology and process of teaching and learning of physics.

• To promote the training of human resources through training and retraining of teachers and researchers.

• Encourage coordination with other levels of education and other disciplines, seeking input to the problem of study.

• Ensuring the integration of interdisciplinary research groups.

• Contribute to linking with other groups and research centers in the teaching of physics and abroad.

Promote the dissemination of studies.

• Manage intellectual property, patents, licenses, trademarks and graphics.

The proposals made will enable teachers in the Department propose and develop new projects, facilitating and promoting channel those educational research activities currently underway as part of an organic organizational structure, and its subsequent implementation in their own teaching activities and through transfer to other educational institutions of secondary and higher. The LIEF currently has the following areas: active learning strategies; EVALUATION OF LEARNING, INCOME AND STAY IN THE EARLY YEARS OF THE UNIVERSITY and Technological Development, Experimental and COMPUTER

LA CREACIÓN DE AMBIENTES DE AULA PARA LA PRODUCCIÓN DE ARGUMENTOS CIENTIFICOS.

Pedrol, Héctor (1); Tricárico Hugo R. (1); Trinidad Oscar (1);

Grupo de Investigaciones en Educación en Ciencias (GIEC)-Escuela de Humanidades- Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).
ciencias@unsam.edu.ar

Resumen— En esta línea de trabajo se analiza la influencia de las decisiones tomadas en clase sobre la generación de un ambiente de aula, que faciliten la producción de argumentos científicos por parte de alumnos de nivel secundario de Escuelas del conurbano bonaerense. Se está trabajando con el desarrollo de secuencias didácticas en la que se estudian la energía, formas y fuentes y energías no convencionales. La unidad didáctica contiene un modelo de proceso de autorregulación, que a su vez contiene el proceso de argumentación científica. Se toman cuatro factores para analizar el proceso: las preguntas, el uso de evidencias o pruebas, las formas comunicativas y el modelo teórico que da sustento a la exploración.

Palabras clave: Argumentación científica, hablar ciencias, discurso, didáctica de las ciencias.

Summarize - In this line work there is analyzed the influence of the decisions taken in class on the generation of an environment of classroom, which they facilitate the production of scientific arguments on the part of pupils of secondary level of Schools of the Great Buenos Aires. One is employed with the development of didactic sequences at the one that there study the energy, forms and sources and not conventional energies. The didactic unit a process model contains of "autorregulación" that in turn contains the process of scientific argumentation. Four factors take to analyze the process: the questions, the use of evidences or tests, the communicative forms and the theoretical model who gives sustenance to the exploration.

Key words: scientific argumentation, to speak sciences, speech, didactics of science.

INTRODUCCIÓN

En esta línea de trabajo el Grupo GIEC analizará de que modo las decisiones tomadas en clase sobre la generación de un ambiente de aula, facilitan o no la producción de argumentos científicos por parte de alumnos de nivel secundario de Escuelas del conurbano bonaerense. Estamos trabajando con el desarrollo de secuencias didácticas en las que se estudian los temas que hemos citado en el Resumen. Las unidades didácticas elaboradas contienen un modelo de proceso de autorregulación, que a su vez subsume al proceso de argumentación científica. Se toman cuatro factores para analizar el proceso: las preguntas, el uso de evidencias o pruebas, las formas comunicativas y el modelo teórico que da sustento a la tarea.

REFERENTES TEÓRICOS

En los últimos veinte años la Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza se ha preocupado por el estudio del discurso en las clases de Ciencias de la Naturaleza de todos los niveles educativos (Sutton, 1992; Lemke, 1997; Candela, 1999; Sanmarti, 2003). Entre los varios temas que se abordan desde esta perspectiva, sobresale el de la argumentación en la educación en ciencias (Jiménez Aleixandre, & Diaz de Bustamante, 2003; Osborne et al., 2004).

Estimamos que la importancia que ha adquirido este tema en la Educación en Ciencias, tiene que ver con la claridad para vincular los fenómenos naturales con la capacidad modelizadora de la ciencia (Martin y Veel, 1998).

En este sentido, Erduran (2004) entiende a la argumentación como el proceso de coordinación de las evidencias con las teorías científicas y por lo tanto constituye un aspecto importante en la indagación científica. Los científicos utilizan a la argumentación para desarrollar y mejorar el conocimiento científico. La actividad central de un científico es construir y usar argumentos sobre los cuales desarrollar conjeturas imaginativas acerca de "fenómenos extraños" y determinar cuales son las más convincentes a la luz de las pruebas.

Si éstas no resultan suficientes desde luego, obtener pruebas adicionales que permitan obtener una interpretación modélica del fenómeno.

En esta línea de trabajo nos interesa lo que afirman López Rodríguez & Jiménez-Aleixandre (2007), quienes mencionan que los estudios sobre la argumentación en la clase de ciencias, iniciados hace unos quince años aproximadamente, se están diversificando, abordando por ejemplo los aspectos sociales de la argumentación, la forma de diseñar ambientes, estrategias para promoverla, o la calidad de la misma. También se realizan investigaciones sobre las evidencias, las pruebas y su inclusión y uso en la argumentación; la producción de argumentos por parte de los alumnos como productores de conocimiento.

En el marco de las posibles temáticas que existen en torno a la argumentación, nuestro interés es centrarnos en el estudio de la forma de los diseños del ambiente de la clase que la favorezcan, y en concreto la función que tienen las preguntas de los docentes y como se facilita la construcción de argumentos teniendo en cuenta las diferentes formas comunicativas y el estimulo de la autorregulación.

Resultaría importante que, en las clases de Física (y de Ciencias en general) de la Escuela Secundaria, se produjera un ambiente facilitador del mencionado proceso.

En este sentido Jiménez Aleixandre (2010) enuncia que en este contexto de clase constructivista, el docente puede "actuar como modelo y dirigir la indagación, la investigación del alumnado, es decir que el docente debe también investigar, hacer preguntas, usar pruebas, debatir, hablar y escribir ciencias, modelando las mismas acciones que pretende realice el alumno"

En la presente propuesta ya estamos utilizando cómo metodología el "estudio de casos" porque creemos que nos permitirá realizar un análisis profundo de las relaciones entre las variables que intervienen en el aula para construir el ambiente que posibilite la génesis de los argumentos; se realiza con docentes de Física y grupo de alumnos (16-17 años) de escuelas secundarias, de la Provincia de Buenos Aires.

En función de los resultados encontrados en la literatura sobre el diseño de ambientes que favorecen el proceso de argumentación, es que decidimos indagar sobre cómo el docente modela la investigación escolar, qué decisiones toma y que indicaciones brinda a sus alumnos para que surja un ambiente de clase que facilite la argumentación científica. Y como los alumnos las interpretan y aplican.

Para poder explicar los propósitos de esta indagación creemos que es necesario avanzar sobre el desarrollo del diseño de ambientes de aula que facilitan el proceso de argumentación, buscando conocer que líneas de investigación se han seguido y que resultados se han obtenido, y que nuevas preguntas se plantean en este campo.

Utilizar en la educación en ciencias procesos de argumentación conlleva, por parte del docente, una forma determinada de servir como modelo del mismo proceso que se está proponiendo a los alumnos en la clase. Promover el uso de pruebas en la construcción de sus justificaciones, ocuparse decididamente para que los alumnos se representen el objetivo de la acción propuesta, y reflexionen en consecuencia.(Aleixandre, 2010)

Pero ¿cómo se desarrollan todos y cada una de estas acciones en el preciso momento de la clase? Entre las muchas formas posibles de intervención docente durante un proceso de argumentación, en esta indagación nos limitamos a cuatro formas de intervenciones durante la secuencia de clase.

Preguntas y Objetivos del Trabajo

Para abordar esta línea de acción hemos preparado algunas CUESTIONES y Objetivos, relacionados con un conjunto de pasos que debemos dar.

<u>CUESTION 1</u>: Qué potencialidad tienen las preguntas del docente en clase para favorecer la construcción de argumentaciones?

<u>Objetivo 1.1</u>- Analizar como las preguntas que el docente plantea propician la relación entre los presupuestos y los modelos teóricos necesarios para argumentar

<u>Objetivo 1.2</u>- Analizar como el tipo de preguntas que el docente plantea en clase condicionan la calidad, el interés, la presencia o la ausencia, la frecuencia, la significatividad de los argumentos propuestos por el alumno.

Asociadas a la actividad científica escolar están las preguntas, que según Roca (2007), pueden favorecer la relación entre los distintos componentes que intervienen en todo proceso de enseñanza y de aprendizaje, de acuerdo a como se formulen y respondan (el conocimiento científico, el conocimiento de los alumnos y los fenómenos que se pretenden explicar).

Un segundo conjunto de intervenciones se refiere al tipo de pruebas que validen o invaliden parte o todo del proceso de argumentación:

CUESTION 2: Qué tipo de pruebas promueve el docente para que los alumnos utilicen en el proceso de argumentación?

Objetivo 2.1 - Analizar el tipo de pruebas y como condicionan para que los alumnos argumenten más o menos, mejor o no tanto, con más o menos interés

Objetivo 2.2 - Identificar la evaluación de las pruebas la coherencia con la indagación y la solidez metodológica

Definimos prueba coma las observaciones, hechos, experimentos, señales, muestras o razones con las se pretende mostrar que un enunciado es cierto o falso.

El tercer conjunto está vinculado a la modalidad y forma comunicativa de la clase:

CUESTION 3: Qué formas comunicativas promueve el docente en la clase?

Objetivo 3.1 Analizar cómo cada forma comunicativa empleada en. la clase contribuye a que los alumnos argumenten mas o menos, mejor o no tanto, con más o menos interés.

Objetivo 3-2 Establecer relaciones entre las formas comunicativas que promueve el docente y los tipos de argumentaciones que producen los alumnos

Entendemos por Forma Comunicativa a la expresión oral, gestual, dibujos o por escrito, utilizando o no TIC,s. por parte del alumno y del docente.

CUESTION 4: Como estimula el docente la auto- y co- regulación de las dificultades de los alumnos para que puedan generar argumentos de calidad y expresarlos.

Objetivo 4.1 – Analizar la relación entre este tipo de evaluación y la calidad de los argumentos y la revisión de las ideas iniciales de los alumnos Entendemos por ideas iniciales por aquellas que los alumnos tenían antes de realizar la actividad de argumentación.

La CUESTION 4 hace referencia a aspectos de regulación, autorregulación y co-regulación sugeridas o promovidas por el docente.

Metodología

Estudio de casos

En esta línea de trabajo decidimos utilizar cómo metodología el estudio de casos porque creemos que nos permite realizar un análisis profundo de las relaciones entre las variables que intervienen en el aula para construir el ambiente que posibilite la génesis de los argumentos. Los estudios de caso no son generalizables, pero cuentan con la ventaja de que al estar inmersos en la realidad permiten que conecten la teoría y la práctica. La fiabilidad y consistencia de los datos que se obtengan se asegura por el uso de procedimientos claros y explícitos que permitan que cualquier persona pueda intentar realizar una replica del caso a través de los datos (Marcelo y Parrilla, 1991).

Este método de investigación toma coma validos los fundamentos del paradigma interpretativo. Al situar el énfasis en la interpretaci6n destacamos que la posición del investigador es la de alguien que recoge, con objetividad, lo que ocurre y que a la vez examina su significado y reorienta la observación para precisar o sustanciar los significados.

Contexto, muestra e instrumentos de recogida de datos

Para recoger los datos consideramos importante registrar en audio y video las distintas sesiones de trabajo en el aula (que es lo que el Grupo GIEC está haciendo) para poder relevar datos con un grado mayor de precisión, que el que se obtiene a través de la observación participante. Hemos diseñado una secuencia de actividades de clase que se desarrollen durante varias sesiones relacionadas con una unidad didáctica de Energía del Diseño Curricular de la Dirección de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. En su marco se trabaja más especialmente la argumentación.

La secuencia didáctica está diseñada en forma concertada con quienes la llevan a cabo. Se realizarán una serie de encuentros en los cuales se interactuará con ellos de forma tal de lograr una planificación adecuada a la producción de procesos de producción de argumentos. Esperamos que la experiencia se realizará durante el invierno-primavera de este año 2012.

Se seleccionó a los docentes por su experiencia y su forma de trabajo participativo y abierto. Se consideró especialmente su disposición a la presencia de la filmadora y el grabador en la clase. Es probada su solvencia en el desarrollo de contenidos, por lo cual brinda cierta seguridad en el desarrollo de los temas seleccionados.

Respecto a la estrategia de obtención de datos se utilizarán diferentes fuentes:

a) Se grabarán en audio las clases y simultáneamente se filmarán. Esta última fuente se tendrá en cuenta en forma complementaria al audio.

b) Se tomarán tres entrevistas a los docentes. La primera al comienzo de la realización de la planificación concertada y la segunda al momento en el cual se de comienzo a la aplicación de las actividades sobre los temas centrales y, al final de la aplicación de la secuencia.

c) Se recolectaran copias de las producciones argumentales de los alumnos del grupo clase.

d) Se grabaran en audio las sesiones de planificación concertada entre el investigador y el docente.

e) Se grabarán en audio las interpretaciones que se hagan al observar secuencias de video (vinculadas a las unidades de análisis) de las clases.

Los documentos de audio obtenidos del grupo y sus discusiones de aula, deben ser desgrabados para su tratamiento en función de la identificación de las unidades de análisis. Una vez realizada esta tarea se procederá a la identificación de las variables que determinan el ambiente de argumentación, los episodios de argumentación y la calidad científica de los mismos. (Von Aufschnaiter, Claudia; Erduran, Sibel; Osborne, Jomathan; Simon Shirley, 2008)

Los documentos obtenidos en video serán utilizados como apoyatura de las desgrabaciones de audio de la siguiente forma: se procederá a observar conjuntamente con la profesora, breves secuencias de tomas de video, vinculadas con las unidades de análisis establecidas, con el objetivo de registrar las explicaciones brindadas por la docente. Este material será utilizado en un proceso de comparación con la planificación, de forma tal que se puedan encontrar justificaciones más detalladas de las decisiones tomadas en la clase.

Desde el análisis teórico, se confeccionará una primera lista de categorías semiestructuradas, definidas operacionalmente a lo largo del estudio. Las mismas quedarán incluidas en cuatro niveles (correspondientes a las cuatro sub.-preguntas de la investigación), que se constituirán en un esquema, como protocolo de análisis de las intervenciones.

La elaboración de dimensiones y categorías se realizará a través de un proceso de teorización que culminará con el desarrollo de una tipología o clasificación de los modos de intervención docente que permitan la generación de un ambiente facilitador del proceso de argumentación. Para ello será necesario enumerar los datos y codificar las intervenciones y los tiempos, separando el registro en espacios de tiempo regulares. Luego de encontrar la estructura más acabada de nuestro esquema, se examinarán nuevamente dichos registros para buscar regularidades.

Para analizar el discurso del docente en el aula, nos estamos basando en trabajos previos de Calsamiglia y Tusón (1999, p. 185) quienes sostienen que es necesario distinguir entre el significado gramatical del sistema lingüístico (que no tiene en cuenta los factores «extralingüísticos») y el sentido o el significado discursivo (interdependencia de los factores contextuales y de los lingüísticos, teniendo en cuenta el «mundo» del receptor, sus conocimientos previos y los compartidos, sus intenciones, etc.).

En este sentido, que los estudiantes aprendan las características de los procesos de argumentación y como argumentar científicamente es una buena posibilidad para avanzar hacia la alfabetización científico tecnológica.

La importancia de la argumentación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias tienen que ver con la necesidad de admitir que los enunciados, la elección de la mejor explicación posible respecto de hechos, fenómenos, teorías, etc., debe basarse en la mejor y mayor capacidad explicativa y la mejor y mayor coherencia de los datos. Es decir que no se trata de expresar opiniones sin pruebas o sustentos basados en otros tipos de conocimiento. Es decir que el dominio de esta herramienta cognitiva facilita a los estudiantes el camino hacia un pensamiento crítico e independiente, lo que da, desde nuestra óptica, un valor social significativo.

ALGUNOS RESULTADOS PRELIMINRAES

En función de los resultados encontrados en la literatura sobre el diseño de ambientes que favorecen el proceso de argumentación, es que decidimos indagar sobre cómo el docente modela la investigación escolar. Esto se está realizando con una "encuesta abierta" en la que se pidió a un grupo de docentes (de aquellos que luego seleccionaríamos para efectuar el estudio de casos) que describieran como encaran en sus Cursos o Escuelas todo lo concerniente a la aplicación de algún modelo didáctico en el cual, frente a situaciones problemáticas dadas, sugieran a los alumnos líneas de exploración o indagación compatibles con la denominada investigación escolar. De los trece docentes encuestados encontramos que dos de ellos mostraron una posición didáctica compatible con lo requerido en la investigación. Ellos serán los seleccionados, en principio, para la tarea que estamos comentando. En cuanto a qué decisiones toman, nos centramos en estos dos docentes mencionados (dado que mostraban una posición didáctica y epistemológica acorde con lo requerido), que mostraron una muy ajustada coherencia con lo expresado en sus encuestas. Explicaron acertadamente como participarían en la indagación destinada a efectuar con los alumnos las investigaciones escolares propuestas.

Esto se unió al hecho de responder a un cuestionario en el que pedimos que se nos indicaran cuales serían las ayudas brindadas a sus alumnos para que surja un ambiente de clase que facilite la argumentación científica. Justamente estamos en este tiempo registrando como los estudiantes interpretan y aplican estas ayudas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanchard, M., Southerland, S., Osborne, J., Sampson, V., Annetta, L., and Granger, E. (2010). - Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and traditional verification laboratory instruction. Science Education, 94(4), 577-616.

Bravo, B y Aleixandre M. 2010.- ¿Salmones o sardinas? Una unidad para favorecer el uso de pruebas y la argumentación en ecología. En Alambique. N°63

Clark, D. and Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. Journal of Research in Science Teaching, 45(3), 293-321.

Clark, D., Sampson,V., Weinberger, A, and Erkens, G. (2007). Analytic frameworks for assessing dialogic argumentation in onhine learning environments. Educational Psychology Review, 19(3), 343-374.

Coli y Onrubia, 1996 in Astudillo, C.; Rivarosa, A.; Ortiz, F. 2008. Revista Iberoamericana de Educación

Dial, K., Riddley, D. , Williams, K., & Sampson, V. (2009). Promoting understanding of the conservation of mass. The Science Teacher, 76(7), 54-57.

Dlugokienski, A. and Sampson, V. (2008). Learning to write and writing to learn in science: Refutational texts and analytical rubrics. The Science Scope, 32(3), 14-19.

Erduran, S & Yan X. 2010. Salvar las brechas en la argumentación: el desarrollo profesional en la enseñanza de la indagación científica. En Alambique. N° 63.

Galagovsky, L; Bonán, L y Adúriz Bravo, A. 1998. Problemas en el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de Ciencias Naturales. En Enseñanza de las Ciencias. 16 (2)

lzquierdo, M., Aliveras,J., Aduriz Bravo,A. (2004) Pensar, actuar y hablar en la clase de ciencias para una enseñanza de las ciencias racional y razonable. Editores: Universitat Aut6noma de Barcelona; Esparia

Jiménez Aleixandre, M. P., y Puig, B. 2010. Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. En Alambique. N° 63.

Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). 10 ideas cave. Competencias en argumentaci6n y uso de pruebas. Editorial Grao. Barcelona.

Lemke, Jay. (1997) Aprender a hablar ciencia. Capitulo 4: La ciencia en el dialogo. Paid6s, Barcelona.

Marquez, C; Izquierdo, M. y Espinet, M. (2003)Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. Enseñanza de las Ciencias, 21 (3), 371—

Revel Chion, A y otros. 2005. Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. En Enseñanza de las ciencias. VII Congreso.

Sabino Carlos (1996). El proceso de investigación. Buenos Aires: Editorial Lumen

Sampson, y., Grooms, J., & Walker, J.. Argument-Driven lnquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craf written arguments: An exploratory study. Science Education.

Sampson, V. and Gerbino, F. (2010). Two instructional modeis that teachers can use to promote and support scientific argumentation in the biology classroom. The American Biology Teacher, 72(7), 427-431

Sampson, V. and Grooms, J. (2010). Promoting and supporting scientific argumentation in the classroom: The generate an argument instructional model. The Science Teacher, 77(5), 33-37.

Sampson, V. and Clark, D. (2009). A comparison of the collaborative scientific argumentation practices in two high and two low performing groups. Research in Science Education.

Sampson, V., Grooms, J., & Waiker, J. (2009). Argument-Driven lnquiry: A way to promote learning during laboratory activities. The Science Teacher, 76(7), p. 42-47.

Sampson, V. and Gleim, L. (2009). Argument-Driven lnquiry to promote the understanding of important concepts and practices in biology. The American Biology Teacher, 71(8), 471-477.

Sampson, V. and Grooms, J. (2009). Promoting and supporting scientific argumentation in the classroom: The evaluate alternatives instructional model. The Science Scope, 33(1), 67-

Sampson, V. and Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. Science Education, 93(3), 448-484.

Sampson, V. and Clark, D. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. Science Education, 92(3), 447-472.

Sampson, V. and Clark, D. (2007). Incorporating scientific argumentation into inquiry-based activities with online personally-seeded discussions. The Science Scope, 30(6), 43-

Sampson, V. (2004). The science management observation protocol. The Science Teacher, 71(10), 30-33.

Sarda, A; Bargalló, C y Sanmarti Puig, N. 2006. Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. En Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. 5 (2).

Sardá, J, A y Sanmarti Puig, N. 2000. Enseriar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias en Enseñanza de las Ciencias. 18(3)

CARACTERIZACIÓN DE COMPETENCIAS QUE CONSOLIDAN LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LOS PROFESORADOS DE FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA

Un estudio particular sobre las prácticas docentes en Ciencias Naturales

CHARACTERIZATION OF COMPETENCES TO CONSOLIDATE EXPERIMENTAL ACTIVITY IN TEACHER TRAINING INSTITUTIONS IN PHYSICS, CHEMISTRY AND BIOLOGY

A particular study in teaching practices in Natural Science.

Integrantes

Prof. Claudia Luciana RICHARD - claudialucianarichard@hotmail.com
Prof. María Teresa BESTENE - terebestene@gmail.com
Prof. Mercedes Romana PARIETTI - mercedesromana@yahoo.com.ar
Al. Bruno Nicolás RUSSO - bruno_n_russo@yahoo.com.ar
Al. Laura Sofía NIKLITSCHEK - laura.nik@gmail.com

Director

Dr. Juan Manuel MARTÍNEZ - juanmanuelesquel@yahoo.com.ar

Asesora

Msc. Gladys Mabel Fernández - mferlosa@gmail.com

INSTITUTO SUPERIOR DE FORMACIÓN DOCENTE Nº 804

Dirección: Libertad y Sáenz Peña, Esquel, Chubut.
Tel.: (02945) 451413
E-mail: escuela804@gmail.com

La presente investigación intenta caracterizar aquellas prácticas docentes que, en los profesorados de Física, Química y Biología, propician Actividades Experimentales que superan las tradicionalmente difundidas prácticas de laboratorio, dirigidas a corroborar o verificar leyes empíricas, en un marco estructurado de tareas, sin espacio para la creatividad.

Las diversas actividades del presente proyecto, a desarrollarse en el ISFD Nº 804 de la ciudad de Esquel, Chubut, hacen foco en interpretar la manera en que los docentes abordan aspectos como la comunicación y la modelización, considerándolas competencias básicas en la producción de conocimiento científico escolar, factibles de ser desplegadas por sus alumnos en su futura actividad como profesores.

Con este fin se utilizaran estrategias de recolección y análisis de información de tipo interpretativo, en sus variantes etnográfica y fenomenológica, intentando una integración de los resultados capaz de generar una difusión relevante al interior de dichos profesorados, con miras a su incidencia en la modernización de las prácticas y generación de un cultura experimental en la que se enmarquen sus diseños curriculares.

The current research aims to portray those teaching practices that, in teaching education in Physics, Chemistry and Biology, favor Experimental Activities which exceed traditional laboratory practices, intending to corroborate or verify empiric laws, in a structured framework, without allowing creativity.

The various types of activities in the current project, which will take place in the ISFD 804 in Esquel, Chubut, focus in the interpretation of the way the teachers approach issues like communication and modeling, considering them basics competences during the production of school scientific knowledge, possible of being used by their students in their future activities as teachers.

With this purpose they will be used interpretative strategies of collection and analysis of data, in its branches ethnographic and phenomenological, attempting to an integration of the results that will make possible to generate a relevant diffusion inside those teacher training institutions, looking for an impact on the modernization of practices and generation of a culture related to experimentation in which they set their curricula.

El problema principal al que hace referencia esta investigación es el escaso desarrollo de competencias que no sean del tipo procedimental restringido[1], en las Prácticas Docentes (PD) que involucran conocimientos que pueden asociarse a la Actividad Experimental (AE), durante la formación docente inicial de los profesores de Física, Química y Biología.

Una de las consecuencias que este problema conlleva es la creación, en estos profesorados, de una imagen distorsionada de la AE y su rol activo en la producción de conocimientos científicos escolares. Dicha distorsión obstaculiza, en la etapa de formación inicial de profesores, la generación de una cultura experimental, que es una de las características distintivas de aquellas disciplinas que conforman las ciencias naturales.

Por otra parte, aunque se declama que la AE es un proceso que involucra una compleja gama de eventos y actuaciones, no se observan desarrollos intencionales y explícitos de los docentes en lo que se refiere a los aspectos comunicativos, de relación conocimientos-hechos de la realidad, valores asociados al trabajo científico y a los modos de proceder experimentalmente.

En base al panorama descripto por el problema expuesto y sus consecuencias, *nuestro objeto de estudio* queda constituido inicialmente por las Prácticas de los docentes de profesorados de Física, Química y Biología, que promueven la participación activa en la creación de conocimientos escolares, explorando específicamente su relación con el desarrollo de competencias que caracterizan y consolidan la Actividad Experimental en los mismos.

El presente proyecto forma parte de uno más amplio que se elaboró en el ISFD Nº 804, en el área de Ciencias Naturales, como fruto de un Seminario de Investigación. *En ese contexto*, la presentación que hacemos aquí sólo explora cuestiones referidas a la comunicación y modelización que juzgamos relevantes a la enseñanza de la Física, en cuanto a su incidencia a corto plazo en las prácticas docentes. Otros aspectos como la adecuación comunicativa de las consignas, afrontamientos emocionales y vinculaciones de las AE con el patrimonio turístico local, quedan fuera de esta presentación, desarrollándose en paralelo en el mencionado proyecto.

Profundizando en la tarea de enseñar ciencias durante la formación docente inicial adherimos al ***encuadre teórico*** de la Ciencia Escolar (Izquierdo 2007)[2], cuyas propuestas didácticas engloban múltiples miradas disciplinares y permiten tomar decisiones en función de situaciones y contextos educativos diversos. Dichas propuestas se potencian al ser abordadas por grupos de docentes con distintas formaciones, a la vez que admiten posturas sobre el aprendizaje basadas en conceptos como el de competencias docentes, que abonan dicha diversidad (Perrenoud 2009)[3].

En el proceso de "hacer ciencia escolar", la Actividad Experimental y los modelos juegan un rol indispensable en el camino de producción de conocimientos científicos escolares (Izquierdo y otros, 1999; Justi y Gilbert 2002, 2003; Izquierdo 2007)[4] mediante acciones como comunicarse, diseñar experimentos, modelizar y desplegar habilidades socio-afectivas, relacionadas a los valores y predisposiciones asociadas al trabajo científico (Martínez y otros, 2005; Justi 2006)[5].

Durante las AE el conocimiento se genera mediante procesos cooperativos como preguntar, observar, diseñar, medir, afrontar, conversar, leer, escribir y comunicar producciones. Como consecuencia, en este escenario tienen papeles irreemplazables competencias como la modelización y la comunicación. El surgimiento de las TIC en el ámbito educativo expandió el horizonte comunicativo, favoreciendo su aplicación en las prácticas docentes en general y en particular en las AE. En este sentido, Litwin (2005)[6] plantea que las TIC tienen un doble carácter de herramienta y entorno con múltiples funciones, siendo responsabilidad de los docentes utilizarlas e integrarlas en diferentes niveles, dependiendo del conocimiento que posean de las mismas y de su participación en espacios virtuales que los apoyen en la tarea de producir y aprender en colaboración, en cualquier momento y lugar (Normas UNESCO, 2008)[7].

1 Nos referimos con este término a las habilidades de tipo manipulativo, vinculadas a contextos de verificación o corroboración de leyes empíricas, utilizando guías de laboratorio muy estructuradas, con poco margen para el diseño y creatividad.

2 Izquierdo, M. (2007) Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Ens. Cs. Soc.,* 6, 125-138

3 Perrenoud, P. (2009). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Grao

4 Izquierdo, M y otros, (1999) Caracterización y fundamentación de la Ciencia Escolar, *Ens. Cs.,* Número Extra, 79-95; Justi y Gilbert (2002) Modeling. Teachers´views n the nature of modelling, and implications for the education of modellers, *IJSE* 24 (4) 369-387

5 Martínez, J.M. (Dir.) (2005). Núcleos semánticos y aprendizaje de la Física básica. Desarrollo de instrumentos de evaluación para fines didácticos. 3er Informe de avance. UNPSJB. Facultad de Ingeniería, Sede Esquel. (inédito); Justi, R. (2006) La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos**,** *Ens. Cs.* 24(2) 173-184

6 Litwin, E., Comp. (2005) Tecnologías educativas en tiempos de Internet. Extraído el 20 de octubre de 2011 de http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1GNWMM0B7-1L1N1LP-P7D/NT_Litwin.pdf

7 Estándares Tic Para docentes UNESCO (2008) Extraído el 20 de Octubre de 2011, de http://www.eduteka.org/pdfdir/UNESCOEstandaresDocentes.pdf

Complementariamente sostenemos, siguiendo a Sigalés (2001)[8], que en las comunidades virtuales de aprendizaje se desarrolla un trabajo interactivo en el cual se negocian los significados y se comparten los saberes, permitiendo una participación con distintos niveles de dominio de la materia objeto de estudio.

Conviene delimitar los conceptos de competencias y AE, en el contexto de las prácticas docentes. Por un lado, acordamos en que una competencia puede concebirse como "la capacidad para responder a las exigencias individuales o sociales para realizar una actividad o una tarea. Cada competencia reposa sobre una combinación de habilidades prácticas y cognitivas interrelacionadas, conocimientos (incluyendo el conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otros elementos sociales y de comportamiento que pueden ser movilizados conjuntamente para actuar de manera eficaz" (de Pablos Pons 2010)[9]. Por otro lado, coincidimos en afirmar que las competencias, como constelación de saberes reflexivos complejos y habilidades en desarrollo son "educables" y que, con mayor o menor dificultad, pueden ser "observables" en su proceso de adaptación (movilización), a través de ciertos aspectos que las caracterizan, definidos adecuadamente en cada situación y contexto de actuación docente. (Moreno Bayardo 1998, Pérez Gómez 2008, Perrenoud 2009)[10].

Por último, sostenemos que la Actividad Experimental es posible de visualizar, en primer término, como una amalgama de acciones típicas de las prácticas científicas, que tienen como meta producir y profundizar un conjunto de vínculos entre los modelos que sustentan los cuerpos teóricos y la realidad que intentan describir y explicar. Por otro lado, la concebimos como una de las modalidades de la formación inicial de docentes de Física, Química y Biología, la cual, al implicar una multiplicidad de saberes, acciones y valores, se constituye en un proceso especial para acceder, en un marco de interacción social, a las culturas características de las profesiones que la sustentan.

Las preguntas centrales del proyecto, que describimos a continuación, pretenden orientar las acciones hacia las diferentes circunstancias que conforman las PD y las AE, al mismo tiempo que profundizar sobre sus características reales, permitiendo clarificar progresivamente nuestro objeto de estudio.

1. ¿Qué tratamiento le da el docente del nivel superior a las diferentes producciones que les solicita a los alumnos, particularmente aquellas referidas a las AE?

¿En qué medida se involucra con sus alumnos en la socialización de dichas producciones más allá del ámbito del aula, utilizando las actuales tecnologías de la información y la comunicación?

Estas preguntas están dirigidas a indagar la hipótesis preliminar de que si el docente pusiera en valor las producciones de los estudiantes, involucrándose con ellas en su socialización con pautas de carácter científico, más allá de los fines de acreditación o evaluación, participaría en la creación de conocimiento científico escolar, por ejemplo promoviendo la publicación de las mismas y la participación en comunidades de conocimiento presencial o virtual.

2. ¿Cómo integra el docente las TICS en sus prácticas? ¿Qué tipo de relación existe entre el conocimiento que el docente tiene de las TICS y el nivel de integración con el que el trabaja en sus AE?

Dadas las múltiples posibilidades que brindan las TICS para los procesos de enseñanza y aprendizaje en relación a los aspectos comunicativos, la pregunta se hace con la intención de describir, por un lado, cómo los docentes involucrados en la formación inicial de profesores las integran en sus prácticas. Por otra parte, se intenta profundizar sobre la relación entre esta integración y los niveles de apropiación que alcanzan los docentes de profesorado en estas herramientas, en especial aquellas que se podrían utilizar en el marco de AE.

8 Sigalés, C. (2001). El potencial interactivo de los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje en la educación a distancia, *Ponencia X Encuentro Internacional de Educación a Distancia, Guadalajara, México*. Extraído el 20 de octubre de 2011, de http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/sigales0102/sigales0102.html

9 Pons, J. (2010) Universidad y sociedad del conocimiento. Las competencias informacionales y digitales, *ReV. de Univ. y sociedad del conocimiento, Vol. 7 (2), Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona*, ISSN 1698-580X, Extraído el 20 de octubre de 2011 de http://www.uh.cu/static/documents/TD/Universidad%20sociedad%20conocimiento.pdf

10 Moreno Bayardo, M. (1998). El desarrollo de habilidades como objetivo educativo. Una aproximación conceptual. *Revista Educar. Secretaría de Educación de Jalisco*. Número 6. Guadalajara. Extraido en abril de 2011 de http://educar.jalisco.gob.mx/06/6habilid.html; Pérez Gómez, A. (2008). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En Gimeno Sacristán, J. *Educar por competencias ¿qué hay de nuevo?* 1ª Ed. Madrid. Morata

3. ¿Qué rol ocupa la modelización en la planificación y el desarrollo de una PD? ¿Con qué nivel de complejidad se plantea esta actividad?

¿Cuál es la relación entre el rol que los docentes le asignan a la modelización y el grado en que se sienten partícipes de creación de conocimiento científico escolar en el marco de una AE?

Dado que la modelización puede entenderse desde diferentes niveles de complejidad y es un punto sobresaliente del aspecto relación conocimientos-hechos de la realidad, este par de preguntas conduce a describir e interpretar la manera en que los docentes incluyen la modelización en las practicas, en especial en las AE, el rol que le asignan a los modelos y el grado en que se sienten partícipes de la creación de conocimiento a través de esta inclusión.

En el marco de ideas que estas preguntas nos colocan, en este proyecto enfocamos las Practicas Docentes y la Actividad Experimental en la Formación Docente inicial de Profesores de Ciencias, pretendiendo los siguientes *objetivos*:

En lo general: Caracterizar, en términos de competencias, las Prácticas Docentes que consolidan las Actividades Experimentales en los profesorados del ISFD N° 804

En lo específico:

a) Evidenciar la manera en que los docentes se "sienten parte" de la creación de conocimiento científico escolar, involucrándose en la socialización de las producciones de los estudiantes relacionadas con las AE.
b) Describir cómo el docente incluye las TIC en sus prácticas, en particular en las AE, y su relación con la apropiación que hace de las mismas
c) Determinar el rol que le asignan los docentes a la modelización en su prácticas y cómo la incluyen en las AE a los fines de la producción de conocimiento escolar

Las preguntas iniciales que nos planteamos sobre las prácticas docentes, focalizando sobre la AE, prefiguran el hecho de que *el presente proyecto se encuadra en una perspectiva interpretativa* de hacer investigación. Sin embargo, al interior de esta visión, nuestros objetivos nos conducen a una elección metodológica que se bifurca principalmente en dos caminos: uno de corte etnográfico y el otro de características fenomenológicas que avanza hacia la generación de categorías de conocimiento sobre las prácticas docentes, con la intención de concientizar e incidir posteriormente sobre las mismas.

El universo bajo estudio está constituido en el año 2012, por 37 docentes que en su conjunto se encargan del desarrollo de los 99 espacios curriculares que se desarrollarán en los profesorados de Física, Química y Biología. Dado el intervalo temporal para el desarrollo del proyecto, la cantidad anterior de docentes resulta poco factible de ser abarcada. No obstante, dado que cualquiera de los docentes de un profesorado debería contribuir al afianzamiento de la actividad experimental y generación de conocimiento escolar en función de sus respectivos perfiles, se obtendrá un conjunto de informantes claves, que construirán nuestra unidad de análisis, luego de una primera etapa de acceso al campo.

Concretizando un poco más nuestra *elección metodológica*, podemos notar cómo lo expresado anteriormente nos conduce a compromisos de procedimiento que implican, en una primera etapa, el reconocimiento de actores y sus relaciones al interior y entre cada una de las carreras involucradas, a los fines de elegir adecuadamente los informantes entre el universo de docentes y gestores de los respectivos diseños curriculares. Transitada esta instancia, se torna necesaria una inmersión al campo que provea una comprensión descriptiva contextualizada de la manera y el grado en que los docentes de estos profesorados, a través de sus interacciones y sus prácticas, se consideran partícipes de la creación de conocimiento científico escolar. Esto último requiere de una interacción personal importante entre investigadores y docentes, a los fines de desarrollar una comprensión de tipo empática que posibilite una apertura suficiente para desarrollar observaciones y obtener documentos relevantes referidos a las producciones de los alumnos, su tratamiento y socialización. También es importante en este tramo de la investigación un buen grado de "aculturación" con los informantes, a los fines de captar en su contexto el rol que juegan los modelos y las TIC en dicho proceso generativo de conocimiento escolar.

Por otra parte, aunque de hecho comience desde el inicio de la investigación y se enfatice de forma progresiva, redefiniendo las primeras preguntas e hipótesis subyacentes, los objetivos plantean el compromiso de transitar una fase metodológica de teoría fundamentada, contribuyendo al desarrollo de categorías útiles para caracterizar aquellas competencias que consolidan la AE como práctica cultural recursiva en la formación docente inicial de los profesorados de ciencias experimentales. Es posible que en esta fase, dado el período de tiempo adjudicado al proyecto, no se complete el proceso de codificación selectiva, dejando el mismo como propuesta para una segunda parte de este proyecto.

En cuanto a las *estrategias de recolección y análisis de la información*, este proyecto implica: Observación de clases (participante y no participante, auto o hétero), videos y audio-grabaciones en situaciones específicas, fotografías, entrevistas personales (dependiendo de la intención, el contexto y la edad se podrán utilizar entrevistas de tipo clínico, semiestructuradas o etnográficas), recolección de documentos, construcción de mapas socio-espacio-temporales, monitoreo de entornos virtuales, redacción de memos, codificación descriptiva, interpretativa y relacional, análisis documental e interpretación de mapas.

Las actividades involucradas en nuestro trabajo son las siguientes:

- Acceso al campo. Recolección orientativa de datos; vagabundeo y construcción de mapas socio-espacio temporales. Determinación de informantes claves. *[Actualmente transitamos esta etapa]*
- Recolección y análisis documental de proyectos institucionales, proyectos docentes y diseños curriculares, con el fin de examinar la relevancia de las AE en los diferentes espacios.
- Inmersión en el campo. Observaciones y entrevistas. Registros escritos. Memos.
- Monitoreo de entornos virtuales. Recolección de documentos (producciones de los alumnos).
- Análisis interpretativo de la información. Análisis documental de las producciones de los alumnos.
- Redacción y entrega de Informes de avance.
- Codificación descriptiva e interpretativa. Codificación relacional. Desarrollo de categorías.
- Entrevistas. Profundización de categorías de análisis.
- Conclusiones Preliminares. Discusión de los datos.
- Redacción y entrega del Informe Final.

FORMACIÓN DOCENTE SITUADA A NIVEL UNIVERSITARIO: UNA EXPERIENCIA INNOVADORA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Cordero, Silvina[1], Dumrauf, Ana[12] y Colinvaux, Dominique[3]

[1] Grupo de Didáctica de las Ciencias, Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (UNLP-CONICET) y Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata; [2] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas [3] Faculdade de Educaçao, Universidade Federal Fluminense

RESUMEN

Esta ponencia presenta parte de los Resultados de una Tesis de Doctorado en Educación (UBA) consistente en un análisis del Taller de Enseñanza de Física (TEF, UNLP), experiencia universitaria innovadora de enseñanza de Física, desde la perspectiva de las comunidades de práctica, como espacio de formación docente situada. En primer lugar describimos las circunstancias que identificamos como espacios de formación docente dentro de la experiencia; luego analizamos los procesos que detectamos; y finalmente caracterizamos los saberes que, a nuestro criterio, eran puestos en circulación en la comunidad, para la formación de nuevos integrantes.

Palabras clave: formación docente situada, comunidad de prácticas, enseñanza universitaria de física

ABSTRACT

This paper presents part of the results of a doctoral thesis in education (UBA) consisting of an analysis of the Physics Education Workshop, innovative experience of Physics teaching (UNLP), from the perspective of communities of practice as situated teacher training space. First we describe the circumstances which we identified as teacher training spaces; then we analyze the processes that we have detected; and finally we characterize the knowledge that were put into circulation in the community, for the inclusion of new members.

Keywords: situated teacher education, community of practices, university physics teaching

INTRODUCCIÓN

La formación de docentes para enseñar en el nivel universitario en la Argentina no sigue un recorrido institucionalmente pautado. Habitualmente asume la forma de aprendizaje por inmersión en el contexto de trabajo. Si bien desde hace algunos años comenzaron a institucionalizarse carreras de postgrado referidas a la Docencia Universitaria, estos estudios, en general, no son requeridos para el ejercicio de la docencia. Por otro lado, hasta el presente, el nivel universitario ha permanecido, frecuentemente al margen de procesos de renovación de la enseñanza de las ciencias naturales que intenten superar el modelo de transmisión/recepción (Gil Pérez, 1994; Rembado *et al*, 2009). En la Universidad Nacional de La Plata, sin embargo, viene desarrollándose desde 1985 la experiencia del *Taller de Enseñanza de Física* (a partir de aquí, el TEF). Fueron realizados varios trabajos a fin de describir y sistematizar la propuesta, pero quedan muchos interrogantes sobre los procesos que allí ocurren. La experiencia ha sido considerada innovadora por sus protagonistas y por los diversos investigadores que la analizaron previamente –incluyéndonos. Rasgos innovadores destacados fueron el funcionamiento del equipo docente interdisciplinario y el reconocimiento del TEF como ámbito de formación docente.

Pero ¿dónde, cómo y respecto de qué se forman los y las docentes del TEF? En su profundo y minucioso estudio acerca del TEF como innovación, Petrucci (2009) plantea: "Recordemos que se trata de estudiantes, licenciados y doctores en Física y en Ciencias Naturales. Es decir que (…) su formación inicial y socialización profesional no contiene aspectos docentes, sino puramente disciplinares. (…) Por su formación inicial, los docentes que provenían de la Física (que eran investigadores en la disciplina) poseían un amplio conocimiento de los objetivos, problemas, leyes y teorías de la Física y de la práctica de su metodología. (…) Por su parte, los docentes que eran en los primeros años estudiantes de Biología o Geología y luego Licenciados, poseían un conocimiento básico de Física (habían sido alumnos del TEF) y tenían formación parcial en sus disciplinas" (Petrucci, 2009: 293). En cuanto a los conocimientos pedagógico-didácticos, señala que "los docentes del TEF no contaban con estudios formales en esta área, sin embargo, el análisis de la tarea desarrollada en el TEF nos indica que poseían formación (probablemente mediante estudios informales) en el campo del aprendizaje de ciencias" (Petrucci, 2009: 293).

En este trabajo profundizaremos este aspecto de la experiencia innovadora que es el TEF en sus rasgos característicos, a través de dimensiones sugeridas por las investigaciones en formación docente y lo que nos ha suscitado el análisis de la propuesta, realizado a partir de la perspectiva de las Comunidades de Prácticas (a partir de ahora CoPs; Wenger, 2001). Pero resulta relevante plantear aquí una cuestión: el TEF no es, en principio, desde el punto de vista institucional, un espacio, curso o carrera de formación docente. Desde su definición institucional constituye una modalidad de desarrollo de la asignatura universitaria de Física General, ofrecida para estudiantes de las Licenciaturas en Biología y Geología. Sin embargo, desde la autodefinición de esta CoP, es decir, a partir de lo que el equipo docente ha dicho sobre sí mismo, la formación docente aparece como un objetivo relevante de la empresa conjunta. Por ello el análisis del TEF como espacio de formación docente situada parte de una focalización como investigadoras, que no desconoce la multiplicidad, imprevisibilidad y simultaneidad de procesos, participantes, relaciones y contenidos de enseñanza y aprendizaje que se desarrollaban en las clases y reuniones que acompañamos[1].

Visualizamos este proceso como una experiencia de formación situada – vale decir, que vemos a los y las docentes *"como actores sociales comprometidos en determinadas prácticas situadas dentro de contextos institucionales y sociales (…) [con] consecuencias tanto buscadas como imprevistas"* (Liston y Zeichner, 1997: 141-142). Estructuramos nuestro análisis a través de tres ejes: circunstancias, procesos y saberes puestos en juego en la formación docente en el TEF. Elegimos dichas dimensiones de análisis por considerar que permiten abordar el fenómeno de la formación docente desde distintas perspectivas, atendiendo a las características intrínsecas del caso y a aportes ofrecidos por diversas líneas teóricas. Esto nos permitirá caracterizar un proceso de formación que concebimos como intencional como práctica comunitaria, pero no homogéneo. De tal heterogeneidad formativa, devendrán consecuentemente modalidades diferentes de aprendizaje del rol docente.

METODOLOGÍA

Metodológicamente nos localizamos dentro de la perspectiva hermenéutica o interpretativa y desarrollamos una lógica de generación conceptual (Rigal y Sirvent, 2007), a través de un estudio de caso. Buscamos aprehender la complejidad del mismo, sin ánimo de establecer generalizaciones, sino entendiendo a este tipo de indagación como motor de la reflexión sobre la temática y la comprensión del caso en estudio. Realizamos la recolección de información en el campo en dos períodos históricos diferentes: durante el año 2002 y en el año 2009. En el período intermedio participamos de algunas instancias de trabajo con el equipo docente del TEF (jornadas de reflexión interna, denominadas por el equipo "*Aula Paralela*") y encuentros informales (la cena de conmemoración de los 25 años de la experiencia, en 2008), que también fueron oportunidades para el relevamiento de informaciones de diversa índole. Videograbamos y tomamos notas de campo de clases, abarcando en 2002 las unidades pedagógicas de "Impulso, Trabajo y Energía" y "Termodinámica", sumando la unidad de "Fluidos" en 2009 (en total más de 100 horas de clase). Asistimos y tomamos registros (audio, notas y fotografías) en las reuniones de planificación docente (12 en 2002 y 21 en 2009). También realizamos entrevistas a docentes y estudiantes. La etapa de inmersión en los datos implicó: desgrabación literal de entrevistas y análisis cualitativo de textos producidos, a partir de su recorte por pregunta y por tema emergente; lectura de los videos correspondientes a clases y audios de reuniones, y construcción de mapas donde: 1) identificamos tipos de actividades, duración y ubicación, contenidos y participantes; 2) describimos, de manera narrativa y secuencial, acciones y dichos de participantes e impresiones personales; 3) transcribimos episodios seleccionados en concordancia con los objetivos de la investigación.

[1] En el contexto de la Tesis de Doctorado en Educación "*Aprendiendo a ser docente universitario en clases innovadoras de Física: Un estudio desde la perspectiva de las Comunidades de Práctica*", presentada para su evaluación el 3/8/12 en la Facultad de Filosofía y Letras (Universidad de Buenos Aires). Doctoranda: *Mg.* Silvina Cordero. Directora: Dra. Dominique Colinvaux. Co-directora: Dra. Ana G. Dumrauf.

SOBRE LA FORMACIÓN INICIAL DE DOCENTES UNIVERSITARIOS

En un panorama nacional que pone escasa atención a la inserción de los docentes noveles, el caso que nos ocupa implica una experiencia de formación de docentes universitarios principiantes –aunque sólo internamente reconocida como tal. Al mismo tiempo que propuesta de formación, la experiencia del TEF supone un simultáneo proceso de inserción profesional y trabajo docente. Al respecto Da Cunha (2010) destaca: "Convertirse en profesor se constituye en un proceso complejo, que se caracteriza por su naturaleza multidimensional, idiosincrática y contextual (…). El inicio de una profesión incluye el reconocimiento de su cultura, del estatuto que ocupa en la pirámide social y del trabajo y de las peculiaridades socio-políticas que la caracterizan" (Da Cunha, 2010:5). Respecto de la inserción profesional de los docentes universitarios específicamente, Saraiva (2008) plantea: "Pimenta y Anastasiou (2002), al problematizar la identidad docente de ese contingente de profesionales, argumentan que investigadores de varios campos de conocimiento se insertan en la docencia, pasando a actuar como consecuencia natural de las actividades que ya desempeñan. Vienen munidos de un acervo de conocimientos de sus respectivas áreas de investigación y actuación profesional, sin nunca haber reflexionado sobre lo que significa ser profesor. Sin embargo, traen consigo innúmeras y variadas experiencias, que son consecuencias de sus adquisiciones como alumnos, habiendo tenido diferentes profesores a lo largo de sus vidas como modelos o referenciales de conducta". (Saraiva, 2008: 4). Da Cunha (2010) reflexiona sobre otro aspecto: "En el caso de los docentes universitarios -aunque más prestigiados profesionalmente que sus colegas de los otros niveles de enseñanza- encuentran cada vez más ambientes exigentes, donde la lógica de la productividad escalona y jerarquiza, fomentando una maratón académica sin precedentes." (Da Cunha, 2010: 6). Éstos serían algunos de los desafíos a enfrentar al insertarse en el campo laboral de la docencia universitaria en general y, respecto de los cuales, el TEF ofrece a sus docentes principiantes condiciones inusuales. La misma autora profundiza en la caracterización de otros desafíos: "Para algunos profesores nuevos –especialmente los que actúan en la educación superior- el desafío está en ser reconocido y legitimado por los pares en un contexto de competencia académica cada vez más exacerbada. Para otros, la preocupación mayor es el dominio de la clase, manteniendo el equilibrio entre el afecto y la necesaria disciplina de los alumnos en los espacios de aula. Ciertamente éste es un contexto de luchas y conflictos y un espacio de construcción de maneras de ser y de estar en la profesión y no una condición adquirida…" (Da Cunha, 2010: 7). Desde el campo específico de la formación de docentes de ciencias naturales, Monteiro *et al* (2009) plantean "es durante los primeros años de ejercicio profesional cuando los profesores se ven sometidos a numerosas tensiones, dilemas y sobrecargas y es cuando más se fijan sus rutinas y estrategias de enseñanza." (Monteiro *et al*, 2009: 80). De Aguiar Isaia *et al* (2010) coinciden en destacar la importancia de las características que asuman las primeras experiencias de inserción profesional de los y las docentes universitarios: "...los primeros años de docencia envuelven el aprendizaje del oficio de enseñar, especialmente, en el contacto con los alumnos en las clases. Significan también un momento impar para constituir las bases de la socialización profesional, o aún el embrión para el profesionalismo interactivo. Éste es entendido por nosotros como un proceso construido en base a decisiones colectivas, desarrollando culturas de apoyo mutuo y aprendizaje colaborativo, comprometidas con la cualificación continua personal, profesional e institucional. En este ámbito, las redes interactivas son imprescindibles y pueden ser tejidas intencionalmente por medio de comunidades de práctica pedagógica universitaria" (De Aguiar Isaia *et al*, 2010: 4-5). Estas autoras aportan la noción de "profesionalismo interactivo", que en su caracterización contiene varios de los rasgos que caracterizan al TEF: decisiones colectivas, apoyo mutuo, aprendizaje colaborativo...

Nuestro trabajo se inserta en la línea de análisis de las CoPs, pero acude a otras fuentes en busca de referencias teóricas que permitan complejizar y complementar la concepción del aprendizaje como participación que sustenta a esta perspectiva. Posicionados desde esta mirada multireferenciada, veremos en los próximos apartados a través de qué circunstancias, procesos y saberes se forman los docentes noveles del TEF…

RESULTADOS

Circunstancias

¿Cuáles son las circunstancias que se proponen implícita o explícitamente en el TEF para la formación de los docentes noveles? En este apartado analizaremos las diversas situaciones registradas en nuestro estudio como alternativas de formación docente situada. Para ello, acudimos a la idea de *ambiência*[2]: "...esbozamos una comprensión de la *ambiência* docente como un conjunto de fuerzas ambientales objetivas (externas), subjetivas (intrapersonales) e intersubjetivas (interpersonales), cuyas repercusiones en el proceso de desarrollo del profesional, pueden permitir o restringir la [re]significación de las experiencias a lo largo de la vida y de la carrera y, consecuentemente, de la trayectoria formativa." (Moreira da Rocha Maciel *et al*, 2009: 2). Ya que nuestro foco de análisis no atendió a la dimensión individual de construcción de identidades docentes en el TEF, podemos preguntarnos: ¿cuáles serían esas *fuerzas ambientales objetivas e intersubjetivas* en interacción en las situaciones formativas registradas en el TEF? ¿Y cómo repercutirían en el proceso de desarrollo profesional de estos docentes noveles?

En nuestro estudio, en primer lugar, observamos instancias de formación que podríamos considerar "tácitas": a) la participación en reuniones de planificación; y b) el desarrollo de actividades de enseñanza en clase, tales como la participación en exposiciones teóricas, la coordinación de puestas en común en plenario, o de pequeños grupos como "*Referentes*". Respecto de las reuniones de planificación registradas, consideramos que son espacios regulares y frecuentes de interacción planificada entre docentes, miembros plenos de la CoP y nuevos integrantes. La participación en estas reuniones constituye un requerimiento de la CoP que, a nuestro criterio, funcionaría como definitorio de la pertenencia a la misma. En ese sentido, los nuevos y nuevas docentes tienen la "obligación" de participar en ellas por el compromiso mutuo y el marco de acuerdos regulatorios de la CoP. Pero desde el punto de vista del funcionamiento habitual de las cátedras universitarias, pueden ser vistas como una exigencia laboral atípica, una práctica altamente diferenciada de la que desarrollarían en otras cátedras. Hemos analizado que en ellas, al mismo tiempo que se procuran consensos acerca de evaluaciones de lo sucedido en las clases, también se negocian posiciones dentro de la CoP. En parte esta negociación es explícita, pero, implícita y simultáneamente, además de fijarse posiciones, parece buscarse una movilidad, exigirse de los y las integrantes el aprendizaje de nuevas habilidades y conocimientos que posibilite redistribuciones de responsabilidades. El análisis del registro de una reunión, por ejemplo, nos aproximó pistas acerca de las representaciones de los y las docentes de esta CoP sobre el estudiantado y sobre sí mismos, sus objetivos, la propuesta curricular de la materia y su propia tarea. Acerca de todos estos aspectos, el equipo docente del TEF compartía observaciones, opiniones y argumentos hasta llegar a construir una propuesta consensuada, pero no exenta de conflictos. Éste es, a nuestro criterio, uno de los mecanismos a través de los cuales, los nuevos y nuevas docentes aprenden e interiorizan conocimientos, modelos, normas, valores y conductas pedagógicas características del TEF. Éste es además uno de los espacios fundamentales de aprendizaje de un saber y un proceso vital para la práctica docente: la *reflexión sobre la acción*.

Con relación a la clase como espacio formativo, destacamos, por un lado, que al trabajar los y las docentes del TEF en equipo, la toma de decisiones se desarrolla colectivamente sobre la marcha, discutiendo los distintos miembros acerca de las opciones de ajuste y replanificación de actividades. Consideramos a estas situaciones de *reflexión-en-la-acción* como instancias de formación docente breves, imprevistas –por ello irregulares- y situacionales, pero altamente significativas, por estar estrictamente vinculadas a la práctica y a los problemas concretos a enfrentar como docentes en esta CoP. Por otro lado, a través del análisis de casos específicos de situaciones áulicas, reconstruimos:

- un camino de ingreso a la CoP y de aprendizaje de una de sus prácticas fundamentales, vale decir la orientación del razonamiento grupal en el análisis de situaciones físicas a través del uso de las "herramientas metodológicas" creadas por el TEF;
- relaciones de principiantes y veterano manifiestas en la ejecución modélica de la coordinación de una puesta en común de resoluciones grupales de problemas, mostrando un docente experto a docentes noveles, una de las alternativas de superación de sus dificultades como coordinadores;
- situaciones de interacción entre docentes noveles que, a partir de sus bagajes de conocimientos previos diferenciados, implican aprendizajes de saberes necesarios para su ejercicio del rol de "referentes" en los trabajos grupales; y

[2] Este término no posee un equivalente exacto en castellano, por lo que optamos por mantener el vocablo original en portugués. Según el diccionario del portugués *Aurélio*, *ambiência* proviene de *ambiance,* del francés, y su sinónimo es medioambiente. En el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Portuguesa no figura el término.

- una práctica de exposición relativa, el "*recorrido*"[3], a través de la cual docentes noveles van asumiendo roles de mayor grado de responsabilidad, a fin de pasar de la participación periférica a la participación plena en la CoP.

Existen, además de las mencionadas, circunstancias enunciadas explícitamente por los participantes como "*de formación*": a) la pre-planificación de unidades pedagógicas específicas en pequeños grupos, constituidos incluyendo diversidad de miembros, en cuya intimidad de desarrollo no ingresamos; y b) las "*Aulas Paralelas*", espacios de reflexión sobre la práctica docente, generados por el equipo del TEF con relación a necesidades específicas.

A partir de la información indirecta de la que disponemos respecto de los grupos de pre-planificación de unidades pedagógicas, podríamos considerar a estos espacios de formación situaciones acotadas, no regulares, pero fuertemente significativas de interacción no planificada entre docentes con mayor experiencia y docentes principiantes. Dicha interacción estaría principalmente orientada por los objetivos de analizar, revisar y re-elaborar propuestas áulicas sobre temáticas específicas a desarrollar en las clases. Ello permitiría a los y las docentes noveles especializarse inicialmente en un conjunto limitado de contenidos conceptuales y procedimentales referidos a una unidad pedagógica concreta (aún cuando en el devenir de las clases debieran formarse para intervenir respecto de todos los contenidos de la cursada) y conocer en profundidad la propuesta de enseñanza del TEF respecto de dichos contenidos. Para ello contarían con la guía de docentes con mayor formación en la disciplina física y mayor tiempo de actuación en el TEF. Considerando nuestras observaciones de la participación de los grupos de pre-planificación en las reuniones de docentes y en las clases, podemos inferir que el funcionamiento de estos espacios y el clima de trabajo, habrían estado altamente condicionados por las personalidades, los estilos de interacción y los conocimientos de los y las participantes. Pero también debemos señalar su riqueza y potencialidad como circunstancias formativas, ya que eran notables los cambios en el desempeño de docentes principiantes en reuniones y clases a partir de los aprendizajes logrados luego de participar en dichos grupos de pre-planificación.

Las "*Aulas Paralelas*" constituyen otra innovación de esta CoP especialmente relevante en la formación de docentes principiantes. Recibieron ese nombre debido a su parecido en lo metodológico y en sus finalidades a la propuesta de enseñanza desarrollada con el alumnado (si bien los sujetos de aprendizaje pasaban a ser, en este caso, los y las docentes del TEF y los propósitos variaban). Este espacio formativo fue generado por los propios integrantes del equipo a cargo del desarrollo de la materia y viene definiendo su periodicidad en función de las necesidades del grupo. Mencionaremos las características fundamentales de este espacio, según análisis que hemos desarrollado previamente (Cordero *et al*, 1996):

a) Se parte del análisis de las problemáticas reales emergentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física;

b) Constituye un espacio de resolución de conflictos y toma de decisiones individual y grupal;

c) Es un espacio de participación del conjunto de docentes de la materia, con funcionamiento horizontal y coordinación externa de especialistas en los temas tratados

d) Funcionan a partir de una metodología de taller, con características singulares;

e) Se tiende a la construcción conjunta de conocimiento, sin ignorar los aportes teóricos a las temáticas analizadas.

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del *Aula Paralela* han implicado la valoración grupal de la experiencia y su continuidad. Este espacio también ha sido considerado por la CoP como un ámbito especialmente útil para la inserción de nuevos miembros al grupo. Retomando la idea de las *fuerzas ambientales objetivas e intersubjetivas* interactuantes en la configuración de la "*ambiência*" (Moreira da Rocha Maciel, 2009) docente en el TEF, consideramos que aún en un contexto institucional universitario amplio en el que la competencia, la productividad y el individualismo constituyen la lógica de funcionamiento, la CoP que nos ocupa ha conseguido generar circunstancias formativas en las que las fuerzas ambientales más amplias se matizan y reconfiguran. En dichas circunstancias formativas, sin negar la posibilidad de emergencia de conflictos intersubjetivos, se procuraría la construcción de un profesionalismo interactivo (De Aguiar Isaia *et al*, 2010), en el que la colaboración y la construcción conjunta de conocimientos serían las reglas.

[3] Exposición breve de cierre de cada clase a modo de síntesis conceptual, realizada alternativamente por diferentes miembros del equipo docente.

Procesos

¿Cómo, es decir a través de qué procesos, aprenden los nuevos docentes del TEF?

"*Aprendo tratando de explicarles a los chicos y preguntando a todos, trato de entender las cosas primero y después voy a explicárselas*"[4].

"*Buscamos darle un fundamento pedagógico a lo que hacemos, no tenemos una formación pedagógica homogénea, pero quien no la tiene, la busca, cosa que no se hace en otras cátedras*"[5].

Al inquirir entre docentes noveles respecto de las estrategias desarrolladas para aprender su nuevo rol, éstas fueron algunas de las respuestas que obtuvimos. Observar, preguntar, estudiar, ensayar, indagar, parecían ser las acciones más frecuentes, que se describían como procesos individuales de resolución de dificultades concretas vivenciadas en la participación en las prácticas comunitarias. Más allá de lo relevante que nos resulta esta información, nuestro acompañamiento de la experiencia nos permitió detectar, además, las diversas y numerosas circunstancias formativas que referimos en el apartado anterior. En el análisis de las mismas nos cuestionamos ahora acerca de cuáles son los procesos desarrollados por esta CoP para formar a sus nuevos y nuevas integrantes.

Una pregunta similar se planteó Nunes (2002), respecto de la formación a través de la socialización profesional de docentes de educación primaria: "El autor en su tesis de doctorado, cuyo objeto de estudio es el proceso de aprender a enseñar, situado en el ámbito de la socialización, procura investigar cuáles son las influencias y estrategias utilizadas por los profesores de los años iniciales de la enseñanza básica, en ese proceso. El autor llega a la conclusión de que existen tres estrategias o mecanismos básicos de aprendizaje utilizados por sus sujetos en el aprendizaje de la profesión, lo que denomina teoría del triple aprendizaje: aprendizaje por observación, aprendizaje dialógico y aprendizaje por ensayo y error" (Nunes, 2002, citado en Ferenc, 2008: 3). A semejante tipo de procesos, pero acentuando el contexto de la relación maestro-aprendiz, apunta el Modelo Artesanal de formación docente universitaria propuesto por Ickowicsz (2008). Según la autora, este modelo "adquiere los rasgos típicos del modelo de artesanado medieval, en el que predomina una formación que se moldea en el propio contexto de producción, donde transmisión de saber y trabajo se realizan conjuntamente a partir de un vínculo sostenido entre maestro y discípulo en el que el primero guía y controla la totalidad del proceso de trabajo –y de formación- y el aprendiz adquiere los secretos del oficio a partir de realizar determinadas tareas y de mantenerse cercano al maestro. (…) Este Modelo de Formación con rasgos de artesanado, que se asienta en el espacio de las cátedras, pareciera legitimarse en la propia experiencia de los profesores, en la tradición de la universidad y podría suponerse que condensa las mejores formas que la organización ha elaborado para iniciar a sus discípulos en los secretos del oficio académico" (Ickowicsz, 2008: 193).

¿Son estos mismos procesos, estrategias o mecanismos –vale decir observación, diálogo y ensayo-error en una relación de maestro-aprendiz- los que reconstruimos de nuestra lectura de los espacios formativos implementados en el TEF? En nuestro estudio analizamos situaciones de diálogos entre docentes noveles y con docentes expertos que consideramos indudablemente situaciones formativas; episodios en los que docentes principiantes se dedicaban a observar cómo miembros más experimentados de la CoP desarrollaban modélicamente sus prácticas de enseñanza; y actividades docentes en las que nuevos y nuevas integrantes de la CoP iban ejercitando y profundizando, por ensayo-error, sus conocimientos y habilidades conceptuales, procedimentales y actitudinales para la enseñanza de la física. A ellos habría que agregar la indagación y el estudio individual planteados en las entrevistas. Pero además, dos rasgos o aspectos fundamentales distinguen, a nuestro criterio, los procesos desarrollados en esta CoP como espacio de formación docente: a) el carácter colectivo de las acciones; y b) el ejercicio planificado y regular de la *reflexión en* y *sobre la práctica*. A fin de analizar estos dos rasgos característicos de los procesos de formación docente en el TEF, vale decir la reflexión en y sobre la práctica, y la acción colectiva, acudiremos a referencias del campo educativo que nos permiten profundizar nuestra comprensión de estos procesos.

[4] Entrevista con Lara, 2009.
[5] Entrevista con Pablo, 2009.

Algunos autores ubican a Dewey como el antecedente pedagógico más antiguo de la idea de la reflexión sobre la práctica: "Dewey definía la acción reflexiva como la acción que supone una consideración activa, persistente y cuidadosa de toda creencia o práctica a la luz de los fundamentos que la sostienen y de las consecuencias a las que conduce. Según Dewey, la reflexión no consiste en un conjunto de pasos o procedimientos específicos que hayan de seguir los profesores. Es, en cambio, una forma de afrontar y responder a los problemas, una manera de ser como maestro. La acción reflexiva constituye también un proceso más amplio que el de solución lógica y racional de problemas. La reflexión implica intuición, emoción y pasión: no es algo que pueda acotarse de manera precisa, como han tratado de hacer algunos, y enseñarse como un conjunto de técnicas para uso de los maestros" (Salinas Fernández, 1994: 81). Salinas Fernández (1994) coincide en sus apreciaciones con los fundamentos de la experiencia que nos ocupa: "Reflexionar, pues, sobre la enseñanza y, además, hacerlo de forma colectiva, como necesidad profesional, se constituye en una actividad que va más allá de la correcta valoración en la aplicación de técnicas y procedimientos de eficacia probada y, por supuesto, más allá de la utilización de un pensamiento de sentido común en la resolución de los problemas de aula. Se trata (…) de una empresa, a la vez, «crítica y creativa»; crítica porque, en ocasiones, supone poner en duda nuestras creencias y la ideología dominante, a la luz del análisis de la práctica; creativa porque, al situarnos frente a problemas y dilemas, nos obliga a desarrollar nuevos modos de entender la relación entre ideas y realidad, nos obliga a lanzar hipótesis, experimentar y elaborar nuevo conocimiento"(Salinas Fernández, 1994: 81).

A partir del análisis de registros de las reuniones regulares de planificación y las extraordinarias como las *Aulas Paralelas*, consideramos que los docentes del TEF desarrollaban esa “empresa crítica y creativa”. Pero, podríamos decir que el equipo docente del TEF frecuentemente iba aún más allá de lo sugerido por Salinas Fernández en sus reflexiones compartidas. Creemos que, en general, además satisfacían los requerimientos planteados por Edelstein (1998) para la reflexión sobre la práctica. Dicha autora plantea, entre otros aspectos: “Lo que importa es entenderla como reconstrucción crítica de la propia experiencia (individual y colectiva), poniendo en tensión las situaciones, los sujetos en las mismas, sus acciones y decisiones y los supuestos implicados. Esto significa incluir como objeto de análisis, con un énfasis diferente según los casos, la reflexión sobre los contenidos y la presentación del contenido a fin de promover la comprensión por parte de los estudiantes; poner también como objeto de reflexión la posibilidad de aplicación de estrategias concretas que han sido sugeridas por la investigación sobre la enseñanza; la consideración de intereses, ideas previas, procesos de desarrollo cognitivo por parte de los estudiantes; la reflexión sobre los contextos institucionales, sociales y políticos de la escolaridad” (Edelstein, 1998: 15).

El siguiente registro muestra al equipo del TEF de 2009 en una reunión de planificación, cuestionándose mutuamente contenidos y objetivos de actividades específicas a realizar:

Morena[6] lee la planificación. Se discuten los objetivos de las experiencias[7], Betina plantea que en las botellitas los alumnos van a ver que el calor modifica el volumen. Damián le explica que eso no quiere decir que el calor modificó el volumen.
Damián: *Globalmente hubo las dos cosas, trabajo y calor, el agua hizo calor, la atmósfera hizo trabajo.*
Morena: *El trabajo negativo lo hizo la atmósfera.*
Damián: *La idea no es sacar que lo único que aumentó en el caso de las botellitas es la entropía, sino que el agua le hace al frasco algo, que no tiene nada que ver con fuerzas.*
Camilo. *Y eso es lo que genera el cambio de volumen, pero primero se dan cuenta que hubo algo que cambió que no saben qué es y ahí…*
Damián: *El agua le hizo algo que también cambió el volumen a la larga. Pero si vos le impedís el cambio de volumen, ahí habría sólo procesos de calor. Entonces lo que le cambia el estado en ese caso es la entropía.*
Camilo. *Se puede decir que el cambio de volumen es una consecuencia de la acción del agua.*
Morena: *En realidad tiene más que ver con la modelización de las fronteras, que vos tenés una frontera que permite el trabajo.*
Damián sigue explicando. Octavio plantea que de las experiencias lo único que se puede sacar son los cambios que se pueden registrar, después las interpretaciones que pueden empezar a haber, pero…
Morena: *Claramente es muy factible que salga en esta parte que el calor cambió el volumen.*
Octavio: *Cambió el estado, que se nota a partir de un cambio de volumen.*
Betina: *A mí me gustó eso de que si no le permitiésemos…*
Damián: *…si no le permitiésemos el cambio de volumen, igual el estado cambia. Y te das cuenta porque se calienta. Entonces, qué le pasó al…* (…)
Camilo: *¿Por qué no está bien decir, por qué el cambio de estado no es que cambia la temperatura?*
Morena: *La temperatura no es extensiva. Son dos los cambios de estado, porque cambió la temperatura. ¿Por qué tenés que introducir la entropía?*
Damián: *Y bueno, con el trabajo también le cambió la temperatura, lo piola es que el trabajo modifica el volumen sin modificar la entropía, y el calor modifica la entropía sin modificar el volumen. Hay muchas variables que cambian con ambos procesos, uno de ellos se ve en la segunda parte, que es el más grosso de todos ellos, que es la energía interna. Pero bueno, la temperatura la cambian los dos procesos.*
Investigadora: *¿La idea de las experiencias era trabajar los conocimientos previos o introducir los nuevos conocimientos que son los que están planteando*?
Morena: *¡Ninguna de las dos cosas!*
Damián: *¡O las dos al mismo tiempo!*
Nina: *¿Qué pueden responder los responsables?*
Investigadora: *No las vas a estar trabajando las dos al mismo tiempo, si vos le decís: no, no hablés de volumen, o lo que tenés que trabajar son las fronteras, o las interacciones, ya no estás trabajando con los conocimientos previos…*
Morena: *Para mí es un disparador de que los conocimientos previos no alcanzan.*
Nina: *Es que ellos te van a decir algo relacionado con química: que el calor cambia cómo está el gas adentro de la botellita y por eso tenés que se te cambia el volumen del globito, porque lo hemos hecho en química. Agarrábamos un globo, lo inflábamos, en el teórico, después lo ponía en nitrógeno y quedaba todo chupadito, después lo sacaba de nuevo y quedaba estiradito.*
Octavio: *¿Y cuál era la explicación?*
Nina: *P.V = N R T.*
José plantea llevar la cosa a la parte de conocimientos previos, o a herramientas previas, y que se plantee la idea de que estamos viendo un cambio de estado, a partir de otra acción diferente.
José: *Después la formalizamos: calor, lo asociamos a entropía, pero quedémonos con eso primero.*
Morena dice que está de acuerdo.

Como sugiere Edelstein (1998) en su propuesta de reconstrucción crítica de la propia experiencia, este registro de una reunión de planificación del TEF evidencia la importancia de la reflexión conceptual y la preocupación por la presentación del contenido para el equipo docente en este período. También lo muestra considerando ideas y experiencias previas del estudiantado –en las intervenciones de Betina, Nina y Octavio- como sugieren las investigaciones en educación en ciencias naturales. Con distintos énfasis según la época, las reflexiones previas, en y sobre la práctica de los y las docentes del TEF parecieran abarcar las diversas dimensiones temáticas planteadas por Edelstein. La misma autora también sostiene: "El interés no se centra en la reflexión sobre las formas de realización en la práctica de prescripciones de orden técnico; la relación medios-fines; procesos-resultados. Entendiendo la enseñanza como una actividad intencional y en la que se juegan explícita o implícitamente distintas racionalidades, el interés es justamente poner en situación de análisis la intencionalidad, la racionalidad que subyace en cada caso. En suma, los mecanismos más sutiles que permiten develar el sentido y orientación de esta práctica (Edelstein, 1998: 16). Con relación a esta dimensión de la reflexión propuesta por Edelstein, analizamos los procesos colectivos de redefinición de propósitos y objetivos desarrollados por esta CoP en las *Aulas Paralelas* de 2010. Allí los y las docentes del TEF, en un ejercicio de explicitación, argumentación y construcción de consensos buscaron abordar, justamente, los sentidos y orientaciones, las intencionalidades de sus prácticas pasadas y futuras…

[6] Todos los nombres han sido reemplazados por seudónimos.
[7] Se refiere a las experiencias implementadas al inicio de la unidad pedagógica de Termodinámica en 2009.

Otro aspecto que también nos interesa recuperar de lo planteado por Edelstein es que: "La práctica docente es una práctica de intervención social y como tal impregnada de componentes sociopolíticos. La reflexión sobre la práctica en consecuencia, aún cuando libere parcialmente al enseñante de la dependencia de modelos no construidos por él autónomamente e ilumine nuevos cursos de acción en el aula estará siempre condicionada en alguna medida por una estructura socio-política dominante, tanto en su vertiente institucional burocrática y legal como en su vertiente moral, actitudinal y referida a los valores. (…). Esto también debería ser objeto de reflexión" (Edelstein, 1998: 17). La reflexión explícita sobre los condicionamientos de su propia acción no era un proceso desarrollado sistemáticamente por los y las docentes del TEF. Pero, claramente, el carácter disruptivo de la propia experiencia –por múltiples rasgos que nos permiten definirla como innovación- dentro de una institución tradicional como la Facultad de Ciencias Exactas partía de cuestionamientos a los modelos de relación y las estructuras dominantes. Más que reflexionar sobre ellos explícitamente, el equipo docente del TEF ponía en acción sus supuestos sobre las relaciones docentes/estudiantes, práctica docente/práctica política, funcionamiento grupal/jerarquías institucionales, entre otros aspectos, y sólo extraordinariamente, reflexionaba sobre ellos de manera explícita. Una de esas situaciones extraordinarias fue el *Aula Paralela* que rememoramos más arriba, en la que, por ejemplo, la dimensión valorativa y actitudinal del trabajo docente estuvo notablemente presente.

Además de alertar respecto de los diversos contenidos a encarar en las reflexiones sobre la práctica, Edelstein llama la atención respecto de los recaudos al definir los ámbitos y las interacciones entre sujetos comprometidos en procesos de reflexión: "Es a través de relaciones de poder, interactuando con otros, que el sujeto se constituye como tal. Instancias en las que se divisa y es divisado por otros. Proceso que le posibilita su objetivación. Estructura que se reedita, con sus propios matices, en el momento de análisis de las prácticas docentes. En ciertos casos, las propuestas desde las que se convoca a la reflexión sobre las prácticas toman la forma de una suerte de confesión, y la persona se presta a facilitar su subjetivación. Cuando estas prácticas se sitúan en el contexto de las relaciones de autoridad surge la confesión en presencia real o imaginaria de un personaje que prescribe la forma de la confesión, las palabras y ritos mediante los cuales debe efectuarse, persona que a su vez valora, juzga, consuela o comprende" (Edelstein, 1998: 18). En el apartado anterior hemos descrito, a través del análisis de diversos aspectos, las características de las circunstancias formativas llamadas *Aulas Paralelas*. Creemos que, en dichas circunstancias, pueden visualizarse con mayor claridad las mediaciones planteadas en el TEF, los dispositivos propios establecidos para generar condiciones de objetivación de los análisis (planificación y coordinación externa, técnicas de trabajo grupal, inclusión de lo lúdico, entre otros). Dichas condiciones no eran tan estrictamente planeadas en el caso de las reuniones regulares semanales entre docentes, pero el hecho de elaborar colectivamente un temario, establecer coordinaciones y evaluaciones rotativas entre los miembros, producir un registro de lo discutido, eran acciones que indudablemente también contribuían a superar la posible subjetivación de los análisis. Estas mediaciones, si bien no partían de la negación de las relaciones de autoridad establecidas institucionalmente, sí permitían intercambios que evidenciaban vínculos de confianza y respeto, de trabajo entre iguales. Con relación a esta cuestión, la autora que venimos siguiendo propone: "¿Cuál es en este caso la alternativa? Hacer hincapié en la constitución de sí mismo en lugar de la confesión. Hacer énfasis más en la trayectoria histórica relativa a lo que significa ser docente en contextos específicos que en relatos personales o biográficos. En suma, sean cuales fueren los instrumentos, constituir este espacio de reflexión colectiva como una invitación a explorar los propios pensamientos y sentimientos en relación a una práctica concreta" (Edelstein, 1998: 18). Como señalamos respecto de las *Aulas Paralelas*, y también analizamos en los diversos registros de reuniones docentes, el centro de las negociaciones de significados al interior de esta CoP, de las reflexiones colectivas desarrolladas, era su práctica concreta, real, situada y específica. En ellas no desaparecían los sujetos, sus biografías y trayectorias, pero sus sentimientos y pensamientos -excepto en escasas ocasiones- se orientaban al análisis de la práctica. La autora reseñada cierra de esta manera su análisis de la reflexión sobre la práctica: "Se entiende entonces que la recuperación de este enfoque debe apoyarse en procesos de reflexión no exentos de intencionalidad pero que, superando posiciones tanto objetivistas como subjetivistas, procuren abrir a nuevas alternativas. La idea es que los procesos de conocimiento y comprensión inciden directamente en las propuestas de intervención, lo que significa plantear una relación diferente entre la dimensión comprensivo explicativa y la proyectiva" (Edelstein, 1998: 18). Tales dimensiones comprensivo-explicativa y proyectiva de la reflexión sobre sus prácticas estaban, sin dudas, íntimamente articuladas en los procesos colectivos desarrollados por el equipo docente del TEF. Pasado y futuro de las prácticas se entrelazaban en sus diálogos, la revisión de las actuaciones y la elaboración de nuevas alternativas era el ejercicio habitual, planteado explícitamente hasta desde la enunciación del tema infaltable en el temario de cada reunión docente: "*CPyF*", vale decir clases pasadas y futuras…

Con relación, por lo tanto, a los procesos de formación docente en el TEF, consideramos que es a través de la articulación de las estrategias individuales descritas inicialmente, y los procesos colectivos de acción, diálogo y reflexión sobre la práctica, que estarían formándose los nuevos y nuevas participantes en esta CoP docente. Las articulaciones diversas de estos mecanismos logradas por cada principiante aportarían a la configuración dinámica y diferenciada de su identidad docente. Al análisis de las circunstancias y los procesos que venimos describiendo respecto de esta CoP como espacio de formación docente, vemos necesario adicionar ahora la consideración de los múltiples saberes relacionados con las prácticas de esta comunidad en los que simultáneamente estaban formándose los nuevos y nuevas docentes del TEF.

Saberes

Tardif *et al* (1991) analizan el saber docente de maestros y profesores secundarios y lo caracterizan como "un saber plural, formado por la amalgama, más o menos coherente, de saberes oriundos de la formación profesional, de los saberes de las disciplinas, de los currículos y de la experiencia" (Tardif *et al*, 1991: s/Nº). Estos autores consideran además que, en la mayoría de los casos, los y las docentes sostienen una relación de exterioridad con los saberes de la formación profesional (correspondientes a los transmitidos en las instituciones de formación docente, sean éstas terciarias o universitarias); con los saberes de las disciplinas (emergentes de la tradición cultural y de los grupos sociales productores de saberes y difundidos y seleccionados por la institución universitaria); y con los saberes curriculares ("discursos, objetivos, contenidos y métodos, a partir de los cuales, la institución escolar categoriza y presenta los saberes sociales que ella definió y seleccionó como modelo de la cultura erudita y de formación en la cultura erudita", Tardif *et al*, 1991: s/ Nº). Sólo los saberes de la experiencia, saberes prácticos, "actualizados, adquiridos y requeridos en el marco de la práctica de la profesión docente, y que no provienen de las instituciones de formación o de los currículos" (Tardif *et al*, 1991: s/Nº) permitirían a los y las docentes transformar esas relaciones de exterioridad en relaciones de interioridad con su propia práctica: "En ese sentido, los saberes de la experiencia no son saberes como los demás, ellos son, por el contrario, formados de todos los demás, pero retraducidos, `pulidos´ y sometidos a las certezas construidas en la práctica y en lo vivido" (Tardif *et al*, 1991: s/Nº).

Esta caracterización de los saberes de la experiencia realizada por Tardif *et al* (1991) nos parece especialmente adecuada para describir los saberes que se ponen en juego y aprenden en las diversas situaciones formativas identificadas en el TEF. Como ya señalamos, los y las docentes noveles que se integraban a la CoP del TEF eran graduados, graduadas o estudiantes que procedían, en general, de carreras desarrolladas en la Facultad de Ciencias Exactas, como la Licenciatura en Física, o de otras carreras afines. Los saberes de su formación inicial se referían a "los objetivos, problemas, leyes y teorías de la Física y de la práctica de su metodología" (Petrucci, 2009: 293) y su perfil profesional se orientaba fundamentalmente hacia la investigación científica. Otro grupo de docentes principiantes había sido cursante del TEF como estudiante de las carreras de Licenciatura en Biología o Geología de la Facultad de Ciencias Naturales y seguían siendo estudiantes o habían egresado recientemente. Por ello poseían el conocimiento básico de Física construido como cursantes en el TEF y formación parcial en sus disciplinas, también orientadas fundamentalmente hacia un perfil vinculado a la investigación científica. Es decir que, en general, los saberes previos a la participación en el TEF de ambos grupos, logrados a través de sus distintas formaciones iniciales y socializaciones profesionales, no se vinculaban directamente con el ejercicio del rol docente. La propuesta implementada en el TEF implica, como hemos dicho, la formación inicial y socialización profesional simultánea en el ejercicio de este rol. Esto se logra a través de circunstancias y procesos, ora tácitos, ora explícitos de formación docente, pero en todos los casos fuertemente vinculados a saberes de la experiencia o de la práctica, construidos y aprendidos situacionalmente. Podríamos decir que los miembros plenos de la CoP del TEF integran a los nuevos y nuevas participantes, enseñándoles los "*saberes profesionales docentes*" relevantes para sus prácticas y constitutivos del repertorio compartido, habilitándolos además para la participación en la construcción conjunta de dichos saberes. Pero ¿cuáles serían los saberes que concretamente aprenden los y las docentes del TEF en las instancias implícitas y explícitas de formación que analizamos? Para responder a esta pregunta acudimos, por un lado, a algunos testimonios de exdocentes y miembros históricos de la CoP. Ellos entrelazaron su valoración de los procesos de participación y formación en el TEF con sus explicaciones sobre la continuidad de la experiencia en la cena celebratoria de los 25 años de existencia. Por otro lado, articulamos estas informaciones con las circunstancias y los procesos formativos que caracterizamos a partir de nuestro acompañamiento de la experiencia en 2002 y 2009 y algunas ocasiones adicionales de construcción de informaciones. Por razones de espacio, no incluimos aquí los registros empíricos correspondientes, mas el análisis nos permitió caracterizar al TEF como espacio de formación docente en lo referido a:

- Contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la Física…
- Cómo investigar (las "herramientas metodológicas")…
- La educación en ciencias naturales…

- El valor de la reflexión sobre la práctica…
- La politicidad del rol docente…

Pablo, docente histórico del TEF, en el *Aula Paralela* que acompañamos en 2010, planteó: *"Siempre se dice que enseñar física en el Taller es una excusa para enseñar otra cosa. Y que uno de los objetivos del Taller, que no estaba ahí en los papelitos, pero que lo hemos escrito en algún lado, es cambiar el mundo. Pero ¿a través de qué? A través del Taller."* Estas palabras de Pablo nos remiten a las finalidades pedagógicas del TEF, tanto respecto de sus estudiantes como de sus nuevos y nuevas docentes. Y ello nos trae a la memoria las ideas de Piatti (2008) acerca de los imperativos a plantearnos como docentes de ciencias naturales en esta época de emergencia planetaria: "Habrá quien quiera pensar que eso es un problema de los pedagogos y que el electrón yira y yira impasible en su orbital, pero no. Cuando hablamos de Emergencia Planetaria, la selección de contenidos y estrategias se torna un problema de supervivencia. Como tal, un problema colectivo y, por tanto, político. Si no logramos que nuestros alumnos sean mejores personas, más gente, más humanos, todo estará perdido. Eso nos obliga a pensarnos como agentes productores de subjetividad y promotores de sociabilidad. Estos terrenos, a su vez, no dependen de la pura dirección consciente; debemos tener en cuenta los factores inconscientes que condicionan (o sobredeterminan) el proceso, esto es, debemos tenernos en cuenta como sujetos, conocernos a nosotros mismos como puente para que nuestros educandos puedan conocer el mundo; y recíprocamente, conocer a nuestros educandos para poder conocernos a nosotros mismos y re-conocer el mundo." (Piatti, 2008: 307). Y en esa empresa colectiva y política, también se estaban formando los nuevos y nuevas docentes del TEF.

SISTEMATIZACIÓN Y REFLEXIONES FINALES

El análisis realizado del TEF como espacio de formación docente situada, atendió a tres ejes conceptuales –construidos a partir de las características intrínsecas del caso y aportes ofrecidos por diversas líneas teóricas dentro del campo de la formación docente. Los mismos fueron: las circunstancias, los procesos y los saberes puestos en juego en la formación docente en el TEF. En primer lugar, el estudio de las circunstancias formativas nos permitió identificar algunas tácitamente planteadas como situaciones de formación, tales como las reuniones docentes de planificación y las actividades áulicas; y otras consideradas explícitamente por la CoP como ocasiones de formación docente, vale decir los grupos de pre-planificación y las reuniones extraordinarias y planificadas denominadas *Aulas Paralelas*. En segundo lugar, como procesos formativos incluimos los mencionados por docentes noveles en entrevistas, como el estudio y la indagación individual, pero también identificamos a la observación, el diálogo, la experimentación a través del ensayo-error –observados también por otros estudios sobre formación docente. La reflexión *en* y *sobre* la práctica y la acción colectiva emergieron como procesos distintivos de esta CoP para la formación de sus nuevos integrantes. Finalmente, a partir de las reconstrucciones e interpretaciones previas, sumadas a testimonios de exdocentes y docentes históricos del TEF, elaboramos una aproximación a los saberes en los que se estarían formando los y las docentes noveles de esta CoP. Ellos se vinculan con contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la disciplina objeto de su enseñanza (Física); conocimientos y procedimientos relacionados con el cómo investigar, aplicables a diversas disciplinas científicas; saberes procedentes del campo de la investigación en educación en ciencias naturales, destacando el valor de la reflexión sobre la práctica; valores como la politicidad del rol docente. En diversos momentos pusimos en diálogo nuestros resultados con el análisis realizado por Petrucci (2009), como una interpretación complementaria y compatible con la nuestra, así como con otras lecturas sobre la formación y profesionalización docente.

Caracterizamos así la formación docente en el TEF, desde diversas perspectivas y dimensiones de análisis, como un proceso intencional, heterogéneo, plural, múltiple. Y, como todo proceso de aprendizaje, de resultados imprevisibles. Pero, indudablemente, valorados por sus protagonistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORDERO, S., PETRUCCI, D. & ROS, M. (1996). El "aula paralela": un espacio formativo para la reflexión sobre la práctica docente en física. *Memorias del III Simposio de Investigadores en Educación en Física*, Córdoba, Argentina, 431-432.

DA CUNHA, M. I. (2010). O campo da iniciação à docência universitária como um desafio. *Atas Eletrônicas da 33º Reuniao Anual da ANPEd*, GT04. pp. 1-11. Accesible en: http://www.anped.org.br/33encontro/internas/ver/trabalhos-gt04

MOREIRA DA ROCHA MACIEL, A., DE AGUIAR ISAIA, S. M y PIRES VARGAS BOLZAN, D. (2009). Trajetórias formativas de professores universitários: Repercussões da ambiência no desenvolvimento profissional docente. *Atas Eletrônicas da 32º Reuniao Anual da ANPEd*. Accesible en: http://www.anped.org.br/reunioes/32ra/arquivos/trabalhos/GT08-5457--Int.pdf

DE AGUIAR ISAIA, S. M., MOREIRA DA ROCHA MACIEL, A. E PIRES VARGAS BOLZAN, D. (2010). Educação Superior: a entrada na docência universitária. *Atas Eletrônicas da 33º Reuniao Anual da ANPEd*. GT08. pp. 1-16.Accesible en: http://www.anped.org.br/33encontro/internas/ver/trabalhos-gt08

EDELSTEIN, G. (2003). Prácticas y residencias: memorias, experiencias, horizontes… *Revista Iberoamericana de Educación*, 33, 71-89.

EDELSTEIN, G. (1998). Formación práctica del profesorado. Más allá del ritual... Otros guiones, otras escenas. *Innovaciones en el Prácticum: Nuevos enfoques y nuevos recursos para el desarrollo del Practicum*. Disponible en: http://redaberta.usc.es/uvi/public_html/images/pdf1998/edelstein0.pdf.

FERENC, A.V.F. (2008). Narrativas de professores universitários sobre seu processo de socialização profissional. *Atas da 33º Reuniao Anual da ANPEd.* Accesible en: http://www.anped.org.br/33encontro/internas/ver/trabalhos-gt04

GIL PÉREZ, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164.

ICKOWICZ, M. (2008). Los trayectos de la formación para la enseñanza: el caso de los profesores universitarios sin formación docente de grado. *Educere et Educare. Revista de Educaçao*, 3 (5), 189-199.

LISTON, D. y ZEICHNER, K. (1993). *Formación del profesorado y condiciones sociales de la escolarización*. Morata - Fundación Paideia: Madrid.

MONTEIRO, R., CARRILLO, J. y AGUADED, S. (2009). Guiones de acción de un profesor novel de ciencias a partir de la modelización de la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (1), 77-88.

NUNES, J. B. C. (2002). Aprendendo a ensinar: um estudo desde a perspectiva da socialização docente. *Anped, Cd-rom*.

PETRUCCI, D. (2009). El Taller de Enseñanza de Física de la UNLP como innovación: diseño, desarrollo y evaluación. *Tesis doctoral no publicada*. Universidad de Granada.

PIATTI, C. (2008). La enseñanza de las ciencias como necesidad de supervivencia: Reflexiones hacia una pedagogía crítica para la sustentabilidad. En: GADOTTI, M., GOMEZ, M.V., MAFRA, J., FERNANDES DE ALENCAR, A. (compiladores). *Paulo Freire. Contribuciones para la pedagogía*. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales: Buenos Aires. ISBN 978-987-1183-81-4. Disponible en: http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/campus/freire/28Piatti.pdf

REMBADO, F., RAMÍREZ, S., VIERA, L., ROS, M. y WAINMAIER, C. (2009). Condicionantes de la trayectoria de formación en carreras científico tecnológicas: las visiones de los estudiantes. *Perfiles educativos*, 31 (124), 8-21.

RIGAL, L. y SIRVENT, M. T. (2007). *Metodología de la Investigación social y educativa: diferentes caminos de producción de conocimiento.* Documento borrador.

SALINAS FERNÁNDEZ, D. (1994). Reflexión del profesor: la novedad de un viejo principio. *Cuadernos de Pedagogía,* 226, 81-87.

SARAIVA, A. C. (2008). Representações sociais da aprendizagem docente por professores universitários. *Atas da 33º Reuniao Anual da ANPEd.* Accesible en: http://www.anped.org.br/33encontro/internas/ver/trabalhos-gt08

TARDIF, M., LESSARD, C. & LAHYE, L. (1991). Os professores face ao saber. Esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria e Educação*, 4, 215-233.

WEISSMANN, H., CORDERO, S., PETRUCCI, D., CAPPANNINI, O.M. & SEGOVIA, R. (1992). *Informe final de sistematización.* Presidencia de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

WENGER, E. (2001). *Comunidades de práctica. Aprendizaje, significado e identidad*. Paidós: Barcelona.

PROGRAMACIÓN DE LA ENSEÑANZA EN LA ESCUELA PRIMARIA: ¿QUÉ SE ENSEÑA DE FÍSICA?

Cordero, Silvina[1], Montenegro, Jesica[2] y Traverso, Viviana[3]

[1] Grupo de Didáctica de las Ciencias, Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (UNLP-CONICET) y Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata; [2] Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales y Departamento de Ciencias de la Educación. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata; [3] Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales y Departamento de Ciencias de la Educación. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.

RESUMEN

El presente trabajo apunta a describir las prácticas de programación de la enseñanza de docentes de escuela primaria de la Provincia de Buenos Aires, en el área de Ciencias Naturales. Específicamente se propone caracterizar los contenidos de Física que las docentes de segundo ciclo de la escuela primaria seleccionan, organizan y secuencian para su enseñanza, a partir del análisis de documentos escritos entregados por las mismas. Se trata de un trabajo descriptivo y el enfoque adoptado integra rasgos de los estudios de corte interpretativo.
El análisis documental realizado posibilitó describir los formatos de las planificaciones y componentes, identificar algunas configuraciones y modalidades de programación y los saberes implicados en su producción. En lo referido a la selección de contenidos físicos se identificaron diferentes grados de apropiación y resignificación del texto curricular y diversas mediaciones. De los documentos analizados se infirieron algunos de los conocimientos pedagógicos del contenido del área por parte de las docentes y su actuación como intérpretes de las prescripciones curriculares. Al mismo tiempo, se concluyeron funciones otorgadas a la programación y el enfoque de enseñanza de las ciencias naturales que sustenta su práctica.

Palabras clave: Programación de la enseñanza, contenidos de Física, textos curriculares, mediaciones, conocimiento pedagógico del contenido.

ABSTRACT

The present paper aims to describe the teaching programming practices of teachers of elementary school of the province of Buenos Aires, in the area of natural sciences. Specifically intends to characterize the contents of physics that the second cycle of primary school teachers select, organize and sequence for teaching, based on an analysis of written documents delivered by them. It's a descriptive work and the approach integrates features of the interpretative perspective. The documentary analysis made it possible to describe the formats of plannings and components, identify some settings and programming modalities and knowledges involved in their production. Different degrees of appropriation and resignification of the curricular text and various mediations were identified with regard to the selection of physical contents. From the analysis are inferred some pedagogical knowledges of the content of the area by the teachers and their performance as interpreters of the curricular prescriptions. At the same time, functions granted to the programming and the approach to science teaching underpinning its practice are concluded.

Keywords: teaching programming, physical contents, curricular texts, mediations, pedagogical content knowledge.

PRESENTACIÓN

¿Qué podemos saber acerca de los contenidos de Física que se enseñan en la escuela primaria a través de las planificaciones de docentes del nivel? La programación de la enseñanza es una práctica respecto de la que existen escasos estudios empíricos, y el área de enseñanza de la física no se distingue de las demás en ese aspecto. Sin embargo, desde la investigación educativa se sabe que las decisiones que el docente toma en la programación de la enseñanza forman parte de un complejo proceso de pensamiento, en el que se entrelazan representaciones variadas referidas al presente y a las experiencias previas: representaciones acerca de los alumnos –y sus posibilidades y necesidades–, acerca de sí mismo en situación de enseñanza, acerca de logros alcanzados y obstáculos enfrentados en situaciones similares, acerca del tiempo, el espacio, los recursos y, muy fundamentalmente, acerca del currículum y el contenido. Ya que exige del docente un esfuerzo de puesta en relación de todos estos componentes, su ponderación, síntesis y proyección hacia el futuro, constituye una fuente relevante en la comprensión de su accionar.

A partir del interés por este tema –y a través de una beca de investigación[1]- hemos apuntado a describir las prácticas de programación de la enseñanza de docentes de escuela primaria de la Provincia de Buenos Aires, en el área de Ciencias Naturales. Pretendemos caracterizar configuraciones y modos de concebir y llevar a cabo la tarea, a partir del análisis de documentos escritos realizados por docentes. Por medio de este análisis, estamos intentando tipificar las principales modalidades y tendencias sobre la programación de la enseñanza. Se trata de un trabajo descriptivo y el enfoque adoptado integra rasgos de los estudios de corte interpretativo, en tanto busca caracterizar las prácticas de programación desde las prácticas de los actores. La temática se enmarca en un Proyecto de Investigación más amplio[2], que aporta el abordaje de un corpus empírico de referencia acerca de las prácticas de programación de docentes en el contexto actual. La focalización que nos proponemos profundiza en una de las dimensiones de aproximación al objeto de estudio planteado.

En esta ponencia, presentamos una primera descripción de prácticas de programación de tres maestras de escuela primaria de la Provincia de Buenos Aires, a partir de los documentos escritos producidos por ellas mismas. Cada maestra da el área de ciencias naturales en un año diferente del segundo ciclo de la educación primaria. Ello nos ha permitido analizar formatos de las planificaciones y componentes e identificar algunas configuraciones y modalidades de programación en cuanto a concepciones de base y sus vertientes teóricas, los saberes implicados en su producción y algunas tensiones constitutivas. Hemos hecho especial foco, además, en los contenidos físicos que las docentes seleccionan, organizan y secuencian, a fin de realizar algunas inferencias acerca de sus conocimientos pedagógicos del contenido (Shulman, 1986) y su actuación como intérpretes de las prescripciones curriculares en el área. Abordamos así, el tema de las relaciones entre el docente y el saber a enseñar, el modo en que el contenido curricular es transformado en vistas a la enseñanza (Cols *et al*, 2001), particularmente en la programación.

MARCO TEÓRICO

La enseñanza es una práctica social, una acción compleja, intencional, singular, contextuada, ética y política; es siempre una forma de intervención destinada a mediar en la relación de un aprendiz y un contenido a aprender y, por lo tanto, una actividad marcada tanto por los rasgos del conocimiento a transmitir como por las características de sus destinatarios (Cols y Basabe, 2007). En tal sentido, enfrenta al docente a un flujo constante de situaciones inéditas, complejas que tienen lugar en escenarios relativamente inciertos. Desde un punto de vista procesual, implica una fase preactiva –aquella en la cual se concibe y programa la tarea–, una fase interactiva -que tiene que ver con el desarrollo de las acciones previstas con los alumnos- y una fase postactiva -en la cual se procede al análisis y evaluación de lo sucedido en momentos anteriores (Jackson, 1975).

[1] Otorgada por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN). Período: 1/9/11-1/9/12. Becaria: Jésica Montenegro, Directora: Silvina Cordero, Co-directora: Viviana Traverso.

[2] "Programación de la enseñanza en la escuela primaria: discursos y prácticas", Programa de Incentivos a Docentes-Investigadores de la UNLP-SPU. (H588). 2011-2012. Directora: Raquel Coscarelli.

Así, la programación corresponde al momento de concepción y anticipación de la enseñanza e implica una serie de prácticas y decisiones de distinto tipo –como la búsqueda de materiales y fuentes, la consulta con pares, la escritura de borradores y del documento final de planificación. Prácticas y decisiones que forman parte de un complejo proceso de pensamiento, en el que los docentes deben tomar decisiones. Se advierte que si bien programación y planificación implican pensar sobre la enseñanza, no toda reflexión que realiza el docente sobre su tarea deviene en un documento escrito. En adelante, nos ocuparemos del estudio de la planificación, la que se formaliza y exterioriza en los planes escritos que el maestro elabora, ya que se considera que "los planes docentes actúan como esquemas previos que orientan la futura práctica, y por lo tanto, manifiestan concepciones más o menos explícitas y formalizadas acerca de los diversos elementos que intervienen en la enseñanza: formas de entender las materias que se enseñan, ideas acerca del papel del alumno y del docente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ciertas tradiciones pedagógicas, valores" (Augustowsky y Vezub, 2000:10).

Asumimos aquí la idea de diseño como construcción metodológica (Edelstein, 1996). El diseño de clase desde esta perspectiva toma en consideración que el método no remite sólo al momento de la interacción en el aula sino que implica instancias de previsión, actuación y valoración crítica, de lo cual puede inferirse su papel decisivo al momento de pensar una propuesta de enseñanza (Edelstein, 1996). A su vez, esto significa "reconocer al docente como sujeto que asume la tarea de elaborar una propuesta de enseñanza en la cual la construcción metodológica deviene fruto de un acto singularmente creativo de articulación entre la lógica disciplinar, las posibilidades de apropiación de ésta por parte de los sujetos y las situaciones y los contextos particulares que constituyen los ámbitos donde ambas lógicas se entrecruzan. La adopción por el docente de una perspectiva axiológica, ideológica (…) incide en la vinculación con el conocimiento cuya interiorización se propone y, por lo tanto, también tiene su expresión en la construcción metodológica" (Edelstein, 1996:85). En suma, definir lo metodológico implica tanto el acercamiento a un objeto que se rige por una lógica particular en su construcción, como el atender al problema de cómo abordar el objeto en su lógica particular a partir de las peculiaridades del sujeto que aprende y del contexto particular de intervención (áulico, institucional, social y cultural). Siguiendo a Edelstein, la construcción metodológica no es absoluta sino relativa y singular. Se elabora casuísticamente y conlleva adscripciones sobre el enseñar y el aprender. Al diseñar el docente estructura el saber a los fines de la enseñanza, "trabaja" con el contenido en vistas a la enseñanza, lo que implica elucidar el tema de diversas formas, reorganizarlo y dividirlo.

A su vez, las decisiones relativas a la forma y al contexto de enseñanza son inescindibles de los propósitos de enseñanza, de los objetivos de aprendizaje definidos y del modo en que se concibe y se da forma al contenido. En este sentido y tomando los aportes de Edwards (1995) la forma en que el contenido es transmitido, enseñado, es el contenido mismo. En palabras de la autora "el contenido que se transmite en la enseñanza tiene una forma determinada que se va armando en la presentación del conocimiento. El contenido no es independiente de la forma en la cual es presentado; la forma tiene significados que se agregan al contenido transmitido, produciéndose una síntesis, un nuevo contenido" (Edwards, 1995: 147). El contenido, entonces, se transforma en la forma; si la forma también es contenido, la presentación del conocimiento en formas de enseñanza distintas le da significaciones diferentes y lo altera como tal, teniendo además consecuencias para el grado de apropiación posible del conocimiento por parte de los sujetos. Si bien la autora referida plantea esta conceptualización fundamentalmente respecto de la instancia interactiva de la enseñanza, consideramos que esta relación entre forma y contenido opera ya desde la instancia preactiva.

Como mencionamos más arriba, la enseñanza es una práctica social. Las decisiones y juicios de los docentes, su modo de definir y orientar la acción están mediados por los significados compartidos y socialmente construidos acerca de la educación y la escuela, el *curriculum*, la enseñanza y el docente, el alumno, el aprendizaje, el conocimiento, entre otros aspectos. La cultura profesional constituye un conjunto de significados sancionados, formas de pensar y hacer legitimadas, que preceden y atraviesan al sujeto individual, al tiempo que le ofrecen diferentes puntos de identificación y anclaje. Ofrece un marco para el pensamiento y la acción de los sujetos, para interpretar las propuestas de innovación, las demandas curriculares y las situaciones cotidianas a las que se enfrentan. Pero además, la enseñanza es, indudablemente, una acción caracterizada por la complejidad y multiplicidad de marcos simbólicos de referencia. El texto curricular y el discurso pedagógico y didáctico, que llega frecuentemente por vía de la capacitación y los textos oficiales, sumados a las propuestas editoriales, tienen un papel destacado entre dichos marcos.

Todo *curriculum* constituye un texto normativo que vehiculiza distintos tipos de regulación. Estructura sentidos y opera como un marco cognitivo que establece límites y puntos de referencia para la acción docente. Expresa significados sancionados y prescripciones relativas a lo que se considera legítimo enseñar. En tanto referente, el *curriculum* ofrece planos para la interpretación y apropiación de los sujetos. Los rasgos que asume este proceso están dados por características propias de la historia del sujeto y del contexto institucional, pero además por la particularidad del texto curricular. Un aspecto central es el alcance y la profundidad de la prescripción curricular, es decir, los límites entre aquellos aspectos que son regulados por el diseño y aquellos que pueden ser definidos en situación local por escuelas y profesores. Si bien reconocemos la existencia de significados amplios del término *curriculum*, aquí entendemos que el diseño curricular o el *curriculum* prescripto –en su acepción como sustantivo– se asemeja al documento curricular, refiere al *curriculum* escrito, oficial, a aquella versión formal que da cuenta de la propuesta formativa adoptada para un determinado trayecto del sistema educativo. Así, todo documento curricular prescribe acciones, contenidos a enseñar, evidencia clasificaciones y modos de regulación de las prácticas educativas.

El tratamiento didáctico del contenido plantea una problemática compleja e implica una serie de decisiones relativas a los procesos de elaboración curricular, de la programación de la enseñanza y de la interacción en clase. Se presenta, entonces, como una construcción que supone diferentes instancias y en la que intervienen distintos actores sociales. La definición del contenido escolar resulta de un proceso de articulación de un conjunto de intenciones pedagógicas, de ciertos elementos culturales en función de ciertos propósitos y de destinatarios particulares. El contenido da cuenta, por ello, de una construcción, de una particular versión de un tema en relación con: destinatarios, propósitos específicos, formas de transmisión. Por lo tanto no se enseña una copia de las disciplinas, es decir que el contenido supone un tratamiento didáctico, implica su abordaje como componente didáctico.

Así Chevallard (1991) – en el marco de su trabajo en Didáctica de la Matemática- pone en evidencia el "*fenómeno de transposición didáctica*". El análisis inicia como un planteo sociológico. La transposición didáctica alude a las diferencias entre el "*saber erudito*" y el saber "*a ser enseñado*"; al saber que necesariamente se modifica al ser comunicado, al ingresar en la relación didáctica. La distancia entre el objeto de conocimiento que existe fuera de la escuela y el que es realmente enseñado en las aulas es un fenómeno general que afecta a todos aquellos saberes que ingresan en la escuela para ser enseñados y aprendidos. Pero este pasaje, estas modificaciones, según Chevallard (1991), deben ser vigiladas, plantea por ello el concepto de "*vigilancia epistemológica*"; la transposición didáctica es inevitable pero debe ser rigurosamente controlada. Para ello es necesaria una vigilancia epistemológica que garantice que la transformación del objeto se restrinja sólo a aquellas modificaciones que, en efecto, son inevitables para su enseñanza; seleccionar algunas cuestiones y determinar una forma de organizar los contenidos. Esta transformación implica tener en cuenta las características psicológicas del sujeto que aprende, pero básicamente la diferencia de propósitos entre el momento de producción del saber y el momento de transmitirlo.

En cuanto a la construcción del contenido por parte del docente, desde que Shulman (1986) planteó la noción, el Conocimiento Pedagógico del Contenido ha sido investigado tanto en el campo de la práctica profesional del profesor (profesores novatos y experimentados) como en el de la formación inicial de docentes. Esta noción relaciona aspectos de la pedagogía y de la ciencia que se enseña: "Dentro de la categoría conocimiento pedagógico del contenido incluyo los temas más comúnmente enseñados en una determinada asignatura, las formas más útiles para representar las ideas, las analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones más poderosas, en una palabra, las formas de representar y formular el contenido para hacerlo comprensible a otros. El conocimiento pedagógico del contenido también incluye un conocimiento de lo que facilita o dificulta el aprendizaje de temas concretos; las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y procedencia traen consigo cuando aprenden los temas y lecciones más frecuentemente enseñadas" (Shulman, 1986). Designa las modalidades bajo las cuales los maestros conocen y comprenden su materia, que son específicas de los maestros y la enseñanza. De este modo "….el profesor piensa y actúa (consciente o inconscientemente) mediado por la relación entre su conocimiento pedagógico, su conocimiento del contenido de las ciencias y el conocimiento del contexto" (Reyes Roncancio, 2010: 8). Según Gudmundsdottir (1998), la idea implícita en la expresión "conocimiento pedagógico de los contenidos" es que el docente ha transformado su saber sobre los contenidos en algo diferente a lo que era, en algo que tiene aplicación práctica en la enseñanza. Agrega, además, que este concepto permite describir la enseñanza como una actividad interpretativa y reflexiva, una actividad en la que los maestros dan vida al *curriculum* y a los textos que enseñan con sus valores y sentidos.

Las concepciones de construcción metodológica y de enseñanza como actividad eminentemente práctica y situada desarrolladas previamente dan cuenta tanto del tratamiento didáctico del contenido como del lugar del docente como un sujeto que toma decisiones, que asume la tarea de elaborar una propuesta de enseñanza para un grado de alcance determinado. El conocimiento pedagógico del contenido enriquece el necesario proceso reflexivo que lleva a cabo el docente al programar la enseñanza.

En los apartados que siguen, luego de caracterizar el enfoque metodológico de nuestra investigación y el texto curricular de referencia, intentaremos poner en diálogo estas nociones teóricas con las referencias empíricas construidas a partir del análisis de las planificaciones de ciencias naturales aportadas por maestras del nivel primario.

MARCO METODOLÓGICO

El enfoque adoptado integra rasgos de los estudios de corte interpretativo, en tanto busca caracterizar las prácticas de programación desde las prácticas de los actores. Como ha señalado Erickson (1989), los estudios interpretativos acerca de la enseñanza se caracterizan por su interés en la captación del significado humano en la vida social y en la comprensión de la naturaleza y estructura de los hechos. Podríamos decir también que el estudio presenta los rasgos de lo que Astolfi (1993) denomina investigaciones "de significación", cuya característica peculiar es intentar dar cuenta de la complejidad de situaciones didácticas singulares. El trabajo del investigador procura hacer emerger el sentido de las situaciones y fenómenos que se analizan a partir de un trabajo de lectura e interpretación de carácter hermenéutico. En términos de Ricoeur, "lo que la hermenéutica intenta comprender no es el acontecimiento, hecho fugaz, sino su significado, que es perdurable" (Ricoeur, 1986:98). Tratándose de un estudio descriptivo, profundizaremos en la caracterización de las prácticas que permita identificar tendencias y modalidades de programación docente, apoyándose en información proveniente de documentos escritos ofrecidos por maestras.

Hemos realizado un análisis documental de las planificaciones del área de Ciencias Naturales aportadas por docentes del nivel primario. Según Del Rincón (1995) el análisis de documentos es una actividad sistemática y planificada que consiste en examinar documentos escritos y pretende obtener información útil y necesaria para dar respuesta a los objetivos de la investigación. En nuestro caso partimos de la definición de categorías de análisis, a saber:

- Unidad temporal a la que refiere la planificación y formato.
- Componentes o aspectos de la planificación: Carácter. Relaciones. Grado de desarrollo.
- Grado de visibilidad del enfoque de enseñanza y de aprendizaje que caracteriza a la propuesta.
- Relación con el texto curricular del área.

También hemos considerado lo que plantea Cols (2004), quien explica que las decisiones involucradas en la elaboración de diseños didácticos refieren a la definición de objetivos y propósitos, el tratamiento del contenido (selección, secuencia y organización), la elaboración de estrategias de enseñanza, la decisión sobre los materiales de enseñanza y las formas de evaluación y la necesaria articulación entre los componentes de la misma.

Con respecto a la cuestión de cómo aparecen los contenidos de física en las planificaciones, hemos analizado, por un lado, si son mencionados o no; cuáles son los contenidos seleccionados por las docentes; y cómo se articulan con los contenidos de otras disciplinas. Por otro lado, hemos contrastado las propuestas docentes con las prescripciones curriculares correspondientes al nivel y al ciclo educativo.

RESULTADOS

Algunas notas sobre el texto curricular de referencia

El Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires para el 2º Ciclo de la Educación Primaria, y específicamente del área de Ciencias Naturales, constituye el documento oficial de referencia para las docentes de nuestro estudio. Desde su autodefinición es una propuesta curricular prescriptiva, con contenidos y orientaciones comunes a ser seguidas para la enseñanza en todas las escuelas de la provincia. Como propósitos de la enseñanza de las Ciencias Naturales plantea que "es responsabilidad de los educadores promover variadas situaciones de enseñanza que conduzcan a enriquecer, relativizar, ampliar el conocimiento inicial de los alumnos/as, aproximándolos a un conocimiento socialmente significativo". Sostiene también que "la escuela tiene la responsabilidad de acercar a los niños/as a una mirada actualizada sobre el mundo natural (…) y promover el desarrollo de competencias para la toma de decisiones basadas en información confiable. La formación científica de los niños/as debe favorecer su incorporación en instancias de participación ciudadana, aportándoles herramientas para comprender de qué modo dicho conocimiento se pone en juego en su entorno" (DGCE, 2007:54). Tales propósitos podrían apuntar a una enseñanza de las ciencias naturales orientada a la problematización de fenómenos del entorno e inclusive al tratamiento de controversias socio-científicas.

Este documento diferencia el conocimiento científico escolar del conocimiento erudito, caracterizando que "En la clase de ciencias naturales el conocimiento se construye en torno a los fenómenos de la naturaleza y a lo que las ciencias dicen sobre estos fenómenos, a partir de lo que los alumnos/as saben acerca del mundo natural, a propósito de resolver problemas académicos y a través de unas maneras particulares de acercarse al conocimiento". Tal afirmación implicaría, a nuestro criterio, la necesidad de prestar especial atención a tres aspectos: las ideas intuitivas y conocimientos previos de los alumnos/as, el planteamiento de problemas como contexto de abordaje de los conocimientos científicos y los modos de conocer característicos de las ciencias naturales. Respecto de sus fundamentos epistemológicos, plantea concebir "a la ciencia como actividad humana, que se construye colectivamente, sometida a debate, donde se puede dudar, avanzar y volver sobre los propios pasos. La ciencia como producto cultural de una sociedad y que va cambiando en el marco de los cambios que experimentan las sociedades". Tal afirmación podría orientar hacia la enseñanza de un enfoque histórico respecto de la construcción de conocimientos científicos. Particularmente en cuanto a la selección de contenidos, hace especial hincapié en que "Los modos a través de los cuales los alumnos/as reconstruyen el conocimiento científico en el ámbito de la escuela son también contenidos de enseñanza en la clase de ciencias, estos contenidos denominados 'modos de conocer' constituyen un conjunto de procedimientos y actitudes privilegiados para la transformación de los saberes cotidianos en conocimiento científico escolar que posibilita la interpretación de los fenómenos naturales desde una perspectiva científica. La confrontación de ideas, la elaboración de explicaciones sobre los fenómenos en estudio, la comparación de datos provenientes de diferentes fuentes, la argumentación, el establecimiento de relaciones entre la información teórica con los resultados de una experiencia, el registro y organización de la información son contenidos que deberán enseñarse junto con la enseñanza de los conceptos, si se quiere que los alumnos/as avancen en la reconstrucción del conocimiento científico" (DGCE, 2007: 55). Así, tanto los "conceptos" como los "modos de conocer" son considerados dimensiones del contenido a enseñar en Ciencias Naturales en función de que los alumnos avancen en la reconstrucción del conocimiento científico.

Este Diseño Curricular plantea un enfoque de tipo areal. En el caso de las Ciencias Naturales, el documento explicita que "Los contenidos están organizados en grandes núcleos temáticos que constituyen recortes del mundo natural" (DGCE, 2007: 56). Es decir que, en principio, no los vincula con enfoques disciplinares. Sin embargo, los núcleos temáticos definidos son: "Los seres vivos", "Los materiales", "El mundo físico" y "La Tierra y el Universo", incluyendo a su vez uno o más subnúcleos. Tomamos para ejemplificar "El Mundo físico" dada la focalización del trabajo.

	4º año	**5º año**	**6º año**
El mundo físico	**Fuerzas y movimiento** Las fuerzas y sus efectos La diversidad de fuerza	**El sonido y los materiales** Las fuentes de sonido La propagación del sonido El proceso de audición Diversidad de sonidos	**La luz y los materiales** La propagación de la luz La interacción entre la luz y los objetos La reflexión de la luz La refracción de la luz

Tabla 1: Núcleo temático "El mundo físico" y subnúcleos para cada año del 2º ciclo de educación primaria.

Respecto de la secuenciación, el texto curricular sostiene que "El criterio seguido para la inclusión de contenidos en uno u otro subnúcleo varía entre el primero y segundo ciclo. Por ejemplo, en el primer ciclo algunos fenómenos clásicamente asociados con la Física (la luz, el calor) se agrupan en el núcleo temático *Los materiales*. Esto es así porque el estudio de estos fenómenos está en estrecha relación con las propiedades de los materiales. En segundo año, por ejemplo, se abordan los cuerpos opacos, translúcidos y transparentes, en relación a cómo se comportan los materiales con que están hechos frente a la luz. En este ciclo, se reserva para *El mundo físico* el subnúcleo 'el movimiento de los objetos'. En el segundo ciclo, en cambio, comienzan a estudiarse estos fenómenos en sí mismos; por ejemplo, en quinto año, se estudian algunas propiedades del sonido como el modo de propagación, la intensidad, etc. Es por eso que en este ciclo los contenidos relacionados con la luz y el sonido, se organizan en el núcleo temático *El mundo físico*" (DGCE, 2007: 56). Así, por un lado- como inferimos de esta lectura- si bien el enfoque general es areal, cada núcleo temático posee un cierto bies disciplinar y, particularmente, en los contenidos prescriptos para el segundo ciclo aparecería una más clara aproximación disciplinar en cada núcleo temático. Por otro lado, tanto en las formas de presentar los contenidos a desarrollar, cuanto en el planteamiento de las situaciones de enseñanza, están ausentes los abordajes históricos y las perspectivas socio-científicas auspiciadas por el marco general planteado para el área.

Las planificaciones docentes

Como dijimos, analizamos la documentación aportada por tres maestras de segundo ciclo de Educación Primaria que se desempeñan en las ciudades de La Plata y Ensenada. En la siguiente tabla presentamos sintéticamente una descripción de dicha documentación con relación a algunos de los aspectos analizados:

Caso	Sujeto planificador	Documentos presentados	Grado de alcance de la planificación	Componentes		Funciones de la programación
				Presentes explícitamente	Presentes implícitamente	
Mariana	"Planificación de Ciencias Naturales. Año lectivo 2011. Curso: 4°"		Anual	• Propósitos • Contenidos	Objetivos	Regulación y orientación de la acción para sí misma
	"Unidades (N° 1, N° 2, etc.)"		Mensual/ bimestral	• Contenidos de las cuatro área curriculares, vinculadas bajo un "Lema" • Evaluación: tipos y formas		
	Carpeta de la docente		Diaria	• Actividades • Recursos • Intervenciones docentes	Situaciones de enseñanza	
Sandra	Capacitador	"Mapa curricular de Ciencias Naturales de segundo ciclo de Escuela Primaria"	Anual (incluye los 3 años del ciclo)	Contenidos		• Regulación y orientación de la acción • Representación y comunicación
		"Punteo de contenidos 5° año de EPB"	Anual	Contenidos		
		"Preguntas (para guiar al maestro en su tarea y evitar que algún tema importante sea olvidado)"	Anual	Preguntas	Intervenciones docentes	
		"Mapa conceptual de una unidad"	No explicitado	Contenidos	Contenidos conceptuales	
		"Unidad Didáctica"	No explicitado	• Contenidos (Conceptos claves) • Competencias científicas	• Contenidos • Actividades	
		"Secuencia Didáctica"	No explicitado	• Contenidos • Actividades • Recursos		
	Docente	"Planificación anual 5° año"	Anual	Contenidos		
		Carpeta de la docente	Diaria	Actividades	Contenidos	
Elena	"Planificación 2011"		Anual	• Propósitos • Evaluación • Contenidos • Situaciones de enseñanza	• Objetivos • Intervenciones docentes	• Regulación y orientación de la acción

Tabla 2: Descripción sintética de la documentación analizada.

Los documentos que analizamos en primer término, fueron aportados por Mariana[3], docente de 4º año de una Escuela Pública de Ensenada. La Institución participa del Proyecto "Escuelas del Bicentenario". En el marco del mismo, la docente recibió asesoramiento de capacitadores de prácticas del lenguaje en el año en que se realizó el trabajo de campo. Dada la organización del Proyecto no recibió asesoramiento sistemático del capacitador de ciencias naturales, aunque sí tuvo posibilidad de consultar dudas sobre la enseñanza en el área. Se trata de una docente de 8 años de antigüedad en el desempeño de la profesión y en la escuela, gran parte de su actuación ha sido en 3° y 4° año, rotando de año con el grupo de alumnos. Enseña en las cuatro áreas curriculares. Uno de los documentos que Mariana presenta (planificación anual) enuncia bajo la palabra "*Propósito*" acciones que deberán alcanzar los estudiantes "*leer, investigar, interpretar, experimentar y sacar conclusiones para incorporar estrategias de comprensión en el desarrollo de variados conceptos que involucren los espacios, los paisajes, los materiales, los seres vivos, el mundo físico, en su interacción y diversidad*". Plantea, luego, los siguientes núcleos: "*Seres vivos*", "*Los materiales*" y "*El mundo Físico*" (de los que se desprende una lista de contenidos conceptuales).

En otro de los documentos presentado por Mariana -estructurado en unidades- observamos la presencia de las cuatro áreas de enseñanza: prácticas del lenguaje, matemática, ciencias naturales y ciencias sociales. Debajo de cada una, se enuncia un listado de contenidos referidos al área. En Ciencias Naturales enuncia contenidos conceptuales (por ejemplo: unidad 1. "*Los materiales y sus cambios, Materiales naturales y manufacturados*", etc.). Todas las áreas y la selección de contenidos se vinculan a una especie de "lema"[4] (por ejemplo "*Cambia, todo cambia…*"). El lema también se vincula con la "*Evaluación*", se indican tipos y formas de evaluación y se menciona la retroalimentación y la diversidad como eje para pensar adaptaciones.

En el tercer documento presentado por esta docente -planificaciones diarias- cada planificación comienza con un título (por ejemplo: "*Características de los seres vivos; "Experimentamos"*, etc.). Luego del título aparecen consignas y actividades enunciadas para ser resueltas por los estudiantes. Advertimos en una de las planificaciones una propuesta de clasificación para que realicen los estudiantes respecto a los "*útiles de la cartuchera*". Allí, bajo la pregunta "*¿qué criterios usamos para clasificar?*", en forma de cuadro -probablemente a modo de registro posterior- presenta lo realizado por cada uno de los grupos. Seguido a esto, en la planificación se indica: "*Conclusión: Los criterios de clasificación son características que nos permiten diferenciar unos objetos de otros*". Observamos que dejan de aparecer las fechas, reemplazadas por líneas que se ubican en el centro del documento, que darían cuenta de momentos/días diferentes. En planificaciones posteriores se indican consignas a resolver y preguntas a responder por los estudiantes. Enuncia, también en forma de listado, recursos e intervenciones que realizará la docente o aquéllas a proponer a los alumnos: "*Lectura del maestro - Toma de notas - Armado de un esquema con la información- Libro de Ciencia en Foco, Aique- pág. 14 y 15- Los cinco reinos de los seres vivos*". Se presentan menciones a la realización de experimentos: "*Hoy hicimos el germinador*". A partir de allí, se indica una serie de acciones para poder realizar el experimento: "*Buscan la experiencia en libros- Hacen lista de materiales necesarios- Traen las semillas remojadas de casa- leemos las indicaciones y seguimos los pasos para armarlos- Armamos planilla para registrar lo que va sucediendo*". Observamos la presencia de diversos manuales que la docente utiliza como recurso para el armado de actividades y de trabajos prácticos. Sólo aparece una marca del directivo en estas planificaciones, en la cual corrige a la docente cuando enuncia "*la reproducción asexual*", con un "*No!*" y una *X*.

[3] Todos los nombres han sido reemplazados por seudónimos a fin de resguardar la identidad de los sujetos de la investigación.

[4] Según Camilloni (2007), los lemas "son una expresión concentrada de la cultura que, como los refranes y proverbios, emplean metáforas e implican juicios de valor" (…) "dado su carácter ambiguo pueden ser empleados en diferentes contextos sin perder su capacidad de asumir un sentido".

La descripción realizada permite reconocer modificaciones entre la planificación anual y la mensual en cuanto al orden de los contenidos. En la planificación anual se indica primeramente "*Los seres vivos*" y en la primera unidad mensual se propone abordar el contenido referido a "*Los materiales*". Esto daría cuenta de la resignificación que la propia docente realiza de su planificación anual. Esta planificación prevista para todo el año se estructura en base a una selección de contenidos conceptuales organizados en tres núcleos disciplinares coincidentes con el diseño curricular provincial, sin incluir el núcleo "*La tierra y el universo*" prescripto por el diseño. Ello evidencia un grado de apropiación del texto curricular por parte de la docente. Como hemos dicho, la planificación anual enuncia como "*Propósito*" logros a alcanzar por los estudiantes en términos de resultados de aprendizaje. Desde el punto de vista didáctico esto correspondería más bien a la enunciación de objetivos, debido a que los propósitos refieren a aspectos a priorizar en la propuesta de enseñanza. Propósitos y objetivos son dos maneras diferentes de expresar intenciones pedagógicas. Los propósitos expresan intenciones y aspiraciones que la escuela y/o los profesores procuran concretar, los objetivos intenciones en términos de logros posibles de los alumnos (Cols, 2004; Cols y Basabe, 2007). La planificación mensual establece relaciones entre las diversas áreas curriculares, probablemente recuperando una tradición escolar que no procede del diseño curricular vigente.

Desde el punto de vista de las funciones de la programación, aquello que la docente escribe en su carpeta estaría pensado, por un lado, para que quede plasmado en los cuadernos de los estudiantes, ya que se enuncian consignas, tareas, preguntas. Por otro lado, constituye un registro que permitiría a la docente ordenar la propuesta de clase: "*Armado de un esquema, entre todos en el pizarrón y copia en las carpetas*". Ello refiere a la función de regulación y orientación de la acción para sí misma, en la medida en que muestra su curso de acción y da un marco visible a su tarea. En esta planificación observamos el planteo de situaciones de enseñanza semejantes a las propuestas por el diseño curricular[5] aunque poco estructuradas (al no estar explicitados todos los componentes de cada situación o variar su grado de descripción).

Otra de las mediaciones[6] entre el texto curricular y la programación de la enseñanza realizada por esta docente es un libro de texto (manual) específico, del cual selecciona diversas actividades escolares y extra-escolares.

Desde la perspectiva física esta docente- para su planificación anual -selecciona como contenidos: dentro del núcleo "*Los materiales*": "*Los materiales y el calor. Electricidad. Los materiales y el magnetismo. Imanes*"; en el núcleo "*El mundo físico*": "*Fuerzas y sus efectos. El peso de los cuerpos. Diversidad de fuerzas*". En sus planificaciones mensuales plantea para ciencias naturales: "*Los materiales y sus cambios. Propiedades y usos. Transformaciones. Los materiales y el calor. Buenos y malos conductores*" (Unidad Nº 1); "*Los materiales y la electricidad. La conducción de la electricidad a través de los objetos. Materiales buenos y malos conductores de la electricidad y del calor*" (Unidad Nº 2); "*Los materiales y el magnetismo. La fuerza magnética. Imanes permanentes y transitorios. Interacción entre imanes. La brújula. Imanes en la vida cotidiana*" (Unidad Nº 3).

Por un lado, observamos que entre la planificación anual y la mensual existe coherencia en cuanto a la selección de contenidos y visualizamos- además- que, en la planificación de menor grado de alcance, la docente explicita con mayor especificidad las decisiones en cuanto a contenidos. Por otro lado, en su planificación anual, tanto en el tratamiento del núcleo sobre "*Los materiales*", como en "*El mundo físico*" respeta la prescripción curricular pero, en la planificación mensual excluye el tratamiento del contenido: "*Fuerzas y movimiento*". Cabe señalar que las planificaciones diarias aportadas por la docente no incluyeron el tratamiento de las unidades que planteaban contenidos de física (correspondientes a las planificaciones mensuales del período marzo- junio), lo cual nos hubiera permitido dilucidar, entre otros aspectos, su construcción metodológica en lo referido específicamente a los contenidos de Física.

[5] Según el Diseño Curricular Provincial de Ciencias Naturales, la noción de situación de enseñanza refiere a "(…) aquellos dispositivos que el/la docente despliega al desarrollar una actividad y en las cuales se involucran los alumnos/as a propósito del aprendizaje de determinados contenidos. Una actividad, entonces, suele implicar diversas situaciones de enseñanza. Una situación de enseñanza comprende el tipo de organización de la clase (total, pequeños grupos, trabajo individual), los materiales que se utilizarán, el tipo de tareas a las que estarán abocados los alumnos/as (lectura, experimentación, intercambio de conocimientos, etc.), el tipo de intervenciones que desarrollará el maestro/a (recorre los grupos, explica, presenta un material, organiza un debate, da ideas alternativas) (2007: 56).

[6] Esto implica considerar al texto curricular como mediación, debido a que el mismo mediaría entre el saber experto y el saber escolar.

El segundo grupo de documentos que se analiza fue aportado por Sandra, una docente de 5° año de la misma Escuela Pública. En el marco del Proyecto mencionado, la docente recibió asesoramiento de capacitadores de Matemática y Ciencias Naturales en el año en que se realizó el trabajo de campo. Se trata de una docente de 22 años de antigüedad en el desempeño de la profesión, 20 en la escuela y gran parte en segundo ciclo. Enseña en las cuatro áreas curriculares. Como se deriva de la tabla 2, algunos de los documentos que presenta Sandra a título de planificaciones son escritos entregados a ella por el capacitador y otros son de su propia elaboración. A partir de este hecho, en un primer análisis ya puede inferirse una presencia fuerte de la propuesta de capacitación mencionada. Dicha propuesta enfatiza los contenidos conceptuales y disciplinares, como así también las actividades a desarrollar en el aula. El documento titulado "*Unidad I*" plantea, entre otras, la realización de actividades experimentales. Menciona como "*competencias científicas*" actividades a realizar con los alumnos. Cabe señalar que dicha nominación no aparece en el texto curricular a nivel provincial. En el documento titulado "*Secuencia didáctica*" predomina la enumeración de contenidos y actividades. Hay aquí ya una selección acotada de contenidos respecto de lo propuesto en el documento titulado "*Unidad I*" y más aún respecto del denominado "*Mapa conceptual*". Se introducen contenidos que no figuran en la unidad, y sólo aparecen en 6° año en el diseño curricular provincial. Este análisis conduce a visualizar el rol del capacitador como mediador entre el texto curricular y la programación de la enseñanza por parte de la docente. Los documentos aportados por el capacitador evidencian tensiones con el diseño curricular vigente, al introducir contenidos y nociones no planteadas por este último.

En la planificación anual propia, la docente enumera contenidos conceptuales, al igual que el capacitador en su "*Punteo de contenidos*". Agrega a lo planteado por el capacitador un grupo temático previo referido a la "*Diversidad de los seres vivos*" y discrimina "*La organización del cuerpo humano*" (en sistemas) antes de trabajar "*Los alimentos*" hablando de la nutrición en el hombre. El grupo temático relacionado con la diversidad de los seres vivos recupera un eje conceptual del diseño curricular provincial. En la carpeta didáctica reaparecen actividades, contenidos y recursos propuestos por el capacitador, sin guardar relación con lo planteado en la planificación anual propia. Allí prevalece aquello que resolverán los alumnos: actividades. En algunas de ellas no se indica la manera o recurso a través de los cuales serán resueltas (por ejemplo: se indica "*Realizar el gráfico*" sin ningún otro tipo de información). Aparece escasamente la explicitación de los recursos didácticos, se menciona un artículo de revista, a abordar a partir de preguntas. No aparecen discriminadas con claridad las intervenciones de la docente, ni se mencionan propósitos de la enseñanza, objetivos de aprendizaje, ni evaluación. Se observan similitudes con las planificaciones entregadas por el capacitador, en las que prevalece la descripción de contenidos y actividades.

Los documentos aportados permiten, por un lado, evidenciar el carácter normativo, prescriptivo y regulatorio tanto del texto curricular como de la propuesta de capacitación. Como intérprete de ambos, esta docente pone en tensión diversamente en cada una de sus producciones las prescripciones planteadas. Por otro lado, al incluir descripciones de actividades, cuya interlocutora podría ser la directora, presente además a través de diversas marcas, emerge la función de la programación como forma de regulación y orientación de la acción, representación y comunicación.

La selección de contenidos de física que plantea esta docente abreva tanto en la propuesta del capacitador cuanto en el diseño curricular. Su planificación anual incluye dentro del núcleo "*El mundo físico*" el contenido "*El sonido*", y bajo este contenido selecciona: "*El sonido como una vibración que se transmite en un medio material. Propiedades del sonido (intensidad, timbre y altura). Velocidad del sonido en diferentes medios. El oído humano y su funcionamiento*". Dentro del núcleo "*Los materiales*" selecciona: "*Las propiedades de los materiales. Los materiales y el calor: los termómetros. El uso del termómetro de laboratorio. La transferencia de calor entre cuerpos. Los estados de agregación de los materiales. Los cambios de estado de los materiales y su relación con el calor*". En cuanto al diseño curricular la docente se atiene a lo prescripto; en cuanto a la propuesta de capacitación, excluye el abordaje del contenido "*La Luz y los materiales*" (no incluido en el diseño provincial para este año) y lo reemplaza por "*El calor y los materiales*" (tal como plantea el texto curricular). Respecto de la organización del contenido, plantea articulaciones con cuestiones biológicas (al analizar el oído humano) y químicas (al plantear el abordaje de los tipos de mezclas y métodos de separación, en el núcleo "*Los materiales*").

Como se observa en la tabla 2, la planificación anual de Sandra sólo explicita decisiones sobre los contenidos conceptuales, lo cual no nos permite visualizar su construcción metodológica. Con respecto a la planificación diaria, no contamos con el registro de su propuesta para la enseñanza de estos contenidos (por haber tomado ella licencia médica en ese período del año).

El tercer documento analizado fue facilitado por Elena, docente de 6º año de una Escuela Pública de La Plata. La Institución participa de un Proyecto PIIE (Programa Integral para la Igualdad Educativa) orientado a Arte y Prácticas del Lenguaje. En el año en que se realizó el trabajo de campo, se concretaron Talleres de Ciencias Naturales, voluntarios para los docentes, dictados- quincenalmente en hora Institucional- por la coordinadora del área de la Escuela Graduada Joaquín V. González (escuela primaria dependiente de la UNLP). Se trata de una docente de 7 años de antigüedad en el desempeño de la profesión y en la escuela, con experiencia en la enseñanza en ambos ciclos de la Escuela Primaria.

El único documento entregado por la docente inicia con la definición de dos componentes para las cuatro áreas curriculares: "*Propósito*" y "*Evaluación*". De la forma en que la docente enuncia el propósito podría inferirse que, respecto del área de ciencias naturales, le interesa que los estudiantes "*formulen hipótesis y relacionen hechos de acuerdo a distintas fuentes*", haciendo hincapié en lo que en el diseño curricular se define como "modos de conocer" característicos de las ciencias naturales. Luego se adjuntan las planificaciones anuales de cada área. En lo específico al área de ciencias naturales, presenta un cuadro dividido en tres partes. En cada una de las partes, enuncia: "*Núcleos*", "*Contenidos*" y "*Situaciones de enseñanza*". Uno de los laterales del cuadro se divide según los meses del año lectivo. En el casillero correspondiente a "*Núcleos*" se indican tres grandes temáticas: "*Los seres vivos*"; "*Los materiales*"; "*La tierra y el universo*". La selección de los núcleos es tomada del Diseño Curricular aunque, como puede verse, excluye el núcleo denominado "*El mundo físico*" y los contenidos referidos a "*La luz y los materiales*" allí planteados. Se enuncia una lista de contenidos conceptuales organizados por mes, los mismos no corresponden a los prescriptos para 6° año en el Diseño Curricular, muchos de ellos son tomados de los contenidos para 4° o 5º año. Por ejemplo, respecto de "*Los materiales*" la docente propone "*cambios de la materia por efecto de* la *variación de la temperatura; cambios de estado: de sólido a líquido y de líquido a sólido*", mientras que en el Diseño Curricular para 6º año respecto de "*Los materiales*" se propone abordar interacciones entre los materiales, especificando: mezclas, soluciones y métodos de separación. La planificación de Elena plantea tratar las transformaciones químicas sugeridas por el Diseño pero sólo vinculándolas a los cambios de estado. Consideramos que esto implica una importante variación en la selección de contenidos respecto a la prescripción curricular. Ello evidenciaría un grado de apropiación del texto curricular por parte de la docente y un trabajo de selección y organización del contenido.

Por otro lado, las "*Situaciones de enseñanza*" que propone Elena hacen referencia a veces a las acciones que realizará como docente: "*Se presenta la selección de plantas anuales y perennes*"; "*se promueve la lectura de calendarios de vacunación*". También enuncia aquello que los estudiantes realizarán: "*formulan anticipaciones acerca de los cuidados personales para prevenir enfermedades…*", "*Elaboran hipótesis referidas a las enfermedades contagiosas…*". Bajo este componente, también plantea situaciones de enseñanza tomando literalmente palabras del Diseño: "*se organizan situaciones en las cuales los alumnos intercambian acerca del cuidado de la salud*". Para el tratamiento de "*Los materiales*" prevé una situación de enseñanza que incluye el intercambio de ideas acerca de los cambios de estado, la formulación de anticipaciones, la realización de exploraciones, el registro y la organización de la información. El Diseño Curricular en el segundo ciclo para el tratamiento de estos contenidos propone la realización de actividades experimentales, mientras que la docente sólo menciona "*exploraciones*" (lo cual implicaría que no se plantea el control de variables). Ello nos lleva a inferir que tanto en su selección de contenidos, cuanto en las situaciones de enseñanza propuestas, Elena cuestiona la secuenciación planteada por el documento curricular. Si bien las situaciones de enseñanza están diversamente estructuradas, en general son coherentes con el propósito planteado inicialmente por la docente y semejantes a las prescriptas en el Diseño Curricular. En el caso de Elena la programación tendría como funciones la regulación y orientación de la acción en tanto la docente explicita las acciones que realizará a los fines de la enseñanza dando un marco visible a su tarea.

REFLEXIONES FINALES

Respecto de nuestra cuestión inicial sobre qué podemos saber acerca de los contenidos de Física que se enseñan en la escuela primaria a través de las planificaciones de docentes del nivel, nuestras descripciones y análisis nos permiten reconstruir diversos aspectos. Pudimos observar diferentes grados de apropiación y resignificación del texto curricular y de diversas mediaciones (propuesta de capacitación, libro de texto) por parte de las docentes. Concebimos que el *curriculum* como instancia ordenadora de los contenidos pareciera operar como uno de los significantes principales de las prácticas de programación. En su interpretación del mismo, las docentes seleccionan escasamente el tratamiento de contenidos vinculados al mundo físico, y cuando lo hacen, significativamente excluyen el abordaje de temáticas como fuerza o luz, que implicarían un mayor grado de abstracción. Podríamos inferir que sus conocimientos pedagógicos de los contenidos físicos las orientan hacia la selección de los núcleos temáticos cuyo estudio puede vincularse a los materiales y sus propiedades (calor, magnetismo, sonido). Ello estaría relacionado con su caracterización de las concepciones y preconcepciones portadas por sus alumnos, de los contextos institucionales en los que se desempeñan, pero también, muy probablemente, con las propias dificultades y escasa formación de las docentes en el abordaje de este tipo de contenidos.

De los documentos analizados se infieren diversas funciones otorgadas a la programación: en el primer caso como forma de regulación y orientación de la acción, y como representación y comunicación; en el segundo y tercero, como regulación y orientación de la acción para la propia docente. En ninguno de los tres casos la programación se utilizó con la función de justificación, análisis y legitimación de la acción.

Finalmente, este análisis posibilita inferir una predominancia del enfoque tradicional de enseñanza de las ciencias naturales en las planificaciones de las tres docentes (Porlán *et al*, 1998), con algunos elementos de la enseñanza por investigación dirigida (Pozo y Gómez Crespo, 1998) en el segundo grupo de documentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astolfi, J.P. (1993) Trois Paradigmes pour les Recherches en Didactique. *Revue Française de Pédagogie*, 103, pp. 5-18.

Augustowsky, G., Vezub, L. (2000) La planificación docente: tradiciones, usos y renovación en el contexto de la transformación curricular. *Revista del IICE*, 16, pp. 40-49.

Camilloni, A. (2007) Los profesores y el saber didáctico. En Camilloni, A., Cols, E., Basabe, L., Feeney, S. (Ed.) *El saber didáctico,* Buenos Aires: Paidós.

Chevallard, Y. (1991) *La Transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado,* Buenos Aires: Aique.

Cols, E y Basabe, L. (2007). La enseñanza. En Camilloni, A., Cols, E., Basabe, L., Feeney, S. (Ed.) *El saber didáctico*. Buenos Aires: Paidós.

Cols, E. (2004) *Programación de la Enseñanza*. Ficha de Cátedra. Didáctica I. UBA. Facultad de Filosofía y Letras.

Cols, E., Basso, L.; Bernardi, C., Nuñez, S., Pitton, E. (2001) *Los contenidos de enseñanza: perspectivas de análisis y enfoques teóricos*. Dossier. Buenos Aires: Oficina de Publicaciones de la Facultad de Filosofía y Letras, UBA.

Del Rincón, D. (1995). *Técnicas de investigación en Ciencias Sociales*. Madrid: Editorial Dykinson.

Diseño Curricular de Educación Primaria (2007). Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires. Consejo General de Cultura y Educación.

Edelstein, G. (1996). Un capítulo pendiente: el método en el debate didáctico contemporáneo. En Corrientes didácticas contemporáneas. Argentina. Paidós.

Edwards, V. (1995). Las formas de conocimiento en el aula. En Rockwell, E. (coord). *La escuela cotidiana*. México: Fondo de Cultura Económica.

Erickson, F. (1989). Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. En Wittrock, M. (Ed.) *La investigación de la enseñanza*. Tomo I. Barcelona: Paidós, MEC.

Gudmundsdottir, S. (1998) El saber pedagógico sobre los contenidos: una modalidad narrativa del saber. En Mc Ewan, H. y Egan, K. (comp) *La narrativa en la enseñanza, el aprendizaje y la investigación*, Buenos Aires: Amorrortu.

Jackson, P. (1975). *La vida en las aulas*. Madrid: Morata.

Porlán Ariza, R., Rivero García, A. y Martín Del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las ciencias*, 16 (2), pp. 271-288.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

Reyes Roncancio, J.D. (2010). Tendencias en investigación en el Conocimiento Pedagógico de Contenido de profesores de física en formación inicial. *Revista de Enseñanza de la Física,* 23, (1 y 2), pp.7-19.

Ricoeur, P. (1986). *Del texto a la acción*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher* (February), pp. 4-14.

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN FINALIZADOS

LAS COMPUERTAS LOGICAS COMO ESTRATEGIA DIDACTICA INTERDISCIPLINARIA

Knopoff, Patricia[1]; Vilche, Ernesto[1];Gonzalez, Mónica[1]

[1] Facultad de Ingeniería, UNLP

koyatun@yahoo.com.ar

RESUMEN

La presente propuesta surge en el marco de un proyecto de trabajo, desarrollado dentro de los lineamientos del Voluntariado Universitario de la SPU del Ministerio de Educación de la Nación, mediante el cual se pretende alcanzar el aprendizaje de conceptos y operaciones lógicas básicas, incluidos en el Álgebra de Boole, a partir de la manipulación de circuitos eléctricos serie / paralelo, debido a que el principio de funcionamiento de las Compuertas Lógicas Electrónicas se presenta como una oportunidad para la integración interdisciplinaria entre estos campos de conocimiento. La ausencia del área de la Lógica en los planes de estudio de la Enseñanza Secundaria de la Provincia de Buenos Aires aparece como marco adecuado para la implementación de este tipo de estrategias, basadas en la construcción del propio conocimiento por parte del estudiante secundario, orientado por secuencias didácticas apropiadas.

Palabras clave: compuertas lógicas – aprendizaje por proyectos – Algebra de Boole – Circuitos serie / paralelo

ABSTRACT

This proposal arises in the context of a work project, developed within the guidelines of the university volunteering of the SPU from the Ministry of Education's Office through which it aims to achieve the learning of basic concepts and logical operations, included in Boolean Algebra, starting from the handling of series / parallel electrical circuits, because the operating principle of Electronic Logic Gates is presented as an opportunity for interdisciplinary integration between these fields of knowledge. The absence of the area of Logic in the curriculum of secondary education in the Province of Buenos Aires appears as a suitable framework for implementing such strategies, based on the construction of knowledge by the student, guided by appropriate didactic sequences.

Keywords: Logic Gates – Project-Based Learning – Boolean Algebra – Series / Parallel Circuits

1 INTRODUCCIÓN

Se releva en los planes de estudio correspondientes a la Educación Secundaria en la Provincia de Buenos Aires que el espacio curricular correspondiente al área del conocimiento de la Lógica ha sido eliminado, con la natural y consecuente pérdida de la posibilidad de generar un espacio de enseñanza y aprendizaje alrededor de todo lo referente al razonamiento lógico y al *bien pensar*.

En esta presentación se pretende mostrar una propuesta que surge en el marco del proyecto de trabajo denominado ***Laboratorio de Electrónica básica: un espacio para enseñar, aprender, compartir experiencias y despertar vocaciones***, aceptado dentro del Proyecto de Voluntariado Universitario, acreditado por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación durante el año 2011, que se encuentra actualmente en ejecución en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, dentro de las actividades de la Unidad de Investigación y Desarrollo para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación en el uso de TIC (UNITEC), en el ámbito del Espacio de Investigación de las Tecnologías Aplicadas a la Educación (EITAE).

Se propone realizar un trabajo interdisciplinario en el cual se introduzca al estudiante secundario en los conceptos correspondientes a la lógica proposicional, introduciendo las bases del Álgebra de Boole mediante la utilización de circuitos electrónicos básicos, implementados con interruptores, como mecanismo primitivo del proceso de toma de decisiones mediante Compuertas Lógicas Electrónicas.

En este trabajo se presenta una experiencia de innovación metodológica que se está llevando a cabo en el marco del Proyecto de Voluntariado mencionado anteriormente. Esta propuesta, sustentada en la metodología del aprendizaje basado en proyectos y el fortalecimiento del aprendizaje autónomo, se basa en el principio de funcionamiento de las Compuertas Lógicas Electrónicas, tomando de ellas los principios lógicos subyacentes y la relación biunívoca que puede establecerse entre éstos y los circuitos eléctricos serie / paralelo.

2 MATERIAL DIDACTICO DISEÑADO

Se diseñaron kits didácticos para el desarrollo de las secuencias en las sesiones de trabajo con los estudiantes. Cada kit se compone de tres cajas de madera (*"compuertas"*), donde cada una cuenta con un circuito eléctrico que corresponde a cada una de las equivalencias eléctricas de los operadores booleanos AND, OR y NOT.

Se trabaja con interruptores conectados en circuitos simple, serie o paralelo, según corresponda, de forma de lograr cada representación. Se utilizaron interruptores del tipo on/off, es decir que pueden encontrarse solamente en dos estados diferentes: *activo/cerrado/cone*ctado o *inactivo/abierto/no-conectado*. Cada interruptor colocado está acompañado (y conectado) con un led que indica el estado en que se encuentra. El led que acompaña a cada interruptor se enciende si éste se encuentra en el primer estado mencionado. Estos led cumplen la función de indicar al estudiante que la selección que ha realizado se está ejecutando efectivamente en el tablero que usa, de forma que si el interruptor se ha dañado, el led asociado no encenderá en ninguna de las dos posiciones del interruptor (Hill – Peterson, 1984; Taub, 1982; Taub – Schilling, 1982; Tocci, 2003)

Cada compuerta, a su vez, tiene incorporado un led adicional (*led de estado final*), que es el que indica el resultado de la operación que se está ejecutando en la misma, y un par de bornes donde se conecta la fuente de alimentación. Esta fuente consiste en un transformador 220V-5V, que cuenta con fusible (para evitar daños por sobrecarga de corriente) y un led (para indicar que la energía eléctrica está siendo suministrada).

Esta forma de diseñar los kits se fundamenta en que es necesario evitar que el estudiante se aparte de su razonamiento, en las conexiones que realiza, como consecuencia de fallas en los circuitos.

Cada caja cuenta, en su parte superior, con el esquema del circuito eléctrico equivalente al operador que representa y el nombre de dicho operador (Rojo, 2006). En la parte interna, la compuerta está formada por un circuito algo más complejo que el representado en el exterior, debido a la necesidad de establecer un circuito adecuado a las finalidades didácticas perseguidas.

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El Álgebra de Boole opera con relaciones lógicas sobre variables que admiten únicamente dos valores, designados convencionalmente con 1 y 0.

Son suficientes tres operadores para generar toda la variedad de funciones lógicas correspondientes a una lógica proposicional (con Principio de Tercero Excluido). En este proyecto se ha trabajado con los operadores AND (producto lógico), OR (suma lógica) y NOT (complementación) como base para la formación de las funciones y análisis de valor de verdad de diferentes proposiciones, aunque es posible generar otros conjuntos de operadores de base, equivalentes lógicamente a los mencionados.

Los valores posibles según el álgebra booleana (1 y 0) aparecen en las compuertas diseñadas como estados en los leds. Un led encendido corresponde al valor booleano 1 y un led apagado corresponde al valor booleano 0.

Con las compuertas AND, OR y NOT se inicia el trabajo con los estudiantes, analizando el comportamiento de cada circuito, a partir de la circulación de la corriente eléctrica según la disposición seleccionada de los interruptores y observando el estado del led que indica el estado final de la compuerta. Para cada compuerta, el estudiante varía las posiciones de los interruptores de forma de establecer todos los estados posibles de la compuerta en su tabla de estado correspondiente.

Con estas tres compuertas se introducen los conceptos de *circuito simple, serie y paralelo*, *estado* y *tabla de estado*, y con estos conceptos se inicia el trabajo con *tablas de verdad*, que para el estudiante serán, por el momento, simples indicadores de los estados posibles de cada compuerta.

Posteriormente, se comienza el análisis de funciones booleanas y el estudio de los teoremas de esta álgebra. De esta manera, los estudiantes pueden, por ejemplo, verificar por tablas de estado la equivalencia entre una compuerta NAND con la disyunción de dos compuertas NOT *(Compuerta "NOT … OR NOT…")* e introducir así las Leyes de Morgan. De forma similar se trabaja para el análisis de los diferentes teoremas (Copi, 2000; Gamut, 2004).

Llegados a este estadio, se presentan a los estudiantes situaciones concretas a ser resueltas de forma tal que se relacionan los conceptos adquiridos desde el área de la Electricidad con los de la Lógica, explicitando su potencialidad predictiva ante situaciones específicas. Por ejemplo, una situación elemental puede estar dada por:

> *Una casa tiene un tanque de agua en el techo y una bomba de agua. La bomba debe encenderse si el tanque esta vacío.*
>
> *Si "tanque_vacío" entonces… "bomba encendida"*
>
> *donde "bomba encendida" aparece en la compuerta con el encendido del led de estado.*

Esta situación se resuelve con una compuerta NOT, ya que la condición de encendido de la bomba depende de una sola variable (tanque_vacío).

> *Se instala una cisterna subterránea, que agrega la siguiente complejidad al sistema. Si la cisterna esta vacía, la bomba no debe encenderse. Es decir, la bomba deberá encenderse si el tanque está vacío y la cisterna tiene agua, ambas situaciones simultáneamente.*

Esta situación se representa con una compuerta AND:

"tanque_vacío" AND "cisterna_llena" entonces….. "bomba_encendida"

donde "tanque_vacío" se representará con la activación de un interruptor y "cisterna llena" se representará con la activación del otro interruptor de la compuerta. Sólo si ambos interruptores se encuentran en la posición activo/cerrado/conectado se encenderá el led de estado de la compuerta, indicando que se ha logrado "bomba encendida".

> *Un edificio tiene dos tanques en el techo. La bomba debe encenderse si uno de los tanques está vacío.*

En este caso, la situación se resuelve con una compuerta OR:

"tanqueA_vacío" OR "tanqueB_vacío" entonces …..."bomba_encendida"

donde "tanqueA_vacío" se representará con la activación de un interruptor y "tanqueB_vacío" se representará con la activación del otro interruptor de la compuerta. Si alguno de los dos interruptores se encuentra en la posición activo/cerrado/conectado se encenderá el led de estado de la compuerta, indicando que se ha logrado "bomba_encendida".

Estas situaciones son el inicio de una secuencia de situaciones adecuada que facilitará a los estudiantes la construcción de los conceptos que se pretenden presentar. Algunas situaciones más complejas a presentar son, por ejemplo, una casa con dos tanques y una cisterna o un sistema de luces que indica a un supervisor, en el interior de un local, si hay clientes por atender y cuántos hay.

Se induce a los estudiantes a generar una representación simbólica de los operadores y finalmente se los introduce en la estructura simbólica tradicional, a fin de alcanzar un lenguaje común por todos los grupos de trabajo.

Una vez establecida la estructura simbólica, se puede llevar a niveles de complejidad creciente las situaciones a resolver por los estudiantes, ya que ellos serán capaces de trabajarlas desde la esquematización simbólica y el análisis por tablas de verdad.

El grado de avance de los estudiantes participantes del proyecto se analiza mediante pretest, ejecutados antes de iniciar el trabajo con las tres compuertas básicas, y postest ejecutados al finalizar toda la secuencia de situaciones. Tomando en cuenta que el trabajo propuesto se realiza en grupos de hasta seis estudiantes y considerando que siempre existe la posibilidad de una mayor apropiación de saberes por parte de algunos integrantes de cada grupo, se decidió ejecutar estos test manera individual, para evaluar el avance de cada estudiante en particular.

4 ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO DE TRABAJO

Este proyecto de trabajo ha sido acreditado para el período 2011-2012, con una asignación tardía de la partida presupuestaria correspondiente. Esta dilación en el acceso a los fondos necesarios para la adquisición de materiales para la construcción de los kits didácticos coloca al presente proyecto en situación de construcción de kits en la actualidad[1] y será ejecutado con los estudiantes de escuela media durante los meses de septiembre/octubre del corriente año.

En función de dar continuidad y permanencia al proyecto, se ha presentado la segunda edición del mismo a consideración de la SPU, que en caso de ser acreditado se ejecutará en el período 2012-2013. Para el mismo se está trabajando en el análisis y diseño de las compuertas lógicas complejas (NAND, NOR, NOT…AND NOT… y NOT… OR NOT…) con el objetivo de introducir a los estudiantes, a partir de ellas, en el trabajo con las compuertas lógicas electrónicas, compuestas por circuitos integrados, de forma tal de facilitar el acceso de los jóvenes a las nuevas tecnologías.

REFERENCIAS

Copi, I. (2000). Introducción a la Lógica. México: Limusa

Gamut, LTF. (2004). Introducción a la Lógica, Buenos Aires: EUDEBA

Hill - Peterson. (1984). *Teoría de conmutación y diseño lógico*, México: Ed. Limusa.

Rojo, A (2006). Algebra I, Buenos Aires: Magister Eos/Estudio Sigma

Taub, H. (1982). *Circuitos digitales y microprocesadores*, México: Ed. McGraw-Hill.

Taub - Schilling (1982). *Digital Integrated Electronics*, New Jersery: Ed. McGraw-Hill.

Tocci, R. (2003). *Sistemas Digitales: Principios y aplicaciones*, México: Pearson Educación.

[1] Agosto 2012.

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ingeniería
Departamento de Electrotecnia

Unidad de Investigación y Desarrollo para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación a uso de TIC
Espacio de Investigación en Tecnologías Aplicadas a la Educación

LAS COMPUERTAS LOGICAS COMO ESTRATEGIA DIDACTICA INTERDISCIPLINARIA

Kronoff, Patricia; Vilche, Ernesto; Gonzalez, Mónica
koyat.n@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

Basándonos en el fundamentación de las Compuertas Lógicas Electrónicas proponemos generar un trabajo interdisciplinario para la enseñanza de la Física y la Lógica.
Las funciones y teoremas del Álgebra de Boole pueden ser construidas con una base de tres operadores independientes. Hemos elegido los operadores AND, OR y NOT como conjunto de operadores de base. Trabajamos sobre la relación biunívoca que se establece entre ellos y los circuitos eléctricos en serie y paralelo, para introducir los conceptos básicos de los sistemas de control lógico. Con las *compuertas didácticas*, realizaremos talleres con grupos de estudiantes de escuela media no técnica.

MATERIAL DIDÁCTICO

Cada kit cuenta con:
- una compuerta *OR*
- una compuerta *NOT*
- una compuerta *AND*

Cada Compuerta tiene:
- borneras de conexión
- interruptores *on/off*
  - simple
  - serie
  - paralelo
- Led de estado del interruptor
- Led de estado final de la compuerta

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Talleres en grupos de hasta 6 estudiantes

Estudio de Compuertas
- Seguimiento manual del circuito
- Determinación de los estados finales
- Construcción de las tablas de estado

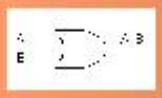
Introducción de la simbolización
- Introducción de símbolos lógicos
- Introducción a tablas de Verdad
- Estudio de funciones y teoremas Booleanos

Secuencia de situaciones concretas

CORRESPONDENCIA FÍSICA-LÓGICA DE LAS COMPUERTAS

Operadores simbólicos

NOT

OR 

AND

Circuito eléctrico equivalente

Circuito electrónico integrado

Tablas de verdad

EN AUTO INICIAL	EN AUTO FINAL
APAG / APAGADO	APAG / APAGADO
APAG / PRENDIDO	PRENDIDO / PRENDIDO
PRENDIDO / APAG	APAG / APAGADO
PRENDIDO / PRENDIDO	PRENDIDO / PRENDIDO

PRENDIDO / APAG	PRENDIDO / APAG	PRENDIDO
PRENDIDO / PRENDIDO	PRENDIDO / PRENDIDO	PRENDIDO
APAG / APAGADO	APAG / APAGADO	APAG / APAGADO
APAG / PRENDIDO	APAG / PRENDIDO	APAG / APAGADO

Ejemplo de aplicación

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

- Proyecto acreditado por SPU para período 2011 – 2012
- Agosto 2012: fase de construcción de kits didácticos
- Septiembre – Octubre 2012: ejecución de talleres en Escuelas Medias
- A la espera de la evaluación de la segunda edición. Continuidad y profundización mediante la introducción de compuertas lógicas complejas (NOR, NAND y equivalentes por T. de Morgan), introducción a las Compuertas Electrónicas por circuitos Integrados.

PROMOCION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EDUCACION FORMAL Y EN AMBITO NO FORMAL. IMBRICACION CURRICULAR Y PROCESOS DE CAPACITACION

Chaile M. O.[1]; Javi V. M.[3], del Olmo A. P.,
Olivera N. B.[4], Flores D. A.[5] y Astorga A. E.[6]

[12345]Facultad de Ciencias Exactas– Facultad de Ciencias Económicas[6]-Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta[123456]
Complejo Gral. San Martín – Campo Castañares
Av. Bolivia 5150 Salta T.E. 4 255389
chailem@gmail.com; veroja@gmail.com, pdelolmo@unsa.edu.ar,
oliveranb@hotmail.com, dalcy@yahoo.com.ar, aeastorga@hotmail.com.ar

RESUMEN DE PROYECTO DE GRUPO DE INVESTIGACION

Investigación Curricular en el área de las Energías Renovables

Las Energías Renovables son objeto de investigación del INENCO [1] – UNSa[2] desde su fundación en el año 1974 y son, además, objeto de difusión y transferencia en comunidades y ámbitos no formales con los que se relaciona. Un hito importante sucede en 1998 cuando se crea la carrera de grado Licenciatura en Energías Renovables y se institucionaliza el dictado de postgrados (Maestría y Doctorado en Energías Renovables). Luego, y a partir del año 2003, con la creación del Laboratorio de Referencia en Energías Renovables, se especifica el apoyo a la formación de recursos humanos a nivel de la educación formal y a la difusión de las Energías Renovables en las comunidades destinatarias. Ello da lugar a precisar, como objeto de investigación, el trabajo de inclusión y promoción curricular de las nombradas energías, en momentos coincidentes con la necesidad mundial emergente de adoptar energías más sanas y limpias, en preserva del hábitat.

Frente a este panorama, la educación energética se presenta como una estrategia de colaboración en la búsqueda de una era de transición, posibilitando el aprendizaje de saberes específicos, de comportamientos y valores implícitos en estilos de vida que se inclinen hacia un uso racional de la energía, el ahorro energético, la promoción y el uso efectivo de las Energías Renovables.

De modo consecuente, emerge una fuerte demanda de capacitación a docentes de diferentes niveles pero también a grupos comunitarios, desocupados y público en general, lo que da cuenta de la actualidad de la temática pero también de su pertinencia y sus avances. Un grupo de investigadores del INENCO y del Consejo de Investigación de la UNSa, algunos de ellos con antecedentes de desempeño en tareas de expansión de este tipo de energias, se hace cargo de la tarea de promocionar, difundir e investigar en el área con mayor sistematicidad. Se persigue el interés de organizar un plexo de conocimientos profesionales al respecto, que establezca –con los cuidados de respeto al contexto y al movimiento social- una base de fundamento profesional.

Este tipo de investigación requiere, por su mismo objeto de acción, la combinación de procederes y apreciaciones colaborativas entre los energólos, los físicos y profesionales de la educación, quienes constituyen el Grupo, al momento. En la tarea compartida la recurrencia a los materiales multimedia son un producto pensado y elaborado para conectar la necesidad de promoción de las energías renovables, la vigencia de las apreciaciones didácticas y del aprendizaje a tener en cuenta, el reconocimiento del contexto y en particular el ciudadano a cuyo aprovechamiento de las energías renovables se desea invitar, más los fundamentos procedentes de la física para explicar el funcionamiento del objeto citado. Esta experiencia investigativa compartida (Chaile, 2008, 2010) se presenta a continuación.

[1] INENCO: Instituto Nacional de Energías No Convencionales. CONICET - UNSa, Salta.
[2] UNSa: Universidad Nacional de Salta, Salta.

La búsqueda de la reflexión en los procesos de incorporación de las Energías Renovables

El planteo de investigar promocionando y enseñando las Energías Renovables conduce a la elaboración de materiales de propia producción, en lo que va imbricado el cuestionamiento inquisitivo por cómo enseñar conceptos de la física y eventualmente de la química para permitir el abordaje de conceptos y procedimientos de las energías renovables. Visto ello no sólo desde lo pedagógico sino desde la precisión del abordaje científico más la consideración de los factores sociales intervinientes (la comunidad escuela, los núcleos comunitarios de ciudadanía, los liderazgos de las comunidades, grados de alfabetización de la población, etc.) el caso hace ver la conveniencia de estructurar el proceso investigativo desde un marco cualitativo interpretativo que permita concretar y asir la experiencia basado en analizar la reflexión en la acción, la deliberación individual, en grupo o en conjunto, la colaboración, en tanto herramientas e insumos que irán explicitando los procederes, sus avances y retrocesos, los logros sucesivos al enseñar o al promocionar las Energías Renovables. Entre las modalidades de investigación cualitativa naturalista, la Investigación – Acción se presta a fundamentar estos procesos. La Investigación Acción se interpreta como "la exploración reflexiva que el profesional hace de su práctica, no tanto por su contribución a la resolución de problemas, como por su capacidad para que cada profesional reflexione sobre su propia práctica, la planifique y sea capaz de introducir mejoras progresivas" (Bausela, 2004: 1).

J. Schwab (1969), hacia fines de los ´60 propicia que el enseñante puede desarrollar su elección acerca del modo correcto de obrar dando las espaldas al enfoque técnico imperante, por el que el docente se somete al carácter instrumental que prescribe la administración curricular (un currículum prescripto, evaluaciones prefijadas, etc.). Ahora se tienen en cuenta las limitaciones de la práctica y la opinión de la comunidad escolar.

El trabajo de Schwab expone la importancia de la reflexión sobre el currículum en la vida escolar y, si bien puede teorizarse, se considera que el juicio práctico es esencial al elaborar el currículum.

Ubicados a partir de los setenta, la tendencia genérica respecto al concepto de currículum que se maneja en las escuelas se corre y aleja de tendencias legalistas, prescriptivas e instrumentalistas. En cambio se busca que la deliberación, la autonomía, la emancipación del juicio docente sean los que permitan un trabajo escolar que, en la línea de las reformas que buscan la excelencia, sostenga su desarrollo.

Casi al mismo tiempo L. Stenhouse en Gran Bretaña (cita) expone la importancia central del profesor en el trabajo curricular, resaltando la autonomía y la responsabilidad profesionales.

El movimiento propicia que el profesor sea conciente de sí mismo y que el desarrollo profesional a su cargo se base autónomamente en las interpretaciones inter-sujetivas o subjetivas. Esta subjetividad requiere de la reflexión como fuente de pensamiento acerca de cómo actuar socialmente. Complementariamente "lo práctico está relacionado ( ) con el proceso, antes que con los productos finales de la indagación" (McKernan, 1999: 41). Se trata del tipo de Investigación Acción práctico – deliberativa, que busca comprender situaciones prácticas y mejorarlas.

Ambitos, unidades de análisis y tipos de estudios

Avanzando en la línea de investigación presentada se delimitan focos de concentración en el estudio: a) el análisis de las concepciones sobre los conceptos de energía, sistema energético, fuentes de las energías, energías renovables, transferencia sostenidas por alumnos, comunidad, docentes incluso; b) su abordaje curricular a través de materiales de enseñanza ad hoc –comunes y multimediales- que se elaboran o que se reconocen y prueban en torno al construir conceptos referidos a las Energías Renovables; c) la investigación reflexiva compartida y colaborativa entre docentes investigadores – de las escuelas y de la Universidad- así como de la comunidad en la que se enseñan dichas Energías.

Cuando la investigación se ubica en sectores comunitarios del ámbito no formal (Centros de Integración Comunitaria, Cursos para la Comunidad, acciones de Promoción Vecinal, etc., la Investigación – Acción incorpora el estudio de los procederes de la población concurrente, sus intereses y necesidades, a la vez que se busca la adaptación de la enseñanza y su mediación a esos caracteres. En este sentido, se encuentra que los materiales multimedia (videos en especial) preparados por elaboración propia o por búsqueda en red o en contacto con organizaciones[3] que trabajan el tema, se adaptan flexiblemente para su enseñanza.

[3] Ejemplo: la organización xxx de Hierbabuena, Tucumán posee –además de un nutrido trabajo- un set de materiales elaborados sobre la base del contacto con las comunidades campesinas.

A continuación, seleccionando subproyectos con los cuales se va cumplimentando la modalidad cualitativa de investigación se exponen los ámbitos de localización:

- aulas del nivel Medio de enseñanza donde se enseña Tecnología de la Energía en un establecimiento escolar perteneciente a una orden no confesional pero de compromiso cristiano con las comunidades en vulnerabilidad social. Se trata de dos cursos de primer año del Ciclo Superior del Secundario, lo que posibilita el trabajo de dos docentes (la investigadora del INENCO y su par, también egresada de la Universidad, más un trabajo colaborativo con los restantes docentes y la gestión del establecimiento; el alumnado expone situaciones de subjetividad marginal o casi marginal, el vecindario es muy humilde pero la escuela se caracteriza por realizar una tarea de promoción social que sensibiliza.
- una escuela técnica del interior cercano a la ciudad de Salta, donde se efectúa la promoción de un dispositivo basado en el aprovechamiento de la energía solar, la cocina solar. El curso se fomenta mediante un convenio del grupo de investigación con un proyecto del INET[4] y cuya condición para la provisión de materiales para los talleres de la Escuela Técnica es la de capacitar a docentes de la institución pero además a la población preferentemente desocupada o con algún nivel de riesgo en la localidad o área vecina. También en este caso los vecinos concurrentes se hayan ávidos de encontrar un modo de promocionarse laboralmente, habiéndose encontrado, de acuerdo a sus expresiones, con modos de capacitarse así como de aprender técnicas y tácticas de mejoramiento de su vida de hogar o de sus viviendas. Se trabajó el curso más su réplica en una nueva ocasión.
- Finalmente, un tercer ámbito de localización de la Investigación tendiente a promocionar curricularmente las Energías Renovables se concreta en mediación con el Proyecto TRACES[5], donde la Especialista en la materia, auscultando la necesidad de formación en el área y considerando factores socio-geográficos de un conjunto de escuelas ubicadas en zonas de altura, propicias para el trabajo de aprovechamiento de las Energías Renovables, ofrece un Curso de Capacitación. La tarea de enseñanza, elaborada desde el proceso investigativo resulta sensiblemente aprovechada por los docentes y éstos a su vez continúan la línea de difusión en los alumnos y mediante acciones de divulgación (feria de ciencias, promoción de la gestión institucional). Los docentes ganaron 50 hs cát.

Las unidades de análisis son variadas a lo largo de la investigación:

Ámbito: Tecnología de la Energía. 1º CS- Esc. de nivel Medio	Proyecto curricular de enseñanza de la asignatura Tecnología de la Energía; 18, 23 ó 15 alumnos del 1º del Ciclo Superior de la Escuela de nivel Medio; comunidad docente y directivos; vecindario.
Ámbito: Curso de Capacitación Comunitaria	8 docentes; 30 vecinos concurrentes; comunidad escolar.
Ámbito: Curso de Capacitación a Docentes	7 docentes de 5 escuelas de nivel primario ubicadas en zona S.O. de Salta, 3 directivos, 1 Supervisora.

Sin embargo, como la Investigación Acción cualitativamente procura mejorar el proceso de enseñar, a continuación se cualifica la modalidad de trabajo, la que excede la identificación de las unidades de análisis y aún los ámbitos de localización. El proceso permite:

- investigar sobre lo que es "propio", es decir la enseñanza a cargo;
- estudiar los modos y los efectos de utilizar materiales multimedia elaborados por el grupo o por grupos de pares en anteriores proyectos (CD con temas de física, videos de química, videos de energías renovables);
- elaborar una nueva producción durante el proceso de investigación (un software desarrollado *ad hoc* para los nuevos momentos y circunstancias de enseñanza); desarrollar esta investigación entre varios (el grupo), entre todos (la red), con el grupo mayor, con los colegas pares, completando el sentido de hacer y estudiar lo que se va haciendo (I – A);
- también la Investigación Acción hace viable probar y validar los productos alcanzados, puestos en vigencia en el proceso de enseñar.
- un logro transversal al estudio que se fomenta tiene que ver con que este modo de investigar permite aprender del desarrollo mismo de la investigación, al servicio del propio Desarrollo Profesional.

[4] INET: Instituto Nacional de Educación Técnica. Proyecto de Crédito Fiscal 2008, que se concreta en el 2010.
[5] TRACES: Transformative Research Activities. Cultural Diversities and Education in Science. FP7-Sience in Society-2009-1. Convenio CEE-UNSa. Director: Dr. E. Balzano, Italia. En Argentina: Dra. M. C. Gramajo, UNSa.

Materiales y métodos. Estrategias y recursos.

Básicamente enseñar Tecnología de la Energía en el nivel Medio implica una tarea investigativa de estudiar el proceso de construcción, elaboración e imbricación curricular de las Energías Renovables en la escuela secundaria. Para ello, partiendo del análisis de la documentación curricular más el estudio de la planificación de la colega docente par, la investigación recurre a la ampliación de fuentes bibliográficas de enseñanza y de la física y de las mismas Energías Renovables más la recurrencia a colegas universitarios de comunidades y redes relacionados. Se obtiene así un espacio para interactuar, discutir, fundamentar y tomar decisiones.

La relación profesional de las docentes investigadoras, enmarcada en un ambiente institucional de aprobación y gestión colectiva favorable, es estudiada mediante observaciones y entrevistas que hacen posible reconocer el pensamiento que fluye desde los análisis hasta la reflexión, desde otro miembro del equipo de investigación.

Las estrategias didácticas para asegurar la enseñanza son variadas, incluyendo el uso de materiales multimedia: "evaluación diagnóstica para reconocer conceptos elaborados por los alumnos sobre el tema energía, lecturas comprensivas e instancias de revisión colectiva sobre problemáticas relacionadas (El INTI, tipos de energía, ahorro energético, centrales hidroeléctricas en Argentina), experiencia demostrativa con una cocina solar durante la Jornada Mundial por la Educación Pública), exposición del video "Utilizando Energías Renovables: el Calefón Solar", participación en la Muestra de Ciencia y Tecnología en la UNSa)" (Javi, Morales, Chaile, 2008:10.05).

En el Curso de Cocina Solar Comunitaria se distribuyen contenidos y actividades, para enseñar:

Contenidos	Actividades
Concepto de energía. Tipos. Usos. Aplicaciones de la energía solar. Degradación de la energía	Proyección del video "Utilizando Energías Renovables y aplicaciones de la Energía Solar"
Conversión de energía. Relación energia, trabajo, calor. Energía útil. Mecanismos básicos de transferencia de energía. La luz solar, paneles fotovoltaicos, cocina solar	Clases explicativas con apoyo multimedial. Experiencias sencillas en Laboratorio.
Elementos para armado de una Mini Cocina y una COCITAMB	Clase Taller. Aplicación de los videos CDESCO
Armado de cocinas solares	Construir una Mini Cocina y una COCITAMB
¿Cómo cocina una Cocina Solar?	Experiencias de cocción. Elaboración de productos.

Fuente: Javi et. al. 2010. Capacitación en Cocinas Solares y Energías Renovables a partir de una convocatoria del INET en Cerrillos, Salta, p. 10.29.

Finalmente, en el dictado del curso destinado a docentes se desarrollan sencillas experiencias de laboratorio pautando diferentes momentos: la observación, la experimentación, el registro y análisis de variables relevantes, el contraste de resultados. Como uno de los productos de trabajo, un maestro y sus alumnos construyen un video corto para usar en el stand de calefón solar en una próxima Feria de Ciencias Zonal.

Breve Conclusión

Se afirma la importancia de difundir las Energías Renovables, sobre la base de los logros de su promoción y enseñanza en los ambientes citados, siguiendo la línea de Investigación expuesta.

Bibliografía

Bausela Herreras, E. (2004): La docencia a través de la Investigación Acción. *Revista Iberoamericana de Educación*. http://www.rieoei.org/deloslectores/682Bausela.PDF
Chaile, M. O. 2008. Proyecto "Práctica reflexiva en la enseñanza de las ciencias a nivel de educación formal y no formal. Incorporando las Energías Renovables en el currículum". *CI.UNSa*.
Chaile, M. O. – Javi, V. M. (2008). "Energías Renovables en el currículum del nivel Medio/Polimodal. Procesos reflexivo-investigativos de docentes que gestionan su incorporación". *SIEF 9*, Rosario, CD.
Chaile, M. O. 2011. Proyecto "Promoción y difusión de las Energías Renovables en educación formal y en ámbito no formal". *CI.UNSa*.
Javi V. M., Morales M., Chaile M. O. (2008). Contribución de las Energías Renovables a la vigencia de un currículo adecuado de un Centro Educativo – Polimodal de Salta, *ASADES*. 12, pp. 10.01 -08.
Javi V. M, Chaile M., Olivera N., Portal J., Caso R., Fernández C., Gugenbichler E. (2010). Capacitación en Cocinas Solares y Energías Renovables a partir de una convocatoria del INET en Cerrillos, Salta. *ASADES.* 14. pp. 10.25- 32.
McKernan, J. (1999). *Investigación – Acción y Currículum*. Madrid: Morata.
Schwab J. 1969. Un enfoque práctico como lenguaje para el currículum. En J. Gimeno S., J. y Pérez G., A. (1983). *La enseñanza, su teoría y su práctica.* Akal. Madrid. Pp. 197-209.
Stenhouse, L. (1991). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid: Morata. 3º Ed.

MÉTODO DE ANÁLISIS CURRICULAR DE LAS PROPUESTAS DE ENSEÑANZA EN LA FÍSICA ESCOLAR A PARTIR DE LA NOCIÓN DE PRAXEOLOGÍA

Hernández, Carla; Barbé, Joaquim; Espinoza, Lorena; Cruz, Norman

carla.hernandez@usach.cl

Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile, Chile

(+56) 2 7181276

Calle Ecuador # 3493, Bloque A, Estación Central, Santiago, Región Metropolitana, Chile

Resumen

Nuestra trabajo pretende proponer un metodología innovadora para la caracterización de la propuesta curricular de física en la escuela, que forma parte de un proyecto de investigación financiando por la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT) del Gobierno de Chile, y que se encuentra en su primer año de implementación. Dentro de esta fase hemos podido caracterizar la propuesta curricular de enseñanza de la física en dos temas de estudio específicos que son *Movimiento* y *Ondas,* a través del análisis de tres libros de texto de física vigentes en Chile. La metodología de base está centrada en la noción de Praxeología, de Chevallard, la cual ha sido utilizada ampliamente en el ámbito de las matemáticas, no así para la caracterización de Organizaciones físicas por lo cual la propuesta es a su vez novedosa en el área.

Abstract

Our work aims to propose an innovative methodology for the characterization of the curriculum of physics at school, part of a research project which is funded by the National Comission of Science and Technology (CONICYT) of the Government of Chile, which is in its first year of implementation. Within this phase we were able to characterize the proposed curriculum for teaching physics in two specific areas of study are Motion and Waves, through the analysis of three physics textbooks in force in Chile. The basic methodology is centered on the notion of Praxeology of Chevallard, which has been used widely in the field of mathematics, but not for the characterization of physical organizations for which the proposal is itself innovative in the area.

Presentación de la investigación

Los bajos resultados obtenidos por los estudiantes chilenos en las pruebas internacionales en TIMSS 1999, TIMSS 2003, provocaron una profunda revisión de todas las políticas educacionales implementadas por el Ministerio de Educación de Chile (MINEDUC) desarrollando varias iniciativas, focalizadas en el aula, como es el caso del Programa de Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI) y la Estrategia de asesoría en la Implementación curricular LEM. Si, bien dichas iniciativas mostraron avances en la mejora de la calidad de los aprendizajes, el limitado alcance de las mismas y las dificultades en su transferencia y masificación hicieron que en términos globales el problema de los bajos niveles de logro de los estudiantes chilenos persistieran (Informe OCDE 2006, MINEDUC 2000, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010).

La enseñanza de las ciencias no es ajena a esta problemática, puesto que los resultados obtenidos por los estudiantes chilenos en las diversas pruebas internacionales, se han mantenido sistemáticamente más de un 10% por debajo del promedio internacional. Por otro lado, al analizar la evolución histórica de la distribución en % de los alumnos chilenos respecto a los distintos niveles de desempeño obtenidos en las distintas pruebas TIMSS y PISA en ciencias, se observa una gran inamovilidad en los resultados obtenidos. En particular, llama la atención el bajo porcentaje de alumnos chilenos que logra estar en los niveles superiores, que se mantiene entre un 1% y un 2% desde la Prueba TIMSS de 1999 hasta la prueba PISA 2009.

Dentro de este contexto nos hemos planteado como objetivo para este trabajo: *Identificar factores de carácter curricular que obstaculizan el progreso de los estudiantes en la asignatura de física, tanto en conocimientos como en el desarrollo de habilidades, provocando que resulte muy difícil que los estudiantes alcancen los aprendizajes esperados, tanto a nivel del curriculum nacional como de estándares internacionales.*

Consideramos que como objeto de estudio además del propio curriculo oficial de ciencias propuesto por el MINEDUC, es interesante analizar los libros de texto que nuestros estudiantes utilizan para estudiar los contenidos de física, considerando al libro como un objeto cultural que resume entre sus páginas las ideas científicas que la comunidad escolar considera importante de ser enseñadas, ya que es, a la vez, el principal material didáctico de apoyo en las aulas chilenas para el aprendizaje de los contenidos.

Marco teórico

Nuestras bases teóricas se inscriben dentro del marco de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) de Yves Chevallard (1999), y utiliza nociones esenciales de la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD) de Guy Brousseau (1997)

En particular, para modelizar como se organiza el conocimiento científico, utilizaremos la noción de praxeología desarrollada por Chevallard. Un primer paso para ello es reformular dichas cuestiones en *Tareas* de manera que puedan ser abordadas desde un saber determinado, por ejemplo en Tareas Físicas. Una vez que se tienen especificadas dichas tareas, se hace necesario desarrollar uno (o más) procedimientos para resolverlas de manera fiable. Dichos procedimientos es lo que en la TAD se denominan T*écnicas*, en este caso técnicas físicas. La explicitación de las técnicas que resuelven las problemáticas permiten por un lado definir claramente dichas problemáticas en el contexto de la física, y agruparlas en los que denominamos "tipos de tareas", correspondiendo a un determinado tipo de tareas a todas aquellas tareas que se resuelven con una misma técnica o bien con técnicas muy similares pero que presentan ligeros tipos de variaciones entre sí. La elaboración y/o uso de una técnica, cualquiera que esta sea, requiere de la existencia de un discurso interpretativo/argumentativo que permite hacer comprensible la pertinencia y el dominio de validez de dicha técnica, y hacer comprensible su "modus operandi" de manera de poder adaptarla a nuevas situaciones problemáticas en caso de que sean necesario. Dicho discurso es lo que en la TAD se llama *Tecnología*. Si bien la tecnología es en esencia un discurso de carácter argumentativo, no tiene ni la pulcritud, ni la precisión, ni la formalidad, ni el nivel de generalización necesario para que sea considerado como teoría. La T*eoría* es justamente la reinterpretación, generalización y formalización de los discursos tecnológicos pero desde un punto de vista físico y con toda la formalidad y la rigurosidad que se requiere para que dicho discurso sea reconocido y aceptado como válido por la comunidad científica. Así pues, la teoría es justamente la tecnología de la tecnología.

Metodología de la investigación

Para poder establecer factores del sistema educativo que inciden decisivamente en el desarrollo de aprendizajes en torno a la Física en Enseñanza Básica y en Enseñanza Media, se requiere de una comprensión profunda respecto a qué es lo que realmente se enseña y aprende en las clases de Física, y cómo se enseña. Por ello es que optamos por realizar una investigación de corte cualitativo, basada en el estudio clínico de los sistemas didácticos (Leutegger, 2000).

En la actualidad la investigación se encuentra en su primer año, en el que se están analizando documentos oficiales ministeriales relacionados con la enseñanza de la Física como son: el marco curricular, programas de estudio y mapas de progreso, acotando el estudio en los dos últimos cursos de la Enseñanza Básica (EB) y los dos primeros de la Enseñanza Media (EM). Junto con dichos documentos, se están analizando capítulos de textos escolares de Física ampliamente utilizados y que son distribuidos gratuitamente por el MINEDUC (textos oficiales). Este análisis nos está permitiendo caracterizar la dimensión curricular del problema, de manera de poder responder a la cuestión de cuál es la Física que se propone enseñar y cómo está organizada curricularmente su propuesta de enseñanza, caracterizando a su vez su evolución a lo largo de los distintos niveles educativos considerados. De ese modo se espera a fin de este año tener una panorámica clara de las Organizaciones Físicas (OF) de referencia, a ser enseñadas en los dos últimos cursos de primaria (enseñanza básica) y los dos primeros de secundaria (enseñanza media)

Para analizar cada unidad temática se procede a identificar las tareas, técnicas, tecnología y teoría presentes y las relaciones entre ellas, de manera de obtener una descripción detallada de los distintos ingredientes que componen cada unidad en los términos de Organización Física (OF). Para lograr la identificación de las tareas físicas nos planteamos preguntas como ¿Cuáles son las problemáticas presentes? , ¿Qué tipo de problemas físicos se plantean? Luego para identificar las técnicas las preguntas a responder son; ¿Qué tipo de procedimientos y estrategias se proponen para solucionar las problemáticas planteadas?, ¿Cómo evolucionan dichos procedimientos? Por otra parte, para identificar la componente tecnológica de la Organización, nos hacemos preguntas como; ¿Qué tipo de discurso apoya un determinado procedimiento de manera de interpretarlo y/o justificarlo?. Finalmente para identificar la teoría la pregunta planteada es; ¿En qué nociones físicas se fundamentan los distintos argumentos que aparecen?

Una vez identificados los "ingredientes" de cada Organización Física se establecen los niveles de coherencia de cada Organización Física analizando en qué medida los aspectos tecnológico-teóricos permiten explicar y justificar los procedimientos empleados en la resolución de las tareas. Además se establece el nivel de completitud de cada OF en función de la presencia o ausencia de los elementos constitutivos de dicha organización.

Junto a esto, proponemos establecer el nivel de articulación entre determinadas OF. Para ello se contrastan las OF que pertenecen a un mismo ámbito dentro de la Física y que debieran compartir determinados ingredientes, bien sean tareas, técnicas, tecnología y/o teoría, y analizamos la cantidad de relaciones que se establecen explícitamente entre Organizaciones a propósito de los elementos constitutivos que se sitúan en las intersecciones de las distintas OF caracterizadas. El nivel de coherencia es de especial interés sobretodo cuando se contrastan organizaciones que abordan tópicos similares pero en distintos niveles de enseñanza, y en particular entre la enseñanza básica y la enseñanza media.

Para poder establecer los niveles de coherencia y completitud se hace imprescindible el disponer, para cada OF caracterizada, de una OF epistemológica de referencia la cuál especifique sobre qué tareas, técnicas y tecnología y teoría debiesen tener como mínimo las unidades analizadas para ser coherentes con los aprendizajes esperados declarados, los contenidos mínimos obligatorios. A su vez la OF de referencia permite explicitar cómo debiese articulares dicha OF con otras OF presentes en los Programas de Estudio.

Resultados Preliminares

Hasta el momento, se ha realizado el análisis curricular de tres unidades, "Fuerza y Movimiento en la tierra y en el espacio", de 7° año Básico, "La Materia y sus transformaciones: el sonido", "Las Ondas" y "Fuerza y movimiento: descripción del movimiento", ambas de 1° año Medio. Cada una de estas unidades se analizó en términos de identificar sus elementos constitutivos en términos de la Organización Física. De ese modo se identificaron las tareas, técnicas, tecnología y teoría presentes y las relaciones entre ellas explicitando a su vez la secuencia de tareas propuesta en cada unidad.

Podemos establecer, en términos generales, la poca calidad y coherencia de las tecnologías presentes en los diversos casos analizados. En la mayoría de ellos, dichas tecnologías no permiten interpretar, ni mucho menos justificar las técnicas propuestas. Son simplemente una descripción de ellas. Por otro lado los aspectos teóricos enunciados, si bien guardan relación dentro de las OF epistemológicas de referencia, no guardan relación alguna con las tecnologías.

Como ejemplo podemos mencionar la decisión de abordar en los libros las problemáticas planteadas sin considerar el carácter vectorial de la velocidad, sobretodo considerando que la OF caracterizada es de primer año de Enseñanza Media. De hecho la noción de magnitud vectorial es introducida ya en séptimo básico, a propósito del estudio de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y el resultado que producen. Por si esa no fuese razón suficiente, en primero medio en matemáticas se estudian las traslaciones isométricas en el plano cartesiano, estudio que incluye la modelación de la traslación de una figura en el plano cartesiano mediante la aplicación sobre todos sus puntos de un mismo vector, llamado vector de traslación. En esa misma unidad se estudia la composición de traslaciones, llegando a formalizar que toda composición de traslaciones es a su vez una traslación, cuyo vector resultante es la suma de los vectores de las distintas traslaciones. O sea que la noción de vector y de composición de vectores, o suma de vectores, existe en el currículo desde 7° Básico, y la formalización de dicha noción en el plano cartesiano aparece en matemáticas en primero medio.

Podemos agregar también, que algunos de los aprendizajes que el currículo vigente propone como "esperado" para el nivel de los estudiantes, no tienen ni tareas, ni tecnologías, ni técnicas asociadas en los libros de texto, y por lo tanto, queda en manos del profesor vincular la teoría escrita en el libro a un proceso de enseñanza-aprendizaje adecuado para desarrollar los aprendizajes esperados.

En síntesis, a partir del análisis hasta ahora realizado podemos establecer que las OF caracterizadas tienen un bajo grado de completitud, pues están ausentes varios aspectos tecnológicos y teóricos esenciales, posee varias incoherencias, y finalmente una nula articulación con varias OF presentes en el currículum. Dada esta realidad podemos afirmar que las OF propuestas en los textos analizados refleja una mala transposición didáctica (Chevallard 1985), dado que presenta notorias falencias en la gran mayoría de los aspectos considerados.

Finalmente, a partir del análisis realizado, se desprende un fenómeno didáctico que hemos denominado ***"el fenómeno del estancamiento en el desarrollo argumentativo dentro de las Organizaciones Físicas escolares",*** y que consiste en que, si bien los tipos de tareas y técnicas de las tres Organizaciones Físicas analizadas de Enseñanza Media se complejizan respecto a la de Básica, con respecto a la tecnología sucede lo contrario.

Conclusiones Generales

La noción de Praxeología nos permitió caracterizar determinadas Organizaciones Físicas de Enseñanza Básica y Media, presentes en textos escolares oficiales. Dicha caracterización evidenció un empobrecimiento del discurso tecnológico de las Organizaciones Físicas estudiadas en la Enseñanza Media, respecto a las estudiadas en la Enseñanza Básica. Así, si bien podemos afirmar que tanto en las Organizaciones Físicas de Básica, como en las de Media existe un discurso argumentativo, la calidad de ambos discursos es muy distinta. El discurso argumentativo presente en básica es un discurso interpretativo y justificativo de las técnicas, de su aplicabilidad a distintos casos, y que permite claramente ampliar su rango de validez a casos más generales, a pesar de que su estudio no sea planteado explícitamente. O sea la tecnología presente en la OF estudiada de Básica no solo justifica y hace inteligible las técnicas, si no que a su vez aporta los elementos suficientes para poder adaptar las técnicas a casos más generales de manera de ampliar sus dominios de validez. Por el contrario, la tecnología presente en las OF de enseñanza media está centrada en argumentar la validez y el proceder de cada caso particular, sin ningún indicio de la búsqueda de un argumento más general que pudiese integrar los distintos casos particulares estudiados. Ello conlleva a una desarticulación de la problemática estudiada en un conjunto de problemas disconexos, dónde el desarrollo de la solución es particular para cada uno de ellos.

La ausencia de una tecnología que integre las problemáticas estudiadas en la OF de descripción del movimiento, nos hace levantar la hipótesis de que dicha ausencia dificultará notoriamente la posibilidad de que los estudiantes desarrollen un nivel de comprensión sobre aquellas problemáticas físicas que involucren la composición de velocidades. Dicha hipótesis será objeto de verificación en la segunda etapa del proyecto, cuando en la dimensión fáctica se analicen los distintos procesos observados.

Los autores agradecemos a CONICYT por financiar esta investigación mediante el proyecto FONDECYT n°1121179

Método de análisis curricular de las propuestas de enseñanza en la física escolar a partir de la noción de Praxeología

GOBIERNO DE CHILE
CONICYT

Carla Hernández; Joaquim Barbé; Lorena Espinoza; Norman Cruz

carla_hernandez_s@yahoo.es

Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile, Chile
(+56) 2 7181276

CONTEXTO

Bajo desempeño de los estudiantes chilenos en pruebas internacionales en el área de ciencias

Puntajes Obtenidos en ciencias

	Chile	Promedio	Dif. %
TIMSS 1999	420	488	-14%
TIMSS 2003	413	476	-13%
PISA 2006	438	500	-12%
PISA 2009	447	501	-11%

TABLA 1

Bases teóricas

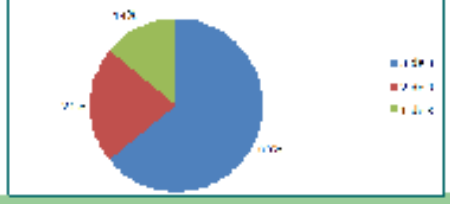
- Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) de Yves Chevallard (1999)
- Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD) de Guy Brousseau (1997)

METODOLOGÍA

Número de tareas para cada aprendizaje esperado según libro y Mineduc

RESULTADOS

Distribución de las Tareas físicas en función de la presencia de técnicas, tecnologías y teorías.



Conclusión Principal

La noción de Praxeología nos permitió caracterizar determinadas Organizaciones Físicas de Enseñanza Básica y Media, presentes en textos escolares oficiales. Dicha caracterización evidenció un empobrecimiento del discurso tecnológico de las Organizaciones Físicas estudiadas en la Enseñanza Media, respecto a las estudiadas en la Enseñanza Básica.

Esta investigación se enmarca en el proyecto FONDECYT n°1121178, "El estudio de la Física en los últimos cursos de enseñanza básica y primeros cursos de enseñanza media: análisis de factores que inciden en el desempeño de los estudiantes y a la articulación entre ambos niveles educativos".

ENSEÑAR Y APRENDER FÍSICA CUÁNTICA EN SECUNDARIA Y UNIVERSITARIO BÁSICO

Sonia Beatriz González, Eduardo Adrián Jaime, Héctor José Villavicencio, Érica Gabriela Zorrilla, Daniel Fabián Laciar, Mario Andrés Herrera.

El equipo cuenta con la colaboración de la Dra. Victoria Herscovitz y del Dr. Marco Antonio Moreira.
Institución (es) donde fue aprobado: FONCyT-ANPCyT
Dirección (es): Dra. Consuelo Escudero
Teléfono, fax, e-mail del (los) autor (es): 154560152; cescudero@unsj-cuim.edu.ar; soniabeatrizgonzalez@gmail.com; ejaime@unsj.edu.ar

Resumen

Una de las finalidades de la enseñanza de la Física tiene que ver con la necesidad de ayudar a los estudiantes a construir nuevas perspectivas para entender el mundo. La enseñanza de la Mecánica Cuántica constituye un modelo poco explorado desde este punto de vista. Sin embargo, alberga una riqueza conceptual que podría tutelar a docentes y estudiantes en la búsqueda de nuevas categorías que permitan ampliar los horizontes del pensamiento.

Propiedades muy diferentes a las del ámbito de la física clásica ocurren en el mundo microscópico y se describen por la mecánica cuántica. Dichas propiedades no sólo son significativas en el estudio de fenómenos naturales sino que pueden ser tecnológicamente muy importantes, por ejemplo, para mejorar nuestros actuales sistemas de procesamiento. La relevancia que la física cuántica viene adquiriendo tanto en Ciencias –tales como Química y Biología– como en el desarrollo de las ideas de la computación cuántica, refuerza y fundamenta que su contenido deba ser bien aprendido por los estudiantes, no sólo de carreras científicas universitarias, sino también por estudiantes de media.

Por otro lado, las investigaciones en ciencias cognitivas, en particular en psicología cognitiva, y en didáctica de la ciencia se han desarrollado en general en forma autónoma. Sin embargo, esas dos corrientes no son incompatibles sino que todo lo contrario y deberían poder cooperar en torno a un objetivo común. La formación de profesores, la investigación en didáctica –entre otras áreas– se encuentran de alguna manera entre las dos corrientes y sufren el efecto de su separación.

El punto de vista, que busca el análisis de lo muy pequeño, puede abordarse desde una perspectiva psicológica que tenga en cuenta los aprendizajes relacionados con otros modelos matemáticos y surge a partir del estudio de producciones escritas de algunos estudiantes, en las que las representaciones que realizan sobre situaciones físicas relacionadas con la indeterminación y el azar son prácticamente las mismas que en una inversión de las transformaciones y de la relaciones, es decir, ponen en juego la noción de irreversibilidad, entre otras.

Desde el punto de vista de la acción, las personas procedemos a ordenar el mundo de acuerdo a la interacción que se produce entre los objetos externos y las propias estructuras. Ese juego permanente de intercambios es el que permite "agrupar" las operaciones y comenzar a concebir la reversibilidad, que posteriormente, y con una tutoría adecuada, puede representarse empleando lenguaje algebraico.

Sin embargo, la tarea del científico es la de tratar de describir la realidad para comprenderla en las relaciones que no cambian (invariantes), descubriendo las conexiones constantes entre los fenómenos. Establecer relaciones entre las cosas del mundo y una teoría física o, dicho de otra manera, mirar el mundo con los ojos de una cierta teoría es construir un modelo.

Cuando nos referimos al modelado científico estamos pensando en el proceso de creación de modelos científicos con la finalidad de aprender la realidad por el pensamiento. En otros términos estamos pensando en el proceso de reconstrucción conceptual de la realidad por medio de representaciones que pueden ser tan elaboradas cuanto posibles.

Así la propuesta hace del modelado su eje principal siendo la enseñanza explícita de su proceso una herramienta apropiada para facilitar el proceso de significación cuando se trabaja con modelos físicos. Busca tornar "palpables" las primeras ideas de la mecánica cuántica –por ejemplo, estado cuántico, noción del significado de operador, principio de incertidumbre, carácter probabilístico, inserción de las teorías corpuscular y ondulatoria– para que no se reduzcan a simples términos a ser recordados, con escasa relación con el mundo físico, sino que adquieran para los estudiantes carácter de "realidad" física.

Una de las hipótesis que sustentamos es que las proyecciones que se pueden efectuar desde sus conceptos básicos pueden incidir favorablemente en la mirada que dirigen los estudiantes hacia la Física. Algunas de las sub-hipótesis que permiten describirla, pueden ser:

1. El desarrollo del pensamiento y lenguaje probabilístico entre los estudiantes implica un dominio de la matemática básica y exige una ruptura con el pensamiento pre-probabilístico y estocástico, determinístico.
2. Esta posibilidad de confrontar distintas visiones del mundo permite valorar de otra manera la física.
3. Otorgarle significación a las representaciones se encuentra asociada, en parte, a la integración entre recursos algebraicos y geometría durante la formación escolar.

La física clásica se caracteriza por su *predictibilidad* y *reversibilidad* como criterios epistemológicos. Es una ciencia atractiva, entre otras cosas porque es la ciencia determinista[1] por excelencia en las temáticas más elementales, dando la posibilidad de actuar de par adyacente del indeterminismo para su diferenciación e integración.

En este proyecto se busca analizar, desde la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, como se desempeñan estudiantes de diferentes edades y contextos frente a fenómenos complejos, impregnados por el azar y la incertidumbre, umbral de ingreso a la Física Cuántica. Se lo hará mediante el análisis de protocolos verbales (Escudero y Stipcich 2008, Escudero 2005) producidos durante la ejecución de las tareas con el fin de identificar indicadores de comprensión, inferencias y diferentes niveles de representación.

La teoría de los campos conceptuales apunta esencialmente a definir un objeto que sea de tamaño razonable, y a comprender cómo se desarrollan los procesos de conceptualización a lo largo de varios meses e incluso años.

Los resultados provistos por la literatura parecen mostrar que difícilmente los distintos conceptos cuánticos abordados son comprendidos por los estudiantes de distintos niveles y modalidades y de diferentes comunidades. En particular, de las investigaciones realizadas con estudiantes universitarios parece surgir que las cuestiones y conceptos fundamentales de la mecánica cuántica no se discuten explícitamente en los cursos introductorios. Cursos más avanzados muestran que son pocas las dificultades iniciales que se superan. Varias de las críticas (Barton 1997, Story 1998) se hacen al abordaje exclusivamente formal que caracteriza a muchos de esos cursos.

Sin embargo, en la primera década del siglo XXI surgieron propuestas didácticas promisorias. Se advierte una expansión en los tópicos, los recursos, los diseños e implementaciones aunque sin resultados definitivos.

Este proyecto considera que las situaciones de enseñanza y de aprendizaje pueden entenderse como un sistema complejo que resulta de un continuo de sistemas que se construyen y funcionan de manera conjunta unos con otros. Toda situación de enseñanza y aprendizaje puede interpretarse como el resultado de la conjunción del sistema profesor, con el sistema alumno y con el sistema constituido por el espacio de interacción en el que se desarrollan las operaciones de los dos anteriores. Las operaciones que se desenvuelven en este tercer espacio intercambian conocimiento, en este caso, del área de las Ciencias (Física); donde la calidad de las interacciones son determinadas por los artefactos culturales (instrumentos y signos) utilizados. El sistema alumno incluye las concepciones con las que el estudiante llega al aula y los procesos cognitivos que desenvuelve. El sistema profesor contiene el conocimiento profesional que da sentido a las prácticas de aula que ejecuta. Por último, analizando el aula como espacio discursivo y cultural, el sistema de interacción es el contexto donde se desarrollan las acciones de alumnos y docentes, donde acontecen regulaciones mutuas y negociaciones (Escudero 2005, De Vargas 2006).

Esta descripción de las prácticas educativas como sistemas de sistemas pone de relieve la necesidad de entender a las aulas como unidades de estudio (aún cuando ello no invalide hacer "foco" en alguno de los miembros de la clase).

[1] Hasta que se analizaron los fenómenos del caos, los términos "determinismo" y "predictibilidad" eran considerados como inseparables. Más aún la posibilidad de *predecir* los fenómenos se tornó como una de las características de las teorías científicas. Por el contrario, en los casos de los cuales se ocupaba la teoría del caos, las trayectorias de un sistema, perfectamente determinadas por las ecuaciones, muestran tal *sensibilidad a las condiciones iniciales*, que las tornan impredictibles. (García 2000)

El rol del investigador es decisivo cuando se asume un encuadre investigativo en su ambiente natural como fuente directa para la recolección de datos. En estos casos la preocupación está más centrada en los procesos que en los productos resultantes, mientras que las situaciones están fuertemente condicionadas por los actores, el contexto, etc. (Lüdke & André, 1986).

En este tipo de estudio, en el que se efectúan categorizaciones dinámicas, dependientes de la orientación que va asumiendo el trabajo y de las propiedades que surgen a medida que se va profundizando, se encuentran presentes los rasgos del método comparativo constante, considerado por Glaser y Strauss (1967) como un procedimiento de generación de teoría. Además se emplearán las herramientas aportadas por corrientes de desarrollo más actual como es la socio-lingüística interaccional, cuyos resultados enriquecen a los obtenidos mediante métodos más clásicos.

Analizar protocolos verbales derivados de la práctica educativa es una tarea que requiere mucho más que reunir lo que se ha dicho en un conjunto de elementos codificables. Es, fundamentalmente, la construcción de procesos inferenciales que permitan completar lo que se ha hecho explícito con aquello que parecería estar rondando en el ámbito que acontece el discurso. Y todo esto, claro está, a la luz de unos determinados referentes teóricos con los que se están mirando esos protocolos. La tarea del analista es la de re-significar eso que ha sido enunciado. (Escudero y Stipcich 2008)

En su conjunto la manera de proceder configura una metodología que comporta etapas de: diagnóstico, una intermedia de estudios preliminares y una final de aplicación reflexiva de lo desarrollado.

Las técnicas y procedimientos a utilizar se apoyan en un conjunto de criterios sustantivos (Escudero y Moreira 2002; Escudero y Jaime 2002; Escudero 2005) fruto de estudios minuciosos en el área de la Enseñanza de la Física, tales como: "*interpretación de la solución brindada por todos los estudiantes de un curso (o de varios) a las situaciones problemáticas, ya que cada una de ellas proporciona señales acerca de las ideas y estrategias que los jóvenes actualizan al ofrecer sus respuestas; y descripción incluso de las menos frecuentes, en un nivel educativo dado, para tener una visión más completa de la gama de concepciones y competencias posibles*" (Escudero 2005).

La recolección de datos se realizará en clases asignadas a física cuántica. Entre otras técnicas se prevé utilizar para el registro de los datos: observación participante, grabaciones en audio y video de los debates y actuaciones del grupo social estudiado, notas de campo, recopilación de producciones escritas, anotaciones de lápiz y papel que realicen los alumnos y registros observacionales de los actos de aula y entrevistas semiestructuradas y/o en profundidad a los alumnos para validar los datos obtenidos.

Se propone además incorporar los resultados en cursos, minicursos o talleres para profesores en ejercicio y futuros profesores, así como en el diseño y desarrollo de materiales instruccionales.

Los resultados de la investigación no buscan la generalización. Cabe la posibilidad de que haya transferencia si es que ésta se encuadra en los condicionantes propios del nuevo contexto en que se busca insertarla.

El proyecto se diseña para ser desarrollado en tres años.

Abstract

One purpose of the teaching of physics has to do with the need to help students build new perspectives for understanding the world. The teaching of quantum mechanics is a model little explored from this point of view. However, hosts a conceptual richness that could protect teachers and students in search of new categories that will expand the horizons of thought.

Properties very different from the scope of classical physics occurring in the microscopic world and are described by quantum mechanics. These properties are not only significant in the study of natural phenomena but can be technologically very important, for example, to improve our existing processing systems. The relevance of quantum physics is acquiring both sciences-such as chemistry and biology, as in the development of the ideas of quantum computing, reinforces and builds its contents should be well learned by the students, not only of academic scientific careers but also for high school students.

On the other hand, research in cognitive science, particularly cognitive psychology, and science teaching in general have been developed independently. However, these two currents are not incompatible but the opposite and should be able to cooperate around a common goal. Teacher training, educational research, among other areas-are somewhere between the two streams and feel the effects of their separation.

The view, which seeks to analyze the very small, can be approached from a psychological perspective that takes into account the learning related to other mathematical models and arises from the study of written work of some students, in which the representations made on physical situations related to the indeterminacy and chance are virtually the same as in a reversal of transformations and relations, ie, bring into play the notion of irreversibility, among others.

From the point of view of the action, people proceed to order the world according to the interaction that occurs between external objects and structures themselves. Permanent exchanges that game is what allows "group" operations and begin to think of reversibility, which later, and with proper coaching, can be represented using algebraic language.

However, the scientist's task is to try to describe reality to understand the relationships that do not change (invariant), discovering connections between phenomena constants. Linking things in the world and a physical theory or, put another way, looking at the world through the eyes of a certain theory is to build a model.
When it comes to scientific modeling we are thinking in the process of scientific modeling in order to learn the reality by thought. In other words we are thinking in the process of conceptual reconstruction of reality through representations that can be as elaborate as possible.

So the proposal makes modeling its main axis being the explicit teaching of the process an appropriate tool to facilitate the process of meaning when working with physical models. Search render "palpable" the first ideas of quantum mechanics, for example, quantum state, a notion of the meaning of operator uncertainty principle, probabilistic nature, inclusion of corpuscular and wave theories, so it does not reduce to simple terms to be remembered, with little relation to the physical world, but for students to acquire the character of "reality" physics.

One of the assumptions we hold is that the projections can be made from the basic concepts may favorably affect the look that direct students toward physics. Some of the sub-hypotheses that allow describing, include:

1. The development of probabilistic thinking and language among students is a mastery of basic math and requires a break with the pre-probabilistic thinking and stochastic, deterministic.
2. This ability to confront different worldviews can assess differently physics.
3. Give meaning to representations is associated, in part, to the integration of algebra and geometry resource for school education.

Classical physics is characterized by predictability and reversibility as epistemological criteria. It is a science attractive, not least because science is deterministic for excellence in the most basic issues, giving the possibility to act adjacent pair of indeterminism for differentiation and integration.

This project seeks to analyze, from the Theory of Conceptual Fields Vergnaud, as played by students of different ages and contexts front complex phenomena, impregnated by chance and uncertainty, the threshold for entry into quantum physics. It will by analyzing verbal protocols (Escudero and Stipcich 2008, Squire 2005) produced during the execution of tasks in order to identify indicators of comprehension, inferences and different levels of representation.

The theory of conceptual fields is basically intended to define an object that is of reasonable size, and understand how the processes of conceptualization develop over several months or even years.

The results provided by the literature seem to show that hardly covered the different quantum concepts are understood by students of different levels and types and from different communities. In particular, research with college students seems to emerge that the issues and concepts of quantum mechanics are not explicitly discussed in introductory courses. More advanced courses show that there are few initial difficulties are overcome. Several of the reviews (Barton 1997, Story 1998) made the painstaking approach that characterizes many of these courses.

However, in the first decade of XXI century appeared promising educational proposals. Expansion is noted on the topics, resources, designs and implementations but without definitive results.

This project considers the situation of teaching and learning can be understood as a complex system is a continuum of systems that are built and work together with each other. All teaching and learning situation can be interpreted as the result of the conjunction of the teacher system, with the student system and the system formed by the interaction space in which operations are conducted in the previous two. The operations are carried out in this third space exchange knowledge, in this case, the area of Science (Physics), where the quality of the interactions are determined by cultural artifacts (tools and signs) used. The system includes student conceptions with which the student entered the classroom and the cognitive processes that unfolds. The system contains teacher professional knowledge that gives meaning to classroom practices running. Finally, analyzing the classroom as a discursive space and cultural interaction system is the context where they develop the actions of students and teachers, where mutual regulations and negotiations take place (Escudero 2005, De Vargas 2006).

The researcher's role is crucial when framing research assumes in its natural environment as a direct source for data collection. In these cases the concern is more focused on processes in the resulting products, while the situations are strongly conditioned by the actors, context, etc. (Lüdke & André, 1986).

In this type of study, dynamic categorization is made, dependent on the direction to be taking the job and the properties that emerge as we go deeper, are present the features of the constant comparative method, considered by Glaser and Strauss (1967) as a method of generating theory. It also used the tools provided by most current development trends as interactional sociolinguistics, the results enriches those obtained by classical methods.

Analyzing verbal protocols derived from educational practice is a task that requires much more than bring together what has been said on a set of codifiable elements. Is essentially the construction of inferential processes that allow complete what has been made explicit what seems to be hovering in the area happens discourse. All this, of course, in the light of a certain theoretical framework with which these protocols are being watched. The analyst's task is to re-signify it has been stated. (Escudero and Stipcich 2008)

Taken together how to proceed set a methodology that involves stages of diagnosis, an intermediate of preliminary studies and a final reflective of the developed application.

The techniques and procedures used are based on a set of substantive criteria (Escudero and Moreira 2002, Squire and James 2002; Escudero 2005) the result of careful studies in the area of Physics Education, such as "interpretation of the solution provided for all students in a course (or several) to problem situations, since each provides signals about the ideas and strategies that give young people updated the answers, and the description even more rare, a given educational level, to get a fuller picture of the range of possible concepts and skills "(Squire 2005).

Data collection will take place in classes assigned to quantum physics. Among other techniques intended to be used for recording data on participant observation, audio and video recordings of the discussions and actions of the social group studied, field notes, collection of printed, paper and pencil annotations performing students and observational records of classroom events and semi-structured interviews and / or depth to the students to validate the data.

It is also proposed to incorporate the results in courses, short courses or workshops for practicing teachers and future teachers as well as in the design and development of instructional materials.

The results of the investigation does not seek to generalize. There is the possibility of transfer if it is part of the determining factors of the new context in which it seeks to insert it.

The project is designed to be developed in three years.

TESIS DE POSTGRADO

ESTUDIO DE EXPLICACIONES Y ESTRATEGIAS PARA EVALUAR AFIRMACIONES SOBRE FLOTACIÓN

Laura Chiabrando
Directora de Tesis: Dra. María Celia Dibar
Maestría en Psicología Educacional
Facultad de Psicología – Universidad de Buenos Aires

Introducción

En este proyecto nos proponemos estudiar las explicaciones de flotación y estrategias para evaluar afirmaciones referidas a dicho fenómeno de niños entre 6 y 12 años.

Resultan de interés los estudios sobre procesos de razonamiento que consideran la influencia del contenido (en este caso, del conocimiento físico) ya que investigaciones antecedentes sugieren que las estrategias que los sujetos utilizan para evaluar una hipótesis sobre flotación no son independientes de las explicaciones que pueden dar sobre ese mismo contenido.

Continuando investigaciones anteriores acerca de procesos de razonamiento en situación experimental, las preguntas que orientan este estudio son: ¿cómo explican el fenómeno de flotación? y ¿qué ejemplos o contraejemplos eligen para evaluar un condicional sobre flotación de cuerpos un grupo de niños cuya pertenencia socio-cultural es diferente a las de investigaciones antecedentes? Indagar cómo se modifican las respuestas permitiría conocer un poco más sobre variables que podrían influir en este tipo de trabajo con la experiencia de flotación que no fueron suficientemente exploradas.

El marco teórico es neopiagetiano y se tiene en cuenta la influencia del contenido. La propuesta contempla tomar datos mediante entrevistas donde los sujetos manipulen material experimental en una situación fuera de la escuela.

Antecedentes

En el marco de la psicología genética se realizaron numerosas investigaciones para abordar la constitución de las operaciones del pensamiento. En los trabajos de Piaget (1934) y de Inhelder y Piaget (1955) se encuentran estudios sobre las explicaciones del fenómeno de flotación en sujetos de distintas edades.

En un estudio más descriptivo Piaget (1934) indaga, entre otros temas, las explicaciones sobre flotación en niños de 5 a 12 años. El objetivo es analizar la relación entre la previsión y la explicación de fenómenos físicos. El autor plantea como problema las relaciones entre la *inteligencia física* y *la inteligencia gnóstica*; problema psicológico que tiene su continuación en el problema epistemológico de legalidad y causalidad. En este trabajo se describen explicaciones sobre flotación en distintas edades y la génesis de la noción de peso específico. También se analiza la dependencia entre legalidad y explicación. Es importante mencionar que en un libro muy posterior a éste, Piaget y García (1973) recuperan el interés por la diferencia entre legalidad y explicaciones causales.

Inhelder y Piaget (1955) retoman el tema de flotación con el objetivo de estudiar el pasaje del pensamiento concreto al pensamiento formal. En el capítulo II estudian la eliminación de las contradicciones en la construcción de una ley de flotación en niños de 7 a 12 años. En este libro el centro está en las operaciones lógicas y no en el contenido de las explicaciones. Los autores trabajan las conservaciones, entendidas como los invariantes a las transformaciones, considerando que la conservación pone en evidencia la equilibración de una operación lógica. Hay que tener en cuenta que la conservación del peso no se alcanza hasta los 9 años por lo menos y la del volumen al menos hasta los 12 años (Piaget e Inhelder, 1969).

Si bien los estudios psicogenéticos aportan una importante base teórica para pensar en la construcción y desarrollo del pensamiento formal, son interesantes algunas cuestiones que surgieron en investigaciones posteriores. En primer lugar hay que indicar que diferentes investigaciones encuentran que los adultos no necesariamente alcanzan el pensamiento formal tal como describen Inhelder y Piaget (1955). Piaget (1978) reconoce que no todos los sujetos alcanzan el estadio de operaciones formales. Sostiene el orden de los estadios, ya que uno es necesario para el siguiente y sugiere que los sujetos operan con estructuras formales dentro del campo en el cual están especializados, y no en aquellos ámbitos que les resultan ajenos. En segundo lugar hay que mencionar las investigaciones que ponen en relieve al conocimiento específico de las distintas áreas de conocimiento. Driver et al. (1989) indagan el contenido de explicaciones no científicas utilizadas para comprender fenómenos naturales en la vida cotidiana, incluso después de su estudio formal. Vosniadou (2006) señala la necesidad de indagar más sobre los contenidos específicos que sobre las estructuras lógicas subyacentes.

Carretero (1984) retoma alguna de las preguntas que plantean Inhelder y Piaget (1955) en el capítulo sobre flotación. Carretero (1984) propone indagar por un lado el contenido de las explicaciones y por otro las estrategias para comprobar o falsar una hipótesis, modificando la entrevista clínico-crítica. Estudia las explicaciones sobre flotación en sujetos de 5 a 17 años y los objetos que se eligen para confirmar o refutar una hipótesis. Las hipótesis propuestas a los sujetos son todas falsas e involucran variables que los niños habitualmente utilizan para explicar la flotación, por lo que pueden ser plausibles para los entrevistados. El autor encuentra que los adolescentes no necesariamente escogen contraejemplos correctos y que algunos niños sí pueden proponer los adecuados para ciertas hipótesis. En cuanto a la influencia del contenido, se encuentra que los sujetos tienen un *sesgo de verificación*; esto es una tendencia a verificar aquellas hipótesis cuyo contenido es similar a las ideas personales, aún en contra de la evidencia material.

Dibar Ure y Castorina (1989) consideran que el trabajo de Carretero (1984) es importante porque discrimina el desarrollo de estrategias de evaluación de hipótesis respecto del contenido físico y porque esa discriminación permite destacar la influencia de las creencias previas en la adopción de ciertas estrategias de comprobación. También señalan que en ese trabajo no se explica por qué algunos niños consiguen falsar precozmente alguna de las hipótesis que se les plantea[1].

Continuando esta línea de investigación, Krapas et al. (2000) estudian la aparición precoz de estrategias de falsación indagando a niños de 5 a 11 años y la influencia de la forma en que se enuncia una hipótesis sobre la elección de la estrategia de comprobación en adultos. Las autoras encuentran que la forma en que se enuncia una hipótesis influye en la elección de la estrategia de evaluación y, coincidiendo con los resultados de Carretero (1989), que algunos niños de 7 años pueden elegir contraejemplos para falsar ciertos enunciados condicionales, mientras que esto no sucede de manera significativa entre los 9 y 11 años.

Interrogantes y problemas

Las investigaciones antecedentes sugieren que los procesos de razonamiento en situaciones experimentales dependen del contenido de las hipótesis y de la concepción personal del sujeto y que los niños en edades donde no se espera que operen formalmente parecen poder utilizar correctamente una estrategia como la falsación.

Este proyecto se propone aportar a la discusión sobre la posibilidad de que los niños razonen sobre condicionales, indagando sobre variables que podrían influir y que no fueron suficientemente exploradas. Se entrevistarán niños fuera de la escuela y que pertenecen a un contexto socio-cultural diferente al de los estudios anteriores.

Objetivos

Los objetivos de esta investigación son:

- Estudiar las explicaciones de los sujetos referidas al fenómeno de flotación.
- Describir las estrategias de evaluación utilizadas al poner a prueba afirmaciones sobre flotación; en particular la estrategia de falsación.
- Comparar en cada sujeto el tipo de explicación sobre flotación con los ejemplos o contraejemplos elegidos para cada afirmación.

[1] El porcentaje de falsación en la hipótesis de que los objetos flotan porque son livianos es de 0% en niños y de 100% en adolescentes y la misma estrategia para la hipótesis sobre el volumen es de 46% en niños y 54% en adolescentes

Metodología

Se propone una investigación cualitativa y descriptiva (Hernández Sampieri et al., 2004).

Se tomarán aproximadamente 6 entrevistas individuales a sujetos de 6 a 12 años. La estructura de la entrevista mantiene la modificación que propone Carretero (1984) a las entrevistas clínicas piagetianas, indagando las explicaciones sobre el conocimiento físico por un lado y el razonamiento por otro. En su trabajo Carretero (1984) toma la primera parte de la entrevista, sobre las explicaciones de flotación, con una muestra y la segunda parte, sobre las estrategias de evaluación de hipótesis, con otra muestra. Krapas et al. (2000) realizan una única entrevista a cada chico, donde se incluyen estas dos partes. Es importante mantener el estilo de entrevista definido en las investigaciones de Carretero (1984) y Krapas et al. (2000) porque se pretende continuar dichas indagaciones.

Los niños que se entrevistarán viven en la zona sur de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y asisten a un apoyo escolar en una organización no gubernamental. El grupo es considerado de clase media-baja porque, en su mayoría, los padres de estos niños no completaron sus estudios secundarios y no tienen empleo formal. En estas condiciones, se destaca la importancia de la familiarización de los investigadores con el ambiente y con los niños antes de la entrevista ya que en un estudio sobre razonamiento en adultos no alfabetizados Colinvaux y Dibar Ure (1989) hacen referencia a cierta incomodidad que se observa en estos adultos al sentirse indagados durante la entrevista clínica individual, lo que genera una situación forzada donde los entrevistados callan o se muestran confundidos. En este caso, los investigadores forman parte del grupo que realiza el apoyo escolar para que el entrevistador resulte una persona conocida que le propone una actividad diferente, atenuando la sensación de incomodidad durante la entrevista.

Instrumentos de recolección de datos: la entrevista

Se realizará una única entrevista individual semi-estructurada con cada niño, la cual incluye material referido a flotación, siguiendo el modelo que usa Carretero (1984). En la entrevista se utiliza un recipiente con agua y un conjunto de objetos (de distintos tamaños y pesos; algunos huecos y otros macizos), seleccionados de manera tal que para cada una de las afirmaciones presentadas haya la misma cantidad de ejemplos y contraejemplos disponibles.

En la primera etapa se presentan los objetos al entrevistado, permitiendo que los examine, y se le pregunta cuáles cree que flotarán, cuáles no y por qué. Después se lo invita a comprobar sus predicciones tirando cada uno al recipiente con agua. Una vez que tiró todos los objetos al agua se pregunta nuevamente, en forma general, por qué algunos flotaron y otros no para conocer si modifica su explicación inicial con los resultados experimentales.

En esta instancia, se pretende que los entrevistados se familiaricen con el material y que el entrevistador conozca las explicaciones de cada sujeto sobre flotación.

En la segunda etapa se presentan -como hechas por un supuesto niño entrevistado anteriormente- las siguientes afirmaciones sobre flotación:

"Las cosas flotan porque son pequeñas"

"Las cosas flotan porque son livianas"

"Las cosas flotan porque son huecas"

Estas afirmaciones se presentan de a una por vez. Para cada una de éstas se pregunta al entrevistado si cree que quien la hizo tiene razón o no (si es verdadera o falsa) y se le solicita que indique qué objetos elegiría para mostrar a este supuesto niño que la afirmación es correcta o incorrecta.

En esta instancia, se analiza a partir del conjunto de objetos elegidos cómo los sujetos evalúan las distintas afirmaciones.

Estado de avance y una pequeña discusión sobre lo realizado

Se realizaron 4 entrevistas, que fueron grabadas y transcriptas.

En una lectura preliminar se pudo observar que sólo uno de los entrevistados parecería sentirse observado (otros dos entrevistados son niños tímidos, hablaron poco)

En dos de las entrevistas realizadas, se preguntó a los niños qué objetos elegirían para mostrarle al supuesto niño que tiene –o no- razón. De esta forma, se esperaba no generar una sensación de incomodidad en los niños por tener que mostrar al entrevistador los objetos. En estos dos casos los niños decidieron mostrar todos los objetos, uno por uno (excepto la última hipótesis en una de las entrevistas).

Frente a esta situación, surgieron nuevas preguntas: ¿por qué proponen mostrar todo el material disponible?, ¿estará relacionado con la forma en que se hace esta pregunta? Una de las posibles respuestas es que estos niños mostrarían todos los objetos al supuesto niño porque éste no está presente en la entrevista. Pero, ¿pueden las respuestas de los entrevistados ser tan sensibles a la forma en que se pregunta? Se decidió realizar una nueva entrevista en la que se preguntó qué objetos elegiría para mostrar al entrevistador que el supuesto niño tiene –o no- razón. En esta última, el niño entrevistado sí hizo una selección de los objetos que mostraría. En principio, las próximas entrevistas se realizarán de esta manera.

Referencias

Carretero, M. (1984). De la larga distancia que separa la suposición de la certeza. En Carretero y Garcia Madruga, J.A. (comp.), *Lecturas de psicología del pensamiento. Razonamiento, solución de problemas y desarrollo cognitivo*, pp 321-338. Madrid: Alianza.

Colinvaux, D. & Dibar Ure, M.C. (1989). Trabajando con adultos no alfabetizados: la construcción de la noción del espacio. En Castorina, J.A., Dibar Ure, M.C.; Aisenberg, B.; Palau, G y Colinvaux, D., *Problemas en psicología genética,* pp 173-200. Buenos Aires: Miño y Dávila.

Dibar Ure, M.C. y Castorina, J.A. (1989). Algunas reflexiones sobre la relación entre hipótesis y procedimientos en la física infantil. En Castorina, J.A., Dibar Ure, M.C.; Aisenberg, B.; Palau, G y Colinvaux, D., *Problemas en psicología genética,* pp 157-172. Buenos Aires: Miño y Dávila.

Driver, R.; Guesne, E. y Tiberghien A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2004). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Inhelder, B. y Piaget, J. (1955). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Ensayo sobre la construcción de las estructuras operatorias formales*. Barcelona: Paidós.

Krapas, S.; Dibar, M.C. y Rodrigues de Oliveira, L. (2000). Raciocínio hipotético-dedutivo relativo à flutuaçao. *Ensaio*, 2 (1), 37-55.

Piaget, J. (1978). La evolución intelectual entre la adolescencia y la edad adulta. En Delval, J. (comp). *Lecturas de psicología del niño,* pp 208-213. Madrid: Alianza.

Piaget, J. (1934). *La causalidad física en el niño*. Madrid: Espasa-Calpe.

Piaget, J. y García, R. (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral.

Piaget, J. e Inhelder, B. (1969). *Psicología del niño*. Madrid: Morata.

Vosniadou (2006). Las investigaciones sobre el cambio conceptual: direcciones futuras y de vanguardia. En Schnotz, W.; Vosniadou, S. y Carretero, M., *Cambio conceptual y educación*, pp. 33-52. Buenos Aires: Aique.

MODOS DE INTERCAMBIO DE SIGNIFICADOS. PROCESOS DE NEGOCIACIÓN EN CLASES DE FÍSICA DEL NIVEL SECUNDARIO

Autor: María Alejandra Domínguez
Director: Dra. María Silvia Stipcich y Codirector: Dra. Ana Gabriela Dumrauf
Doctorado en Ciencias de la Educación
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación- UNLP-
Fecha de defensa: 14 de Marzo 2012
Lugar donde obra la tesis: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.455/te.455.pdf

Problema de la investigación

A finales de la década del 90, la educación comenzó a abordarse como un proceso de comunicación, centrándose en el estudio del discurso escolar. Es así como la preocupación por el estudio de la construcción conjunta del conocimiento en el aula, surge cuando el interés se traslada hacia los procesos de enseñanza y del aprendizaje en el aula. Comienza a ser de interés la actividad constructiva del sujeto en relación al contexto y la situación donde acontece y con los sujetos con quien lo realiza.

Esta investigación parte de asumir el papel preponderante del lenguaje en la construcción de conocimiento y con él las dificultades que su uso acarrea. Se concluye de las investigaciones sobre el discurso en el aula que la interpretación de enunciados (aseverativos, directivos, interrogativos, etc.) puede ser uno de los obstáculos para el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza. Esto nos conduce a pensar que los modos de intercambio de significados que caracterizan las clases de Ciencias de la Naturaleza no siempre promueven espacios de discusión o de negociación con miras a construir significados lo más próximos posible a los científicamente consensuados. Lo anterior descansa en que la escuela aspira a que los estudiantes construyan los significados acordes a los que la ciencia ha elaborado y, en ese sentido, las clases deberían ser espacios para construir discursos cercanos a los científicamente aceptados. Por lo tanto, el interés reside en estudiar cuáles son los modos de intercambio de significados que se utilizan en clases de Física, analizarlos y caracterizarlos en función de si promueven o no procesos de negociación de significados mientras se estudia la energía en clases de Física de Secundaria.

A continuación se consignan los objetivos generales de la investigación:

- Estudiar los modos de intercambios de significados que se emplean en clases de Física de nivel secundario de Educación.
- Identificar y describir los modos de intercambios de significados cuando se negocian significados en clases de Física de nivel secundario.
- Caracterizar -dentro de los procesos de negociación- aquellas formas argumentativas que emplean los actores de acuerdo a los contenidos involucrados, el tipo de lenguaje empleado, las valoraciones del saber, etc.

Con las consideraciones anteriores se propuso identificar y describir los modos de intercambio de significados en clases de Física del nivel secundario. La idea subyacente es que, si se conocen esos modos, se estará en mejores condiciones de comunicarse en clases y negociar significados que se aproximen a los consensuados por la comunidad científica.

Una aproximación a las relaciones entre cognición, interacción social y lenguaje

La naturaleza del problema requiere un abordaje desde diferentes referentes teóricos. Se consideran aportes de los enfoques Socioculturales para el estudio de la construcción del discurso en el aula. Las categorías conceptuales construidas, que se mencionan a continuación, colaboran en la comprensión del objeto de estudio: *el sujeto es activo o constructor de su conocimiento; la psiquis está mediatizada; el proceso de enseñanza y el de aprendizaje se caracterizan como comunicacional, situado y social; los modos de intercambio de significados son mediadores de la construcción de conocimiento*.
Se asume que la aparición del error es una ocasión propicia para acercarse al conocimiento de los procesos mediante los cuales el estudiante está construye conocimiento.

Por último, se toman referentes del campo disciplinar de la Física haciendo alusión a la importancia que tiene su estudio para el campo mismo. Asimismo, se da cuenta del lugar que ocupa su enseñanza y aprendizaje dentro de los nuevos lineamientos curriculares.

Hacia la reconstrucción de los modos de negociar significados en las clases de Física

El encuadre metodológico se inscribe en el campo de la etnografía. Se realizó un estudio de casos instrumental, donde cada caso, las aulas donde se enseña Física, es el instrumento para analizar y caracterizar los modos de intercambio de significados y los procesos de negociación. Las decisiones acerca de cómo analizar estos registros combinan las características propias de los estudios a microescala con la operativización de las categorías conceptuales comentadas anteriormente.

Se analizaron fundamentalmente, los discursos sostenidos por el docente y los estudiantes en cuatro instituciones escolares de la ciudad de Tandil, mientras se estudia el tema Energía. Se seleccionan los siguientes centros educativos

[1]: una Escuela de Educación Media, una escuela dependiente de una Universidad Nacional, un colegio con subvención estatal y un colegio privado.

Se realizaron estadías en cada curso donde el docente seleccionado llevó a cabo su actividad mientras se estudiaba el tema energía. Las transcripciones de 60 horas reloj de clase, se constituyeron en el corpus de datos. La relevancia del volumen de información disponible determinó tomar decisiones para optimizar el tratamiento de la misma. Los "recortes" al corpus de datos consideran las siguientes denominaciones: *Sesiones*: son los registros de cada una de las clases que conforman el corpus; *Episodios*: son el conjunto de intercambios de habla que se suceden durante la resolución de una determinada actividad de clase. El inicio y el final vienen condicionados por el comienzo y el cierre en la resolución de la actividad. Al interior de los episodios se pueden reconocer subepisodios (o extractos) donde los límites pueden ser marcados según preguntas o comentarios de algún interlocutor, que cambian momentáneamente el desarrollo de la actividad propuesta.

Para organizar el análisis se comenta que las diferentes miradas (macro y micro) que se realizaron corresponden a los diferentes objetivos expresados oportunamente. Esto es, se analizan los modos de intercambios de significados que caracterizan una clase o sesión. Al interior de cada sesión, se estudian los procesos de negociación de significados. Y por último, se realiza un estudio y/o análisis que aspira a identificar y describir las explicaciones y argumentaciones de las clases. Los tres subtítulos que siguen dan cuenta de lo mencionado.

Con relación a los modos de intercambio de significados

La manera de estudiar los modos de intercambios de significados desde una postura sociocultural apunta tanto a la gestión que hacen los participantes (docentes y/o estudiantes) en la conversación como al contenido específico. Se piensa entonces en dos grandes ejes: el de *desenvolvimiento de las relaciones personales* y el *de la construcción del conocimiento*. Se consideran, entre otras: *construir nuevos significados, retomar y reforzar ideas consensuadas, proponer nuevas actividades para reutilizar significados consensuados, utilizar los errores que surjan para construir significados, guiar preguntando y repreguntando, etc*. Una síntesis esquemática de tales categorías se encuentra en la tesis publicada.[2]

Con relación a los procesos de negociación de significados

Para el estudio de los procesos de negociación se recurre a la construcción de indicadores que buscan plasmar las acciones con las cuales es posible el reconocimiento del mismo durante los momentos de interacción entre docente y estudiantes, y de esa interacción con el contenido. Cada uno de ellos está acompañado de un peso relativo. Este peso toma en consideración la cantidad de relaciones que el indicador contempla. Por ejemplo, *Emitir una opinión* o *dar una explicación* es considerada una acción de menor complejidad que *retomar las voces de otros* y *objetar estas voces proponiendo razones para ello*. En estos últimos casos no sólo es necesario reflexionar sobre ideas propias sino también tomar en consideración las voces de otros como pueden ser la de un compañero, un alumno, un texto.

Los indicadores del proceso de negociación se construyeron alrededor de tres ejes distintivos: la actuación del docente; la de los estudiantes y el contenido que ambos intercambian. A continuación se listan los mencionados indicadores (y su peso relativo) producto de la integración de los encuadres teóricos que se asumen en la investigación con el devenir de los registros de las observaciones de clase.

[1] Se elige esta ciudad por ser el lugar donde la doctoranda realiza su trabajo de investigación.
[2] http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.455/te.455.pdf

Con relación a la actuación del docente y su peso

Da Requerir y/o promover respuestas y/u oposiciones de los puntos de vista expuestos. 1/6

Db Reorientar una respuesta que se está desarrollando, promoviendo observaciones a los puntos de vista expuestos. 2/6

Dc Resignificar y/o retomar temas junto con los estudiantes participando en aspectos tales como la selección del conocimiento más relevante. 2/6

Dd Ofrecer explicaciones y/o agregar ideas que no han sido expresadas antes. 1/6

Con relación a la actuación de los estudiantes y su peso

Aa Explicitar y/o solicitar ideas acerca de un determinado tema. 1/12

Ab Enunciar puntos de vista acerca a los puntos de vista propuestos por otro. 1/6

Ac Justificar los puntos de vista que se proponen. 2/6

Ad Refutar con argumentos los puntos de vista con los que no se acuerda. 2/6

Ae Acordar puntos de vista con el resto de la clase. 1/12

Con relación al contenido y su peso

Ca Explicaciones/argumentaciones que realiza el profesor retomando las intervenciones de los estudiantes. 2/6

Cb Identificación de relaciones entre diferentes variables relevantes para explicar el comportamiento de una situación. 1/6

Cc Enunciación de respuestas, de un "texto" por parte de los estudiantes, que recuperan los significados consensuados. 2/6

Cd Explicaciones y argumentaciones desde el lado del profesor que no retoman explicaciones o intervenciones de los estudiantes. 1/6

Construidos los indicadores e identificados para cada uno de los episodios de las clases registradas, se torna necesario encontrar modos para describir si es que hubo negociación y en caso afirmativo cómo determinar en qué "grado" la hubo entre una sesión y otra. Para ello se procedió seleccionando (de entre todos los episodios de los 4 casos estudiados) un episodio prototipo. El mismo es considerado, de aquí en adelante, el episodio referente: se trata de un conjunto de intercambios orales entre el docente y los estudiantes cuyos roles ponen de manifiesto la mayoría de los indicadores construidos teóricamente.

Para cada eje distintivo (docente, estudiante y contenido) se definió un intervalo de presencia. El mismo se construye del siguiente modo:

- Se suman todas las frecuencias pesadas de cada indicador que describe el eje.
- A la frecuencia total obtenida se la multiplica por el máximo y el mínimo peso definido para ese eje. Así se obtienen los límites superior e inferior del intervalo de actuación.
- Se identifica qué lugar ocupa la frecuencia total sumada y pesada en el intervalo antes construido.
- Se redefine el intervalo de presencia en tres segmentos atendiendo a las ponderaciones bajo, medio y alto. Siendo un ejemplo prototipo la frecuencia encontrada se ubica en el estrato entre medio y alto. No se la considera máxima por cuanto se entiende que todo episodio es perfectible y superable.
- La redefinición del intervalo de presencia toma en consideración valores porcentuales para los extremos. Esto permite graduar la presencia en tres zonas desde 0% hasta el máximo del prototipo (que no es 100%) y así caracterizar a los estratos bajo, medio y alto.
- Todos los episodios de cada una de las clases se ponderan a partir de proceder como se ha explicado aquí tomando como referente el episodio prototipo.

Para definir la negociación de toda la clase se hace preciso ahora combinar las ponderaciones de los tres ejes para cada episodio y luego extraer una última decisión de todos los episodios que conformaron la sesión. Se opta por analizar los factores de a pares. Así se construyen tablas[3] para la interacción docente/estudiante y la que combina el resultado de la interacción con el contenido respectivamente. Obtenido el grado de negociación por episodio se extrae el del caso a partir de identificar el porcentaje de tendencia que mayor predomina. Esto es, se calcula qué porcentaje de episodios (del total que conforman el caso) se catalogan como medios, qué porcentaje como altos y qué porcentaje como bajos. El de máximo porcentaje es la tendencia obtenida para el caso en estudio. Esta inferencia contiene el supuesto de que el caso es un conjunto de episodios que conservan la estructura de la clase. Es decir la clase y los episodios se analogan por un conjunto de invariantes estructurales que son los tres ejes oportunamente definidos.

Con relación a las explicaciones y argumentaciones

Para representar los recursos utilizados para defender un punto de vista se consideran aquellos: por *explicación*, por *valores* y por *coacción*. Para representar los de explicación se utilizaron los siguientes recursos: *Definir*, *Comparar*; *Ejemplificar*, *Citar autoridad*, *Establecer analogías, Argumentar cuasi-lógicamente*, *Recurrir a los hechos* y usar *las causas y/o las consecuencias.*

Principales resultados

En el caso A la actuación de la docente se torna determinante por su capacidad para incorporar a los estudiantes en el discurso escolar y comprometerlos a participar y a hacerse cargo de sus opiniones. La profesora parece haber construido cierta competencia que le permite interaccionar con los estudiantes, a través de diferentes modos de intercambio. Estos atienden tanto a las acciones sociales como a la construcción del conocimiento. Los estudiantes parecen acomodarse a esta modalidad, dado que ellos mismos comienzan a incorporar estos modos en su discurso.

En el caso B la actuación de la docente parece privilegiar la lógica disciplinar. Cuando los alumnos desarrollan modos de acomodación que se aproximan a esa lógica, los intercambios comunicativos son fluidos y suele alcanzarse el nivel *alto*. En el caso contrario, el nivel se mantiene entre medio y bajo. En esas ocasiones es el discurso del profesor el que cobra mayor relevancia. Es por esta razón que se explica las diferencias en la tendencia, dependiendo de la actuación del docente y los estudiantes en la situación en la que se desenvuelven.

En el caso C, el contexto se presentaba, en un primer momento, como propicio para lograr instancias de negociación. Sin embargo, la competencia comunicativa de la docente se presenta como reduccionista, en el sentido de que la principal característica de tal competencia es su capacidad para describir, mientras presenta ausencia de rasgos tales como la invitación a sumar a otros a la conversación, solicitar explicaciones, la devolución de la palabra a un sujeto que parece estar ajeno, etc.

En el caso D, el contexto parece como poco propicio para la formación de instancias de negociación de significados. Si bien la profesora se presenta como muy tolerante y dispuesta a trabajar con el grupo para colaborar en el desarrollo de sus aprendizajes; las condiciones del ambiente determinan sus acciones. El rol de autoridad que toma le deja escasas alternativas para el intercambio y para explotar instancias de intercambio. Se asume que se conforma con presentar unos pocos conceptos y resolver problemas de índole numérico donde la dificultad que presentan es la del despeje de variables.

Los hallazgos y los caminos a futuro

Los resultados obtenidos ponen en evidencia que la participación en situaciones que invitan a debatir promueve la negociación de significados. Éstos se ven condicionados por los modos de intercambio que emplea el docente y el contexto institucional en que se desenvuelven. En los discursos explicativos prevalece el empleo de recursos tales como la definición, la explicación por la causa/consecuencias, y la ejemplificación.

Lo antes comentado orienta a proponer la importancia de desarrollar propuestas didácticas que incorporen actividades que promuevan el debate, la discusión y la fundamentación de puntos de vista. La capacidad para argumentar no es una competencia que se adquiera por sí sola y requiere de un trabajo previo y constante. Esta aseveración involucra tanto al profesor como a los estudiantes. El profesorado no suele estar preparado para enfrentar o llevar a cabo un trabajo que involucre el desarrollo de tales capacidades. Se necesita planear, anticipar, poner a prueba y evaluar propuestas de aulas con características que atiendan a las necesidades planteadas. Una vía para colaborar en el desarrollo de competencias argumentativas puede ser llevar adelante un trabajo junto al profesor en el aula en cada una de las denominadas fases preactiva, interactiva y postactiva.

[3] http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.455/te.455.pdf

ANÁLISIS DE LA IDONEIDAD DE UNA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA NOCIÓN DE ENTROPÍA EN EL NIVEL UNIVERSITARIO BÁSICO

Tesista: Juan Alberto Farina
Directora: Graciela Rita Utges
Programa: Maestría en Docencia Universitaria
Institución: Facultad Regional Rosario. Universidad Tecnológica Nacional

El trabajo de Tesis está centrado en el análisis de una intervención didáctica realizada por un profesor de física, que incorporaba simulaciones sencillas (applets) para la profundización de la noción de entropía. La experiencia fue realizada en un curso de física básica para carreras de ingeniería donde, desde hace años, se desarrolla termodinámica desde una perspectiva microscópica. La expectativa del profesor era complementar las clases teóricas y prácticas que se venían realizando tradicionalmente en la asignatura, con actividades innovadoras, que incorporaran simulaciones. Procuraba con ello lograr una mayor comprensión por parte de los estudiantes del concepto de entropía, que en el curso era definida a partir de la formulación de Boltzmann.

La perspectiva teórico metodológica utilizada para el análisis se inscribe dentro del enfoque ontosemiótico (EOS), considerando particularmente la noción de idoneidad didáctica y los criterios asociados con la misma.

La noción de idoneidad didáctica y las ideas subyacentes a la misma reconocen como antecedente la aproximación iniciada por Michelle Artigue en la década de los años ochenta, denominada Ingeniería Didáctica (Artigue, 1995). Se denominó con este término a una forma de trabajo didáctico equiparable con el trabajo del ingeniero quien, para realizar un proyecto, se basa en los conocimientos científicos de su dominio, pero debe trabajar con objetos mucho más complejos que los depurados de la ciencia y tiene que abordar prácticamente, con todos los medios disponibles, problemas que la ciencia no quiere o no puede abordar. Esta visión permite abordar dos cuestiones centrales: a) las relaciones entre la investigación y la acción en el sistema de enseñanza y b) el abordaje de las "realizaciones didácticas" en clase, desde una metodología específica en la investigación en didáctica.

Como metodología de investigación, la ingeniería didáctica se caracteriza por un esquema experimental centrado en la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza. Pero no recurre a enfoques comparativos con validación externa, basados en el análisis estadístico del rendimiento de grupos experimentales y grupos de control, sino que se ubica, por el contrario, en el registro de estudios de caso, con una validación esencialmente interna, a partir de la confrontación entre el análisis a priori y a posteriori.

La noción de idoneidad didáctica introducida en el marco del enfoque ontosemiótico (EOS) (Godino, Contreras y Font, 2006; Godino, Bencomo, Font y Wilhelmi, 2007), así como el sistema de indicadores empíricos que la acompañan, constituye una herramienta que brinda elementos para el análisis fundamentado de las prácticas de enseñanza y la elaboración de criterios para su mejora progresiva.

La idoneidad didáctica es concebida como el conjunto sistémico de criterios para analizar la pertinencia o adecuación de un proceso de enseñanza en relación con una intención o proyecto educativo, siendo su principal indicador empírico la adaptación entre los significados personales logrados por los estudiantes y los significados institucionales pretendidos o implementados (Godino, Batanero y Font, 2006; Godino, Wilhelmi y Bencomo, 2005). Considera diferentes aspectos atendiendo a las siguientes dimensiones: *epistémica* (relativa a los significados institucionales), *cognitiva* (significados personales), *mediacional* (recursos tecnológicos y temporales), *emocional* (actitudes, afectos, emociones), *interaccional* (interacciones docente-alumnos), y *ecológica* (relaciones intra e interdisciplinares y sociales). Los trabajos antes citados definen tanto las dimensiones y criterios parciales como el marco teórico de referencia que permite caracterizarlos y operativizarlos.

La idoneidad epistémica, se refiere al grado de representatividad de los significados institucionales implementados (o previstos), respecto de un significado de referencia.

La idoneidad cognitiva, expresa el grado en que los significados pretendidos/implementados estén en la zona de desarrollo potencial de los alumnos, así como la proximidad de los significados personales logrados a los significados pretendidos/implementados.

La idoneidad interaccional, indica el grado en que las configuraciones y trayectorias didácticas permiten, por una parte, identificar conflictos semióticos potenciales (que se puedan detectar a priori), y, por otra parte, resolver los conflictos que se producen durante el proceso de enseñanza mediante la negociación de significados.

La idoneidad mediacional, analiza el grado de disponibilidad y adecuación de los recursos materiales y temporales necesarios para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La idoneidad emocional, considera el grado de implicación (interés, motivación) del alumnado en el proceso de estudio.

La idoneidad ecológica, tiene en cuenta el grado de adaptación del proceso de estudio al proyecto educativo de la institución, las directrices curriculares, las condiciones del entorno social, etc.

Estado de avance

Se acompañó al profesor, sin interferir en el diseño preliminar de la propuesta, en su elección del material, ni en la organización de la actividad. Se registró la experiencia realizada, y se trabajó luego, junto a él, en el análisis de los resultados y la valoración de la propuesta. La tarea se centró principalmente en colaborar con el profesor en el análisis de la idoneidad didáctica del recurso diseñado e implementado, que fue abordado principalmente en sus aspectos epistémicos, cognitivos e interaccionales.

Las fuentes utilizadas fueron la tarea encomendada a los alumnos (simulaciones, guías de trabajo) y los informes presentados por ellos. El instrumento de análisis, consistió en un cuestionario que aborda los aspectos considerados relevantes, y cuyo diseño se inspiró en un estudio realizado por Godino y colaboradores (2006) y en los criterios de idoneidad elaborados desde el EOS (Godino, 2011).

Se está actualmente completando el análisis de la experiencia e iniciando el proceso de redacción de la Tesis.

Referencias

Artigue, M. (1995). Ingeniería didáctica. En Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., Gómez, P. (eds.). *Ingeniería didáctica en educación matemática, una empresa docente*. Méjico: Grupo Editorial Iberoamérica. pp. 33-59.

Godino, J. D.; Batanero, C.; Font, V. (2006). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada. [Disponible en Internet: http://www.ugr.es/local/jgodino/indice_eos.htm]

Godino, J. D.; Bencomo, D.; Font, V.; Wilhelmi, M. R. (2007). Análisis y valoración de la idoneidad didáctica de procesos de estudio de las matemáticas. *Paradigma*, XXVII (2), 221-252.

Godino, J. D.; Contreras, A.; Font, V. (2006). Análisis de procesos de instrucción basado en el enfoque ontológico-semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactiques des Mathematiques, 26* (1), 39-88.

Godino, J.D.; Wilhelmi, M. R.; Bencomo, D. (2005). Suitability criteria of a mathematical instruction process. A teaching experience of the function notion. *Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education*, 4.2: 1–26.

LAS CLASES COMPRENSIVAS DE CUÁNTICA EN EL NIVEL ESCOLAR MEDIO

Autora: Iglesias, Ana Isabel
Directora: Litwin, Edith / Codirector: Villella, José
Programa: Doctorado en Educación
Institución: Escuela de Educación. Universidad de San Andrés
Fecha de defensa: 23/2/2012
Lugar donde obra: Repositorio digital de tesis. Biblioteca Max von Buch. UDESA

Planteo del problema e interés de la investigación

Iniciar a los más jóvenes en la *comprensión de la cuántica* es uno de los objetivos de la alfabetización científica actual pero la escuela secundaria argentina no termina de asumirlo. Los motivos pedagógicos que provocan esta situación pueden relacionarse, entre otras cuestiones, con que en las clases habituales de física hay poca o nula presencia de contenidos cuánticos. También, con las características de los textos utilizados habitualmente por los profesores que abordan la cuántica obviando aspectos facilitadotes de la comprensión, como por ejemplo: la organización del discurso en determinadas macroestructuras; el reconocimiento de las estrategias lectoras, los conocimientos previos e intereses de los estudiantes; la consideración de las dificultades lingüísticas derivadas de la traducción de conceptos cuánticos del inglés y el alemán al español; o la inclusión de cambios paradigmáticos entre modelos clásicos y cuánticos. Por otro lado, la falta de *comprensión de la cuántica* en la escuela media se vincula con limitaciones en la enseñanza como por ejemplo: desconocer la naturaleza ontológica de los objetos cuánticos, obviar los procesos de modelización, subestimar la capacidad de figuración e imaginación de los estudiantes u omitir ciertos procedimientos sociocognitivos y comunicacionales descriptos como necesarios por la didáctica, entre otras cuestiones. (Gil Pérez et al., 1987; Canals Frau, 1993; Rivière, 1996; Sutton, 1997; Klimovsky, 1999; Iglesias y Speltini, 1997; Gurgel y Pietrocola, 2003; Wagensberg, 2004; Cuadrado Esclapez y Berge Legrand, 2007; Iglesias, 2008).

Con la pretensión de describir, mediante categorías teóricas, qué características tienen las clases de cuántica habituales consideradas comprensivas por los propios profesores y estudiantes, hemos realizado una investigación que focalizó el estudio de la intervención didáctica desarrollada por dos buenos profesores durante los cursos de física del 2005 en una escuela pública argentina, el Colegio Nacional de Buenos Aires (CNBA). Este propósito general requirió de una enunciación teórica amplia sobre el proceso de comprensión de la cuántica durante la enseñanza media y de un trabajo metodológico y empírico orientado a:

1. Describir el conocimiento enseñado considerando sus aspectos teórico – filosóficos (ontológicos, epistemológicos, axiológicos) y técnico-experimentales (trabajos prácticos de laboratorios y otros dispositivos experimentales y técnicos).
2. Estudiar la intervención didáctica examinando cómo el profesor despliega: a) el contenido cuántico considerando su lógica, macroestructura, organización y relaciones; b) las prácticas cognitivas (propósitos, actividades, métodos, recursos, evaluación); y c) las prácticas metacognitivas (interpretación y anticipación de obstáculos).
3. Relatar la construcción social del conocimiento considerando, en el marco de la participación de los estudiantes, cómo interactúa el profesor con los conocimientos físicos y con su desarrollo profesional (tipos de lenguajes, resistencias, tipo de preguntas, climas).

Hipótesis de trabajo

I. La comprensión de la cuántica en el nivel escolar medio puede caracterizarse como un proceso socio-institucional de enculturación.

II. Una caracterización adecuada de las clases en el CNBA requiere integrar la opinión de profesores y estudiantes con el análisis.

Fundamentación

En el ámbito de la investigación en enseñanza de la física existe consenso sobre la necesidad de incluir contenidos cuánticos en la educación media (EM) pues contribuyen a que los estudiantes se interesen por los fenómenos del micro y macrouniverso, por la producción de nuevas tecnologías y materiales, como así también, a que puedan conocer ideas más adecuadas sobre la ciencia y el trabajo científico, entre otras cuestiones. Un amplio análisis de trabajos sobre enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea nos permitió detectar que en este área coexisten variedad de enfoques y criterios para encarar la enseñanza; se utilizan términos como comprender, comprensión, comprensión de la ciencia pero no se los definen explícitamente; se suele valorar la enseñanza pero confundiéndola con los resultados del aprendizaje; se excluye el análisis y la valoración que el propio profesor hace sobre sus intervenciones; no se estudia la comprensión de la cuántica articulando la enseñanza general de la física en la institución, la intervención didáctica de cada docente y su desarrollo profesional. Pensamos que para poder estudiar la comprensión de la cuántica en la EM, las cuestiones mencionadas no debiesen obviarse y por eso realizamos un estudio que intenta considerarlas. (Terrazan, 1992; Stefanel, 1998; Pinto y Zanetic, 1999; Ostermann y Moreira, 2000; Porlán et al., 2001; Paulo y Moreira, 2004; Lombardi, 2005; Barbosa y Pacca, 2007; etc).

Breve presentación del marco teórico

Las ausencias mencionadas en las fuentes consultadas demandaron, primero, definir qué es comprensión científica y, luego, caracterizar qué es comprensión de la cuántica en la enseñanza media. Desde una perspectiva filosófica, la comprensión científica puede estudiarse según una *dimensión social,* relacionada con los significados denotativos, que analiza la racionalidad, el uso colectivo de conceptos y el aprendizaje institucional (o enculturación) de los sistemas conceptuales, procedimentales y representacionales considerando, sobre todo, los modos simbólicos y abstractos del lenguaje de la ciencia. Una *dimensión individual*, relacionada con los significados connotativos, que estudia los procesos de conciencia (intelecto y afectividad), de internalización de conceptos y de construcción de significados examinando, preferentemente, los modos conceptuales y naturales del lenguaje. Finalmente, una *dimensión de mediación,* que permite estudiar el significado de la interacción social y lingüística, el trabajo y la regulación intersubjetiva en función del tipo de interés -ontológico o epistemológico- prevaleciente en las situaciones escolares. Nuevas reelaboraciones de las ideas mencionadas nos permitieron definir esquemáticamente a la *comprensión* como el resultado de una combinación vectorial de conceptos variables en tres dimensiones que denominamos interés, racionalidad y significado. Una adaptación de dichas dimensiones al estudio específico de las clases de cuántica derivó, luego, en un amplio esquema analítico con dimensiones, fases e indicadores que guiaron el análisis. (Toulmin, 1977; Gabas 1980; Vygotsky, 1987, 1991; Wertsch, 1988; Rivière, 1996; Litwin, 1998; Habermas, 1988, 1992, 2010; Moreira, 2000; Mortirmer y Scott, 2003; etc).

Diseño metodológico

Realizamos un estudio de caso[1] que focalizó la intervención didáctica en cuántica desde un enfoque etnográfico, colaborativo, naturalista, no intervencionista e influenciado por el interaccionismo simbólico[2] (Stake, 1999). Se seleccionó el caso a partir de tres criterios: existencia de colegios secundarios en Buenos Aires donde se enseñase FC, factibilidad de acceso a dichas instituciones y presencia de buenos profesores dispuestos a colaborar con la investigación. Estudiar la enseñanza de la cuántica en las clases habituales requirió que el trabajo de campo se realice en el escenario y el momento en que el tema es desarrollado. Esto implicó observar clases, realizar entrevistas, aplicar cuestionarios y recolectar documentos durante el segundo cuatrimestre del año 2005. También, durante ese período, observamos clases de Mecánica, Ondulatoria, Relatividad, tomamos notas sobre la vida en las aulas y fuera de ellas (en laboratorios, sala de profesores de física, biblioteca, patios del CNBA) y asistimos a conferencias extraclases y a la presentación del Museo Didáctico de Física. Durante los años 2006 y 2007 se completó la recolección de información mediante otras entrevistas, mapeo y fotografiado de escenarios que conformaron un espacio general de análisis didáctico[3]. Los instrumentos de registro fueron guiones de entrevistas[4], cassettes de audio, cuestionarios de opinión, cuaderno de notas y la autora del estudio. La observación fue de tipo no participativa y los registros corresponden al discurso de profesores, estudiantes y ayudantes de laboratorio. Las unidades de observación fueron la clase y la entrevista. Las unidades de análisis fueron el tema y la sesión, respectivamente. Las clases de FM en 6° del CNBA incluyen tópicos y temas de nivel introductorio[5].

El criterio general de análisis se basó en la argumentación, por combinación de inducción y deducción, y en la serendipia o búsqueda estratégica de datos para construir teoría. Los niveles de análisis fueron de diferente profundidad: realizamos una descripción de los elementos incluidos en el espacio general de análisis didáctico permitiéndonos construir una visión amplia sobre la enseñanza de la física en el CNBA. Desarrollamos el microanálisis de la muestra intencional (estudio de la interacción discursiva desarrollada en las clases y en las entrevistas posteriores) para poder descubrir cómo la intervención didáctica fue orientada hacia la comprensión. Realizamos un macroanálisis, inductivo y deductivo, de todas las entrevistas y cuestionarios de opinión para poder reconstruir la mirada de los participantes. Dado que focalizamos la intervención didáctica decidimos no analizar la producción de los estudiantes que será considerada en otro trabajo.

Principales resultados

Los resultados -construidos mediante una síntesis de las regularidades obtenidas en la descripción, el micro y el macroanálisis- permitieron responder a los objetivos de la investigación, descubrir situaciones y acciones orientadas hacia la comprensión cuántica, y comparar rasgos entre el desarrollo didáctico y profesional de los profesores participantes. Dicha comparación mostró dos estilos diferenciados de enseñanza orientada hacia la comprensión cuántica. Por ejemplo, en las clases del Prof. H -grupales, con exposición de los estudiantes y constante intervención docente- se construye la comprensión cuántica a través de la colaboración entre profesor y expositor – alumno, un pormenorizado trabajo de negociación de significados y el traspaso del poder hacia los estudiantes, entre otras cuestiones. En las clases del Prof. C. se busca construir la comprensión cuántica mediante el despliegue continuo de un esquema que C. definió como <describa, explique e interprete>, muy similar al planteado por Barbosa et al. (2007) desde la lógica piagetiana[6].

---

1 El CNBA puede considerarse un caso excepcional porque los profesores son muy buenos profesionales, los estudiantes son estrictamente seleccionados y en el departamento de Física predominan intereses, racionalidades y significados que permitieron anticipar el desarrollo de procesos comprensivos durante la enseñanza. Pensamos que es importante estudiar casos excepcionales pues pueden proveer de elementos para cambiar dificultades extendidas, como es la falta de comprensión en las clases de física.

2 El interaccionismo simbólico atribuye máxima importancia a los significados sociales que las personas asignan al mundo. (Taylor y Bodgan, 2009).

3 El espacio general de análisis didáctico (Litwin, 2005) es un conjunto de acontecimientos que incluyó: a) 46 horas de clase[3] de Física (3 clases de Ondulatoria, 32 de Cuántica y 5 de Relatividad en 6° año y 6 clases de Mecánica Clásica en 3°; b) 20 entrevistas y una encuesta de opinión; c) notas de campo; d) documentos (programas, reglamentos de TPL -versiones del 2001, 2003, 2004, 2005-, página WEB del Gabinete de Física del CNBA, fotos de aulas, laboratorios y del CNBA); e) folletos de dispositivos; fotocopias de textos e informes.

4 Las entrevistas fueron de distinto tipo y las denominamos comprensivas, preparatorias, analíticas posclase, analíticas generales, selectivas y colaborativas.

5 La enseñanza que observamos se orientó básicamente a desarrollar el concepto de cuantización, sin embargo, algunos especialistas en el tema consideran que son tres los conceptos a ser enseñados: cuantización de la energía, dualidad onda-partícula y la relación determinismo-indeterminismo. (Barboza y Pacca, 2004).

6 Barbosa et al. (2007) indican que una clase de cuántica constructivista debe armonizar con un ciclo dialéctico "Intra, Inter y Trans". *Intra* pues permite describir los observables, *Inter* configurar el funcionamiento de un sistema (explicar), y *Trans* pues permite subsumir relaciones a una estructura total y justificar (interpretar).

Conclusión

El estudio desarrollado nos permite afirmar que cuando en las clases de física se busca desarrollar la comprensión cuántica, la intervención didáctica se orienta a:

- Conocer, respetar y estimular los intereses de estudiantes.
- Utilizar métodos variados (expositivos, interactivos) que armonicen la orientación psicocéntrica (hacia el estudiante) y la logocéntrica (hacia el conocimiento).
- Aproximar (desarrollar conexiones) entre conocimientos académicos cuánticos y clásicos. La secuencia de la clase debe permitir la reaparición de conceptos clásicos para reelaborar sus significados cuánticos en contextos académicos y cotidianos.
- Familiarizar o reiterar esquemas empíricos y teóricos recurriendo a referentes experimentales y técnicos (ej. el análisis dimensional).
- Diversificar o variar ejemplos, contextos, situaciones, relaciones curriculares (internas y externas) y canales comunicacionales en función del avance o dificultad en la enseñanza.
- Construir la comprensión cuántica es un proceso extendido en el tiempo que se inicia desde los primeros cursos de física y en el contexto de toda la EM.
- Desplegar los contenidos cuánticos mediante macroestructuras de problema-solución, causación y /o comparación.
- Utilizar simultáneamente múltiples formas comunicacionales -realistas y ficcionales- dando prevalencia al modo conceptual y gráfico (EE, EC, EM) sobre el modo algorítmico o abstracto.
- Expandir y diversificar los soportes cognitivos, metacognitivos y afectivos.
- Dar prevalencia a la lógica conceptual y pedagógica sobre la lógica de la acción.
- Relativizar las actividades de resolución de problemas de lápiz y papel y de ejercicios de aplicación.
- Jerarquizar los procesos de identificación de la naturaleza de los objetos cuánticos, de conjeturación, de problematización y de anticipación de obstáculos conceptuales.
- Generar climas de trabajo colaborativo (traspaso del control), de confianza, respeto y apoyo emocional (andamiaje).
- Evaluar mediante indicadores cualitativos y acordes con el tipo de estudiantes (ej. modos de preguntar del estudiante, grado y calidad de su participación en las actividades).
- Desarrollar la pertenencia institucional de los profesores. La inseguridad laboral interfiere en la capacidad docente de brindar andamiajes y tensiona las lógicas de intervención didáctica.

A FORMA E OS MOVIMENTOS DOS PLANETAS NO SISTEMA SOLAR: UMA PROPOSTA PARA A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS EM ASTRONOMIA

Ferreira, Flávia Polati[1]; Leite, Cristina[2]
[1] Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, Brasil; [2] Instituto de Física, USP, Brasil
flaviapolati@gmail.com; crismilk@if.usp.br

INTRODUÇÃO

O Sistema Solar é um dos temas da Astronomia mais abordados em sala de aula por professores de Ciências do ensino fundamental e também presente na maioria dos livros didáticos do Brasil. A presença do tema Sistema Solar nas aulas de Ciências vai ao encontro da proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 1998) através do eixo temático "Terra e Universo" e dos cadernos de Ciências da Proposta Curricular do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008). Embora este tema esteja presente em diversos materiais, a dificuldade tanto de crianças quanto de professores em compreender este assunto vai além da proposição destes conteúdos nos materiais didáticos visto que, dentre outras implicações, a construção deste conhecimento é uma tarefa complexa, envolvendo desde conhecimentos físicos e astronômicos até noções elaboradas sobre o espaço e influências da gravidade na forma da Terra, dos demais planetas e seus movimentos no espaço.

Um dos objetivos dessa pesquisa é explorar a construção do conhecimento sobre a forma e os movimentos dos planetas do Sistema Solar aliada à noção espacial inerente à discussão destes temas. Acreditamos que ao abordar a forma e os movimentos dos planetas do Sistema Solar, temas intimamente relacionados à percepção da terceira dimensão, do papel do referencial, das escalas de espaço e tempo, da noção de gravidade, dentre outros assuntos.

Assim, através do tema específico *A forma e os movimentos dos planetas no Sistema Solar* foram desenvolvidas e aplicadas atividades em um curso de extensão para a formação continuada de professores de São Paulo, que ocorreu nas dependências do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

Para a elaboração das atividades propostas, realizou-se o estudo de alguns materiais que tratam deste tema, como os Cadernos de Ciências da Proposta Curricular do Estado de São Paulo e as teses e dissertações produzidas entre 1973 e 2011 no Brasil que apresenta a temática *formação de professores* e *ensino de astronomia*.

A partir do estudo dos materiais citados, organizou-se uma proposta didática estruturada a partir do referencial metodológico dos "*Três Momentos Pedagógicos*" (DELIZOICOV, 1983), que consistem em: *1) Problematização inicial; 2) Organização do conhecimento; 3) Aplicação do conhecimento*.

Tais atividades já foram aplicadas e se encontram em faze de avaliação. Uma primeira aproximação de nosso olhar para os dados e para a avaliação da construção do conhecimento espacial relacionado à forma e aos movimentos da Terra será centrada nas características para a construção de noções de espacialidade segundo Piaget & Inhelder (1993). Assim, buscamos compreender qual o papel da construção da noção da terceira dimensão, da mudança de referencial, das mudanças de perspectiva, do conceito de gravidade, dentre outros, envolvidos na compreensão dos conceitos de forma e movimentos dos planetas do Sistema Solar.

Teses e dissertações do Brasil que abordam o tema formação de professores

Na perspectiva de investigar como outros materiais realizam propostas de ensino de astronomia para a formação de professores e situar esta pesquisa em meio às produções nacionais sobre ensino de astronomia, foi realizada uma revisão bibliográfica focada nas teses e dissertações que realizaram propostas didáticas e aplicaram junto a formação de professores.

Dentre um amplo espectro de teses e dissertações encontradas que abordam o tema ensino de astronomia (cerca de 100 pesquisas), a temática *Formação de Professores* está presente em 23 deles. Foram selecionadas 11 pesquisas para a analise, uma vez que estas propõem, aplicam e avaliam cursos de formação continuada ou inicial de professores. Dessa forma, procurou-se com esta análise evidenciar como trabalhos de pesquisa no Brasil propõem atividades para o ensino-aprendizagem de temas de Astronomia na formação de professores.

Ao analisar os 11 trabalhos selecionados, verifica-se que a maior parte deles se dá na formação continuada de professores de Ensino Fundamental, em que grande parte dos professores participantes destas pesquisas leciona Ciências. Isto pode estar atrelado às necessidades destes professores em lidar com temas de astronomia em sala de aula, visto que, há inúmeras orientações nos PCNs para este nível de ensino. Além disso, nota-se que são poucas as pesquisas que propõem intervenções na formação inicial do professor, das quais, a maior parte propõe intervenções em disciplinas dos últimos anos dos cursos de licenciatura.

Além do contexto geral das pesquisas, verifica-se que os temas de astronomia mais abordados estão relacionados às *Características do Sistema Solar* e aos *Fenômenos do Sistema Sol-Terra-Lua,* os quais, em grande parte das pesquisas, são propostos através de atividades que envolvem o uso de *modelos e desenhos*. Poucos são os temas de astronomia propostos através de atividades que exploram a *Observação do Céu,* embora os PCNs para o Ensino Fundamental ressaltem esta estratégia. Além disso, percebe-se que temas como *Cosmologia* e *História e Filosofia da Astronomia* são comumente desenvolvidos através de *atividades de leitura* e *discussões em grupo* ou com uso de *tecnologias*, o que pode estar atrelado à complexidade destes temas e a impossibilidade destes conteúdos serem tratados através da observação do céu.

A Proposta Curricular de São Paulo e os temas *forma e movimentos dos planetas*

Buscando materiais que apresentam propostas concretas de atividades para o ensino de astronomia que podem servir de referencia para a construção da proposta em foco deste trabalho, foi analisado o Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008) através dos cadernos da Proposta Curricular de São Paulo, implementados neste estado desde 2008. Tais cadernos foram analisados visando compreender como um material didático propõe a construção do conhecimento da forma e dos movimentos dos planetas. Analisamos assim este material visando também adquirir fundamentos para a construção das atividades propostas nesta dissertação.

Na análise do tema "forma dos planetas", percebemos nos cadernos analisados atividades que tratam geralmente do conhecimento da forma esférica de nosso planeta, sendo pouco explorado o conhecimento da forma dos demais planetas do Sistema Solar.

A partir do espectro de onze situações de aprendizagem selecionadas, percebemos uma preocupação deste material em explorar a forma esférica de nosso planeta. No entanto, boa parte das atividades que tratam este tema não utiliza observações diretas de eventos astronômicos como exemplo, a visualização da incidência dos raios solares ao longo de diferentes regiões de diferentes latitudes ou então, da possibilidade de vermos a curvatura de nosso planeta através da sombra da Terra projetada na Lua durante alguns eclipses lunares. Fazendo maior uso de materiais como bola de isopor ou globo terrestre para representar a Terra, a Proposta parece fazer pouco uso do fato de vivermos na própria Terra sendo que, a partir de observações e fenômenos presenciados no referencial terrestre também seria possível problematizar a sua forma.

Embora os cadernos de Ciências da Proposta Curricular do Estado de São Paulo careçam de algumas atividades e, dentre outros fatores, não se sabe por quanto tempo ela permanecerá no currículo do estado de São Paulo, os cadernos analisados parecem constituir um material rico na proposta do tema "forma do planeta Terra" ao trabalhar características importantes apontadas pelas pesquisas em ensino de Astronomia.

Já na análise do tema "movimentos dos planetas", apenas três situações de aprendizagem propõem atividades que exploram o conhecimento dos movimentos da Terra e os fenômenos associados a tais movimentos, como estações do ano e dia e noite. Embora os cadernos de Ciências da Proposta Curricular do Estado de São Paulo proponham atividades que explorem os movimentos da Terra, este material carece de atividades que explorem este tema. Percebe-se ainda uma grande ênfase no ato de "imaginar o modelo", fazendo pouco uso de aspectos observáveis, sensoriais e perceptivos, como é possível explorar ao tratar das estações do ano e do dia e da noite em nosso planeta, fenômenos presentes em nossos cotidianos.

Ao explorar os movimentos da Terra, verifica-se uma estratégia didática bastante recorrente: o uso de modelos e a representação em desenhos; sendo pouco exploradas as atividades que usam a observação do céu, de softwares e simulações de computadores, vídeos, leitura de textos e debates em grupo.

Uma proposta didática a partir do referencial de Paulo Freire

Um dos estudos centrais desta pesquisa de mestrado consistiu na construção das atividades que constituem a Proposta Didática desta dissertação, que foram aplicadas durante o período de 16 a 20 de julho de 2012, junto aos cursos de extensão para a formação continuada de professores de São Paulo, propostos pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

A Proposta Didática tem como objetivo investigar aspectos do ensino-aprendizado de professores de Ciências relacionados a construção da noção espacial inerente ao conhecimento da forma e movimentos dos planetas do Sistema Solar. A partir do questionamento de elementos da astronomia observáveis e vivenciados pelo ser humano procura-se problematizar os modelos científicos que atualmente explicam a forma e os movimentos dos planetas do Sistema Solar, assim como os fenômenos inerentes a estes temas, como dia e noite, estações do ano, dentre outros.

As atividades que constituem a primeira versão da Proposta Didática do trabalho de dissertação foram aplicadas e se encontram atualmente em fase de análise. Todas as atividades individualmente encontram-se fundamentadas no referencial teórico-metodológico de educação denominado *Três Momentos Pedagógicos*, inspirado nas ideias do educador brasileiro Paulo Freire (1921-1997), que busca orientar a construção das atividades de ensino de maneira a problematizar, organizar e aprofundar ou extrapolar o conhecimento acerca da forma e dos movimentos dos planetas do Sistema Solar.

Esta metodologia surgiu ao final da década de 70 no contexto da apropriação dos aspectos da pedagogia freiriana nos projetos de ensino de Ciências deste período (Muenchen e Delizoicov, 2010). Através de um grupo de pesquisadores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, as primeiras tentativas de incorporação da pedagogia de Freire se deram em um projeto de ensino de ciências para as 5ª e 6ª séries do primeiro grau na Guiné-Bissau. Em seguida, o projeto se deu no contexto do Rio Grande do Norte e no município de São Paulo.

Atualmente, ideia dos Momentos Pedagógicos sistematizada por Delizoicov et al. (1993, 2002) consiste em: 1) Problematização inicial; 2) Organização do conhecimento; 3) Aplicação do conhecimento.

A problematização inicial propõe que se parta do conhecimento vivencial dos alunos, sendo estes expostos em discussões em pequenos grupos, para que posteriormente sejam levados para a sala toda, em uma discussão no grande grupo. O papel do professor é questionar, provocar a dúvida e gerar interesse pela discussão. O objetivo é fazer com que os professores cursistas sintam a necessidade de dialogar durante o processo de aquisição de novos conhecimentos.

No ensino de temas da astronomia, um problema pode não necessariamente ser um problema de vida ao sujeito, mas pode vir a ser um problema relacionado a questionamentos envolvidos em suas observações, sensações e vivências. Um exemplo de problema que pode ser explorado para tratar a problemática da forma esférica da Terra é o fato de habitarmos um planeta esférico, mas observarmos abaixo de nossos pés um plano.

Outro exemplo relacionado é o fato de observarmos os astros em duas dimensões ou mesmo como um ponto. As observações de um ponto se apresentam contrárias a forma que atualmente é defendida e justificada através dos modelos científicos aceitos atualmente, a forma de uma esfera, e por isso podem se representar um problema a ser resolvido.

Nesta etapa são propostas atividades que permitem o papel ativo do aluno, discutindo, dialogando a partir de um questionamento inicial, representa um problema que pode ser observado e relacionado à percepção vivencial, do sujeito, em que o professor possa ter um papel de promover o diálogo e debate, como evidencia Muenchen e Delizoicov (2010).

Ao problematizar a forma e o movimento dos planetas, algumas questões podem surgir, como exemplo:

- Como é possível saber que os planetas são esferas? Se os planetas são esferas, porque observamos pontos no céu?
- Se os planetas giram em torno do Sol, porque observamos o Sol se movimentando no céu todos os dias?
- Como explicar os fenômenos astronômicos do dia e da noite, juntamente com as estações do ano em um planeta plano? E no caso de um planeta esférico?
- Como explicar fenômenos astronômicos, como estações do ano e dia e noite em uma Terra parada? E no caso da Terra em movimento?

Seguindo a proposta dos momentos pedagógicos, a segunda etapa tem como objetivo a organização dos conhecimentos, em que os temas selecionados são aprofundados.

Neste momento, na presente Proposta Didática, os conceitos de astronomia são aprofundados através de diversas estratégias, como o uso de modelos, softwares, textos, discussões coletivas, observação do céu, dentre outras. A relação entre a observação do céu e os modelos científicos é trabalhada neste momento de maneira a reconstruir as explicações possíveis para o fenômeno observado, visando à construção de noções mais próximas do modelo científico atualmente aceito.

Grande parte das situações problemas envolvendo o tema forma e movimentos dos planetas apresenta uma observação que contraria o modelo científico atualmente aceito. Assim, cabe ao segundo momento reestruturar as explicações do observável, contrapondo modelo com observação, sempre retomando ao assunto proposto. Ao final deste momento, o processo de aprofundamento e síntese do conhecimento ocorre sendo guiado através da retomada da pergunta inicial que orienta a atividade.

No último momento, a aplicação do conhecimento, os conceitos aprofundados na etapa anterior são explorados através de uma síntese ou aplicados em novas situações que exigem tais conhecimentos. Nesta etapa, os conceitos de astronomia serão extrapolados para o contexto dos demais planetas do Sistema Solar, em que o problema inicial é retomado e os conhecimentos que o aprofundaram são aplicados em outro planeta. Um exemplo são os conceitos relacionados à construção da noção de forma esférica da Terra, como a observação contrária ao movimento, o papel do referencial, dentre outros, que passam a ser extrapolado para a forma dos demais planetas.

Considerações finais

O presente trabalho apresenta os avanços dos estudos do projeto de mestrado intitulado *A forma e os movimentos dos planetas do Sistema Solar: uma proposta para a formação do professor de Ciências em Astronomia*, desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

Os estudos realizados até o momento consistiram em: 1) analise das teses e dissertações que propõe, aplicam e avaliam propostas didáticas para a formação de professores, objetivando situar a dissertação dentre aquelas que tratam das temáticas ensino de astronomia e formação de professores produzidas no Brasil até 2011, além de analisar de que maneira são propostos os temas de astronomia em propostas didáticas construídas, aplicadas e avaliadas; 2) estudo do currículo do estado de São Paulo e das atividades que compõem o mesmo, procurando analisar de que maneira são propostas atividades que envolvem o conhecimento da forma e dos movimentos dos planetas do Sistema Solar; 3) estudo do referencial metodológico de construção das atividades, denominado Três Momentos Pedagógicos, e consequentemente o delineamento das questões gerais atrelada a este referencial que guiaram a estrutura geral da proposta didática.

Atualmente, a execução deste projeto de pesquisa se encontra na fase de descrição do encaminhamento das atividades que foram aplicadas e, consequentemente, avaliação das mesmas.

Referencias

BRASIL (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências Naturais, terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental.* Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília: MEC/SEMT.

DELIZOICOV, D. (1983). Ensino de Física e a Concepção Freireana de Educação. *Revista de Ensino de Física*, v. 5, n. 2, p. 85-98.

DELIZOICOV, D. Ensino de Física e a Concepção Freireana de Educação. *Revista de Ensino de Física*, v. 5, n. 2, p. 85-98, 1983.

_____. (1982) *Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal. Dissertação de mestrado*. São Paulo: IFUSP/FEUSP.

_____; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. (2002) *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. (2010) Os três momentos pedagógicos: um olhar histórico-epistemológico – Em: *ATAS DO XII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – XIIEPEF*. Águas de Lindóia.

PIAGET, J.; INHELDER, B. (1993) *A representação do espaço na criança*. Porto Alegre: Artes Médicas.

SÃO PAULO (2008). Proposta Curricular do Estado de São Paulo – Ciências. *Secretaria do Estado da Educação*. São Paulo.

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: UNA ESTRATEGIA EN LA ENSEÑANZA Y LA INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS DE ELECTROMAGNETISMO PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA: UN ESTUDIO A LA LUZ DE LA TCC

Autora: Ing. Esp. Roldán, Susana Noemí
Directora: Dra. Alzugaray, Gloria Elena
Maestría en Docencia Universitaria
Facultad de Humanidades y Ciencias – UNL

Resumen

En este trabajo se presentan los avances de una tesis en relación al nivel de desarrollo y la integración conceptual que realizan los estudiantes en el tema campo electromagnético después de haber pasado por un curso formal de Física Mecánica. El trabajo se fundamentó en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990). El estudio se llevó a cabo con estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, en el marco de un curso de Física Eléctrica de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional. Para la recopilación de datos se diseñaron cuatro instrumentos, dos de los cuales han sido trabajados hasta el momento. Estos instrumentos incluyen dos problemas que han sido evaluados al finalizar el tema Campo Magnético.
Los resultados muestran las dificultades al integrar los conceptos desde la perspectiva de las ideas científicas.

Presentación del problema

Cuando se consulta a los docentes del CGCB acerca de las dificultades con las que se encuentran los estudiantes a la hora de resolver problemas, aparece siempre entre ellas el desconocimiento de estrategias de resolución adecuadas y la escasa o nula comprensión de conceptos previos que faciliten la aplicación de dichas estrategias. Al indagar al respecto entre los estudiantes, se observa que la dificultad se manifiesta en la incapacidad de integración de conocimientos de Física Mecánica con otras disciplinas como análisis matemático.

La resolución de problemas es una práctica de relevancia en las carreras de ingeniería. Este trabajo apunta a generar elementos que contribuyan a superar los problemas que presenta el proceso de enseñanza y aprendizaje de Física Eléctrica - disciplina en la que se centrará este estudio - debido a la disociación de conocimientos que se evidencia al pasar cuando se trata de integrar los conceptos desarrollados en Física Mecánica y aplicarlos a la asignatura del otro nivel Física Eléctrica. Para ello se propone incorporar e integrar conocimientos que sean útiles en distintos campos disciplinares mediante Resolución de Problemas, proponiendo situaciones problemáticas que impliquen un abordaje integral e interdisciplinario de las mismas. Se trabajará particularmente con el tema *electromagnetismo*, así como los conceptos previos desarrollados en Física Mecánica.

Para analizar las dificultades de los alumnos se recurrió al marco teórico aportado por Vergnaud (ref) con la Teoría de los Campos Conceptuales. Los alumnos resuelven problemas usando sus conocimientos-en-acción que pueden conducirlos a una solución satisfactoria para cierta situación, pero que no resultan compatibles para otra ligeramente distinta de la primera, porque tales conocimientos no son científicos y tampoco constituyen un esquema de asimilación que puede ser aplicado a una tipología de situaciones. Por otro lado, tales conocimientos-en-acción – que son ampliamente implícitos – pueden ser precursores en la adquisición de conceptos científicos y, por lo tanto, deben ser identificados, i.e. investigados. Los trabajos de Sousa (2001) y de Sousa y Fávero (2002) en los cuales la resolución de problemas en Física fue investigada en una situación de interlocución entre un especialista y un novato, son un ejemplo en esa dirección. Costa y Moreira (2002) y Escudero y Moreira (2002) también trabajaron en resolución de problemas en Física procurando interpretar las dificultades de los alumnos en la construcción de modelos mentales del enunciado a la luz de aspectos de la teoría de los campos conceptuales.

Las *estrategias* que utilizan los sujetos en los distintos procesos y actividades de aprendizaje resultan ser decisivas. Así, Meyer (1984) ha comprobado que los sujetos con mejores *estrategias de estudio* recuerdan más información y de manera más organizada. Just y Carpenter (1987) apuntan que el principal ingrediente del aprendizaje a partir de un texto es la utilización de *estrategias de estudio* que organicen el contenido textual y lo conecten con el conocimiento previo del lector. En completa consonancia con el trabajo anterior, Hegarty-Hazel y Prosser (1991) constatan que los estudiantes que hacen uso de *estrategias de estudio* en las que se intenta dar estructura y organización a la nueva información, además de relacionarla con lo que ya saben, generan un mejor conocimiento proposicional o conceptual y resuelven mejor los problemas. De los estudios de Scardamalia y Bereiter (1984) y de Brown y colaboradores (1983), se puede concluir que los estudiantes con *estrategias* más eficientes, que suelen ser los de mayor edad, captan mejor el significado global de un texto y generan una representación más organizada, jerárquica y coherente del contenido textual. Por último, señalar que los alumnos que mejor resuelven los problemas son aquellos que procesan la información textual con más profundidad, esto es, los que son capaces de *integrar los diversos contenidos y obtener un significado global del texto* (Ferguson-Hessler y de Jong, 1990); y los que tienen la habilidad de *discriminar la información relevante de la menos importante* (Johnstone et al., 1993).

En resumen, de acuerdo con lo aquí presentado, cabe esperar que en la instancia de resolución de problemas, los alumnos tengan las siguientes características:

- Mayor *conocimiento previo* sobre la temática del problema.
- Más *habilidad de razonamiento formal.*
- Más *cantidad de conceptos y de relaciones entre ellos* (sobre la materia del problema) *en la memoria a largo plazo*, es decir, más *conocimiento conceptual*.
- Más *capacidad de memoria a corto plazo*.
- Mayor *aptitud para procesar la información del enunciado del problema y para articularla con los esquemas de conocimiento.*
- Mejores *estrategias de estudio que admitan* un procesamiento más profundo de la información presentada: *estructuración, integración, organización y selección de los contenidos.*

Descripción del estado de avance de la investigación

En el presente informe presentamos la descripción del estado de avance de la tesis de maestría, correspondiente a la primera etapa del proceso de investigación diseñado para alcanzar los objetivos generales y específicos de la mencionada tesis.

La investigación fue planteada en dos etapas. En esta *primera etapa*, el propósito del estudio se centró en el empleo de la *Teoría de los Campos Conceptuales* para examinar el conocimiento y conceptualización inicial del concepto de campo electromagnético, en la muestra de estudiantes participantes, al inicio del curso de *Física Eléctrica.* Esta consistió en un estudio exploratorio, Ortega (2000), para el mismo se aplicó, en primera instancia, una encuesta dirigida a los estudiantes para efectuar un sondeo diagnóstico con el fin de caracterizar mejor la población, y recabar datos acerca de los saberes previos al inicio del estudio y en segundo término, cuestionario de lápiz y papel con situaciones y problemas, a modo de evaluación, para obtener datos en lenguaje escrito acerca de las representaciones simbólicas de la Física, que den cuenta de las representaciones del campo conceptual estudiado.

De acuerdo con las hipótesis que orientan y guían la investigación, la realización de este estudio, supuso enfrentar a los participantes a situaciones y problemas, presentados en diversos formatos representacionales (imágenes, gráficas, textos), para investigar los invariantes operatorios usados, comprender y explicar las representaciones simbólicas que les ayudan a una conceptualización de los significados de los conceptos pertenecientes al campo conceptual del concepto de campo electromagnético (Moreira, 2002; Greca y Moreira, 2002). Por este motivo los objetivos propuestos para esta parte del estudio fueron los siguientes:

a) Relacionar la estructura formal del conocimiento del concepto de campo y la estructura conceptual que poseen los estudiantes respecto del mismo, utilizando como marco de referencia la Teoría de los campos conceptuales de Vergnaud.
b) Describir niveles de conceptualización de los estudiantes del campo conceptual del concepto de campo en física.

En resumen, el propósito ha sido determinar y caracterizar el conocimiento inicial de los estudiantes, por la gran influencia que tiene en el aprendizaje significativo de los conceptos.

Método

Muestra

La población participante en esta investigación estuvo conformada por 30 estudiantes de Ingeniería en Sistemas de Información, de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad regional Santa Fe, que se encuentran cursando la asignatura Física Eléctrica durante el año académico en curso. Del total de participantes, la distribución por género fue: 18 hombres y 12 mujeres, entre 19 y 23 años de edad. La asignatura se ubica en el segundo nivel del Plan de Estudios. Cabe aclarar que la población seleccionada ha cursado la asignatura Física Mecánica y proviene de diversas escuelas de la ciudad de Santa Fe y zona de influencia.

Materiales e instrumentos

Con el fin de recolectar datos que permitieran estudiar y analizar el proceso de conceptualización del campo conceptual del concepto de campo electromagnético, según lo descripto por Vergnaud (ref.) en su TCC, se tomaron como referencia los instrumentos ya validados en investigaciones efectuadas con estudiantes españoles por Llancaqueo – Caballero – Moreira. Se diseñaron y seleccionaron situaciones de tareas y problemas de lápiz y papel y se construyeron cuatro instrumentos.

En dichos instrumentos se plantearon situaciones de formato diverso e incluyeron preguntas de respuesta abierta, de tal modo que la recolección de datos permitió inferir características de los invariantes de los esquemas utilizados por los estudiantes para dar cuenta de las situaciones y representaciones simbólicas y pictóricas que les permitiesen llegar a la conceptualización y asimilación de los significados del campo conceptual.

Para recolectar datos acerca de los significados de los contenidos de física adquiridos del campo conceptual durante el desarrollo de la asignatura, se emplearon como instrumentos los exámenes parciales. Los contenidos generales de dichos parciales se acotaron según las unidades de la asignatura y el campo conceptual.

Procedimiento

Hasta el momento, se ha cumplimentado con la primera etapa de la investigación, por lo que se administraron dos instrumentos de los cuatro diseñados, evaluándose los contenidos de física adquiridos mediante un examen parcial.
Los instrumentos fueron administrados en sesiones grupales de 60 minutos. En tanto que el examen parcial de evaluación tuvo una duración aproximada de 120 minutos.

Análisis de los datos

Para realizar el análisis cualitativo de los datos recogidos, estos han sido codificados dando origen a cinco categorías de análisis e interpretación. Estas categorías reflejan de manera jerárquica elementos de los invariantes operatorios (conocimientos en acción) empleados por los estudiantes en su interacción con los contenidos de la situaciones.

Las categorías de análisis son: Clasificación (CL); Expresión Escrita (EE); Representación (RP); Operación (OP) y Resolución (RS). El propósito de las categorías es caracterizar las relaciones de conocimiento entre la realidad de las situaciones y las respuestas (acción operatoria) de los estudiantes.

Las respuestas de los participantes se analizaron cualitativamente y se agruparon en 25 ítems, distribuidos en las cinco categorías definidas anteriormente: Clasificación (CL) 7 ítems; Expresión Escrita (EE) 7 ítems; Representación (RP) 5 ítems; Operación (OP) 3 ítems y Resolución (RS) 3 ítems. Luego, se asignó a cada estudiante una puntuación de acuerdo a la concordancia de sus respuestas con los significados científicos de los conceptos medidos. Se otorgó una puntuación de 1,0 a las respuestas *totalmente correctas,* de 0,5 a las respuestas *parcialmente correctas* y 0 a las *incorrectas.* La puntuación máxima posible fue de 25.

Los ítems empleados incluyeron: clasificación y explicación de magnitudes escalares y vectoriales; representación y operación de vectores con flechas y por componentes; resolución de problemas de álgebra vectorial; representación de función por ecuación y por gráfico; resolución de problema de cinemática; ejemplo de situación de campo vectorial y campo escalar; representación de un campo de fuerza; acción de un campo de fuerza; cálculo de campo eléctrico, flujo y circulación; comprensión e identificación de campo eléctrico.

La codificación de las respuestas se realizó en términos de tres niveles: *correcto, incorrecto y no contesta*, donde el nivel correcto describe en acuerdo con significados científicos de los conceptos, e incorrecto lo contrario. La justificación de este criterio adoptado es poder identificar la disponibilidad de conocimientos-en-acción científicamente aceptables en la estructura conceptual de los estudiantes, para aproximarse así, a la determinación de un nivel de conceptualización del concepto de campo. Una vez codificados los diferentes tipos de respuestas a las situaciones planteadas en el instrumento, los datos obtenidos se analizarán en términos de frecuencias. Por último, el desempeño obtenido por los participantes se asignará a un nivel de conceptualización del concepto de campo definido previamente a partir de las categorías de análisis señaladas anteriormente.

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos se exhiben en dos partes: la primera parte, se refiere a la descripción de las características de las respuestas *científicamente correctas* desplegadas por los estudiantes acerca de diferentes aspectos del campo conceptual del concepto de campo electromagnético, determinadas a partir de las categorías de análisis, y la segunda parte, a la asignación de niveles de desarrollo conceptual del concepto de campo electromagnético definidos, a partir del desempeño en las categorías señaladas.

Comentarios generales

A la presente, se está efectuando el procesamiento de la información recabada, debiéndose comenzar con la segunda etapa de la investigación, es decir la elaboración de la *propuesta de intervención didáctica* centrada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud. Se prevé la elaboración de los materiales para la enseñanza pertinentes para su efectiva implementación. Estos materiales se aplicarán prácticamente en una *etapa* de carácter evaluativo en la cual se realizarán talleres con situaciones y problemas, cuestionarios de lápiz y papel y pruebas parciales de evaluación de contenidos, mediante los cuales se intentará explorar y caracterizar los significados adquiridos de un campo conceptual luego de un acto de enseñanza, para posteriormente identificar el conocimiento alcanzado de dicho campo conceptual y la apropiación lograda de éste y de los conceptos previos necesariamente puestos en juego.

En la situación de evaluación se procederá a analizar la forma en que cada estudiante aborda individualmente la resolución, las representaciones gráficas que organiza, los procedimientos que ejecuta durante la resolución, los posibles sesgos introducidos y la interpretación de resultados realizada.

Aspiramos a que los estudiantes adquieran las herramientas que les permitan desarrollar su capacidad de generar soluciones e incrementar la comprensión de conceptos, mediante una adecuada puesta en escena de ciertas representaciones a la luz de la TCC.

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: UNA ESTRATEGIA EN LA ENSEÑANZA Y LA INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS DE ELECTROMAGNETISMO PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA: UN ESTUDIO A LA LUZ DE LA TCC

Autora: Ing. Esp. Susana N. Roldán **Directora:** Dra. Gloria E. Alzugaray

Maestría en Docencia Universitaria – FHUC - UNL

Una de las maneras tradicionales para la acreditación de los contenidos de las asignaturas a nivel universitario se realiza a través de la resolución de problemas donde se pone en evidencia no sólo la capacidad del futuro ingeniero para aplicar conceptos sino también su habilidad para comprender situaciones problemáticas de contextos reales, modelizarlas y planificar soluciones posibles, seleccionando entre ellas la óptima dentro de las condiciones establecidas.

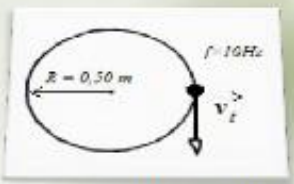
Objetivos

- Conocer las estrategias que desarrollan nuestros estudiantes para resolver problemas.
- Identificar las representaciones que establecen los estudiantes ante una situación problema.

Materiales e instrumentos

En este trabajo se presentan los avances de tesis en relación al nivel de desarrollo y la integración conceptual que realizan los estudiantes en el tema campo electromagnético después de haber pasado por un curso formal de Física Mecánica. El trabajo se fundamentó en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990). El estudio se llevó a cabo con estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, en el marco de un curso de Física Eléctrica de la U.T.N - F.R.S.F. Para la recopilación de datos se diseñaron cuatro instrumentos, dos de los cuales han sido trabajados hasta el momento. Estos instrumentos incluyen dos problemas que han sido evaluados al finalizar el tema Campo Magnético.

Problemas planteados



1. Un auto a control remoto recorre una circunferencia de 50 cm de radio con una frecuencia f de 10Hz. Determine:
   a. El periodo.
   b. La velocidad angular.
   c. Su aceleración

2. Un electrón pasa por el punto A de la figura con una rapidez $v = 3 \times 10^6$ m/s. Encuentre:
   a. La magnitud y dirección del campo de inducción magnética que ocasionará que el electrón siga la trayectoria semicircular AB.
   b. El tiempo necesario para desplazarse desde A hasta B.
   c. Responda las consignas (a) y (b) pero si la partícula cargada es un

Resultados y conclusiones

Los resultados muestran las dificultades al integrar los conceptos desde la perspectiva de las ideas científicas.

Hasta el momento, se ha cumplimentado con la primera etapa de la investigación, por lo que se administraron dos instrumentos de los cuatro diseñados

Para realizar el análisis cualitativo de los datos recogidos, estos han sido codificados dando origen a cinco categorías de análisis e interpretación.

Para realizar el análisis cualitativo de los datos recogidos, estos han sido codificados dando origen a cinco categorías de análisis e interpretación.

La codificación de las respuestas se realizó en términos de tres niveles: *correcto, incorrecto y no contesta*

A la presente, se está efectuando el procesamiento de la información recabada, debiéndose comenzar con la segunda etapa de la investigación, es decir la elaboración de la *propuesta de intervención didáctica* centrada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud.

LA COMPRENSIÓN DE PROBLEMAS DE DINÁMICA ROTACIONAL DE UN CUERPO RÍGIDO EN ESTUDIANTES DE CARRERAS DE INGENIERÍA.

Autor: Suárez, Carlos José
Directora: Alzugaray, Gloria Elena
Maestría en Docencia Universitaria
Facultad de Humanidades y Ciencias – UNL

Resumen

La resolución de problemas es una clave para evaluar el alcance en la comprensión de los conceptos de una disciplina. En este estudio, basado en el análisis del proceso de resolución por alumnos de primer año de las carreras Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica, se buscan señales de la presencia de conocimientos-en-acción, concepto acuñado por Gérard Vergnaud en la teoría de los campos conceptuales (TCC). La diversidad de los procesos desarrollados permitió la elaboración de cinco categorías con las que se intenta explicar cuáles son las representaciones mentales que construyen.

Introducción al problema

Es corriente escuchar año a año en diálogos con docentes o en reuniones formales de cátedra, la preocupación por las dificultades que se presentan al abordar el tema de *dinámica rotacional* y en especial la resolución de problemas de este tema, en los cursos de Física I, de primer año de ingeniería, que se cursan en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. Siendo esto visible durante el cursado, pero mucho más cuando se realiza la evaluación centrada en la resolución de problemas, donde los porcentajes de aprobación son muy bajos.

La opinión compartida por los docentes en general es que el tema de *dinámica rotacional* es complejo, pero también coinciden que a esta altura del desarrollo de la asignatura -Física Mecánica- el estudiante ya no es un novato pues ya ha pasado por otras instancias de evaluación, siendo el tema integrador de conocimientos ya vistos en el desarrollo del curso y que corresponde a los contenidos con más carga horaria dentro de la planificación de la cátedra, tanto para la teoría, como para la práctica y las experiencias de laboratorio.

Desde el punto de vista teórico es menester recordar que la rotación se da en el estudio de los fenómenos físicos a toda escala, desde el movimiento de los electrones en el átomo, pasando por el movimiento de un disco compacto (CD), una silla voladora en un parque diversiones, una sierra sin fin, una centrifugadora, o las aspas de un molino, hasta el movimiento de los cuerpos celestes como satélites, planetas y galaxias. Es decir, desde lo micro en la Física de las partículas a lo macro en la Física del cosmos.

Sabemos que cuando un cuerpo u objeto extenso, como una rueda o polea, gira alrededor de un eje, el movimiento no puede analizarse ya como una partícula o punto material - modelo utilizado en mecánica para el estudio del movimiento de traslación de los cuerpos y sus causas - ya que en cualquier tiempo, diferentes partes de un objeto tienen velocidades y aceleraciones distintas. Por esta razón, se considera a un objeto o cuerpo extenso como una colección de un gran número de partículas, cada una con su velocidad y aceleración, que mantiene su forma y tamaño. A este modelo se lo llama cuerpo rígido.

Esta variación en el modelo: de partícula a cuerpo rígido, es un cambio radical desde lo conceptual, pues entraña para el alumno numerosas dificultades para el abordaje del tema y su aprendizaje. En este trabajo se pretende indagar en la comprensión de los problemas de dinámica rotacional, esto requiere el empleo de muchos conceptos previamente adquiridos, de nuevos conocimientos y de su interrelación, para lo cual será menester que los estudiantes aprendan nuevas estrategias para el análisis y la resolución de las situaciones problemáticas que se les presenten.

Objetivos generales

- Investigar en las prácticas docentes, buscando en las mismas las actividades y acciones en pro de la comprensión de los problemas y su resolución y en particular los de dinámica rotacional.
- Estudiar cómo impactaría en el desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas de dinámica rotacional, una nueva propuesta didáctica que haga hincapié en la comprensión.

Objetivos específicos

- Investigar las representaciones que se hacen los estudiantes en el proceso de comprensión de los enunciados de problemas de dinámica rotacional.
- Investigar las estrategias de las que se valen los estudiantes al planificar la resolución de problemas de dinámica rotacional.
- Reconocer en las distintas formas de presentar o enunciar una situación problemática, cómo influye en la elaboración de los conceptos de la dinámica rotacional y su significación posterior.

Metodología y actividades

En este trabajo de investigación orientamos la búsqueda a responder los interrogantes que sobrevienen de la siguiente cuestión: "las dificultades u obstáculos que tienen los alumnos de ingeniería para entender cómo resolver problemas de DINÁMICA ROTACIONAL". Se utiliza un enfoque metodológico cualicuantitativo, bajo el marco referencial de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, tomando aportes de la teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel.

La investigación hace énfasis en la comprensión que los alumnos poseen de los diferentes tipos de enunciados de problemas asociados con el concepto de dinámica rotacional de un cuerpo rígido, analizando específicamente la influencia debida a la presencia de representaciones gráficas, el distinto formato de los datos en el proceso de modelado en torno al cual se organiza la resolución. También se atiende a la formalización que acompaña la resolución y el significado que le atribuyen los estudiantes. En la indagación se estudia, además, la actuación de los docentes promoviendo acciones para orientar la comprensión de un enunciado y el desarrollo de estrategias, de referencias contextuales, de modos de relacionar, etc.

La investigación comprende dos etapas diferenciadas, según se detalla en los apartados siguientes:

- Etapa I: destinada a la investigación de los procesos de comprensión de los enunciados de problemas de dinámica rotacional, su resolución y las acciones desarrolladas por los docentes durante las clases en que se trabaja sobre la resolución de problemas de dinámica rotacional
- Etapa II: orientada al estudio evaluativo de una propuesta de intervención didáctica para orientar la comprensión de los enunciados de problemas promoviendo la modelización de las situaciones planteadas.

Descripción del estado de avance de la investigación

En la reseña que se presenta, se describe el estado de avance de la tesis de maestría, correspondiente a la primera etapa del proceso de investigación diseñado para alcanzar los objetivos generales y específicos planteados.

Metodología de investigación

El estudio se basó en el análisis de la resolución de dos situaciones problemáticas por alumnos del primer nivel de Física de las carreras Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica. Los datos se registraron durante el primer semestre de 2012 en la cátedra Física Mecánica.
La asignatura es anual y con cursado simultáneo de las asignaturas Álgebra y Análisis Matemático, circunstancia que en algunos puntos de interés actuó como factor limitante.

En esta primera etapa, el propósito del estudio se centró en el empleo de la *Teoría de los Campos Conceptuales* para examinar el conocimiento y conceptualización inicial en el campo conceptual de la Mecánica clásica, especialmente en la temática *Dinámica del cuerpo rígido*, en la muestra de estudiantes participantes, al inicio del curso de *Física Mecánica*. Se ha contado con la base de investigaciones efectuadas por Escudero y Jaime (1998 – 2002 – 2007) en una temática similar como punto de partida para el análisis de significados introducidos por los estudiantes y que pueden considerarse como invariantes operatorios.

La finalidad última en esta etapa es comprender y explicar las representaciones simbólicas que les ayudan a una comprensión de los significados de los conceptos tales como: *masa inercial*, *inercia rotacional*; *inercia rotacional respecto al eje instantáneo de rotación* (IEIR), *inercia rotacional respecto a un eje que pasa por el centro de ma*sa (ICM); *fuerzas*, *energías*; *velocidad angular de spin*, *velocidad angular orbital*; *energía potencial del sistema*, *variación de energía potencial del sistema*; *fuerza* y *trabajo*, pertenecientes al campo conceptual antes mencionado (Moreira, 2002; Greca y Moreira, 2002). Por este motivo los objetivos propuestos para esta parte del estudio fueron los siguientes:

a) Determinar los niveles de comprensión previa de los conceptos aludidos.
b) Establecer relaciones entre la estructura de este concepto científico y el nivel de desarrollo conceptual de los participantes.

Muestra

Se trabajó con dos comisiones de alumnos de Física Mecánica de primer año, que se hallan cursando las carreras de ingeniería Civil y Mecánica respectivamente, en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. Usualmente las comisiones cuentan con 40 alumnos, la selección de la muestra se ha hecho al azar, tomando una población de 20 estudiantes por comisión, heterogénea en relación con los conocimientos previos y a los hábitos de estudio. La distribución por género resulta: 29 hombres y 11 mujeres, con edades entre 17 y 20 años. La asignatura se ubica en el primer nivel del Plan de Estudios de ambas carreras. La población seleccionada proviene de diversas escuelas de nuestro medio y regiones vecinas.

Materiales e instrumentos

Según lo descripto por Vergnaud en su TCC, para obtener datos en el sentido descrito en la fundamentación teórica se usó un cuestionario ad-hoc (Llancaqueo et al., 2007; Llancaqueo et al., 2009), con el fin de recabar información que permitiera estudiar y analizar el proceso de conceptualización del campo conceptual de los conceptos *masa inercial (MI)*, *inercia rotacional(IR)*; *inercia rotacional respecto al eje instantáneo de rotación* (IEIR), *inercia rotacional respecto a un eje que pasa por el centro de ma*sa (ICM); *fuerzas*, *energías*; *velocidad angular de spin*, *velocidad angular orbital*; *energía potencial del sistema*, *variación de energía potencial del sistema*; *fuerza* y *trabajo*.Se diseñaron y seleccionaron situaciones de tareas y problemas de lápiz y papel y se construyeron cuatro instrumentos. Dos de ellos refieren a encuestas y los dos restantes a pruebas parciales.

Se ha analizado la resolución escrita de dos problemas de dinámica del cuerpo rígido, uno de los cuales se incluyó en la prueba parcial.

El curso se estructuró básicamente a través de clases teóricas y abundante resolución de problemas de lápiz y papel, con fuerte énfasis en esta interrelación. En la propuesta didáctica se destacó la instrucción en métodos de resolución fundamentados en su marco teórico. El problema exigió la integración de varias temáticas: cinemática y dinámica del movimiento circular, energía mecánica y su conservación, rodadura sin deslizamiento y distintas restricciones al movimiento. La relevancia del contenido en cuanto a sus relaciones es crucial, en ese sentido se dice que se trata de una situación integrativa parcialmente nueva.

El "habla" se ha utilizado para detectar inconsistencias, infiriendo sus significados aprendidos (o no). Se puede recuperar el sentido, siguiendo a Vergnaud (1990: 158), como la relación del sujeto con las situaciones y los significantes.

Este punto no es menor. Diferentes autores coinciden en manifestar que las expresiones algebraicas son tan abstractas que sus significados son frecuentemente "fugaces", contribuyendo a la transferencia y a la interpretación erróneas.

Análisis de los datos

Los datos se analizaron de acuerdo a procedimientos, usados anteriormente en otras investigaciones de aprendizaje de conceptos de física (Llancaqueo et al., 2003). Se asignó una puntuación al desempeño en cada ítem de acuerdo al uso de atributos, operaciones y propiedades de los conceptos. Para el análisis de la comprensión de significados se evaluaron las respuestas usando una escala de 0 a 4, que jerarquiza los significados. Así, 0 se asigna a *no contesta*; 1 *en desacuerdo con significados*, hasta el valor 4 que representa *en acuerdo con los significados* científicos de los conceptos. En este trabajo, se presentan y discuten resultados generales del estudio realizado.
Para realizar el análisis cualitativo de los datos recogidos, estos han sido codificados dando origen a cinco categorías de análisis e interpretación. Estas categorías son: Clasificación (CL); Expresión Escrita (EE); Representación (RP); Operación (OP) y Resolución (RS). El propósito de las categorías es caracterizar las relaciones de conocimiento entre la realidad de las situaciones y las respuestas (acción operatoria) de los estudiantes.

Para identificar grados de compresión de significados científicos, se definieron cuatro niveles de comprensión. Nivel 1: *Incomprensión*, Nivel 2: *Comprensión rudimentaria*, Nivel 3: *Comprensión parcial* y Nivel 4: *Comprensión*. Con este fin, se analizaron los puntajes de cada estudiante y normalizaron según una nueva escala de 0 a 1. Así, un estudiante en el rango 1,00 a 0,75, estaría en el nivel de *compresión;* entre 0,74 a 0,50 en *comprensión parcial*; entre 0,49 a 0,25 en *comprensión rudimentaria* y menor a 0,25 en *incomprensión* de significados.

Las respuestas de los participantes se analizaron cualitativamente y se agruparon en 25 ítems, distribuidos en las cinco categorías definidas anteriormente: Clasificación (CL) 7 ítems; Expresión Escrita (EE) 7 ítems; Representación (RP) 5 ítems; Operación (OP) 3 ítems y Resolución (RS) 3 ítems. Luego, se asignó a cada estudiante una puntuación de acuerdo a la concordancia de sus respuestas con los significados científicos de los conceptos medidos. Se otorgó una puntuación de 1,0 a las respuestas *totalmente correctas,* de 0,5 a las respuestas *parcialmente correctas* y 0 a las *incorrectas.* La puntuación máxima posible fue de 25.

Los ítems empleados incluyen: clasificación y explicación de magnitudes escalares y vectoriales; representación y operación de vectores con flechas y por componentes; resolución de problemas de álgebra vectorial; representación de función por ecuación y por gráfico; resolución de problema de cinemática; movimiento de cuerpos en interacción; fuerza centrípeta; condición de mínimo; m*ovimiento de rodadura con "restricciones" nulas o indeterminadas; movimiento de rodadura con elementos aislados; movimiento de rodadura con "restricciones" físicamente imposibles; movimiento de rodadura con "restricciones" incipientes del movimiento físico; movimiento de rodadura con "restricciones" diferenciadas del movimiento físico.*

Análisis de resultados

Hasta el momento, se ha cumplimentado con una primera parte de la investigación, por lo que se ha administrado una encuesta y una de las instancias de evaluación, en sesiones grupales de 120 minutos y 60 minutos respectivamente.

Las respuestas analizadas se han referido al modelo de cuerpo rígido (CR) implementado por los estudiantes y la representación de la situación física, pudiéndose reconocer en algunos casos, escasa integración del modelo de CR; débil integración del modelo de CR; identificación "rudimentaria" de la conservación de la energía mecánica; empleo confuso de las velocidades lineal y angular y su interrelación; apropiación adecuada de los conceptos y su aplicación a las situaciones planteadas.

Comentarios generales

A la presente, se está efectuando el procesamiento de la información recabada, debiéndose comenzar con la segunda etapa de la investigación, es decir la elaboración de la propuesta didáctica que oriente en la comprensión de significados, utilizando como herramienta la resolución de situaciones problemáticas nuevas y parcialmente nuevas. Al decir de Escudero y Jaime, aprender es adquirir información utilizable a modo de instrumental conceptual que facilite dicha resolución de problemas. En este estudio el constructo de conocimiento-en-acción ha sido central para comprender cómo la resolución de problemas tiene sus bases en una representación conceptual o cuasi-conceptual de la realidad y cómo habilita el análisis de los procedimientos, sobre todo, en términos físicos.

Los hallazgos proponen un aspecto interesante a seguir, basado en la riqueza conceptual del análisis y del razonamiento de los estudiantes, en lo que atañe a la identificación y significación de la dependencia e independencia de compleja y profusa información.

Intentaremos ofrecer a los estudiantes una herramienta que les permita desarrollar su capacidad de generar soluciones e incrementar la comprensión de conceptos, mediante una adecuada puesta en escena de ciertas representaciones a la luz de la TCC.

LA COMPRENSIÓN DE PROBLEMAS DE DINÁMICA ROTACIONAL DE UN CUERPO RÍGIDO EN ESTUDIANTES DE CARRERAS DE INGENIERÍA.

Autor: Ing. Esp. Carlos José Suárez **Directora:** Dra. Gloria E. Alzugaray

Maestría en Docencia Universitaria – FHUC - UNL

RESUMEN

La resolución de problemas es una clave para evaluar el alcance en la comprensión de los conceptos de una disciplina. En este estudio, basado en el análisis del proceso de resolución por alumnos de primer año de carreras ingeniería, se buscan señales de la presencia de conocimientos-en-acción, concepto acuñado por Gérard Vergnaud en la teoría de los campos conceptuales. La diversidad de los procesos desarrollados permitió la elaboración de cinco categorías con las que se intenta explicar cuáles son las representaciones mentales que construyen.

OBJETIVOS

- Investigar en las prácticas docentes, buscando en las mismas las actividades y acciones en pro de la comprensión de los problemas y su resolución y en particular los de dinámica rotacional.
- Estudiar cómo impactaría en el desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas de dinámica rotacional, una nueva propuesta didáctica que haga hincapié en la comprensión.

MUESTRA

Se trabajó con dos comisiones de alumnos de Física Mecánica de primer año, que se hallan cursando ingeniería en la U.T.N. – F.R.S.F. La selección se efectuó al azar, tomando una población de 20 estudiantes por comisión, heterogénea en relación con los conocimientos previos y a los hábitos de estudio. La distribución por género resultó: 29 hombres y 11 mujeres, con edades entre 17 y 20 años. La asignatura se ubica en el primer nivel del Plan de Estudios de ambas carreras. La población seleccionada proviene de diversas escuelas de nuestro medio y regiones

MATERIALES E INSTRUMENTOS

Según lo descripto por Vergnaud en su TCC, para obtener datos en el sentido descrito en la fundamentación teórica se usó un cuestionario ad-hoc (Llancaqueo et al., 2007; 2009), con el fin de recabar información que permitiera estudiar y analizar el proceso de conceptualización del campo conceptual de los conceptos *masa inercial (MI), inercia rotacional(IR); velocidad angular; energía potencial del sistema, variación de energía potencial del sistema; fuerza y trabajo.*

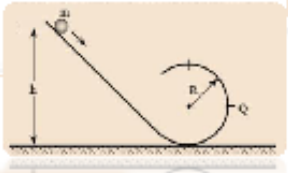
Se diseñaron y seleccionaron situaciones de tareas y problemas de lápiz y papel y se construyeron cuatro instrumentos. Dos de ellos refieren a encuestas y los dos restantes a pruebas parciales.

Se ha analizado la resolución escrita de dos problemas de dinámica del cuerpo rígido, uno de los cuales se incluyó en la prueba parcial.

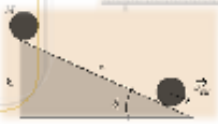
PROBLEMAS PROPUESTOS

Una esfera sólida pequeña de masa "m" y radio "r" rueda sin deslizamiento a lo largo de la pista recta que evoluciona en curva que se muestra en la figura, habiendo sido liberada desde el reposo en algún punto de la sección recta de la pista.

a. ¿Desde qué altura mínima desde el fondo de la pista deberá soltarse la esfera con el fin de que se quede en la pista en la parte superior de la zona curva?
b. Si la esfera se suelta desde una altura de 6R medida desde el fondo de la pista, ¿cuál es la componente horizontal de la fuerza que actúa sobre ella en el punto Q?



Emplee la conservación de la energía para describir el movimiento de un cuerpo rígido de masa M que rueda por un plano inclinado cierto ángulo θ, sin despreciar el rozamiento con la superficie del plano.



COMENTARIOS GENERALES

A la presente, se está efectuando el procesamiento de la información recabada, debiéndose comenzar con la segunda etapa de la investigación, es decir la elaboración de la propuesta didáctica que oriente en la comprensión de significados. Al decir de Escudero y Jaime, aprender es adquirir información utilizable a modo de instrumental conceptual que facilite dicha resolución de problemas. En este estudio el constructo de conocimiento-en-acción ha sido central para comprender cómo la resolución de problemas tiene sus bases en una representación conceptual o cuasi-conceptual de la realidad y cómo habilita el análisis de los procedimientos, sobre todo, en términos físicos.

CONFERENCIA

DR. RICARDO GÓMEZ

LA DIMENSIÓN VALORATIVA DE LAS CIENCIAS

Ricardo J. Gómez

California State University, Los Angeles

Los filósofos, desde siempre, han enfatizado que en filosofía las preguntas son más importantes que las respuestas .Esto se pone de relieve con renovado vigor en la filosofía contemporánea de las ciencias pues en ella se han introducido cambios importantísimos caracterizados principalmente por cambios decisivos en las preguntas que se pretende contestar. Así desaparecen, por ejemplo desde 1960, viejas y cruciales preguntas acerca de la estructura, contenido y método de las ciencias y cobran renovado vigor cuestiones acerca del objetivo, progreso y racionalidad de las ciencias. Justamente la desaparición de unas y el renovado énfasis en las últimas dando lugar a nuevas y heterodoxas respuestas permite distinguir entre concepciones standard (positivismo lógico y popperianismo) y no standard (como las de Kuhn y Feyerabend, entre otras) de las ciencias.

Sin embargo, creemos que un cambio más que crucial es el que ha acaecido en los últimos veinte años, aunque estaba preanunciado por ciertos problemas y posturas de figuras como Carnap, Neurath, Hempel, Kuhn y Feyerabend. Dicho cambio es acerca de la relación entre ciencia y valores.

Puede afirmarse que la pregunta acerca de tal relación no es nueva, pero las respuestas son las que han cambiado radicalmente.

Una de las posturas más comunes, tanto que se la puede llamar 'clásica u ortodoxa' es afirmar

que "la ciencia es valorativamente neutra y lo es porque si no fuera así no sería objetiva". Cualquiera se plantea inmediatamente como puede afirmarse la no presencia de valores en la ciencia, cuando es obvio que desde el planteo mismo acerca de cuáles problemas se van a intentar resolver y/o cuáles aplicaciones han de priorizarse, intervienen intereses, algunas veces conflictivos, los que dan lugar a preferencias las cuales se adoptan en función de determinados valores, no sólo internos a la actividad científica misma o epistémicos (como verdad, simplicidad, capacidad predictiva) sino también obviamente externos o no epistémicos (como valores económicos, políticos y sociales) .

Sin embargo, la disputa cobra sentido y relevancia cuando se recuerda que la actividad científica es compleja. Una dimensión de dicha complejidad está dada por la distinción entre contextos de descubrimiento, prosecución, justificación y aplicación. Nadie niega la presencia de valores de todo tipo en los contextos de descubrimiento (¿qué buscamos descubrir? ¿por qué nos interesa investigar el mal de Chagas y descubrir una cura del mismo en vez de investigar cómo enviar un argentino a Marte?) , prosecución (¿por qué nos interesa seguir investigando en una cierta área en vez de en otra o dentro de una teoría en lugar de en otra?) y aplicación (¿por qué preferimos aplicar determinados resultados de la investigación en vez de otros?).

Hacia el reconocimiento de la presencia de valores en la actividad científica

El gran debate acerca de la neutralidad valorativa de las ciencias tiene lugar en el contexto de justificación. Aquí nos preguntamos por qué aceptamos/rechazamos una determinada hipótesis o teoría. La respuesta tradicional y dominante (especialmente por parte de científicos y filósofos empiristas de las ciencias) es "por buena lógica y evidencia empírica".

Más claramente: para aceptar/rechazar una hipótesis o teoría justificadamente (por buenas razones) debe sometérsela a testeo empírico el cual consiste en (a) derivar consecuencias observacionales de la hipótesis o teoría , las cuales constituyen su evidencia empírica y establecer según ello, si se la acepta o rechaza. Para esto último basta establecer mediante la lógica inductiva (en el caso de los positivistas lógicos) la probabilidad de que la hipótesis sea verdadera de acuerdo a dicha evidencia empírica, lo cual nos provee de un número real entre 0 y 1 al que llaman "grado de confirmación" de la hipótesis de acuerdo a dicha evidencia. Popper y sus acólitos hablan de que basta la lógica deductiva para establecer el grado en que la hipóteis resiste a los intentos del científico de refutarla. Se obtiene así un número real entre 0 y 1 al que llaman "grado de corroboración".

Es fundamental reiterar que lo más importante es que para ambos, positivistas y popperianos, tal número entre 0 y 1 obtenido relacionando la evidencia empírica a la hipótesis o teoría correspondiente es necesario para decidir por la aceptación o el rechazo de la hipótesis o teoría.

Pero, ¿es suficiente? Es allí donde hay al menos tres respuestas distintas:

(a) Empiristas, en general, dan una respuesta afirmativa: Sí, bastan.

(b) Los positivistas lógicos del ala izquierda del Círculo de Viena (Carnap, Neurath y Frank) sostienen que esas dos razones (buena lógica y evidencia empírica) no bastan. El número real entre 0 y 1 que mide la probabilidad de que la hipótesis o teoría sea verdadera de acuerdo a la evidencia empírica no es suficiente (una hipótesis con un grado de confirmación de 0,8 en biología o teoría de los viajes espaciales puede ser aceptada en un caso –el de la biología si es acerca de la probabilidad de que una droga cure el cáncer- pero no en la de los viajes espaciales –si el costo de los mismos exceden todos los límites del presupuesto económico). Se necesitan "motivos auxiliares"(Neurath) o "elementos volicionales"(Carnap) como "el interés primigenio en la preservación de la vida humana " o "no exasperar al público dedicando fondos para alcanzar objetivos no considerados supremos en un determinado grupo social". Es por eso que Frank afirma que "hay una variedad de razones –no reducibles a buena lógica y evidencia empírica para aceptar teorías científicas entre las que intervienen por supuesto la lógica y evidencia empírica pero donde la historia muestra que es necesario agregar la consistencia con otras teoría de la época, la concepción del mundo y de la vida de un determinado momento (como en el caso de la disputa entre Galileo y la Iglesia acerca de la aceptación del sistema heliocéntrico o entre científicos y simpatizantes del nuevo creacionismo acerca del origen y desarrollo del universo y las especies naturales). Pero, es imprescindible resaltar que ni Carnap, ni Neurath ni Frank hablaron de valores al referirse al plus imprescindible a agregar a la evidencia empírica para decidir por la aceptación/rechazo de una hipótesis y teoría.

En verdad, Carnap lo hizo al final de su vida. Pero de una manera muy especial. Todo empirista evita hablar de valores porque ellos aceptan la vieja dicotomía del empirismo británico sacralizada por la distinción humeana entre juicios de hecho, los cuales son, según ellos, objetivos, y los juicios de valor, los cuales son irredimiblemente subjetivos. Pero, para salvaguardar la innegociable objetividad de las ciencias era imprescindible evitar la presencia de cualquier juicio de valor en ellas. Carnap estaba de acuerdo con todo ello. Sin embargo, introdujo otra distinción: entre juicios absolutos de valor y juicios condicionales de valor. Estos últimos (como "la aspirina es buena para paliar el dolor de cabeza" son siempre juicios medios-fines y establecen la funcionalidad del medio como condición para alcanzar un fin. Por lo tanto pueden ser elucidados empíricamente, en particular por una ciencia como la psicología entendida como ciencia de la conducta humana. Es decir que, en última instancia. estos juicios condicionales de valor son discutibles y decidibles por la ciencia empírica. Los juicios involucrando elementos volitivos y motivos auxiliares son de tal tipo (pues son en última instancia juicios de preferencia o utilidad). Por lo tanto, no habría intromisión de juicios subjetivos, y quedaría salvada la objetividad científica. Obviamente, los juicios absolutos de valor (como "Dios es perfecto" o "la madre Teresa es buena") al no ser de medios-fines no son elucidables empíricamente y permanecen como ineludiblemente subjetivos y, por ende, fuera del ámbito científico.

(c) Esta es la respuesta más importante que constituye una ruptura cualitativa con el pasado: No basta. Siempre es necesario tomar en cuenta además de la lógica y evidencia empírica valores epistémicos y no epistémicos.

Usualmente, hablar de las ciencias era hablar de "las teorías científicas" o sea del producto final de una larga, compleja y multidimensional actividad llevada a cabo por seres humanos para alcanzar determinados objetivos (al menos el de resolver determinados problemas contestando a determinadas preguntas). La discusión anterior es importante porque muestra que incluso reduciendo el concepto de ciencia al de teoría científica, los juicios de valor –salva la dicotomía humeana discutida brevemente- intervienen en el contexto de justificación y no todos son epistémicos (¿o el valor de la vida humana o el de la correcta distribución de los fondos de acuerdo a un grupo social no son ejemplos paradigmáticos de valores externos, contextuales o sea no epistémicos?).

La concepción no standard de las ciencias iniciada por Kuhn en 1962 con "La estructura de las revoluciones científicas" (el libro del área más importante del siglo XX de acuerdo a Hilary Putnam) gira la mirada hacia la actividad científica llevada a cabo por un sujeto no individual sino por la comunidad científica regida por una nueva unidad metodológica, los paradigmas quienes entre sus ingredientes contienen valores epistémicos como verdad rigurosa y exacta (*accuracy*), simplicidad, predictividad, consistencia: y amplitud abarcadora. Pero, al decir de Kuhn estos standards funcionan "no como criterios sino como valores" lo cual significa que cada grupo científico los evalúa, es decir los jerarquiza de distinta manera. Por ejemplo, para Newton y los newtonianos la verdad precisa y rigurosa y la predictividad estaban al tope, mientras que para Einstein el valor supremo era la simplicidad.

Luego, es innegable la presencia de valores no epistémicos, contextuales incluso autobiográficos en la tarea de elegir entre hipótesis y teorías. Este es uno de los aportes decisivos de ruptura con la tradición standard. Obsérvese, además, que la noción de paradigma atraviesa la división entre contextos porque la actividad científica normal es actividad de solución de problemas y en ello intervienen cuestiones de todo tipo y contexto. Ya podemos afirmar la presencia de valores no epistémicos, contextuales en las ciencias sea cual sea la unidad metodológica de análisis y el contexto.

Esta ruptura con la tradición acerca de la presencia de valores contextuales se fue profundizando y expandiendo de manera más explícita. El ejemplo más obvio y representativo de tal ruptura coincide con la introducción del cisma más profundo y relevante con la unidad metodológica de análisis presente en la propuesta de Ph. Kitcher al introducir la noción de "práctica científica".

Kitcher distingue entre "práctica individual y práctica consensuada". Ambas son "una entidad multidimensional cuyos componentes son los siguientes:

1. El lenguaje que el científico usa en su trabajo profesional.
2. Las preguntas que identifica como los problemas significativos del área.
3. Los enunciados (diagramas, representaciones gráficas) que acepta acerca del tema elegido dentro del área.
4. El conjunto de esquemas que subyacen a los textos que el científico consideraría como explicativos.
5. Los ejemplos standard de informantes creíbles más los criterios de credibilidad que el científico usa al evaluar las fuentes potenciales de información relevantes a la temática.
6. Los paradigmas de observación y experimentación, junto con los instrumentos y herramientas que el científico considera confiables , así como sus criterios de experimentación, observación y confiabilidad de los instrumentos.
7. Ejemplares de razonamiento correcto (e incorrecto) junto a los criterios para aceptar los enunciados propuestos (la metodología del científico)." (1993, 74)

Es obvia la mayor multi-dimensionalidad y complejidad de esta nueva unidad de análisis. Por ejemplo, en las versiones empiristas del conocimiento científico, sólo 1,3,4 y 7 son tomados en consideración, mientras que explícitamente la teoría o unidad de análisis está constituida por 3 y las consideraciones metodológicas por 7. Es aún más obvio que cada uno de estos siete componentes involucran la presencia y uso ineludible de valores contextuales Dado un objetivo o verdad que se exige como objetivo por su relevancia en un determinado contexto, se adopta un determinado vocabulario en el cual sus expresiones deben ser fieles a los intereses y preferencias de los científicos en relación a la consecución de dicho objetivo. Kitcher propone que las categorías a utilizar organizan la naturaleza de acuerdo a nuestros intereses pasados que determinan nuestros intereses en el presente. Además, la verdad fundamentalmente es relevante para un grupo determinado en tanto es acerca de un cierto problema presentado como la pregunta significativa fundamental que da lugar y es subsidiaria de otras preguntas significativas. Kitcher enfatiza al respecto, que puede hablarse de significatividad epistémica y significatividad práctica, pero nunca puede caracterizarse la primera sin tomar en cuenta valores no epistémicos. Para Kitcher, a su vez, los esquemas explicativos constituyen el ingrediente más importante de las prácticas individuales y de las que se obtienen por consenso entre los científicos que discuten interactivamente sus prácticas individuales. Dichos esquemas explicativos permiten guiar la tarea para responder a la pregunta crucial, ¿por qué? Hay aquí una dependencia de los estilos explicaativos elegidos y del tipo de problema elegido como significativo respecto de determinados valores entre los cuales nunca faltan los propios del contextuo eventual de investigación. Hay que destacar de (5) que en el modo en que lo propone Kitcher enfatiza en qué consiste usualmente la tan mentada evidencia empírica. Poquísimas veces consiste en los resultados de la propia tarea teórico-experimental del investigador, sino que usualmente este la toma de la información confiable. Es esta confiabilidad la que toma en cuenta el prestigio, honestidad y pertinencia de la tarea de los investigadores de los que toma la información la que inclina al científico a aceptar cierta información "utilizable" como evidencia empírica objetiva. El carácter conceptual-experimental o teórico-práctico de la investigación salta a la vista en (6). La palabra clave es "confiabilidad" pues remite a ¿en quién? , "¿por qué?" y "¿para qué?" cuyas respuestas apuntan a preferencias basadas en criterios valorativos contextuales, porque pueden variar de problema a problema, de temática a temática, de condiciones de todo tipo que permean la investigación y de circunstancia histórica a circunstancia histórica,. Finalmente, la dimensión metodológica de una práctica mentada en (7) explicita la necesidad de criterios para evaluar los enunciados, la cual en Kitcher, como en pocos, siempre involucra la presencia de valores contextuales. Esta es la dimensión de una práctica científica especialmente discutida por el empirismo y ya vimos que incluso en el mismo (Carnap, Neurath, Frank) había reconocimiento de factores extra-lógicos y de evidencia empírica.

En los siete componentes de una práctica los valores epistémicos presentes están relacionados y balanceados por intereses prácticos. Por ejemplo, el interés en resolver un problema puede interferir con el bienestar de algún grupo de la sociedad.

En torno al mito de la necesidad de la libertad de la investigación científica

Todo conduce a afirmar que, estrictamente hablando, no hay investigación libre o pura, en el sentido de investigación independiente de valores de todo tipo, especialmente contextuales.

Ello refleja la historicidad de las ciencias (ética, económica, política, social) y el carácter mítico de la pureza pues no hay una a-histórica significatividad epistémica. Además, el abandono de tal mito invita, junto a Mill, a considerar la conveniencia de restricciones en toda investigación científica pues, al llevar a cabo una investigación sin restricciones podemos interferir con la libertad de otros miembros de la sociedad. Más claramente: Kitcher cree que el derecho a la investigación libre no es más fundamental que el derecho de aquellos que sufren a ser protegidos respecto de investigaciones que refuercen los prototipos (por ejemplo, que la raza negra es inherentemente inferior). Mill es otra ve quien lo inspira a afirmar que la libertad de la investigación no es siempre buena o irrenunciable. Debe aclararse que Kitcher no propone ni defiende tipo alguno de censura pública sino que debe ser un "imperativo moral" para cada científico el calibrar las consecuencias morales de su investigación.

Todo ello ha de colaborar a democratizar la investigación para que sea consistente con la democracia en la sociedad algo que Kitcher valora como algo preferible a cualquier otra alternativa.

Ciencia valores y objetividad

La presencia de valores es ineludible porque los científicos hacen elecciones de acuerdo a sus preferencias, las cuales suponen valores entre los que se elige. Dichas elecciones implican siempre la posibilidad de cometer errores, los que para sopesarlos, requiere asignar valores a sus consecuencias. En todo ello, siempre hay incerteza y riesgo. Siempre se menciona que hay dos tipos de errores relacionados con la incerteza y los riesgos de la investigación . Los errores de tipo 1 son los que ocurren cuando se rechaza una hipótesis verdadera, y los de tipo 2 cuando se acepta una hipótesis falsa. En la investigación aplicada y relevante para el público en general se prefiere correr el riesgo de cometer errores de tipo 1 (rechazar una hipótesis verdadera), mientras que en la investigación previa a sus aplicaciones se prefiere correr el riesgo de cometer errores de tipo 2 (aceptar una hipótesis falsa). Entre los valores que intervienen en estas decisiones hay siempre valores no epistémicos que están enraizados profundamente en los intereses o metas más amplios de la comunidad. Todos ellos son contingentes, susceptibles de cambio y, por ende, variables históricamente.

Es común afirmar que en dichas elecciones, la decisión correspondiente depende de la evidencia empírica. Lo que sucede es que los valores no epistémicos siempre forman parte de la misma, pues todo enunciado descriptivo está preñado por términos con componente valorativo, al depender de lo que se quiere decir, a quiénes, etc. El lenguaje, incluyendo el de la evidencia empírica es un lenguaje híbrido de descripción y evaluación.

Además en la argumentación para testear una hipótesis y teoría usando dicha evidencia empírica, se realizan inferencias que permitan distinguir entre "tests buenos" y "tests malos", "explicaciones adecuadas e inadecuadas", calificativos que presuponen siempre la dimensión valorativa relativa a temática, objetivos, preguntas significativas, material instrumental-experimental, en donde, como señaló Kitcher, no existe la influencia de lo puramente epistémico.

No debe olvidarse en este contexto de la discusión la validez de la tesis pragmatista de que "todo juicio de hecho presupone juicios de valor"como, por ejemplo, en la adopción de un determinado vocabulario o como es obvio que sucede en los supuestos asumidos en los principios de una teoría científica (la economía neoliberal es un mega-caso paradigmático de ello), y, conversamente de que "todo juicios de valor presuponen juicios de hecho". Es decir que, por ejemplo, lo factual puede apoyar a juicios de valor. Un enunciado considerado verdadero como "la droga es segura" es evidencia empírica del enunciado "hay buenas noticias para los pacientes".

Por lo tanto, los juicios de hecho y de valor no ocupan esferas distintas. Están integrados en la misma red de creencias. En las reconstrucciones llamadas paradójicamente racionales del conocimiento científico, al exigirse la sistematización deductiva de los enunciados en las teorías, se han dejado de lado los juicios de valor. De ahí el carácter revelador que tiene la adopción de otras unidades de análisis como los paradigmas o las prácticas científicas. Ahora queda claro que mientras que en el caso de las teorías los juicios de valor aparecen en el momento de la decisión acerca de aceptar o rechazar según la evidencia empírica, en las de práctica científica aparece en todos los momentos de la misma incluyendo el de la justificación de la aceptación o rechazo de los enunciaos.

Hay ciertas preguntas claves que debemos responder para evitar malentendidos y ser los más claros posible.

(a) ¿Es siempre bienvenida la presencia de valores no epistémicos? No lo es sólo si dichos valores obstruyen u ocultan el logro de la verdad. Influencian positivamente la investigación sin entrar en conflicto con los valores epistémicos sólo si estos no determinan completamente los resultado del testeo empírico (las recomendaciones de Carnap y Neurath para el uso de valores contextuales es un caso particular de ello). Obviamente, nunca se debe tolerar que el uso de valores no epistémicos involucre la violación de valores epistémicos.

(b) ¿Cuándo es legítimo el uso de valores no epistémicos? La respuesta viene dada por el siguiente criterio de legitimidad: Los valores no epistémicos no deben operar para dirigir la investigación a resultados pre-determinados. Dichos valores deben guiar la investigación de manera tendenciosa o sesgada. La violación de este criterio es la tragedia del lysenkoismo, al que por supuesto, nuestra propuesta condena por violar el requisito del uso legítimo de los valores no-epistémicos.

(c) ¿Es positiva o dañina la presencia de valores no epistémicos para el ideal de la buena ciencia? La no presencia sería mala para la ciencia porque ocultaría algo que actualmente está presente; además, la toma de conciencia de cuáles son los valores intervinientes permite una mejor visión de los desacuerdos, una resolución más rápida de ellos, cuya explicitación permitiría que el público tenga más claro cuáles deben ser los valores a respetar ante un problema relacionado con la investigación científica o con su uso en las políticas públicas.

(d) ¿Cuáles valores hacen avanzar la ciencia? La respuesta depende del contexto y para responderla en cada caso se requerirá de la investigación empírica.

Debe ahora quedar claro que la presencia de valores en la investigación científica no atenta contra la objetividad de la misma. Es decir, debe atacarse la nefasta identificación de dicha objetividad con la neutralidad valorativa, o más precisamente con la inexistencia de valores no epistémicos.

En última instancia, lo que sucede es que es históricamente falso y cognitivamente reducidor limitar tendenciosamente la noción de objetividad asimilándola a la de libertad valorativa. Hubo y hay diversos usos de los propios científicos de la expresión "objetividad". Por ejemplo, en algunos casos se afirma tal noción a los objetos o hechos cuando se afirma que es objetivo porque se arriba al mismo por distintos modos, en otros casos se predica objetivo de un cierto conocimiento cuando se identifica "objetivo" con "impersonal" o "desinteresado" requiriendo ahora, para que un conocimiento sea objetivo que se obtenga o justifique sin usar valores del individuo o grupo en el teteo empírico. En otros casos, también refiriéndose a una propiedad de los objetos, cuando se afirman que ellos existen realmente independientemente de los sujetos que investigan, y, por si esto fuera poco, se habla también en sentido objetual-factual cuando objetivo se asimila a "públicamente accesible" (Lloyd). Estos sentidos y usos no son equivalentes. En un caso determinado, puede ser aplicable alguno de dichos sentidos y no otros. Mi conciencia, por ejemplo, es objetiva –en el sentido de existiendo realmente- pero no lo es –en el sentido de ser públicamente accesible.

El sentido más importante y más usado hoy es aquel en que "objetivo" es caracterizado como "acuerdo o consenso alcanzado por la discusión crítica interactiva".

Por lo tanto, no se puede reducir lo que existe a aquello a lo que se arriba objetivamente, identificándose ello con el uso del método apropiado de modo impersonal, desinteresado. Hacer ello, fue algo aceptado por la tiranía de una única versión oficial del conocimiento científico y de la investigación conducente al mismo que hoy está en crisis y debe ser abandonada, por dejar de lado toda intervención de los sujetos investigadores en la actividad científica así como las consideraciones sociales de todo tipo que entran en juego en la investigación. Otra vez, la excusa es el respeto a la racionalidad-objetividad científica ahora más claramente que nunca identificada de modo parasitario respecto de las dicotomías racional-social, objetividad-carga valorativa. Hemos visto ahora que esta segunda dicotomía es falsa ya por el hecho de que incluso y principalmente los científicos usan la palabra "objetividad" sin reducirla necesariamente a "libertad valorativa".

Nadie como Helen Longino caracterizó a la objetividad científica de modo más coherente con nuestra posición. Para ella, la objetividad está caracterizada por el carácter social de la investigación porque el mismo hace posible chequear, cuando es necesario, los posibles sesgamientos personales de la investigación permitiendo, dado el caso, bloquear la influencia de preferencias subjetivas, condición *sine qua non* de la objetividad científica. Para ello, nada mejor que la discusión crítica interactiva de la cual no queda excluida la discusión acerca de valores.

No extraña pues que Longino afirme que el conocimiento es objetivo si se obtiene por discusión crítica interactiva, el método es objetivo en la medida en que permite tal criticismo, la comunidad es objetiva si satisface las siguientes condiciones: (i) si dispone de estructura institucional para permitir y facilitar tal discusión –como revistas especializadas, asociaciones, etc., (ii) asi como de standards compartidos de crítica, (iii) requiere que se responda a toda critica, y (iv) la autoridad intelectual sea compartida igualitariamente. Finalmente, los individuos son objetivos si participan activamente en el toma y daca de la discusión crítica.

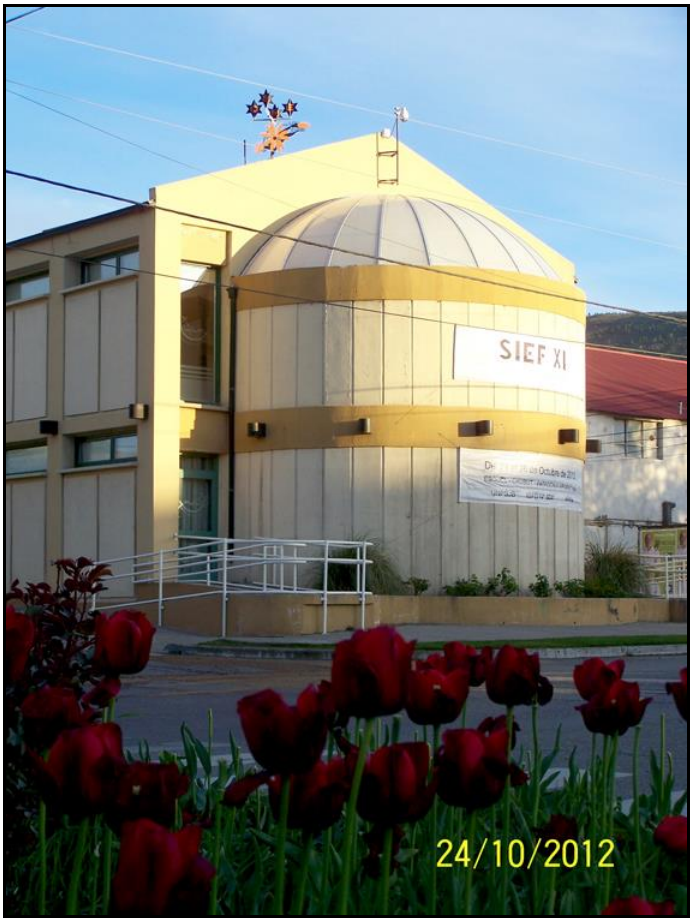
Esta muy rica caracterización implica que, según Longino, la objetividad sea una cuestión de grado y que cuanto mayor la cantidad de puntos de vista participando de la discusión crítica, mayor la objetividad.

Más importante aún es remarcar que su postura evita la dicotomía racional-social, porque la objetividad exige participación social en la que el proceder sea en términos de las mejores razones; ni las normas de inferencia quedan en principio fuera del contexto social.

En consecuencia, la presencia de valores contextuales propios de cada entorno social no atenta ni contra la objetividad ni contra la racionalidad, sino que la enriquecen, haciendo explícita la dimensión práctica de las mismas. En tanto hay presencia ineludible de valores contextuales, la razón y objetividad científica no son sólo teóricas sino necesariamente práctico-evaluativas. Hay que enfatizar aquí la importancia de la racionalidad de fines, por ejemplo, para establecer si lo que se desea es realmente deseable, lo que se prefiere, preferible, etc. Es decir que la racionalidad no es sólo racionalidad instrumental de medios a fines, sino también y crucialmente racionalidad de los fines. Al respecto, los fines deben ser apropiados, y los medios “adecuados” para alcanzarlos. Los fines están ligados a intereses y estos son válidos si pueden estar subordinados a los intereses generales de la gente (como salud, recursos de calidad de vida, conocimiento, información, libertad operativa). Todos ellos deben ser funcionales a un fin último irrenunciable: la reproducción de la vida en plenitud. Sólo así conseguiremos aproximarnos a lo que Aristóteles llamó “florecimiento humano”.

Sin duda, ahora podemos concluir con Robert Nozick que “la ciencia es objetiva por los valores de que está infusa”.

FOTOS



SIEF XI en el Centro Cultural Esquel Melipal

Coordinación General SIEF XI
Néstor Camino, Marianela Zaninetti, Mercedes Parietti, Juan Manuel Martínez

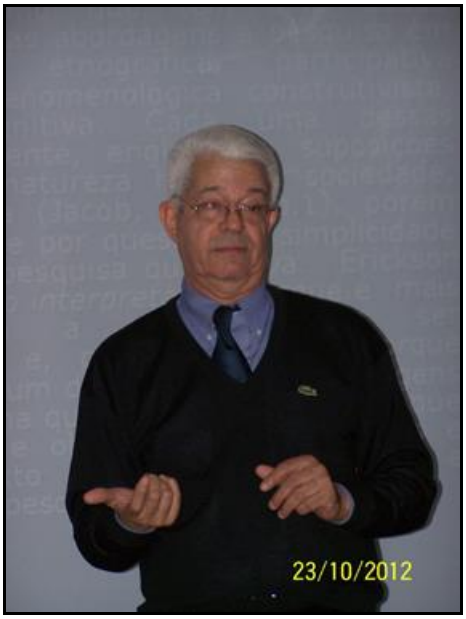
Minicurso 1: Sonia Krapas

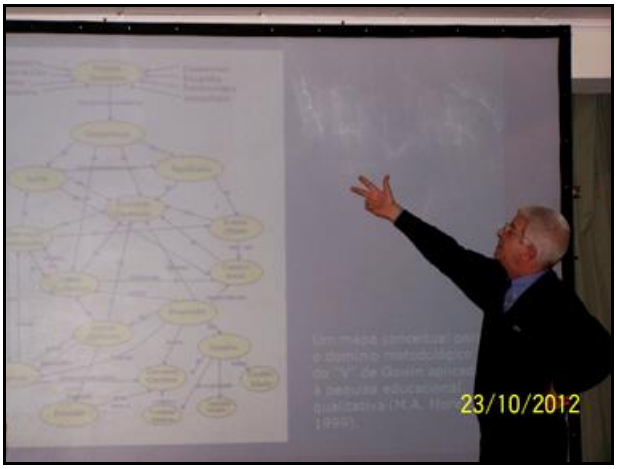
Minicurso 2: Isabel Brincones

Minicurso 3: Ana Dumrauf

Minicurso 4: Laura Buteler y Enrique Coleoni

Minicurso 5: Isabel Martins





Minicurso 6: Marco Antonio Moreira

Acto de Apertura SIEF XI

Vicente Capuano (APFA), Carla Rossi (UNPSJB)
Graciela Iguzquiza (ISFD N°804), Juan Manuel Martínez (SIEF XI y APFA Chubut)

Asamblea de APFA

Mesa Redonda 1: Marco Antonio Moreira, Celia Dibar, Hugo Hamity

Mesa Redonda 2: Eduardo González, Marta Pesa, Liliana Calderón, Juan Manuel Martínez

Comunicaciones orales en el Edificio de Aulas de la UNPSJB Sede Esquel

Conferencia Abierta 1: Hugo Hamity

Conferencia Plenaria 1: Isabel Martins

Mesa Redonda 3
Paula Pogré, Armando Fernández Guillermet, Juan Manuel Martínez, Isabel Brincones

Comunicaciones orales y Presentaciones murales en Melipal

Mesa Redonda 4: Walter Lamberti, Graciela Favilli, Diego Petrucci, Laura Buteler

Conferencia Abierta 2: Hugo Tricárico, en el ISFD N°804

Discusión en plenario (en reemplazo de la Conferencia Plenaria 2)

Recomendaciones de SIEF XI

Diplomas y certificaciones

Acto de Clausura

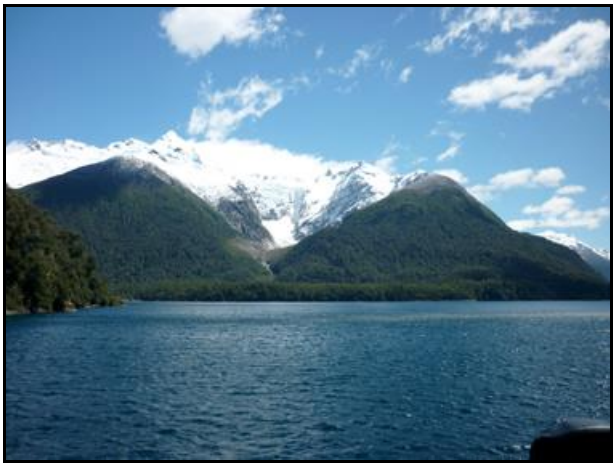
Cena de Clausura

El equipo que hizo posible la realización de SIEF XI

Los participantes de SIEF XI

Actividades complementarias a SIEF XI
Segundo Encuentro Regional de Escritura en Ciencias - INFD

Actividades complementarias a SIEF XI
Presentación del Museo Imaginario - UNGS



Actividades complementarias a SIEF XI
Excursión al Alerzal Milenario – Parque Nacional Los Alerces

¡¡¡ Hasta pronto !!!

ÍNDICE POR AUTORES

Addad, R. R. 297
Aiziczon, B. 165
Alborch, A. 489
Aleman, M. A. 479
Alustiza, F. D. 91
Álvarez, F. 47
Álvarez, M. 168
Alzugaray, G. E. 355
Aranibar, L. 481
Astorga A. E. 536
Aubone, M. 489
Ávila, M. V. 245, 475
Baade, N. N. 78, 91
Badagnagi, D. 103
Barbé, J. 540
Beck, S. 311
Benavente, N. 489
Benegas, J. 60, 70, 185
Bestene, M. T. 499
Bigliani, J. C. 167
Blanco, J. J. 47
Blázquez, J. 47
Bravo, B. 442
Bravo, S. 61
Brincones, I. 47
Buteler, L. M. 233, 396, 406
Cabana, F. 451
Cabrera, J. 273
Cajaraville Pegito, J. M. 442
Cappannini, O. 103, 451, 458
Capuano, V. C. 167
Carola, M. E. 33, 471
Carreri, R. A. 355
Chaile, M. O. 485, 536
Chiabrando, L. 135, 553
Chirino, S. A. 60, 350, 351, 489
Coleoni, E. A. 233
Colinvaux, D. 504
Collivadino, C. 338
Colombo de Cudmani, L. 165, 434
Concari, S. B. 166, 256
Cordero, S. 504, 516
Costa, V. 473
Cruz, N. 540
Cruz, R. 481
Cuesta, A. 489
D'Amico, H. 377
de Faria Borges, P. 197
del Olmo, A. P. 536
Devece, E. 473
Dibar Ure, M. C. 147, 289, 479
Dicovskiy, E. 273
Dima, G. N. 33, 326, 469, 471
Domínguez Castiñeiras, J. M. 442
Domínguez, M. A. 387, 557
Donnici, F. 489
Dumrauf, A. 504
Elías, S. E. 350, 351, 489
Escudero, C. 23
Espíndola, C. 458
Espinoza, L. 540
Farina, J. A. 419, 561
Fernández Blanco, T. 442
Ferreira, F. P. 567
Figueroa, C. S. 23
Flores, D. A. 536
Follari, B. R. 33, 471
Galperin, D. 288
Gangui, A. 273
García Barros, S. 442
García de Cajén, S. 442
García, D. 325
Giacosa, N. 209, 311
Giorgi, S. 209, 311
Girelli, M. 326, 469
Giuliano, M. 209
Glusko, C. A. 326, 469
Godoy, E. 273
Godoy, P. 70, 489
Gómez, M. 489
Gómez, R. 583
González, M. 531
González, S. B. 545
Gramajo, M. C. 485
Hernández, C. 540
Herrera, M. A. 545
Hidalgo, M. A. 47
Hoyos, E. 154
Idoyaga, I. 35
Iglesias, A. I. 221, 563
Iglesias, M. C. 273
Insegna, D. 489
Jaime, E. A. 489, 545
Javi, V. M. 485, 536
Karaseur, F. 273
Kenig, F. 135
Knopoff, P. 531
Kupczewski, M. E. 477
Laciar, D. F. 545
Lambrecht, C. 33, 471
Ledesma, L. 113
Leonetti, A. L. 489

Llonch, E. 125
López, N. 489
Lorenzo, M. G. 35
Luna, M. V. 256
Macagna, M. 481
Maidana, J. 311
Marino, L. A. 355
Martínez Losada, M. A. 442
Martínez, C. C. 485
Martínez, J. M. 499
Massa, M. B. 169
Montenegro Busotti, J. 35, 516
Montero Larocca, M. T. 485
Montino, M. 135, 289
Morgada, M. E. 481
Moya de Ovando, M. E. 165, 434, 485
Niklitschek, L. S. 499
Olivera, N. B. 536
Palma, N. B. 60, 350, 351, 489
Pandiella, S. 70
Parietti, M. R. 499
Pedrol, H. 493
Perea, M. A. 396
Pereira García, I. 442
Pereyra, N. E. 245
Pérez Sottile, R. 166
Pérez, S. M. 61, 135, 147
Perrotta, T. 33, 471
Pesa, M. A. 61
Petrucci, D. 103, 135, 451
Pocoví, M. C. 113, 154, 338
Pogrebinsky, L. 489
Prieto, L. 288
Prodanoff, F. 78, 91
Quero, J. M. 47
Raviolo, A. 168, 288
Reynoso Savio, M. F. 326, 469
Richard, C. L. 499
Rocha, A. 442
Rojas, E. 287, 367
Roldán, S. N. 571
Romagnoli, C. M. 34
Rosales, A. 477
Rosolio, A. 125
Russo, B. N. 499
Sánchez, P. 125, 377
Saracho, M. 475
Scancich, M. M. 169
Sebben, V. 34
Señorans, L. 288
Silva, E. 481
Stei, J. 91
Stipcich, S. 325, 387
Suárez, C. J. 576
Such, A. 311
Tecpan, S. 185
Torroba, P. 473
Torti, H. 35
Traverso, V. 516
Tricárico, H. R. 493
Trinidad, O. 493
Ure, J. E. 135
Utges, G. 419
Venturini, R. 489
Vilche, E. 531
Villavicencio, H. J. 545
Von Reichenbach, C. 451
Weber, F. 78
Yanitelli, M. S. 169
Zang, C. 311
Zavala, G. 185
Zerbino, L. M. 78, 91
Zorrilla, E. G. 545

ÍNDICE GENERAL

DECIMOPRIMER SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA SIEF XI 03

PALABRAS DE BIENVENIDA 04

OBJETIVOS 05

INSTITUCIONES ORGANIZADORAS 06

COMISIÓN ORGANIZADORA DEL SIEF XI 07

COORDINADORES DEL COMITÉ DE EVALUACIÓN 08

INSTITUCIONES QUE AUSPICIAN SIEF XI 09

AGRADECIMIENTOS 10

EXPOSITORES INVITADOS 11

TEMÁTICAS 12

CRONOGRAMAS 13

COMUNICACIONES ORALES 1 – BLOQUE A 21

COMUNICACIONES ORALES 1 – BLOQUE B 45

COMUNICACIONES ORALES 1 – BLOQUE C 101

COMUNICACIONES ORALES 2 – BLOQUE A 163

COMUNICACIONES ORALES 2 – BLOQUE B 183

COMUNICACIONES ORALES 2 – BLOQUE C 271

COMUNICACIONES ORALES 3 – BLOQUE A 309

COMUNICACIONES ORALES 3 – BLOQUE B 353

COMUNICACIONES ORALES 3 – BLOQUE C 417

PRESENTACIONES MURALES 467

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN CURSO 483

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN FINALIZADOS 529

TESIS DE POSTGRADO 551

CONFERENCIA DR. RICARDO GÓMEZ 581

FOTOS 589

ÍNDICE POR AUTORES 605

DECIMOPRIMER SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA

SIEF XI

ESQUEL, CHUBUT, PATAGONIA – OCTUBRE DE 2012