



© 2017-Miño y Dávila srl
© 2017-Miño y Dávila sl

Tacuarcí 540 (C1071AAL)
tel-fax: (54 11) 4331-1565
Buenos Aires · Argentina
e-mail producción: produccion@minoydavila.com
e-mail administración: info@minoydavila.com
Web: www.minoydavila.com
Twitter: [@MyDeditores](https://twitter.com/MyDeditores)
Facebook: www.facebook.com/MinoyDavila



UNSAM
EDITA

© 2017-UNSAM EDITA de
Universidad Nacional
de General San Martín

Campus Miguelete. Edificio Tornavía
Martín de Irigoyen 3100
(B1650HMK) San Martín, Buenos Aires, Argentina
e-mail: unsamedita@unsam.edu.ar
Web: www.unsamedita.unsam.edu.ar



Colección Archivos de Didáctica
Serie **Fichas de Investigación**

Director: José Vilella

Corrección general y cuidado de la edición, a cargo de
Laura Petz

La maquetación y el armado del interior estuvieron a cargo de
Laura Bono

El diseño de cubierta fue realizado por
Ángel Vega

El diseño del interior fue realizado por
Gerardo Miño

Primera edición
Diciembre de 2017

ISBN: 978-84-17133-15-3

Editado en
Buenos Aires,
Argentina

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

La comprensión de la Física en la escuela media

Ana Isabel Iglesias



UNSAM
EDITA

MIÑO y DÁVILA
EDITORES

Índice

Agradecimientos.....	9
Prefacio	11
1. La elección del caso estudiado.....	13
2. ¿Cómo surge la preocupación por la comprensión?	15
3. Una orientación para la lectura.....	16
Capítulo 1	
En búsqueda de la comprensión de la Física.....	19
1. Introducción.....	19
2. Perspectivas y dimensiones en la investigación sobre enseñanza de las ciencias	19
3. Enfoque naturalista y hermenéutico en el estudio de las clases de Física	24
4. La reconstrucción del problema de investigación.....	24
5. Contenidos y enfoques de enseñanza de la Física Cuántica en la escuela secundaria.....	37
6. La comprensión desde una perspectiva filosófica.....	40
Capítulo 2	
Actores y escenarios formativos.....	49
1. Introducción.....	49
2. Escenarios formativos.....	50
3. Aprender y comprender	58
4. Antecedentes	60
5. Los actores principales del espacio formativo: los profesores.....	69
6. La comprensión: una trama entre idiosincrasia profesional, estilos de intervención didáctica y significados construidos por los profesores.....	76
7. A modo de conclusión	78

Capítulo 3

Los dispositivos didácticos y las funciones comprensivas	81
1. Introducción.....	81
2. Descripción y organización de dimensiones, fases y dispositivos didácticos	83
3. Glosario: Conceptos y procesos involucrados en la comprensión de la Cuántica	96
4. Análisis de una secuencia de clase mediante dispositivos y funciones orientados a la comprensión.....	98
5. ¿Por qué pueden resultar comprensivas las clases de Cuántica para los propios participantes?	129
6. La comprensión: Una trama de intereses, dispositivos y significados	140
7. A modo de conclusión	143

Capítulo 4

Consideraciones para repensar la intervención didáctica en las clases de Física desde la comprensión	145
1. Introducción.....	145
2. Acerca de los resultados.....	146
3. Los resultados desde una mirada filosófica de la comprensión.....	157
4. Síntesis interpretativa general o “principios de acción” orientados a la comprensión de la Física en la escuela media.....	160
Referencias bibliográficas	169

Agradecimientos

Este libro ha sido posible por el acompañamiento de muchas personas a través de largos años de docencia e investigación, por lo cual sería imposible nombrarlas sin olvidar a alguna. Sin embargo, cada una de ellas supo y sabe de mi cariño y agradecimiento.

Hay otras personas a las que quiero agradecer expresamente por su ayuda.

A Ángel Rivière y Edith Litwin con alegría por su estimulante guía intelectual y por acercarme al tema de la *comprensión*. También, con gran tristeza por el temprano e irreparable fallecimiento de ambos.

A José Villella por el extraordinario y continuado apoyo conceptual, metodológico y emocional.

A Marco A. Moreira y a Patricia Sadovsky por la evaluación minuciosa y por los precisos consejos durante el desarrollo de la investigación.

A los profesores Hardoy y Casas por abrirme las puertas del Colegio Nacional de Buenos Aires y por permitirme observar y compartir intensas reflexiones sobre sus clases de Física.

A los ayudantes de laboratorio y a los estudiantes del Colegio Nacional Buenos Aires por sus preguntas, sus respuestas y por su incondicional ayuda durante el trabajo de campo.

A Cristina, María Julia, Patricia y a Graciela porque, como colegas muy queridas y respetadas, se constituyeron en importantes referentes durante la actividad docente e investigativa realizada en relación al proceso que relata este libro.

A Ángel y a nuestros hijos por el cariño, la espera y la contención. Sin ellos este libro no hubiese existido.

A mis alumnos y colegas de la escuela secundaria, el profesorado y la universidad porque fueron y son la fuente de mis interrogantes y los destinatarios de este libro.

Prefacio

Es habitual que los profesores de Física, preocupados por mejorar las clases y el aprendizaje de los estudiantes nos preguntemos: ¿Por qué en el nivel secundario los chicos no entienden? ¿Cómo es la vida en las aulas y en la escuela donde los estudiantes dicen que sí comprenden Física? ¿Qué podemos hacer los docentes para que los chicos entiendan Física en el secundario?

Este libro procura narrar, describir e interpretar situaciones escolares que permiten vislumbrar algunos caminos para poder encarar interrogantes como los planteados, aunque no pretende responderlos todos, a partir de analizar el desarrollo de buenas clases de Física Cuántica Introductoria en el marco de un contexto institucional particular y del significado que sobre las acciones pedagógicas desarrolladas construyen los estudiantes y los profesores. Es un texto reelaborado a partir de mi tesis de doctorado. La misma, se basó en una investigación empírica dentro de un colegio público y gratuito de la ciudad de Buenos Aires, Argentina, cuyas prácticas de enseñanza se orientan explícitamente a que los estudiantes que allí concurren aprendan las ciencias y las artes como uno de los procedimientos virtuosos que dispone la sociedad actual para la distribución ecuánime del conocimiento y del poder.¹

El trabajo se basa en la idea de que existe una vinculación estrecha entre distribuir equitativamente el conocimiento científico, desarrollar su comprensión inicial en la escuela y formar al ciudadano del siglo XXI. Es por esto que estudiar los modos de lograr *clases comprensivas de Física* en la escuela secundaria debiese considerarse uno de los ejes necesarios de la didáctica de las ciencias actual. Ciertamente que este tipo de intenciones requiere, desde mi punto de vista, enfocar en forma amplia la vida en el aula de ciencias

1 La institución donde desarrollamos la investigación es el Colegio Nacional Buenos Aires que denominaremos simplemente el Colegio.

considerando, muy especialmente, las prácticas de los profesores y las vinculaciones de éstas con su desarrollo profesional, los contextos institucionales donde se incluyen y los significados que ellos mismos y los estudiantes van construyendo. Sin embargo, entre los docentes y didactas de las ciencias exactas y naturales aún sigue prevaleciendo enfocar las dificultades educativas en ciencias desde miradas cognitivo-disciplinares centradas en el aula y en el aprendizaje de los estudiantes.

Considero que esta perspectiva ha sido construida bajo el peso tecnocrático y positivista de la propia historia como estudiantes del secundario y, muy particularmente, durante la formación como profesor de ciencias. Sucede que en los profesorados, si bien se proponen cambios de enfoques en la enseñanza y en los diseños curriculares, éstos resultan más discursivos que realmente efectivos porque, durante la cotidianidad de las prácticas de enseñanza y de los procesos de evaluación que experimenta el futuro docente de las disciplinas exactas y naturales, se siguen manteniendo las mismas tradiciones científicas desde hace varias décadas donde se disocian los aspectos disciplinares de las cuestiones pedagógicas, institucionales, psicosociales e ideológicas, entre otras disociaciones y exclusiones más sutiles. No se trata de que el profesor de ciencias sea un experto en sociología, historia o economía ni tampoco que haga política, pero sí que, a partir de su formación, pueda encarar el trabajo en el aula de ciencias con un enfoque abierto a la complejidad de los procesos científicos y pedagógicos concibiendo que “la educación no era (ni es) una empresa neutral, que, por la naturaleza misma de la institución, el educador se veía (se ve) implicado en un acto político...” (Apple, 1986: 11).

Durante el desarrollo de la investigación hemos considerado, como indica De Certeau (2000: 19), que realizar un estudio sobre la enseñanza, en particular de la Física Cuántica Introdutoria en la escuela secundaria, nos demandaría desplegar cierta sensibilidad estética –asimilable al concepto de *serendipia*² para poder sorprendernos, desnaturalizar lo obvio, valorar los detalles y distinguir las pequeñas variaciones en las maneras habituales de pensar y de hacer de los participantes.

Desde las ideas previamente esbozadas y para poder estudiar las clases de Física hemos necesitado: primero, construir una perspectiva teórica y metodológica que articuló criterios filosóficos y conceptos de disciplinas como Física, Didáctica, Psicología y Lingüística; luego, avanzar con el desarrollo de la descripción, narración y análisis de las formas concretas de organización y reconstrucción del conocimiento físico cuántico en las clases

2 Serendipia (del inglés serendipity) significa la “capacidad de encontrar valores positivos donde nadie los ve” para configurar modelos de acción (Dubatti, 2010).

y, finalmente, arribar a una interpretación acerca de qué y cómo es posible iniciar la comprensión de la Física en la escuela media.

La intención de este libro es compartir y reflexionar con el lector sobre estas cuestiones a partir del análisis de un *caso didáctico natural* que muestra situaciones y dispositivos orientados hacia el desarrollo de la comprensión de la Física durante la enseñanza de temas complejos a partir de la valoración y significados construidos por los propios estudiantes, profesores y didactas participantes del proceso pedagógico.

Las clases estudiadas se desarrollaron en dos cursos de 6° año con orientación en Ciencias Exactas durante el año 2005. Los docentes participantes de la investigación fueron elegidos por sus propios colegas y estudiantes del Colegio pues han sido reconocidos como “muy buenos profesores”, es decir, como docentes que conocen significativamente su área disciplinar, desarrollan los tópicos centrales de la Física desde una visión provisional y constructiva del conocimiento, se comprometen apasionadamente con su tarea y respetan a sus alumnos, entre otras características profesionales. En este texto, y para mantener en el anonimato su identidad, hemos renombrado a los docentes participantes como el profesor Hardoy y el profesor Casas.³

1. La elección del caso estudiado

La decisión de realizar el estudio en el Colegio fue el resultado de una amplia búsqueda orientada a localizar escuelas en las que se enseñasen temas de Física complejos, como es el caso de la Física Cuántica Introdutoria y, además, que las clases en dichas instituciones estuviesen realmente orientadas a que los estudiantes entiendan y aprendan. Lamentablemente el resultado de la búsqueda fue bastante magro. Pareciera que en la escuela secundaria actual encontrar cursos de Física orientados hacia la buena enseñanza se corresponde más con las características de una escuela de elite⁴ que con los de una escuela común, sobre todo si consideramos, como indica Camilloni (2008: 57), que la escuela de elite se orienta a transmitir la cultura de un modo uniforme y exigente seleccionando a sus estudiantes según su “*capacidad para aprehender la verdad*” y a sus docentes según su capacidad para poder enseñarla. Sin embargo, la decisión de hacer el estudio en una escuela

3 Vale aclarar que todos los nombres y apellidos que figuran en este libro son ficticios salvo el del Colegio Nacional de Buenos Aires porque nos interesa rescatar y reconocer las condiciones ejemplares con que se desarrolla la enseñanza científica en esa institución.

4 Camilloni (2008: 57) basándose en Maragliano (1986) diferencia tres tipos de escuelas y de modos de transmisión de la cultura: ‘escuela clásica’, ‘escuela de masas’ y ‘escuela de elite’.

considerada de elite, como suelen considerar al Colegio donde se desarrolló la investigación, se basó en que la institución reunía las características que buscábamos, es decir, permitía situarnos como en un “laboratorio pedagógico” y nos brindaba amplias posibilidades para indagar sobre la enseñanza de la Física de temas complejos en sus aulas. Así, desde las primeras conversaciones mantenidas con el Rector y con los profesores del Departamento de Física, pude percibir la importancia que la institución otorga a impulsar y desarrollar una educación uniforme, exigente y comprometida con la formación intelectual y social de sus estudiantes. La posterior inmersión en el Colegio durante casi dos años, me permitió reconocer que ese tipo de metas no solo logran componerse mediante la acción de las personas directamente involucradas y comprometidas con la comunidad escolar –como los estudiantes, profesores y directivos–, sino también que son metas construidas a través de un vasto entramado de objetos, símbolos e historias institucionales desplegadas, por más de ciento cincuenta años, en un escenario de reconocido prestigio y centralidad social y política del país, Méndez (2013). Pude observar, por ejemplo, que la actual sede del Colegio –habilitada en la década de 1920 y ubicada a pocos metros del centro político, histórico y financiero de la Argentina como es la Plaza de Mayo– exhibe un estilo arquitectónico que simboliza “lo que quedó de un proyecto de país (culto, europeísta y pujante), que se construyó conjuntamente con el Estado liberal a fines del siglo XIX y que aún era reconocible en la década de 1960” (L. A. Romero, 2002, en Méndez, 2013: 18). También, pude apreciar que ese marco arquitectónico neoclásico al albergar tan majestuosos escenarios y objetos –como por ejemplo la biblioteca general, el salón de actos y su magnífico órgano, o las imponentes salas de profesores, laboratorios y aulas– logran transmitir deliberadas experiencias de atemporalidad que propician, en un ámbito de excepcionalidad ajeno a los estímulos de la vida cotidiana, la superación personal de estudiantes y profesores mediante sostenidos esfuerzos intelectuales y disciplinarios.

Desde las primeras entrevistas con profesores y directivos, pude indagar que en el Colegio, la formación en ciencias exactas y naturales propone metas que están a mitad de camino entre las de la formación científica universitaria –orientadas a “realizar entrenamientos dirigidos a hacer ciencia”– y las de la formación escolar secundaria común –orientadas a “compartir significados en el contexto de las ciencias”– (Moreira, 2003).⁵ Vale mencionar que este tipo de objetivos establece el desarrollo de un currículo de tipo “propedéutico,

5 Moreira (2003) indica que el objetivo de la educación en ciencias es “hacer que el alumno aprenda a compartir significados en el contexto de las ciencias” mientras que el de la formación del científico es un “entrenamiento dirigido a hacer ciencia”.

puente y mixto” (Lobato y Greca, 2005) que en el caso del Colegio, es coherente con el hecho de que la mayoría de los egresados del área de Ciencias se propone seguir estudios de Matemática, Computación, Química, Física o Ingeniería.

También, desde las primeras entrevistas, fue posible reconocer que la formación en Física se despliega en base a un tipo de racionalidad, de comunicación y de intereses que permitían presuponer la existencia de procesos comprensivos durante la enseñanza de temas complejos, como es el caso de la Física Cuántica Introdutoria.

Es decir, fueron las características institucionales mencionadas, la disposición abiertamente colaborativa de los directivos y profesores hacia el proyecto de investigación y, también, las dificultades y carencias encontradas en otras escuelas las que nos decidieron a realizar el estudio de este caso.⁶

No he sido profesora ni alumna del Colegio y antes de iniciar el trabajo de campo para la investigación solo lo conocía a través de lecturas y de comentarios de amigos y colegas, por lo cual, la intención de estudiar la enseñanza de la Física en esa institución constituía un gran desafío para mi propio entendimiento pedagógico que demandó desplegar un paulatino e intenso acercamiento a su cultura. Así, fue necesario sostener continuas conversaciones con profesores y didactas, asistir a conferencias y charlas desarrolladas en sus claustros sobre diversos temas, realizar estancias en la Biblioteca, recorrer sus salones, patios y pasillos. Pero sobre todo, requirió compartir la vida en las aulas, en la sala de profesores y en los laboratorios de Física de distintos niveles para poder captar el significado que me transmitían las voces de los entrevistados, las escenas observadas y las imágenes de los objetos que pueblan la institución.

2. ¿Cómo surge la preocupación por la comprensión?

Como profesora siempre he pensado y sigo pensando que la comprensión de la Física es una de las transformaciones más genuinas, inasibles y fundamentales involucradas en la adquisición y asimilación del conocimiento científico. Sin embargo, la comprensión durante la enseñanza de las ciencias es un proceso poco reconocido y estudiado. Es por ello que el tema me preocupa y ocupa hace tiempo y quiero compartir con el lector cómo llegué hasta él.

6 Averiguamos la posibilidad de realizar el estudio en la Esc. Sup. de Comercio C. Pellegrini, el Inst. Huergo, el Col. Marín, el Col. Nac. de Castelar y la Esc. ORT pero con resultados negativos. En una de estas instituciones realizamos actividades de exploración previa, que si bien no incluimos en la investigación, sirvieron para identificar y evaluar las dificultades habituales durante la enseñanza de la Cuántica en otras escuelas del nivel medio actual.

Pocos años después de haberme recibido de profesora de Física y Matemática comencé a percibir carencias en mi formación como para poder encarar las dificultades que se me presentaban durante la enseñanza, entonces decidí estudiar Psicología Social e incorporarme activamente a la Asociación de profesores de Física de la Argentina. El significado de las experiencias desarrolladas a través de ambas actividades y la posterior inclusión como capacitadora en un proyecto de actualización de profesores de ciencias en cinco distritos del Conurbano Bonaerense cambiaron profundamente mi manera de pensar la enseñanza de las ciencias y también el desarrollo de la profesión docente. Posteriormente, en el marco de los estudios de Maestría en Didáctica de la Universidad de Buenos Aires y de incorporarme, por más de diez años, como docente e investigadora con dedicación exclusiva en el Gabinete de Desarrollo de Metodologías de Enseñanza del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la UBA inicié, junto con algunas colegas, las primeras exploraciones y publicaciones relacionadas con la enseñanza de la Física. En esa época el foco de las indagaciones estuvo orientado hacia el estudiante (sus representaciones, los modos de lograr su motivación y de desarrollar su aprendizaje), luego, hacia los contenidos de Física, sus modos de estructuración en textos didácticos y, también, hacia la creación y evaluación de nuevas estrategias de enseñanza para iniciar la comprensión (Iglesias *et al.*, 1998; Iglesias, 1999, 2009, 2011).

La variedad de tareas y niveles educativos en los que pude desarrollar la docencia y la investigación, como así también, la diversidad de enfoques con los que me vinculé durante la formación de grado y posgrado fueron, probablemente, los que me permitieron incorporar una visión generalista y crítica sobre aquellas formas de vida en las aulas de Física que aún torna invisible para algunos y persistente para todos el problema de la falta de comprensión de los estudiantes y, consecuentemente, la insuficiente búsqueda de alternativas para posibilitar algunos cambios necesarios (Iglesias *et al.*, 2005, 2006, 2007, 2008).

3. Una orientación para la lectura

El capítulo 1 esboza algunas perspectivas predominantes en la investigación actual en enseñanza de las ciencias y ciertas dimensiones que permiten caracterizar las clases de ciencias. Justifica la decisión de realizar una investigación sobre la comprensión mediante un enfoque naturalista y hermenéutico sobre la enseñanza. Reconstruye el problema que guió la investigación considerando preguntas y objetivos, como así también, dificultades y omisiones para la comprensión de la Física, detectadas en la lite-

ratura y en nuestra experiencia docente. Finalmente, plantea contenidos de enseñanza de la Cuántica y un marco teórico filosófico para el estudio de la comprensión.

En el capítulo 2 el lector podrá realizar una inmersión en los antecedentes empírico-sociales elaborados a partir de una recorrida por los escenarios del Colegio y por los estilos de intervención didáctica e idiosincrasia de los actores principales considerados: los profesores. También, el lector podrá acercarse a una revisión de los antecedentes teórico-didácticos.

El capítulo 3 articula y operacionaliza los antecedentes relevados mediante dimensiones, fases y dispositivos didácticos que permiten el análisis de distintas secuencias de clases de Física Cuántica Introdutoria por parte de dos profesores cuando estos procuran que sus estudiantes comprendan.

El capítulo 4 retoma la situación problemática, los objetivos, antecedentes y referenciales teóricos desplegados en la investigación que dio pie al libro. Se detectan regularidades, se reconstruyen resultados que se reinterpretan integrando los gráficos vectoriales construidos al finalizar cada capítulo. Finalmente, una reelaboración más abstracta de los resultados permite arribar a un conjunto de conclusiones que, a modo de “principios de acción”, se presentan como posibles alternativas para repensar el inicio y el desarrollo de la comprensión en las clases de Física del nivel medio.

Capítulo 1

En búsqueda de la comprensión de la Física

Algunos hombres ven las cosas como son y dicen: ¿por qué? Yo sueño con cosas que nunca fueron, y me pregunto: ¿por qué no?

George Bernard Shaw

1. Introducción

Este capítulo se inicia con el esbozo de algunas perspectivas que predominan en la investigación actual en enseñanza de las ciencias y las principales dimensiones que permiten caracterizar las clases de Física Cuántica Introductoria. Luego, presenta los argumentos que justificaron la decisión de realizar una investigación sobre la comprensión de la Física mediante un enfoque naturalista y hermenéutico sobre la enseñanza. Continúa con la reconstrucción del problema que guió la investigación considerando preguntas y objetivos, como también las dificultades y omisiones para la comprensión de la Física Cuántica en la escuela media desde una revisión amplia de investigaciones y nuestra experiencia docente. Finalmente, plantea los contenidos de enseñanza de la Cuántica en las clases de la escuela secundaria y un marco teórico filosófico para el estudio de la comprensión que sintetizamos mediante un esquema vectorial.

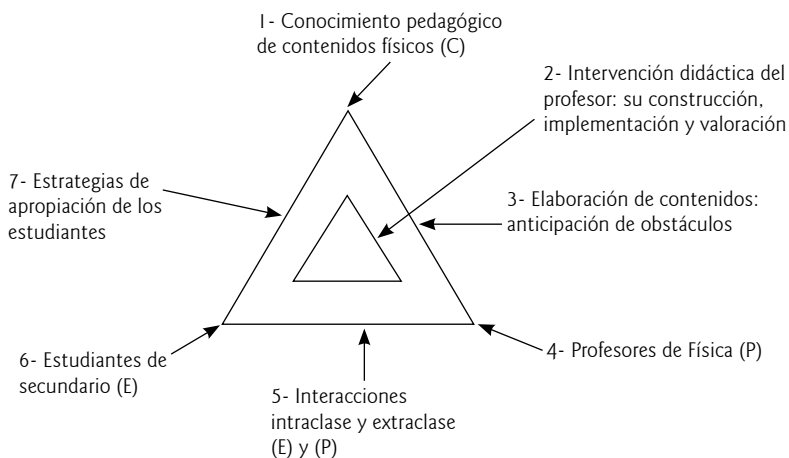
2. Perspectivas y dimensiones en la investigación sobre enseñanza de las ciencias

La incompreensión de la Física en la escuela media es una problemática educativa muy extendida –docentes y padres conocemos las quejas de los chicos porque no entienden Física–. Sin embargo, las investigaciones actuales más importantes en didáctica de la Física suelen estar más enfocadas hacia los procesos discursivos en el aula y hacia la explicación de los objetos disciplinares sin considerar sus interrelaciones cognitivas o sociales que, como trataremos de mostrar, caracterizan fuertemente a la construcción de

la comprensión de la ciencia en la escuela secundaria. Así, es posible observar en la literatura sobre enseñanza de las ciencias que, de la prevalencia de estudios enmarcados en el constructivismo cognitivista y sus tesis sobre la construcción conceptual y el cambio conceptual, se ha pasado al desarrollo de estudios enmarcados en planteos sociolingüísticos cuyas tesis sostienen que "...la mente y la realidad física son tratados con sentido únicamente desde el discurso y el análisis conversacional que concierne a los participantes" (Edwards, 1997, en Castorina, 2003: 7): Esto derivó, por un lado, en la producción de investigaciones centradas en el discurso explicativo en el aula con el apartamiento de los procesos cognitivos individuales y, por otro lado, con una nueva postergación teórica para encarar los problemas de comprensión en las clases de Física escolar que incorpore dimensiones de estudio como, por ejemplo, los procesos ficcionales de los estudiantes o la acción del profesor considerando su particular desarrollo profesional en la institución escolar. (Toulmin; 1977; Blanchard Laville, 1996; Lemke, 1997; Rivière, 1999, Carretero y Castorina, 2012; Mortimer, 2012).

El enfoque teórico del estudio relatado en este libro procuró articular praxeológicamente diversos aspectos de las cuestiones mencionadas, aunque sin abarcarlas a todas. Partimos de un planteo general sobre el estado actual de la investigación didáctica en las Ciencias Naturales (Duit, 2006) que articulamos con la problemática de su enseñanza mediante la adaptación de un esquema triangular de Astolfi (2004). El objetivo de esta vinculación es compartir un mapa general de los elementos que caracterizan el estudio didáctico de las clases de Física para ofrecer al lector una ubicación en el campo y una presentación de las dimensiones enfocadas como texto y como contexto durante la investigación.

Cuadro 1: Elementos didácticos de las clases de Física



Fuente: Reelaboración propia a partir de un esquema de Astolfi (2001).

El cuadro 1 permite observar la ubicación de los principales elementos que configuran didácticamente una clase de Física y sus potenciales interacciones intra y extraclasses mediante su distribución gráfica en dos triángulos. En los *vértices del triángulo exterior* están ubicados: 1. “Conocimiento pedagógico de contenidos cuánticos” (C), 4. “Profesores de Física” (P) y 6. “Estudiantes de secundario” (E). Mientras que en los *bordes* de dicho triángulo se ubican las interrelaciones entre los tres elementos mencionados, es decir: 3. “Elaboración de contenidos”, 5. “Interacciones entre (E) y (P)”, y 7. “Estrategias de apropiación de los estudiantes”. En el *triángulo central* se sitúa la “Intervención didáctica del profesor” pues ha sido el foco desde el cual estudiamos la comprensión en las clases de Física Cuántica del nivel secundario.

A continuación, se caracteriza cada elemento graficado del siguiente modo:

1. Conocimiento pedagógico de contenidos físico-cuánticos

Actualmente se considera que muchas de las dificultades de comprensión del conocimiento científico están en los mismos contenidos. Por eso, no se puede desarrollar una buena enseñanza del contenido cuántico en la escuela media si no se lo reprocesa y adapta, estableciendo vinculaciones conceptuales internas con otros contenidos físicos y, además, con conceptualizaciones provenientes de otras disciplinas como la filosofía e historia de las ciencias, la psicología, la lingüística o la antropología. Esta combinación conceptual ampliada es lo que Schulman (1987) y Duit (2006) denominan conocimiento pedagógico de contenidos científicos.

2. Intervención didáctica del profesor

En el estudio realizado hemos considerado la intervención didáctica como un conjunto articulado y dinámico de acciones pensadas y realizadas por los profesores. También, que dicho conjunto se relaciona, por un lado, con los objetivos, contenidos, estrategias, métodos, evaluación, y demás elementos conceptuales, procedimentales y comunicacionales característicos de la enseñanza de la Física en la escuela y, por el otro lado, con los procesos decisionales y valorativos que los mismos profesores despliegan cuando introducen contenidos cuánticos en las clases.

3. Elaboración de contenidos

En este sector del gráfico se representan dos tipos de cuestiones didácticas importantes. Una, se refiere a aquellas situaciones pensadas e implementadas por el profesor que anticipan y reorientan los obstáculos habitualmente pre-

sentados por los estudiantes. La otra cuestión se refiere a que la elaboración de contenidos se vincula con las propias decisiones que el docente toma sobre los modos de estructurar, secuenciar, contextualizar y transponer el contenido físico cuántico. Cabe mencionar aquí que los contenidos elaborados que hemos relevado durante el trabajo de campo de la investigación se corresponden con los del currículum del segundo cuatrimestre de 6° año con orientación en Ciencias Exactas.¹ Son contenidos referidos a temas de Física Clásica, que si bien ya fueron desarrollados en los cursos de 2° a 5° año del Colegio, como por ejemplo los contenidos de Teoría Ondulatoria, en 6° año son reelaborados con un enfoque histórico-conceptual que difiere del enfoque más empírico y práctico con que fueron encarados en los primeros cursos. El cambio de enfoque apunta a preparar la introducción de conceptos y modelos cuánticos por medio de la revisión de sus bases experimentales y conceptuales desde una perspectiva ontológica y epistemológica sistemática que procura tensionar los modos de explicación e interpretación desplegados en las teorías físicas clásicas (Montenegro y Pessoa, 2002).

También, en el segundo cuatrimestre de 6° año se desarrollan contenidos referidos a la Transmisión del Calor por Radiación y los específicos de la Física Moderna y Contemporánea. Vale mencionar que durante el primer cuatrimestre del 6° año en el Colegio, se desarrollan contenidos correspondientes a las materias del Ciclo Básico Común que se requieren para el ingreso a la Universidad de Buenos Aires.

4. Los profesores de Física participantes

En el caso relatado nos estamos refiriendo a dos profesores de mediana edad, colegas y amigos entre ellos, que se formaron en el Instituto del Profesorado “Joaquín V. González” y que habitualmente preparan juntos las clases de Física Cuántica. Fueron elegidos para participar en la investigación a partir de una selección llevada a cabo por sus propios colegas y estudiantes por ser considerados muy buenos docentes, como ya se dijo.

5. Interacciones intraclase y extraclase

En el borde inferior del triángulo ubicamos las interacciones entre profesores y estudiantes dentro del aula de Física y también fuera de ella como sucede, por ejemplo, en los laboratorios, conferencias o presentaciones del Museo Didáctico de Física. Destacamos que en todas las situaciones observadas, las interacciones entre profesores y estudiantes son relacio-

1 También observamos clases de Física en otros niveles del Colegio para tratar de entender los aspectos generales de la enseñanza de la materia en esa institución.

nes comunicativas y académicas basadas en un respeto y un conocimiento mutuos desarrollados a lo largo de varios años de convivencia escolar dado que los profesores dictan Física en otros niveles del colegio y conocen bastante a los estudiantes.

6. Estudiantes de 6° año

Los estudiantes que participaron en la investigación son jóvenes que, en el momento de realizarse el trabajo de campo, tenían 18 y 19 años de edad y presentaban una marcada inclinación científica, pues casi todos mencionaron que estudiarían carreras de Ingeniería, Matemática, Física, Química o Computación en la universidad.

7. Estrategias de apropiación de los estudiantes

Este sector se refiere al análisis de los procesos de apropiación del conocimiento físico - cuántico por parte de los estudiantes, en particular cuando se consideran ciertas dificultades durante el aprendizaje científico mediante el análisis de obstáculos y de errores conceptuales.

Una vez descritas las dimensiones del cuadro 1 es posible indicar, a modo de síntesis, que la investigación realizada y relatada aquí, ha focalizado la *intervención didáctica* (dimensión 2), diseñada, implementada y valorada por dos buenos *profesores de Física* (dimensión 4), en base a su *conocimiento pedagógico de contenidos físico-cuánticos* (dimensión 1), considerando la anticipación de los obstáculos habituales de sus estudiantes y mediante procesos sistemáticos de transposición y contextualización o de *elaboración del contenido* (dimensión 3), en el marco de las *interacciones comunicativas y académicas entre estudiantes (E) y profesores (P) intraclase y extraclase* (dimensión 5). Como el foco del estudio estuvo en la intervención didáctica de los docentes, solo se han considerado algunas de las interacciones entre estudiantes y profesores o entre estudiantes y contenidos (dimensión 6) y algunas de sus *estrategias de apropiación* (dimensión 7). Si en cambio, se ha indagado y analizado detalladamente la selección de temas cuánticos que los estudiantes han valorado como los más comprendidos del proceso. Esto fue necesario para poder completar qué significado le otorgaban los estudiantes a los aspectos que caracterizan la comprensión de la Cuántica en las clases de Física del secundario.

3. Enfoque naturalista y hermenéutico en el estudio de las clases de Física

El centrarse de la investigación hacia la intervención del profesor durante situaciones cotidianas de enseñanza y considerando, además, los significados que sobre dichas situaciones construyen todos los participantes, se lo denomina metodológicamente *enfoque naturalista y hermenéutico*. Este se diferencia de otros enfoques más extendidos en la comunidad de investigadores en didáctica de la Física desde los cuales se suele estudiar la enseñanza y el aprendizaje a partir de “*cuasi experimentos*”. En las investigaciones encaradas como *cuasi experimentos* en vez de estudiar qué sucede con la enseñanza durante su desarrollo habitual, primero se diseñan situaciones de enseñanza sobre un tema controlándose algunas variables didácticas (como por ejemplo la organización y complejidad del tema de enseñanza), luego se entrena a los profesores para que las implementen y, finalmente, será ese tratamiento particular y sus repercusiones en los estudiantes lo que será analizado por los investigadores.

La decisión de realizar la investigación mediante un *enfoque naturalista y hermenéutico* en vez de utilizar el enfoque *cuasi experimental* se basó en dos razones. Primero, porque el enfoque cuasi experimental nos parece inadecuado para poder explorar y describir los problemas de comprensión de la Física en la escuela secundaria actual y, más aún, cuando la temática de enseñanza es compleja, como es el caso de la Física Cuántica Introdutoria donde se desconocen demasiadas variables implicadas. Segundo, porque la distancia abismal entre lo que sucede habitualmente en las clases de Física y lo que suele aportar la investigación didáctica para su mejora exige seguir desarrollando estudios naturalistas y colaborativos que incluyan el conocimiento experiencial y la reflexión crítica que todos los protagonistas, y muy especialmente los profesores, pueden aportar. Es decir, reclamamos la necesidad de hacer más estudios colaborativos entre profesores, estudiantes y didactas para poder reorientar las perspectivas y alternativas en la formación inicial y continua del profesor de Física desde la construcción de una epistemología de la práctica (Litwin, 1997; Duit, 2006).

4. La reconstrucción del problema de investigación

El proceso de transformación de un género de escritura académica a otro, como el que requiere el desarrollo de este libro, no ha resultado sencillo. Así, mientras tratamos de transmutar una tesis de doctorado en un libro

de reflexión teórico-didáctica para profesores, se han ido suscitando dudas acerca de si incluir o no ciertas dimensiones que sí se requieren en la escritura de una investigación. Sin embargo, hemos decidido compartir las intenciones, búsquedas y dificultades que motivaron el estudio y también algunas definiciones iniciales pues conjeturamos que, de lo contrario, podrían suscitarse dificultades de comprensión para el lector. Es por esto que presentaremos a continuación: a) las preguntas y objetivos que guiaron la investigación de base, b) las dificultades y omisiones para la comprensión de la Física Cuántica en la escuela media según un análisis de antecedentes bibliográficos y de nuestra experiencia docente.

4.1. Las preguntas y objetivos que guiaron la investigación de base

El interés que orientó el trabajo de investigación fue praxeológico, por lo cual partimos de preguntarnos por las principales dificultades que enfrenta la enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea en la escuela secundaria argentina actual y, luego, por la búsqueda e indagación de prácticas concretas de enseñanza en esa área temática que pudiesen ser caracterizadas como comprensivas por los estudiantes y los profesores participantes.

Una vez que logramos responder a ambas cuestiones, necesitamos diseñar la investigación propiamente dicha, para lo cual enunciamos la siguiente pregunta general:

¿Qué características presenta la enseñanza de la Física Cuántica Introductoria en las clases consideradas comprensivas por los propios profesores y estudiantes participantes?

Para poder responder a este amplio interrogante consideramos la propuesta de Litwin (1997: 105) cuando indica:

...un modo adecuado de entender... los problemas del discurso pedagógico sería inscribirlos en el marco de una teoría de la acción comunicativa que analice críticamente la función lingüística en el aula... Las formas, los estilos, las calidades de negociación difícilmente puedan estudiarse desde la perspectiva de un sistema de categorías... cada proceso de negociación da cuenta de una situación particular.

Luego, decidimos establecer una metodología de trabajo que incluyese, por un lado, el desarrollo de un *microanálisis* de la interacción lingüística desarrollada en las clases de Física Cuántica consideradas más comprensivas y, por otro, la realización de un *macroanálisis crítico* de las entrevistas,

cuestionarios, documentos institucionales y de otros elementos contextuales relevados durante el trabajo de campo guiándonos por los siguientes objetivos específicos:

- >- *Describir el conocimiento físico cuántico enseñado en sus aspectos teórico-filosóficos y técnico-experimentales.*
- >- *Analizar la intervención didáctica del profesor en función de cómo organiza y estructura la enseñanza mediante prácticas cognitivas y prácticas metacognitivas.*
- >- *Estudiar cómo los profesores guían la construcción social de conocimientos cuánticos.*
- >- *Reflexionar acerca de los modos en que los profesores anticipan y evalúan su actuación y su desarrollo profesional en el contexto de una institución particular.*

4.2. Dificultades y omisiones para la comprensión de la Física Cuántica escolar

La revisión amplia de investigaciones y nuestra experiencia docente permiten mencionar, sin pretensión de exhaustividad ni de un ordenamiento jerárquico, algunas omisiones habituales y ciertas dificultades² que podrían obstaculizar el desarrollo de clases comprensivas de Física Cuántica en la escuela secundaria actual. Seleccionamos seis cuestiones para reflexionar junto con el lector:

Ausencia de la Física Moderna y Contemporánea en las aulas del nivel secundario.

La primera *omisión* se refiere a la ausencia de la Física Moderna y Contemporánea en las aulas del nivel secundario. Aunque desde hace más de cuatro décadas este área de la Física figura en programas y textos didácticos y las políticas ministeriales insisten en la necesidad de enseñarla, como se observa en las Fuentes para la Transformación Curricular del nivel Polimodal (1996), en los Núcleos de Aprendizaje Prioritario (Ley Nacional de Educación, 2006), o en los actuales Diseños Curriculares para la enseñanza de la

2 En el área de las didácticas específicas suelen considerarse dos tipos de dificultades: unas son concebidas como *problemas pedagógicos, epistemológicos o lingüísticos* en ciencias. Otras, relacionadas con los sistemas explicativos de los alumnos o con sus representaciones, son los denominados *obstáculos epistemológicos, psicológicos o culturales* y suelen ser resistentes a los cambios (Bachelard, 1985; Astolfi, 2001; Rouxinol dos Santos Neto y Pietrocola P. de Oliveira, 2005).

Vista parcial del contenido del libro.

Para obtener el libro completo en formato electrónico puede adquirirlo en:

www.amazon.com
www.bibliotechnia.com
www.interebook.com
www.e-libro.net

MIÑO y DÁVILA
♦ E D I T O R E S ♦