

# Experiencias educativas

Experiencias educativas:  
Artículos sobre experiencias educativas (producto de investigaciones o sistematización de resultados evaluados)



## Interdisciplinariedad en un caso de enseñanza

Alicia Acland

Instituto de Profesores Artigas. Consejo de Formación en Educación. Administración Nacional de Educación Pública (ANEP)

aacland@gmail.com

### Citación recomendada

ACLAND, Alicia (2014). «Interdisciplinariedad en un caso de enseñanza». En: *InterCambios*, n.º 2, diciembre.

*En el artículo describo aspectos relevantes del proceso que me condujo a la elaboración de una propuesta de enseñanza en la formación de profesores de Física para el nivel medio en Uruguay. La propuesta fue objeto del trabajo de tesis de maestría en Enseñanza Universitaria (2012), la cual se basa en un enfoque interdisciplinario que relaciona los aportes de la historia y filosofía de la ciencia (HFC) con los propiamente didácticos de carácter universitario. Indago en la noción de holismo semántico a partir de los aportes de Kuhn (2002) y en la concepción de experimento crucial (Hacking, 1996). El contenido específico a ser enseñado como estudio de caso es el experimento de Michelson y Morley (M-M) de 1887 y cómo se lo relaciona con la teoría de la relatividad especial, de ahí que constituye un estudio de caso tanto en la metodología como en la estrategia de enseñanza. Tomo como referencia el artículo de Cassini y Lévinas (2005) en el que se analiza el experimento de M-M en dos contextos diferentes, uno previo a 1905 y otro posterior. La demarcación se debe a que en ese año Einstein expuso los postulados de la relatividad especial.*

*En la etapa de investigación estudio, mediante una metodología cualitativa, el uso del experimento M-M en relación con la relatividad especial en un contexto específico de enseñanza: la formación de profesores de Física en el Instituto de Profesores Artigas (IPA) y en el Profesorado Semipresencial (PS) desde el año 2007 al 2010.*

### Palabras claves:

formación de profesores de Física, experimento crucial.

### Introducción

La preocupación por la enseñanza en el nivel universitario es un tema de la agenda actual en Uruguay. Se están procesando cambios al respecto en los entes de la educación del país, entre los que se incluyen por un lado la formación de profesores de nivel medio y por otro la enseñanza en la Universidad de la República (UdelaR). En este contexto, se considera fundamental la investigación en la enseñanza y, a través de esta, la indagación en los contenidos conceptuales y las metodologías más apropiadas.

El propósito del trabajo de tesis<sup>1</sup> fue elaborar una propuesta de nivel terciario-universitario de enseñanza de la física para la formación de docen-

tes de educación media a partir del diseño una estrategia metodológica interdisciplinaria específica para un determinado contenido de enseñanza; en este caso, el estudio de un experimento particular (el experimento de Michelson y Morley, 1887) y su relación con la relatividad especial.

Implicó hacer un proceso reflexivo crítico, establecer un diálogo permanente entre lo relevado (cómo se presenta el contenido conceptual específico en la práctica —en el contexto de enseñanza—) y lo estudiado (el marco teórico). Se trata de un «estudio de caso» en el marco de la investigación acción (Coller, 2000; Wassermann, 1999; Elliott, 1997).

<sup>1</sup> A. Acland (2012). Una propuesta didáctica basada en un enfoque histórico-epistemológico del experimento de Michelson y Morley y de sus vínculos con la teoría de la relatividad especial. UdelaR, Área Social, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Comisión Sectorial de la Enseñanza. Tesis de maestría.

El contexto de enseñanza se plantea en dos instituciones públicas en Uruguay de formación de profesores de educación media: el IPA y el PS.<sup>2</sup> Ubico el plan de estudio seleccionado (Plan 1986) y el período, de 2007 a 2010. Asumo el rol de profesora-investigadora en el intento de realizar un acto de coherencia epistemológica, metodológica y política.

El Plan 1986 deja paso al Plan 2008, que incluye en el curso de cuarto año de la formación de profesores de Física la asignatura Seminario: Proyecto Interdisciplinario, que se implementa en el IPA durante el año 2011 sobre la base de un proyecto que elaboré y fue aprobado por el Consejo de Formación en Educación (CFE). Para los años 2012 y 2013 presenté sendos proyectos surgidos de la reflexión y evaluación de lo realizado.<sup>3</sup>

### El marco teórico

La formación de profesores es central con respecto a cómo se distribuye el conocimiento a lo largo del proceso de escolarización que ejerce el sistema educativo en su conjunto. Es y ha sido preocupación de los profesores el carácter reproductor social y cultural que ejercen los sistemas educativos. Esto es bien señalado en las corrientes pedagógicas críticas (Giroux, 1990). En ese sentido, las situaciones concretas en el aula, las relaciones entre docentes, estudiantes y contenidos de enseñanza cobran importancia en el entendido de que se extienden a las nuevas generaciones.

Me pregunto cómo opera la enseñanza específica en una situación concreta para que se refuerce la inequidad cognitiva. Van Dijk (1994: 14) considera que «el poder está directamente ejercido y expresado a través del acce-

so diferencial a diversos géneros, contenidos y discursos. Y aquí la noción de acceso es muy importante, pues en los grupos dominados el acceso a gran variedad de discursos es limitado». En tanto que en las instituciones toda situación de enseñanza transmite cierta ideología que, por un lado, distorsiona el conocimiento científico, lo aleja de su proceso de creación y, por otro, lo transforma en algo dado e inmutable, con lo cual se está negando la posibilidad de acceso a diversos discursos.

Esta situación es más notoria si se atiende a la enseñanza de física. Al respecto, Lévinas (1998) señala que los contenidos del saber seleccionados para ser enseñados y el sujeto de aprendizaje (componentes del contexto de enseñanza) mantienen una relación cognitivamente diferente de la que se establece, en el contexto de producción de conocimientos, entre los contenidos de saber implicados y el sujeto de conocimiento científico. Difieren en el conocimiento (contenido del saber) y en el tipo de prácticas sociales que experimentan. Mientras que el sujeto de conocimiento científico puede ejercer prácticas sociales críticas, al sujeto del aprendizaje se le manifiesta el contexto de enseñanza sin posibilidades para semejantes prácticas sociales. El estudiante puede llegar incluso a no cuestionar ni comprender el conocimiento.

Es un aporte interesante en nuestro medio el de Loureiro (2011), quien en su tesis, «Análisis de las concepciones de ciencia que subyacen a los procesos educativos en el área científico-tecnológica», concluye que los estudiantes que ingresan a la universidad tienen concepciones de la ciencia muy alejadas de las contemporáneas. Encontró diferencias entre los estudiantes que estaban en etapas avanzadas y los que recién ingresaban. Por su parte, los

docentes que participaron en la investigación manifestaron en su discurso concepciones contemporáneas que no fueron observadas en sus prácticas de enseñanza, lo que muestra una brecha entre la práctica y el discurso.

En estas perspectivas, los profesores son un grupo legitimado que tiene acceso al ejercicio de ciertas formas de poder, aunque los individuos en particular no sean conscientes. Según Hacking (1996), el contexto científico está ligado a tres actividades humanas que no siempre colaboran armónicamente: la especulativa, el cálculo y la experimentación. Estas tres definen la tarea científica. Si los estudiantes acceden solo a una postura científica que jerarquiza alguno de estos tres componentes de la ciencia como actividad humana, se les limita el acceso al discurso científico. Por ejemplo, si al experimento de M-M se lo enseña como fundamento de la teoría de la relatividad especial, se está utilizando un código restringido que conduce a la creencia de que produce teoría, o bien, si se lo incluye en un conjunto de experimentos que confirman una teoría, se está usando otro código que por cierto es bastante frecuente en los textos de estudio. ¿Cómo podría ser una estrategia de enseñanza que se planteara el objetivo de otorgar la posibilidad a los involucrados en la situación educativa de aprender diferentes códigos siendo conscientes de la jerarquización que implican?

La enseñanza de física se apoya fundamentalmente en el uso de casos ejemplo «ejemplares»<sup>4</sup> (Kuhn en esta etapa también los denomina *paradigmas*). Los «ejemplares» son elaborados para formar al especialista en la disciplina y se ubican dentro del contexto de justificación del conocimiento científico producido en el contexto de descubrimiento.<sup>5</sup> Estas conside-

raciones me llevaron a indagar en el contexto de descubrimiento de la mano de la HFC.

La obra de T. Kuhn (2004, 2002, 1990, 1989 y 1982) y la de algunos de los estudiosos de su obra (Falguera, 2004; Lewowicz, 2004 y 2005) me han permitido relacionar la preocupación por la adquisición de diferentes códigos lingüísticos con la HFC.

Para Kuhn, los cambios revolucionarios en las ciencias físicas tuvieron ciertas características, fueron en un sentido holistas e involucraron a la teoría implicada, lo que se denominó *holismo local*. Se produjo un cambio de significado, que incluyó un cambio en el modo de determinación de sus referentes. Se produjeron «cambios en varias categorías taxonómicas, que son el requisito previo para las descripciones y generalizaciones científicas», ya que el lenguaje se modela como una moneda con dos caras: «una mira hacia fuera, al mundo, la otra hacia adentro, al reflejo del mundo a la estructura referencial del lenguaje» (Kuhn, 2002: 42-43). También se produjo un cambio en la noción de qué es semejante a qué y qué es diferente, una mudanza en el modelo, metáfora o analogía empleada por la nueva teoría. Entonces, un cambio revolucionario se da cuando se produce la violación o distorsión de un lenguaje científico que previamente no era problemático. En esta exposición se logra apreciar la importancia que el autor otorgaba al lenguaje en sentido amplio, a pesar de que siempre se refería a las teorías científicas, porque sus ejemplos provienen de la química, la biología y la física.

Una de las características del holismo local o acotado es el rechazo a que existan enunciados observacionales que puedan servir como elementos de contrastación neutrales para toda la ciencia o para cualquier par de teorías. Al respecto, cito a Kuhn (2002: 96):

... usualmente se ha sostenido que las ciencias naturales, al tratar objetivamente con el mundo real (como efectivamente hacen) eran inmunes. Se piensa que sus ver-

dades (y falsedades) trascienden el estrago del cambio temporal, cultural y lingüístico. Naturalmente, estoy sugiriendo que no pueden hacerlo. Ni el lenguaje descriptivo ni el teórico de una ciencia natural proporciona los cimientos que requeriría tal trascendencia.

Sin embargo, previene Falguera (2004: 6): «... eso no significa que Kuhn rechace que haya enunciados que jueguen un papel contrastador relativo a cada teoría; solo que estos dan cuenta de la evidencia provisional para la teoría (intrateórica), no de la evidencia absoluta e interteórica. Tales enunciados son revisables». De modo que Kuhn (2002) plantea las diferencias de significado como diferencias de redes conceptuales. Se trata de las redes conceptuales que corresponden a ciertos términos característicos de una teoría. Conforme a esto, el fenómeno de la inconmensurabilidad es presentado, para determinados pares de teorías rivales, con ciertos términos homográficos (y homofónicos), como un cambio de significado (de identidad conceptual) de esos términos, según se usen en la red conceptual de una u otra teoría; por ejemplo, el cambio de significado de *masa* y de *fuerza* que se da entre la mecánica clásica y la mecánica relativista.

Kuhn denomina *léxico* o también *taxonomía* a los términos que en el marco de una teoría T tienen interdependencia de significado. Plantea que los términos introducidos por una teoría T son aquellos cuyo significado es interdependiente en el marco de T. Así, distingue los denominados *términos específicos de T* de aquellos que están disponibles con anterioridad a T. Estos últimos conforman el vocabulario de T previamente disponible. El conjunto de términos que reúnen los específicos de T y los disponibles antes de T conforman la totalidad del vocabulario característico de T (Falguera, 2004).

El holismo local supone que los términos específicos cobran identidad conceptual o significado en tales generalizaciones (teorías); el significado de los términos específicos se

adquiere (se aprende) con el uso de ellas. Entonces, ¿cómo asume Kuhn la relación entre teorías? La resuelve asumiendo la concepción de inconmensurabilidad entre teorías (Kuhn, 2002). En palabras de Kuhn (2002: 51): «los significados son productos históricos, y cambian inevitablemente en el transcurso del tiempo cuando cambian las demandas sobre los términos que los poseen. Es sencillamente poco plausible que algunos términos cambien sus significados cuando se transfieren a una nueva teoría sin infectar los términos transferidos con ellos».

Entiendo que uno de los problemas de la enseñanza es el uso de ejemplos como el que se está estudiando: el experimento de M-M en relación con la relatividad especial. Es muy probable que la finalidad de la enseñanza de una teoría reinterpreté experimentos realizados en el marco de otra estructura lexical (o teoría). Este es el caso del experimento en cuestión (M-M) y la forma en que se difunde en la enseñanza de la física. En muchos casos se ha llegado a considerar que este experimento ha conducido inevitablemente a la formulación de la relatividad especial, aun cuando el propio Einstein reconoció no haberlo tenido en cuenta antes de 1905, año en que formula su teoría. Dilucidar cuestiones de esta naturaleza es parte de los conocimientos que se distribuyen en las situaciones de enseñanza universitaria, constituye parte del hacer crítico y reflexivo de los profesores.

Los temas esbozados inscritos en los problemas que frecuenta la HFC no son los únicos que me han posibilitado estas reflexiones. Otro tema central es la categorización de los experimentos que ha conducido a denominar a un conjunto de ellos *experimentos cruciales*. En consecuencia me surge otro asunto problemático: ¿cómo se entiende el significado de esos términos? La respuesta inmediata, acorde al holismo acotado o local, es: se inscribe en la teoría que lo refiere. Así, según sea el posicionamiento de un autor es el sentido otorgado. Los experimentos cruciales han

2 Actualmente las instituciones públicas de formación docente en el país dependen del CFE. Por más información consultar: [http://www.cfe.edu.uy/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=76](http://www.cfe.edu.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=76).

3 El reglamento del Plan 2008 estipula que el Departamento de Física (en este caso del IPA y el PS) seleccionan y luego elevan el proyecto elegido a la dirección respectiva, que a su vez lo envía al CFE.

4 Ejemplares, en el sentido de Kuhn (1989), son ejemplos que se utilizan para aprender la teoría, en la ciencia normal para formar a otros dentro de la teoría.

5 En Lévinas (2000) se discute esta distinción entre los dos contextos, de descubrimiento y de justificación, que debe ser atribuida a Reichenbach (1938, apud Lévinas, 2000).

sido objeto de discusión tanto en la HFC como en la enseñanza de la física. Según Hacking (1996), su origen se remonta a la obra inconclusa de Bacon de 1620 titulada *Novum Organum*, en la que clasifica lo que denomina *casos privilegiados*. De ellos, el decimocuarto caso trata los *instantiae crucis*, que traducidos son los ‘experimentos cruciales’. Hacking (1996: 278) señala que «una traducción más literal y tal vez más útil sería “casos de encrucijada”. Los traductores antiguos lo expresaban como “casos de las señales de caminos”, pues Bacon usó el término que se utilizaba para designar los rótulos que se ponían en donde se separaban los caminos “para indicar las diferentes direcciones”». Se han generado controversias en torno a estos experimentos que, según Hacking (1996), se habrían soslayado si los filósofos de la ciencia se hubieran mantenido cerca de Bacon. En palabras del autor, «se hubieran evitado los siguientes pares de contrarios: a) los experimentos cruciales son decisivos y llevan inmediatamente al rechazo de una teoría; b) no ha habido experimentos cruciales en la ciencia» (Hacking, 1996: 279).

En mi opinión, el último Kuhn, de 1983 en adelante, considera, bajo la tesis del holismo acotado que los experimentos cruciales no juegan ningún rol significativo, a lo sumo constituyen buenos ejemplos para quienes están en la etapa de adquisición de teorías.

Según Lévinas y Carretero (2010), cuando se reinterpretan en función de una nueva teoría experimentos realizados en otro contexto histórico, se suelen omitir algunos aspectos del rol de las hipótesis auxiliares, muchas de ellas implícitas. Para ellos, esto es lo que precisamente ocurre con los experimentos cruciales.

Asimismo, considero que Lévinas y Carretero (2010), a partir de una concepción similar al holismo acotado de Kuhn, entienden que el rol

de los experimentos cruciales no es definitorio en el cambio de teorías ni respecto del cambio de alguna de las hipótesis, pues este a su vez depende de un conjunto de factores.

Si se reflexiona sobre la caracterización del holismo semántico acotado o local de Kuhn, se puede inferir que las hipótesis auxiliares explícitas<sup>6</sup> de un experimento constituyen una parte fundamental de los términos y enunciados previamente disponibles de una teoría. Si se asume eso, entonces las teorías tienen cierta independencia de esos términos y los experimentos se podrían interpretar a partir de teorías diferentes. Es (a mi juicio) lo que le ocurrió al experimento de M-M.

Michelson realizó el experimento cinco veces (Hacking, 1996) entre 1881 y 1935, en los años 1881, 1886, 1887, 1897, 1925, y otros trataron de mejorar o modificar los resultados que obtuvo. En 1897 Michelson llevó a cabo su experimento para medir la velocidad del viento del éter en la cima de las montañas sin encontrar cambios en los resultados. A partir del experimento de 1887, se inclinó por la teoría de Stokes del arrastre del éter, pero en 1897 pasaría a la teoría del viento de éter de Fresnel, e incluso aceptó que la teoría de Lorentz de la contracción de longitudes sería posible. Como se puede apreciar, ante un resultado experimental, Michelson llegó a aceptar por lo menos tres teorías coherentes con sus presupuestos. Mientras que la aceptación de la teoría de la relatividad restringida ocurrió después en la comunidad científica.

El rol cambiante de este tipo de experimentos respecto de las hipótesis fundamentales involucradas muestra la existencia de factores muy complejos que inciden en su interpretación y es representativo de cómo operan históricamente los cambios conceptuales. Por eso el estudio de este tipo de experiencias, como también de las

respuestas de los individuos a sus resultados, es decisivo para comprender, por ejemplo, la resistencia a abandonar la teoría disponible. Al existir un cambio que afecta a la teoría, la teoría nueva adquiere cierta inconmensurabilidad respecto de la primera; dado que alguna de sus partes o toda ella ha cambiado, esto conlleva un cambio de estructura de la teoría, es decir, la clasificación (taxonomía) de los conceptos que involucra cada una ya no es la misma, además, pueden no tener los mismos referentes (Kuhn, 2002).

En el cambio de teorías intervienen tanto el contexto de justificación (las relaciones lógicas entre principios, hipótesis) como el contexto de descubrimiento, la forma en que tienen lugar los procesos del pensar: el lenguaje y el mundo. De ahí la insistencia en un abordaje interdisciplinario en la enseñanza.

Propongo aquí que la relación de semejanza entre el denominado por Cassini y Lévinas *contexto histórico de las teorías científicas* y la versión semántica de *estructura léxica* del último Kuhn puede ser fundamentada teniendo en cuenta los aportes epistémicos de Lewowicz (2004: 198):

... la estructura léxica es presentada de diversas maneras. a) La estructura léxica es un conjunto de términos de clase o un conjunto de categorías taxonómicas. b) La estructura léxica constituye su mundo, su léxico y la comunidad que la comparte (Kuhn, 1993). Es lo que garantiza la homogeneidad referencial intracomunitaria y determina el conjunto de expectativas respecto del significado de los términos que comparte una comunidad. c) Caracteriza a la comunidad como un todo unido.<sup>7</sup>

Respecto de los vínculos entre el experimento M-M y la relatividad especial, se evidencian dos posiciones que se ubicarían en los extremos de

un segmento. En uno se encuentran quienes sostienen que la base experimental condicionó los postulados de la relatividad especial, por lo tanto para ellos Einstein conocía los experimentos de M-M y se habría apoyado en estos. Esa es la posición de Poincaré (1963 *apud* Ten, 1978). En el otro extremo se ubican quienes entienden que los principios de la relatividad especial son el resultado de un proceso exclusivamente especulativo de Einstein y que este prescindió de los experimentos M-M para la elaboración de la teoría. Entre ambas, se localizan diversas posturas

### Lo metodológico

Para abordar el objeto de estudio, trabajé sobre los programas de las asignaturas contenidos en el plan de estudios, los textos didácticos usados en clase y las entrevistas realizadas a los docentes que han tenido a su cargo los cursos seleccionados de la especialidad Física.

En las entrevistas propuse el compromiso con el colectivo de profesores de respetar sus testimonios; pese a que es una regla de juego implícita entre los profesores, igual fue explicitado en cada caso antes de comenzar la entrevista y luego cada uno recibió una copia transcrita. Esto no atenúa el esfuerzo personal de tratar de quitar el velo de lo cotidiano al ser integrante del colectivo. Realicé el análisis simultáneamente al proceso de investigación, la perspectiva de análisis crítico del discurso constituyó un aporte teórico. Según Lemke (1997: 12): «... los discursos de los profesores pueden utilizarse para comprender los textos, programas y la comunicación en el aula, lo que muestra la diferencia entre el plan de estudios y el currículo».

La recolección de datos se realizó en dos etapas. La primera dirigida a identificar las instituciones, el plan de estudio y los cursos en cuyos programas figura el experimento de M-M. Y la segunda dedicada a la realización de las entrevistas en las que obtuve la in-

formación que me permitió acceder a los textos didácticos más usados por los docentes de Física.

Las instituciones IPA y PS nuclean estudiantes provenientes de todo el país y siguen el mismo plan (Plan 86). El período de estudio abarcó del 2007 al 2010. La pauta de la entrevista se organizó sobre la base de preguntas dirigidas o cerradas; diseñé un formulario que me permitió hacer notas aclaratorias de acuerdo al registro del discurso hablado, constatar los tiempos y registrar observaciones. En esta acción social significativa, entrevistadora y entrevistado nos conocíamos porque trabajamos como docentes en la formación de profesores. La etapa de transcripción fue parte del análisis de los datos, ya que los fragmentos utilizados para el análisis fueron producto de mi intervención.

Para la elección de los textos me basé en la información obtenida en las entrevistas, así como en indagaciones previas y en conversaciones informales con docentes a cargo de los cursos.

### El análisis y las conclusiones

En las entrevistas se aprecian los diferentes argumentos que utilizan los docentes para justificar la secuencia didáctica que implementan. Los relacionados con el aprendizaje, del tipo «para el estudiante es más fácil», son los más frecuentes. También predominan los argumentos de corte empirista, en los que se caracteriza al experimento de M-M como un «experimento negativo», «en él se demuestra que no existe el éter» y que «la velocidad de la luz en el vacío es invariante». Estos argumentos coinciden con los enunciados en los textos analizados. En uno de ellos el autor comienza remarcando en la introducción el objetivo por el cual fue escrito: «... mi mayor esperanza es que este trabajo hará que la relatividad sea accesible a los estudiantes que recién se inician y que produzca en ellos algo de interés en la física» (Resnick, 1977: 6). La estructura argumentativa de ese

texto será fundamental en la concepción de los futuros profesores, por ser uno de los más utilizados. En este caso, el autor desarrolla un argumento de corte popperiano en relación con los experimentos, los utiliza como elementos decisivos al momento de seleccionar las teorías. En el capítulo inicial, denominado «Antecedentes experimentales de la teoría especial de la relatividad», estructura sus argumentos sobre la base de un análisis lógico y ubica los experimentos como casos que permiten tomar decisiones teniendo en cuenta solo un contexto de justificación.

Reflexionar estas cuestiones y llegar a un metaanálisis de los discursos me fue posible porque incursioné en el campo de la HFC e integré contenidos específicos de este a la enseñanza. El dictado del curso durante el 2011 me implicó nuevos aprendizajes, que me llevan a apartarme de propuestas como la de Fernandes Trindade (2008), quien plantea la introducción de una asignatura aislada e independiente de HFC en el plan de estudios. Pienso que una asignatura con ese contenido contribuye más a la parcelación del conocimiento que a la interdisciplinariedad, que es uno de los fundamentos de mi propuesta. En esta integro la lectura del artículo de Cassini y Lévinas (2005), acompañando al libro de texto. Mientras que las entrevistas muestran que, en general, para sus prácticas de enseñanza los profesores no seleccionan aportes de la HFC, sino que se adhieren al uso exclusivo de libros de texto, con los inconvenientes ya señalados. A pesar de ello, se evidencian ciertas posiciones disímiles. En una de las entrevistas, la profesora —que declara estar en desacuerdo con el uso de la historia de la ciencia en cuestión— utiliza argumentos sobre la inconmensurabilidad de las teorías al momento de defender su estrategia de enseñanza. En su fundamentación señala que la teoría de la relatividad especial reestructura, a partir de dos postulados, los conceptos clásicos de espacio y tiempo y que por lo tanto ya no se trata de los mismos conceptos.

6 Entiendo que las hipótesis auxiliares implícitas son aquellos presupuestos que se dan de hecho, que no se enuncian, mientras que son explícitas si los autores las reconocen y las explicitan.

7 La autora hace una aclaración: «Hemos preferido aquí, así como en el conjunto de nuestro texto, conservar las oscuridades del propio Kuhn» (Lewowicz, 2004: 198).

En otra entrevista un profesor expresa que, como el experimento no tuvo incidencia en la teoría de la relatividad, él no lo jerarquiza, sino que solamente lo menciona y señala que lo que tiene impacto sobre los estudiantes es lo que *m-m* quieren medir, es decir, la velocidad de la Tierra respecto al éter. Con esta postura está haciendo un esfuerzo de diferenciación entre un léxico (teoría local) en su contexto de descubrimiento (interpretación de *mm*) y otro en un nuevo contexto de descubrimiento (teoría de la relatividad especial).

Según Kuhn (2002), alguien formado en una comunidad utiliza un léxico, sin embargo ello no impide el aprendizaje de otro. Asimismo, aprender diferentes léxicos (teorías científicas) facilita que los sujetos tengan acceso a diferentes códigos lingüísticos (Van Dijk, 1994). Por eso, la utilización de experimentos cruciales de la forma que propongo permite vivir una experiencia educativa que utiliza elementos del contexto histórico y filosófico en que se interpreta la práctica científica y del contexto de justificación manifestado en las estrategias de enseñanza.

También entiendo que los textos se deben utilizar para mostrar cómo los autores presentan la estructura argumentativa de las teorías científicas y cómo reconstruyen el contexto de producción de conocimiento científico atendiendo a diferentes cuestiones: valoraciones didácticas, concepción de aprendizaje, economía de tiempo y recursos. Propongo realizar un metaanálisis de los textos; incluso, por lo general, los autores explicitan estas cuestiones en la introducción.

A modo de ejemplo, a French (1991) le interesa que al lector le queden claros los postulados. Al jerarquizar el primero (las mismas leyes de la electrodinámica y de la óptica son válidas en todos los sistemas de referencia para los que son ciertas las ecuaciones de la mecánica, Einstein y otros, 2005), insiste en mostrar la no existencia de un referencial absoluto, utilizando en su argumento el experimento de *m-m*. Cuando jerarquiza el segundo principio (la invariancia de la velocidad de la luz), sobredimensiona las transformaciones de Lorentz. Sin embargo, entiendo que este último las

había propuesto como una hipótesis para sostener la teoría del éter como un medio sustentatorio de la luz en el modelo ondulatorio.

Interpretaciones de este tipo, es decir, metacientíficas, son las que aporta mi propuesta, que no pretende ser una presentación de posturas epistemológicas, sino conjugar en una situación particular el nivel del estudio de la naturaleza física del mundo con el de la reflexión sobre cómo se produce el conocimiento físico.

Entiendo que la propuesta de enseñanza implementada es un proceso que lleva consigo la investigación, por lo tanto siempre quedan problemas para pensar y redefinir una estrategia posible. Por ejemplo, la incorporación vertiginosa del uso de los medios de comunicación e información, en especial la implementación del Plan Ceibal, ha incidido en las estrategias de enseñanza en el profesorado de Física, entonces, ¿qué transformaciones se han dado en el caso de estudio? ¿Y en otros experimentos cruciales utilizados en la enseñanza?

KUHN, T. S. (1989). *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*. Barcelona: Paidós.

— (2002). *El camino desde la estructura*. Barcelona: Paidós.

— (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: FCE.

LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

LÉVINAS, L. (1998). *Conflictos del conocimiento y dilemas de la educación*. Buenos Aires: Aique, Grupo Editor.

— (2000). *Historia de las Ciencias, Transmisión de Conocimientos y Participación Social*. Buenos Aires: Oficina de Publicaciones de la Facultad de Filosofía y Letras, UBA (OPFYL).

LÉVINAS, L. y M. CARRETERO (2010). «Conceptual Change, Crucial Experiments and Auxiliary Hypotheses. A Theoretical Contribution». *Integrative Psychological and Behavioral Science (IPBS)*, Nueva York, Springer, vol. 44, Issue 4, pp. 288-298.

LEWOWICZ, L. (2004). «El carácter no universal del lenguaje en las últimas obras de Kuhn». En *Análisis Filosófico XXIV* (2), pp. 195-204.

— (2005). *Del relativismo lingüístico al relativismo ontológico en el último Kuhn*. Universidad de la República, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Departamento de Publicaciones.

LOUREIRO, S. (2011). *Análisis de las concepciones de ciencia que subyacen a los procesos educativos en el área científico- tecnológica*. Unidad de Enseñanza.

RESNICK, R. (1977). *Introducción a la teoría especial de la relatividad*. México: Limusa.

TEN, A. (1978). «El experimento de Michelson-Morley y su influencia en los orígenes de la relatividad restringida». En *Revista de la Sociedad Española de Historia de la Ciencias y de las Técnicas* (2), pp. 42-50.

VAN DIJK, T. A. (1994). «Discurso, poder y cognición social». En *Cuadernos n.º 2, año 2. Maestría en Lingüística*. Escuela de Ciencia del Lenguaje y Literatura de la Universidad del Valle. Consultado 12/12/2011. Disponible en <http://www.discursos.org/download/articles/index.html>.

WASSERMANN, S. (1999). *El estudio de casos como método de enseñanza*. España: Amorrortu Editores SL.

## Referencias bibliográficas

ACLAND, A. (2012). *Una propuesta didáctica basada en un enfoque histórico-epistemológico del experimento de Michelson y Morley y de sus vínculos con la teoría de la relatividad especial*. UdelaR, Área Social, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Comisión Sectorial de la Enseñanza. Tesis de maestría.

CASSINI, A. y L. LÉVINAS (2005). «La reinterpretación radical del experimento de Michelson-Morley por la relatividad especial». En *Scientiae Studia, Revista Latino-Americana de Filosofía e Historia da Ciência*, San Pablo, 3 (4), pp. 547-581.

COLLER, Xavier (2000). *Estudio de casos*, Madrid: Cuadernos Metodológicos 30, CIS.

EINSTEIN, A. y otros (2005). *Teoría de la relatividad*. Buenos Aires: Esse Servicios Editoriales.

ELLIOTT, J. (1997). *El cambio educativo desde la investigación acción*. Madrid: Morata.

FALGUERA, J. L. (2004). «Las revoluciones científicas y el problema de la inconmensurabilidad». En W. GONZÁLEZ (ed.): *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*. Madrid: Trotta.

FERNANDES TRINDADE, D. (2008). «A interface ciência e educação e o papel da história da ciência para a compreensão do significado dos saberes escolares». En *Revista Ibero-Americana de educación*. Consultado el 9/11/11. Disponible en <http://www.rieoei.org/deloslectores/2562Fernandes.pdf>.

FRENCH, A. (1991). *Relatividad especial*. Barcelona: Reverté.

GIROUX, H. (1990) *Los profesores como intelectuales. Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. España: Paidós.

HACKING, I. (1996). *Representar e intervenir*. México: Paidós-UNAM.