

**“ESAS OTRAS COSAS QUE SE ENSEÑAN QUE NO SON FÍSICA”:
IMÁGENES DE CIENCIA Y PRÁCTICAS DOCENTES EN UNA EXPERIENCIA
UNIVERSITARIA DE ENSEÑANZA DE FÍSICA
("These other things that are taught which are not physics": images of science and classroom
practices in a college physics teaching experience)**

Ana Gabriela Dumrauf [adumrauf@infovia.com.ar]

Grupo de Didáctica de las Ciencias

Instituto de Innovación Permanente e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias (IIPIEC)

Universidad Nacional de La Plata y CONICET

C.C. 525 (1900) La Plata. Argentina

Resumen

En este trabajo se presenta el análisis de una experiencia didáctica de enseñanza de Física a nivel universitario, el Taller de Enseñanza de Física. Hemos focalizado el estudio en la identificación de las imágenes de ciencia de sus docentes y encontrado relaciones entre éstas y sus prácticas de aula. Interpretamos estas relaciones en el marco de los aportes de los Estudios de la Ciencia a la Educación en Ciencias. Dentro de este marco teórico, pudimos determinar algunas características de un *ambiente auténtico de aprendizaje*.

Palavras-chave: imágenes de ciencia; prácticas docentes; enseñanza de la Física

Abstract

We show in this paper, the analysis of a university level Physics teaching experience, the Workshop of Teaching Physics (Taller de Enseñanza de Física). We focalized our study in the identification of teachers' images of science. We found relationships between teachers' images of science and teachers' classroom practice. We interpreted these relationships in the frame of Science Studies contributions to Science Education. In this framework, we could determine some characteristics of an *authentic learning environment*.

Key-words: images of science; classroom practices; physics teaching

Introducción

Durante los últimos quince años, el problema de las concepciones que estudiantes y profesores poseen acerca de la naturaleza de la ciencia se ha transformado en un tema de creciente interés en el área de investigación de la Educación en Ciencias, tal como lo atestiguan el gran número de trabajos dedicados específicamente a su planteamiento y estudio (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Blanco y Niaz, 1998; Brickhouse, 1990; Hammer, 1994; Harres, 1999; Larkin y Wellington, 1994; Laroche y Désautels, 1991; Lederman, 1992; Lederman y Zeidler, 1987; Mellado, 1997; Pomeroy, 1993; Roth y Roychoudhury, 1994; Schoon y Boone, 1998; Songer y Linn, 1991; Yerrick, Pedersen y Arnason, 1998). Estas investigaciones permiten extraer algunas conclusiones que, aunque provisionarias debido al escaso tiempo de elaboración del tema, sugieren áreas de indagación y de aplicación que han comenzado a ser exploradas por los investigadores. Una de las principales conclusiones a las que se ha llegado, señala que las concepciones que los docentes manifiestan tener de la naturaleza de la ciencia no necesariamente influyen en sus prácticas áulicas (por ejemplo: Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Brickhouse, 1990; Lederman, 1992; Mellado, 1997). Más aún, algunos de estos trabajos enfatizan la extrema complejidad de las relaciones entre las interpretaciones que los docentes hacen de la naturaleza de la ciencia y sus prácticas didácticas (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998).

Una perspectiva que enriquece temáticamente al área específica de la Educación en Ciencias es la de los Estudios de la Ciencia (Science Studies). La existencia de intereses en común entre ambas áreas ha sido revelada por algunos investigadores (Millar, 1989; Roth y McGinn, 1998):

“Como área de estudio, la Educación en Ciencias aborda los procesos de transferir el conocimiento y la comprensión de la ciencia y sus prácticas a nuevos estudiantes. Esto es, sus intereses están relacionados con la iniciación de la siguiente generación de científicos en las formas científicas de pensamiento y trabajo, junto con la amplia difusión de una 'comprensión pública de la ciencia' entre la población en general, y con los problemas que estos aspectos plantean. Estudios Sociales de la Ciencia (o Estudios de la Ciencia) es el término colectivo para un grupo de intereses disciplinarios en la ciencia, principalmente sociología, historia y filosofía de la ciencia. Sus problemáticas se han centrado en las instituciones científicas, las prácticas de los científicos y la naturaleza del conocimiento científico.” (Millar, 1989).

Estos estudios han producido un importante cuerpo de conocimiento que plantea una nueva imagen de la ciencia, al centrar la atención en los procesos de elaboración, desarrollo, negociación y difusión de la ciencia, es decir, la ciencia *en elaboración* (the science in the making) (Latour y Woolgar, 1986; Latour, 1987), en lugar de tomar como objeto de estudio la ciencia *ya hecha* (the ready made science).

En este trabajo presentamos¹ el estudio del caso de una propuesta didáctica llevada a cabo en un curso de Física básica por investigadores pertenecientes a una comunidad científica local. El escenario del caso a analizar es la Universidad Nacional de La Plata (Argentina). En ella se ha implementado una experiencia didáctica que se inició cuando un grupo de docentes e investigadores intentaron superar la sensación de descontento y las limitaciones a su creatividad que la situación científica local impone sobre ellos. Curiosamente, en lugar de dirigir sus esfuerzos a la investigación pura, ensayaron una nueva forma de enseñanza de la ciencia con la esperanza de hallar en ella un cauce para su creatividad. El reconocimiento de esta situación nos llevó a recurrir a los aportes realizados por los Estudios de la Ciencia al área de la Educación en Ciencias. Particularmente, los referidos a la necesidad de propiciar ambientes de aprendizaje en los que se tengan en cuenta algunas características relevantes que se presentan en los laboratorios de investigación científica (Roth, 1997; Roth y McGinn, 1998).

La estrategia elegida para realizar nuestra indagación consistió en dejar hablar a los actores sin ensayar interpretaciones previas con categorías extraídas de las ciencias sociales. Recurrimos a encuestas, entrevistas, observaciones de clases y análisis de material escrito por los docentes con el fin de llevar a cabo un estudio de lo que los propios actores dicen. Nuestros planteamientos en términos de “imágenes de la ciencia”, “enseñanza” y “creatividad” no son sino elaboraciones llevadas a cabo sobre lo que ellos mismos expresaron al hablar de su experiencia. Los actores mismos nos han sugerido que al tener imágenes de la ciencia y de la educación diferentes de las que encuentran en su entorno, se vieron arrastrados a cambiar las estrategias didácticas. Nunca han expresado esto, sin embargo, en términos causales, y por eso en lo que sigue hemos evitado abordar el espinoso problema de si es la imagen de la ciencia la que determina la didáctica. De acuerdo con esta investigación, la posibilidad de establecer una relación causal sería una cuestión de importancia secundaria respecto al hecho mismo de que exista una correlación estrecha entre ambos factores. El establecimiento de relaciones con las perspectivas teóricas provenientes de los Estudios de la Ciencia constituyó una etapa posterior a la de identificación de las perspectivas implícitas a la

¹ La utilización de la primera persona del plural se ha elegido como una forma de incluir a los *otros*, los que a través de innumerables diálogos, a veces de manera intencionada y otras sin saberlo, han contribuido a la concreción de este trabajo.

propuesta didáctica analizada. Esta misma secuencia ha sido seguida para la redacción de este trabajo.

A continuación presentamos el contexto de la investigación, las imágenes de ciencia identificadas y las características de la unidad pedagógica seleccionada para su estudio. Posteriormente, mostramos algunos resultados obtenidos y su discusión a la luz de la perspectiva teórica mencionada. Finalizaremos con algunas consideraciones respecto a los aportes de este trabajo.

Contexto de la investigación

El TEF

La experiencia didáctica, llamada Taller de Enseñanza de Física (TEF), forma parte de un curso universitario de Física General para alumnos de las carreras de Biología y Geología. En este curso los estudiantes pueden elegir entre una modalidad de cursada convencional y el TEF, que posee, según el decir de sus participantes, una orientación constructivista (Cordero, Petrucci y Dumrauf, 1996). El TEF se inició en el Departamento de Física de la Universidad Nacional de La Plata en 1984.

“La concepción de Taller subyacente a esta experiencia no se restringe a la implementación de algunas rutinas o técnicas grupales y de participación de los alumnos, sino que ha implicado modificaciones en todos los aspectos del curso, que van desde una reformulación de los roles de docentes y alumnos hasta la implementación de modalidades de evaluación en función de una perspectiva más abarcativa de la misma”² (Cordero, Petrucci y Dumrauf, 1996).

En las universidades argentinas los cursos están a cargo de un profesor y de docentes auxiliares. El número de éstos últimos depende, en general, del número de alumnos que asisten al curso. En el área de las ciencias naturales, los profesores están a cargo de las exposiciones teóricas, mientras que los docentes auxiliares desarrollan los trabajos prácticos en base a la resolución de problemas y la realización de trabajos de laboratorio, generalmente pautados a través de un instructivo que los alumnos deben seguir. En el caso del TEF, la modalidad de trabajo docente se caracteriza, entre otros aspectos, porque los integrantes del equipo desempeñan las actividades requeridas en las clases en forma alternativa, independientemente de la jerarquía académica, pero de acuerdo con la capacidad que cada docente tiene para la actividad planeada. Por ejemplo, las exposiciones teóricas pueden ser realizadas por el Profesor Titular, los Jefes de Trabajos Prácticos y/o los Asistentes Diplomados con la formación en Física, Biología o Geología necesaria para el tema considerado.

El proceso de investigación

La metodología elegida para el desarrollo de este trabajo se encuadra en lo que se conoce como “enfoque interpretativo” (Carr y Kemmis, 1988). En el caso del aula, la propuesta interpretativa implica conocer los “significados subjetivos” de las acciones que docentes y alumnos realizan en ese contexto específico. Dentro de este enfoque, el estudio busca desarrollar “conceptos, intelecciones y comprensiones partiendo de pautas de los datos, y no recogiendo datos para evaluar modelos, hipótesis o teorías preconcebidos” (Taylor y Bogdan, 1996). Esta propuesta posee ya una

² Algunas experiencias de evaluación implementadas en el TEF se describen en Ivancich, Petrucci y Mercader (1993), y en Petrucci y Cordero (1994).

tradición en el campo educativo (por ejemplo: Alves, 1991; Bliss y Ogborn, 1979; Easley, 1982; Erickson, 1989; Goetz y LeCompte, 1981, 1988; Hutchinson, 1988; Jacob, 1987). El análisis de los datos cualitativos ha implicado varias etapas (lectura repetida de los datos; seguimiento de pistas de temas, intuiciones, interpretaciones e ideas; búsqueda de temas emergentes; elaboración de tipologías; desarrollo de conceptos y proposiciones teóricas; lectura de material bibliográfico) y procedimientos diversos, atendiendo a los diferentes tipos de informaciones recolectadas. Las categorías de análisis no han sido, pues, fijadas de antemano sino que han ido surgiendo del propio análisis de los datos. Como instrumentos de relevamiento de información se utilizaron: un cuestionario diseñado específicamente para este trabajo de investigación (Dumrauf y Dibar, 1996); entrevistas; observaciones de las clases de la unidad pedagógica de Termodinámica y de las reuniones docentes de planificación, con registro de tipo etnográfico y grabaciones; y materiales producidos por docentes y alumnos. En relación a las clases observadas, consideramos que entre los contenidos conceptuales del curso, el abordaje de la Termodinámica presentaba distintas facetas que resultaban de interés para su análisis. Por un lado, es uno de los temas, entre los que abarca el curso, que los docentes del TEF consideran en estrecha relación con la Biología y la Geología, disciplinas en las que se están formando los estudiantes. Por otro, los docentes han desarrollado e implementado una propuesta de enseñanza que resulta innovadora, en cuanto a la inclusión de temas de la Termodinámica del no equilibrio que no están comprendidos en los cursos de física básica, al menos en nuestra Universidad.

Las fuentes de las que se obtuvieron los datos respecto a los contenidos y su desarrollo en el aula han sido el “cuaderno de planificación” -donde se asientan las decisiones tomadas en las reuniones docentes de planificación del curso-, un artículo publicado por algunos de los docentes en relación a la enseñanza de la Termodinámica en el TEF (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996), entrevistas con los coordinadores del tema y registros de observaciones de clases y de reuniones de planificación de las clases.

El cuestionario para docentes se elaboró a partir de preguntas de tipo abiertas en el convencimiento de que permitirían una aproximación a las concepciones que los docentes poseen sobre la ciencia, deducidas a partir de “lo que dicen” sobre ella y “lo que dicen acerca de lo que hacen” en sus laboratorios. En particular, se indagó respecto a las características del conocimiento científico, la descripción de su trabajo de investigación y los factores que lo determinan, los criterios para la elección de un tema de investigación, los que llevan a decidir qué parte de un trabajo de investigación científica publicar y cómo se aprenden dichos criterios. Se solicitaron opiniones respecto a la forma en que se enseña física en la Universidad Nacional de La Plata, la relación entre ésta y la forma en que se realiza investigación científica, la influencia de la imagen que posee el docente sobre la ciencia y la forma en la que enseña (Dumrauf y Dibar, 1996). En el Anexo se muestra este cuestionario. Otro supuesto que se tuvo en cuenta al elaborar un cuestionario de tipo abierto fue el de que de esta manera es posible acceder a aspectos no previstos durante la elaboración del instrumento.

El cuestionario fue respondido por los docentes de ambas modalidades de trabajo en el curso (TEF y convencional) posteriormente a la implementación de la unidad pedagógica de Termodinámica. Las respuestas presentaron similitudes en cuanto a los ítems 1. a 5.. Sin embargo, los docentes del TEF presentaron indicios generales de disconformidad en relación al trabajo que se realiza en la investigación científica. Manifestaron una ruptura entre su ideal de ciencia y el funcionamiento del sistema científico. Esta brecha, de acuerdo a lo sugerido por las respuestas a las preguntas 9. a 13., se podría cerrar a través de la enseñanza, que sería la que permitiría establecer un nexo entre una imagen ideal de ciencia y el sistema científico.

El cuestionario, como instrumento de recolección de información, permitió una primera aproximación a los temas en cuestión, tanto para los encuestados como para la investigadora.

Asimismo, brindó la posibilidad de identificar líneas a ser exploradas y profundizadas en cuanto a su significado. Al mismo tiempo presentó algunas limitaciones importantes. En primer lugar, no permitió una profundización respecto al significado que el encuestado otorgaba a sus palabras. En segundo lugar, el encuestado necesitaba realizar una síntesis de sus ideas y experiencias, para expresarlas por escrito, lo que podría conllevar la pérdida de información importante para el proceso de investigación. Además, encontramos en este caso que los encuestados, en general, respondían los ítems relacionados con la noción de conocimiento científico y la descripción del trabajo de investigación, sin hacer referencia a su experiencia personal, sino tomando una posición teórica, desde el punto de vista de la epistemología. Estas teorizaciones, sin embargo, mostraban algunas diferencias, en los docentes del TEF, con las respuestas a otros puntos del cuestionario donde se hacía referencia explícita al trabajo del encuestado como investigador y docente. El reconocimiento de estas limitaciones del instrumento llevó a la decisión de ampliar la información realizando entrevistas. El cuestionario fue contestado por los doce docentes (profesor y docentes auxiliares) del TEF. Entrevistamos a tres de ellos que habían coordinado las actividades desarrolladas en el aula durante el período de observación de las clases.

En las entrevistas los docentes hablaron libremente acerca de los aspectos del cuestionario que les resultaban de interés. Posteriormente, se les solicitó ampliación de algunas respuestas, si no habían sido ya tratadas, que no resultaban claras para el entrevistador. Estas entrevistas fueron grabadas y, posteriormente, desgrabadas en su totalidad. A través de la realización de “lecturas flotantes” (Bardin, 1977) de los registros se logró identificar aquellos tramos que permitieron reconstruir la imagen de ciencia subyacente al TEF. Debido a que las entrevistas fueron realizadas a sólo tres de sus integrantes, una vez finalizada la caracterización de esta imagen, la misma fue presentada a todo el equipo docente para su discusión grupal. Esta discusión se llevó a cabo en tres encuentros de aproximadamente dos horas de duración cada uno. En los mismos se leyó íntegramente un trabajo en el que se presentaban las conclusiones obtenidas a partir de los cuestionarios y entrevistas (Dumrauf, 1999), cuyos resultados se muestran en el apartado siguiente. El acuerdo alcanzado por todo el equipo docente en relación a las expresiones vertidas por los encuestados y a la interpretación otorgada a las mismas en el marco de este trabajo, permite adoptarlas como ideas subyacentes a la experiencia didáctica.

Las imágenes de ciencia de los docentes del TEF

Los docentes del TEF acuerdan en algunas de sus opiniones acerca de la actividad científica y del rol de la experiencia didáctica que implementan. Uno de sus pioneros desarrolla claramente estas ideas, compartidas por los demás integrantes. Describe y caracteriza las problemáticas relacionadas con la investigación, la docencia y las dimensiones personales, grupales e institucionales que posee el TEF. A partir de estos dichos, ilustramos algunos de los significados asignados a esta propuesta didáctica.

El sistema científico es visto por los docentes del TEF como una estructura en la cual ciertos grupos de investigación, localizados en países económicamente poderosos, determinan las líneas de investigación a desarrollar. Los grupos e investigadores de países como la Argentina deben “adaptarse” y dedicar sus esfuerzos a seguir esas líneas o trabajar en temas relacionados con ellas, ya que no existe la posibilidad, desde el punto de vista financiero y de infraestructura, de iniciar y sostener líneas propias.

“Hay temas que están como moda en cuanto a temas de trabajo. Y dentro de esos temas de trabajo que son moda hay líneas de trabajo muy definidas. Que no están definidas aquí en la Argentina

[...]3 (están definidas)4 en los países centrales. Y no cualquiera puede definir las [...] Todo el resto de la comunidad científica, de distinta manera, se adapta a eso[..].

A mí me parece que los factores de decisión básicos de todo lo que se hace en ciencia pasa por estos pequeños grupos, pequeños o grandes grupos, depende el dinero que tienen en el bolsillo. Que van decidiendo los caminos que se siguen [...] Siempre estás como un peldaño por abajo. Como grupo hacia otros grupos externos. Fuera del país.”

La originalidad y la creatividad se ven limitadas por esta situación estructural.

“La originalidad aparece a veces, como criterio, bueno esto no lo hizo nadie, podemos intentarlo, pero no hay que ser demasiado original. Porque si sos demasiado original eso puede llevar a que tus ideas necesiten ser fuertemente argumentadas y eso puede significar que el trabajo que vos necesitás que se publique la semana que viene tarde seis meses. Y quizás ni se publique. Entonces la originalidad tiene que ser aquella que no choque para nada con determinados puntos fijos que tiene la comunidad científica en cuanto a lo que es publicable. ... es como que tenés que seguir con la corriente. Con lo cual ideas nuevas es muy difícil que aparezcan [...] Si vos te enganchás en esa onda de los programas cada vez más optimizados pero no se sabe quién los hizo y seguir repitiendo o llevando adelante temas en una línea de investigación en la cual lo único que hacés es rellenar agujeros, vos pasás a ocupar cada vez más lugar y sos más reconocido y sabés mucho de lo que estás haciendo. Pero sabés, es como saber para atrás, no generás cosas nuevas. Las ideas siempre están en otro lado.[...] No sé bien qué es original pero algo de diferente al resto de lo que está hecho debiera ser. Diferente, algo nuevo. Distinto de lo previo, puede ser tomado de lo previo o partir de lo previo pero tiene que ser diferente. [...] llenar agujeros también puede ser original, pero para mí lo realmente original es aquello que abre puertas, no que cierra agujeros.”

La producción científica del investigador está fuertemente influenciada por su condición de asalariado.

“Lo que pasa es que es muy difícil también modificar esto. Porque a veces uno tiene que vivir, tiene que pagar todos los meses las cuentas y qué se yo y... bueno, hay que publicar. Y ¿cómo publicás? Adaptándote.”

El tipo de funcionamiento de la comunidad científica produce disconformidad en los investigadores que participan en el TEF, y una sensación de frustración y de no pertenencia a ese ámbito.

“yo no quiero pertenecer a eso. No me siento parte de eso [...] internamente no pertenecés, externamente hacés de cuenta que estás.”

Dentro de este contexto, según los docentes del TEF, la continuidad de este funcionamiento del sistema científico está garantizada por la enseñanza tradicional.

“ el modo de trabajar en el aula apunta a [...] (que se) estructure los conocimientos como para adaptarse, si el criterio que prima por detrás de mostrar los conocimientos o los contenidos que incluye cualquier curso, está en llevar adelante un proceso actitudinal, de adaptación. Eso es la mejor manera de garantizar que esta manera, esta forma social de trabajo científico se mantenga. Yo veo total correlación entre la manera de enseñar, que normalmente se llama tradicional y este

3 Con el símbolo [...] se indica que se ha omitido parte del texto, con el objetivo de reducir la cita, cuidando de no alterar el significado de lo expresado por el entrevistado.

4 Las palabras que aparecen entre paréntesis no se entienden claramente en la grabación y se han reemplazado por las que la entrevistadora ha considerado como más apropiadas de acuerdo a lo que recuerda de la entrevista.

tipo de estructura de funcionamiento de la comunidad científica. El valor principal del mundo científico es la adaptación, no la creación.

Y en ese sentido es absolutamente coherente [...] La enseñanza tradicional apunta a que la incorporación del conocimiento sea estrictamente con fines adaptativos. No hacia la ubicación de los pibes en situaciones- problema donde tengan que generar conocimientos nuevos.”

De esta manera, la enseñanza juega un papel fundamental y se transforma en la herramienta que permite producir cambios en la estructura científica.

“Con lo cual un cambio en cuanto a la manera de enseñar tiene que traducirse forzosamente en cambios en la comunidad científica [...] Un cambio en la manera de enseñanza tradicional. En este sentido de no adaptar debiera traducirse en cambios en la comunidad científica.

Entrevistador: ¿Cuando esos alumnos empiezan a trabajar?

No necesariamente, es muy lento, tiene que ser muy lento. Pero a largo plazo, sí...”

Los procesos de generación de conocimiento se intentan recrear en el aula a través de tareas concretas de aprendizaje.

“yo creo que lo que hacemos en el Taller de no solamente discutir sobre método o sobre distintos métodos posibles, sino de tratar de que en cada uno de los temas los pibes vayan, por lo menos intentando aplicar algunas de las cosas que son básicas de cualquier método científico: identificar el sistema, delimitar las fronteras, decir qué modelo uno está planteando y qué hipótesis se le ocurren respecto al problema que quiere resolver [...], eso corresponde a una parte de lo que es el proceso de generar conocimiento.”

Estos procesos se desarrollan en un contexto donde no aparecen las presiones presentes en la estructura científica.

“El contexto de aula permite de alguna manera decir: "bueno, me independizo un poco de cuáles son las presiones a nivel social". Digamos, ningún chico que hace un petic⁵ lo está haciendo para publicar... Se lo está planteando simplemente como una manera de aprender. Ni siquiera lo hace para aprobar la materia. Entonces el contexto es totalmente diferente de lo que está planteado para un científico...”

Por otro lado, el TEF como propuesta didáctica, reconoce que el aprendizaje de los contenidos conceptuales no es suficiente para producir modificaciones en ámbitos relacionados con la docencia y la investigación.

“Realmente yo creo que uno de los resultados más importantes del Taller, no pasa por el aprendizaje de física. Pasa por esta inadaptación que ha permitido que lo que se cambiara no sean los alumnos sino la institución. El que aparecieran en el Museo formas diferentes de mostrar cosas, los talleres de los dinosaurios⁶, las tareas de extensión, la misma unidad de didáctica⁷, para mí son resultados de las otras cosas que enseña el Taller que no son física. En realidad no se si se enseñan pero por lo menos las transmite. [...] Se pueden generar muchas maneras alternativas de evitar preconceptos en física, pero nada más. No va a cambiar la manera de trabajo en física...”

5 Pequeño Trabajo de Investigación Creativa. Trabajo realizado por los alumnos, de manera optativa, en el que se lleva a cabo una pequeña investigación utilizando herramientas tomadas de la Física para estudiar sistemas biológicos o geológicos.

6 “Vacaciones con los Dinosaurios” comprende un conjunto de talleres para niños y adolescentes desarrollados por la Secretaría de Extensión de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo.

7 Unidad de Didáctica de las Ciencias Naturales, creada en 1993 a partir de un trabajo de investigación llevado a cabo por algunos integrantes del grupo de docentes y colaboradores del Taller.

La enseñanza de la termodinámica en el TEF

La presentación de la Termodinámica en el TEF se divide en dos partes. La primera de ellas comprende los temas habituales en los cursos de Física General, la segunda incluye los conceptos de Termodinámica del no equilibrio que sus docentes consideran de relevancia. En la Figura 1, se han transcritos estos contenidos tal como aparecen en el cuaderno de planificación del equipo docente.

Históricamente, la inclusión de los contenidos de la Termodinámica del no equilibrio está relacionada con la reflexión acerca del abordaje de los mismos en diferentes ámbitos, a partir de la experiencia personal de uno de los docentes con título de grado en Biología.

D₁ : A mí me preocupó una vez cuando, no sé en qué año, unos años atrás, cuando D₂ entregó un trabajo de postgrado donde decía que en el ser vivo había una variación de energía libre. La energía libre estrictamente es una transformación de la energía interna. Si yo en un ser vivo no puedo definir la energía interna simplemente porque no es un sistema en equilibrio, obviamente no puedo definir un delta G.

D₂: Ahora, yo encontré una explicación de por qué se llega a esos errores.

D₁: Dále.

D₂: En realidad cuando se analizan estos errores en biología no se analizan sistemas vivos, se analizan reacciones químicas.[...] Lo que pasa que en ese trabajo de postgrado, muchos, después de analizar eso, hacen la traslación burda al sistema vivo. Y ahí cometen el error, ¿sí?. Entonces ésa es la clave del tema, y si ustedes analizan con detalle los libros de texto van a ver que siempre referencian una reacción. Es una reacción química y que puede estar perfectamente en estado de equilibrio. Estado 1, estado 2, pero es equilibrio. Puede no estar vivo eso. [...]

D₁: Bueno, entonces ésta fue un poco la razón por la que surgió todo el tema.⁸

El objetivo general de esta propuesta de enseñanza de la Termodinámica aparece explicitado en un trabajo publicado por algunos de los docentes del TEF (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996) y se relaciona con la actividad de los estudiantes una vez graduados:

“El eje de nuestro trabajo se centró en contribuir a la formación profesional del estudiante de Geología y Biología con herramientas de termodinámica del no equilibrio”

Por otro lado, los docentes del TEF consideran que hay una serie de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales mínimos que los estudiantes necesitan para llevar adelante la propuesta. Estos contenidos se trabajan durante el desarrollo de los temas que anteceden a los de Termodinámica. Por ejemplo, el trabajo en equipo, asociado a la tarea grupal, resulta de fundamental importancia para abordar este enfoque de la Termodinámica.

⁸ Diálogo extraído del registro de observación de una reunión de planificación.

Termodinámica

*Parte 1: Termodinámica del equilibrio
Procesos reversibles/irreversibles
Sistemas aislados/abiertos/cerrados*

Módulo 1: Calor, Temperatura, Equilibrio Térmico, Primer Principio de la Termodinámica.

Módulo 2: Transferencia de energía en forma de calor: conducción, convección y radiación. Calorimetría. Algunas aplicaciones a la Geología.

Módulo 3: Variables termodinámicas (intensivas y extensivas). Función de estado. Gases ideales: ecuación de los gases, procesos adiabáticos, isobáricos e isotérmicos. Teoría cinética: T como valor medio, relación T y E_c , P y E_c . Modelo de partículas y Termodinámica.

Módulo 4: Conocimientos previos de Entropía. Entropía. Equilibrio termodinámico. Segundo principio. Procesos Irreversibles. Homologías con Entalpía, Energía Libre, etc.

*Parte 2: Termodinámica del NO Equilibrio
Estado Estacionario
Sistemas Abiertos*

Módulo 5: Estado Estacionario. Sistemas Abiertos. Velocidad de Producción de Entropía. Aplicaciones a los fenómenos geo-biológicos.

Módulo 6: Debate libre, invitados especiales.

Figura 1. Listado de los contenidos conceptuales de Termodinámica transcritos del cuaderno de planificación del TEF.

“La materia Física General abarcó dos cuatrimestres. En el primero, a través de la enseñanza de cinemática y dinámica se hizo hincapié en aspectos conceptuales tales como manejo de extremos, definición de sistemas y utilización de gráficos. Estos tópicos fueron retomados en las discusiones sobre energía, concepto que fue definido desde un punto de vista instrumentalista [A3]9. Asimismo, se incluyó el trabajo sobre

⁹ “[A3] Es decir producir conceptos teóricos que constituyan mecanismos o instrumentos convenientes para relacionar dos o más conjuntos de situaciones observables y que han de ser interpretados como ficciones útiles que facilitan nuestros cálculos. (Chalmers, A., *Qué es esa cosa llamada ciencia*. Madrid, Siglo XXI Editores S.A., 1987)” (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996)

contenidos actitudinales [A4]10 como, por ejemplo los concernientes a lograr una adecuada dinámica grupal [A5]11” (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996).

Tanto en las reuniones de planificación de las clases como en el trabajo mencionado, la explicitación de los contenidos conceptuales está siempre acompañada de la explicitación de la manera en que se trabajarán en el aula. A modo de ejemplo, transcribimos el primer objetivo y la metodología asociada al mismo, correspondientes al Módulo 1 de la Figura 1:

“Objetivos:

1. Explicitar los preconceptos (Nos referimos a los conceptos intuitivos previos que traen los estudiantes) de los estudiantes con respecto a las nociones de temperatura, calor (diferencias entre ambos conceptos), sistema y equilibrio.

Metodología:

Del objetivo 1: Se formaron grupos de cinco estudiantes que utilizaron diferentes experiencias (inflar las ruedas de una bicicleta, doblar un alambre, colocar la mano en distintos recipientes con agua a distintas temperaturas) para discutir qué es calor, qué es temperatura, qué diferencia hay entre ambos, en base a una guía de preguntas.

Habitualmente los estudiantes no advierten diferencias entre los conceptos de calor y temperatura. La discusión, un debate entre todos los miembros de la clase que los docentes coordinan y en la cual se hacen referencias a las experiencias recién realizadas, permite distinguir entre ambos conceptos y arribar a las definiciones correspondientes.” (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996)

Las respuestas de los docentes entrevistados a la pregunta respecto a qué es lo que consideran más importante que los estudiantes aprendan sobre Termodinámica reflejan la importancia que le otorgan a los aspectos relacionados a la generación de conocimiento, los límites de las teorías y los conceptos básicos para el desarrollo del formalismo.

“D₃: Creo que aprender termo sin todo este contexto de... qué significa generar conocimiento no tiene (sentido). Energía es un término que para mí es fundamental... todo lo que significa procesos... digamos, la termodinámica como proceso... qué... lugar ocupan las... funciones termodinámicas, en todo lo que tiene que ver con procesos, digamos por qué yo puedo usar funciones termodinámicas que son de equilibrio... en situaciones que son procesos.”

“D₂: ... que conozcan bien lo que significa cuando hablan de termodinámica del equilibrio y cuando saltan al no equilibrio. Son dos universos distintos. Dos formas de encarar las cosas totalmente distintas, y sepan que cuando se refieren a una cosa es una cosa y cuando se refieren a otra es otra. Que discrimen bien eso ya es suficiente.”

10 “[A4] Aspectos conceptuales: aquellos que se vinculan estrictamente con el contenido de la materia. Ejemplo: leyes de Newton. Aspectos actitudinales: aquellos que se refieren a la predisposición de los estudiantes en la clase en su relación con los docentes, sus compañeros y la materia en si misma (trabajo grupal, capacidad de crítica, libertad de expresión, etc.).” (Melgarejo, Tito y Cappannini 1996)

11 “[A5] El trabajo grupal es la base de nuestra tarea. Al comenzar el curso los estudiantes escogen entre una modalidad de taller y una convencional (ambas en la misma cátedra). Esto permite trabajar con un universo de alumnos predispuestos al trabajo en equipo. Dicha inquietud se potencia con técnicas que tienden a que los estudiantes sean protagonistas de un proceso que parte del trabajo individual para llegar al trabajo en equipo. La producción grupal debe ser la consecuencia de un trabajo participativo de todos los miembros del grupo y este debe poder exponer dicha producción a la crítica del resto de la clase. Entendemos que es imprescindible cierta madurez en la tarea grupal para poder abordar este enfoque de la termodinámica.” (Melgarejo, Tito y Cappannini 1996)

“D₁: Temperatura, equilibrio y función de estado. Esas tres cosas. [...] Porque son para mí tres puntos que permiten entender dónde uno está y cuándo la maquinaria que está usando sirve.

Entrevistador: ¿A qué te referís con la maquinaria?

D₁: A la termodinámica... El formalismo termodinámico es una herramienta muy poderosa [...] Es un formalismo que vale solamente cuando podés definir equilibrio, cuando podés por lo tanto aplicar las funciones de estado, y cuando tenés clara la noción de equilibrio [...] La temperatura juega un rol importante porque ayuda a fortalecer el formalismo, por el hecho de que uno se casa con la noción de temperatura positiva, lo que define que la entropía sea creciente. Eso no está muy claro, hay muy poca gente que se ha puesto a pensar en el tema [...] La temperatura define el crecimiento de la entropía y eso es muy importante. No para que lo sepan los alumnos, pero para apuntar a eso (a esa idea).”

Imágenes de ciencia y enseñanza de la termodinámica en el TEF

El proceso de “escuchar” las declaraciones de los integrantes del TEF sobre sus propias experiencias como docentes e investigadores, sin establecer categorías previas, nos ha permitido percibir el significado que la experiencia didáctica tiene en relación a las imágenes de ciencia de sus docentes y el rol que le asignan a la educación.

De acuerdo a lo transcrito anteriormente, la imagen de ciencia aparece vinculada al funcionamiento de la comunidad científica y a las relaciones de poder que actúan dentro de ella. Según estos docentes, la comunidad científica internacional está organizada como una estructura en la cual ciertos grupos, con fuerte apoyo económico, determinan las metas y el curso de la investigación. Los demás grupos e investigadores se ven obligados a seguir estas líneas para mantenerse en la estructura científica. Para los investigadores que no pertenecen a estos grupos de vanguardia, la originalidad y la creatividad están orientadas a la búsqueda de “*agujeros*” (aspectos a ser explorados) en los temas de investigación preestablecidos y no de ideas novedosas. En este sentido, el investigador garantiza su permanencia en el sistema científico a través de las publicaciones periódicas requeridas por las entidades que lo financian.

Esta caracterización del sistema no es singular de este grupo, al menos también aparece en entrevistas a docentes que no participan en el TEF. Pero estos últimos aceptan ese funcionamiento y consideran el rol que desempeñan como “*natural*” y de importancia para el desarrollo de la ciencia. Según el decir de uno de los entrevistados que no participa en el TEF “*La gran mayoría lo que hacemos es hacer esa tarea que es necesaria hacerla, juntar datos en una tabla, poner números, hacer el cálculo secundario, cálculo analítico, para los que dan los grandes avances*”. En cambio, en los docentes del TEF asumir esta función dentro del sistema genera insatisfacción, por lo cual manifiestan una ruptura entre una imagen ideal de ciencia basada en la creatividad, con temas que “*surjan de pasiones interiores y de necesidades de la sociedad de la que se vive*”, y la que encuentran en su entorno cotidiano de investigación.

En cuanto a la educación convencional, los docentes del TEF consideran que es un instrumento que usa la comunidad científica para perpetuar su estructura de funcionamiento. A través de ella la comunidad educa a los futuros científicos en una actitud funcional con la estructura establecida. Contrariamente, su experiencia didáctica, innovadora, se convertiría en una herramienta potencialmente transformadora de la estructura científica.

En consecuencia, hemos reconocido dos factores que sustentan la propuesta didáctica: el descontento con el funcionamiento establecido en el sistema científico y la creencia de que la

enseñanza es una herramienta que permite producir transformaciones que se reflejarán en algún momento en ese sistema científico.

La conjunción de estos dos factores ha llevado a estos docentes-investigadores a la búsqueda de un espacio de creatividad en el aula. En este espacio, además de los contenidos conceptuales de la disciplina, es posible trabajar, a través de tareas concretas, aspectos relacionados con la noción de creatividad en ciencia, interdisciplinariedad, necesidad del trabajo en equipo, inclusión de la dimensión humana en el trabajo científico. De esta manera pretenderían transmitir una visión de ciencia “en proceso”, rescatando aquellas dimensiones que consideran relevantes para su desarrollo.

En el contexto del aula surge, para estos docentes, la posibilidad de superar el problema de la marginalidad. De acuerdo a sus declaraciones, perciben la marginalidad en algunos aspectos de su trabajo como investigadores y docentes. Como investigadores en un país como Argentina - *“siempre estás un peldaño por abajo [...] Te sentís marginal”* - no resulta fácil encontrar el marco adecuado para su desarrollo científico. Como docentes, no perciben un reconocimiento institucional a su trabajo. Dentro del marco del aula, los docentes del TEF pretenderían revertir estas dificultades. Las actividades relacionadas con el quehacer científico (desarrollo por parte de los alumnos de “pequeños trabajos de investigación creativa”, trabajos de aplicación, la utilización de estrategias didácticas relacionadas con modalidades del trabajo científico: congresos, debates) se recrean en un contexto donde no existen las presiones impuestas por la comunidad científica y, al mismo tiempo, los docentes, como representantes de la institución educativa, pueden tomar decisiones sobre su producción y establecer ciertas reglas propias de funcionamiento.

En cuanto al abordaje de los contenidos de la unidad pedagógica de Termodinámica y sus fundamentos en el TEF, los docentes muestran una actitud reflexiva respecto a las necesidades de los alumnos en su futuro desarrollo profesional. La modificación de los contenidos conceptuales trabajados durante el curso en función de estas necesidades brinda a los estudiantes, según la visión de los docentes, herramientas para modificar en el futuro las prácticas vigentes en la comunidad científica.

En el mismo sentido, a la hora de explicitar los contenidos previos que los estudiantes necesitan según esta propuesta, aparecen con igual jerarquía contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Estos últimos están directamente relacionados con la forma de trabajo en el aula, basada en la tarea y producción grupal. El alcanzar esta forma de trabajo está planteada como un proceso *“que parte del trabajo individual para llegar al trabajo en equipo”* (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996). Durante el proceso, los docentes planifican e implementan en las clases actividades tendientes a afianzar los grupos de trabajo (Cordero, Petrucci y Dumrauf, 1996). La unidad de Termodinámica se desarrolla a seis meses de iniciado el curso, por lo que los docentes cuentan con que los estudiantes se han consolidado en la metodología de trabajo grupal. En este sentido, los contenidos conceptuales y la metodología de trabajo en el aula aparecen permanentemente imbricados. Aún dentro del listado de los contenidos conceptuales de esta parte de la materia se incluye un último módulo, tal como se ve en la Figura 1, donde aparece una actividad de discusión, que oficia como una muestra de la imposibilidad de separarlos.

Los docentes del TEF consideran que lo más importante que los alumnos deben aprender, en relación a la Termodinámica, incluye distintos aspectos. Por un lado, entre los contenidos conceptuales aparecen los que consideran básicos para comprender el formalismo con una perspectiva orientada a las necesidades profesionales de los estudiantes y al contexto de aplicación. A su vez, no pierden de vista el aspecto epistemológico en cuanto a los límites de validez de la teoría y el uso de ésta como herramienta para la resolución de problemas. Por otro lado, reconocen la necesidad de incorporar aspectos relacionados a la generación de conocimiento científico. De acuerdo al análisis de la información recolectada, el proceso de generación de conocimiento

científico se recrearía en el aula a través de la metodología de trabajo propuesta por los docentes. Si bien no ha sido manifestado explícitamente, es posible encontrar una analogía entre ésta y la imagen de los docentes respecto a cómo debería funcionar el sistema científico internacional. En un trabajo previo (Cordero, Petrucci y Dumrauf, 1996), hemos descripto el marco teórico del TEF y algunos aspectos del diseño del curso (objetivos, contenidos, estrategias de enseñanza y proceso de evaluación). Esta sistematización pone de manifiesto la importancia que los docentes del TEF otorgan a las actividades de debate y discusión, ya sea en los pequeños grupos de alumnos o en ronda general (a partir de la producción de los grupos) utilizando diferentes técnicas, y a la elaboración de diversos trabajos grupales. En cuanto al proceso de evaluación, los docentes del TEF llevan a cabo, a lo largo del año, actividades que *“tienen por objeto consensuar con los alumnos los objetivos, criterios y modalidades de evaluación. [...] De esta manera el control del proceso es compartido por docentes y alumnos”* (Cordero, Petrucci y Dumrauf, 1996). Así, la metodología de trabajo en el aula (re)crearía el ideal de los docentes del TEF respecto al funcionamiento de la comunidad científica, en la comunidad del aula. En esta (re)creación de la comunidad científica deseada por los docentes, en la cual *“la discusión,”* es *“un debate entre todos los miembros de la clase que los docentes coordinan”* (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996), se garantizaría la igualdad de posibilidades de participación y producción. Por lo tanto, *“la producción grupal debe ser la consecuencia de un trabajo participativo de todos los miembros del grupo y éste debe poder exponer dicha producción a la crítica del resto de la clase”* (Melgarejo, Tito y Cappannini, 1996). De esta manera, la *vivencia*¹² experimentada en el ámbito del TEF permitiría que los estudiantes tomen conciencia de la posibilidad de una forma de producción científica alternativa a la que encontrarán en su trabajo como investigadores. En esta *comunidad científica ideal* que se (re)crea en el aula, las condiciones de trabajo serían las mismas para todos los grupos y cada uno podría elegir las líneas y orientaciones de sus investigaciones. En consecuencia, se abriría un abanico de posibilidades de desarrollo para la originalidad y la creatividad de cada “investigador”, independientemente del grupo de pertenencia.

La *vivencia* en esta experiencia didáctica surge, así, como la trama donde se entrelazan el aprendizaje de los contenidos conceptuales de física y del ideal del TEF acerca de la producción de conocimiento científico. Es la que permite, en palabras de uno de los docentes, que aparezcan *“esas otras cosas que enseña el Taller que no son física”*, que se relacionan con una forma ideal de funcionamiento del sistema científico. En el caso de la Termodinámica, los docentes preparan el escenario del aula para posibilitar esta *vivencia* a través de dos aspectos: la selección de contenidos conceptuales –realizada en parte de acuerdo a lo que consideran relevante para la práctica futura de los estudiantes; y la metodología de trabajo en el aula. Así, los docentes pretenden impartir, junto a los contenidos disciplinares, conocimientos sobre las tácticas y estrategias de la investigación científica intentando tender un puente hacia una comunidad científica ideal, a la que desearían pertenecer.

Discusión

El análisis de la propuesta didáctica implementada por los docentes del TEF, presentado en este trabajo, ha permitido identificar algunos aspectos que merecen ser rescatados y discutidos a la luz de diversos aportes teóricos en el área de la Educación en Ciencias.

¹² Resulta ilustrativa, en este sentido, la respuesta de uno de los pioneros de la experiencia a la pregunta 2. del cuestionario: *“Por un lado, brindarle toda la información posible sobre los criterios utilizados tal como dije en la primer pregunta y por otro haciéndolos vivenciar [a los alumnos], ya desde los cursos de grado en que se pueda, procesos de generación de conocimiento con explicitación de las metodologías. Ambos aspectos deberían darse en un contexto de discusión crítica incluyendo a docentes y alumnos del curso y, si fuera posible, a investigadores formados que participen (orientando o aportando desde su experiencia) dando a conocer su propia generación de conocimientos y las metodologías que usan junto con los criterios de validación de su tarea.”*

Hemos encontrado que la insatisfacción de los docentes respecto al funcionamiento del sistema científico y la convicción de que la enseñanza es una herramienta que permitirá producir transformaciones que se reflejarán en algún momento en el sistema científico, han sostenido la propuesta didáctica. Estas bases sostendrían también la idea de (re)crear en el aula el funcionamiento de una comunidad científica ideal donde prevalecería el trabajo en equipos, con igualdad de oportunidades, y el tratamiento de temas que aporten al futuro desarrollo profesional de los estudiantes (en el caso analizado: la Termodinámica fuera del equilibrio).

Dentro de los temas abordados en los cursos universitarios de Física General, la Termodinámica presenta algunas características particulares que han merecido el desarrollo de estudios en distintas áreas de investigación. A mediados del siglo pasado E. Mach enfatizó la importancia de la Termodinámica en la Física Teórica y en la Filosofía de la Ciencia (Drago, 1994). A partir de 1930, este tema ha recibido especial atención debido a que el estudio de los procesos irreversibles puso de manifiesto su fertilidad y permitió establecer relaciones con otras ramas de las ciencias, como la Biología. Uno de los investigadores en esta área, I. Prigogine (1990), ha incluido a la Termodinámica como una de las bases de la “nueva alianza” de la humanidad con la naturaleza.

En el área de la educación en ciencias, Tarsitani y Vicentini (1996) evidencian las distintas “imágenes” presentadas sobre la Termodinámica en diversos libros de texto, fundamentadas en supuestos básicos y en niveles epistemológicos. Los autores identifican diferencias entre los libros que exhiben una presentación clásica, basada en las leyes tradicionales de la Termodinámica concebidas como principios de “imposibilidad operacional”, y aquellos que proponen aproximaciones axiomáticas más recientes, en las cuales los principios tradicionales provienen de postulados abstractos. Tarsitani y Vicentini consideran que la enseñanza de la Termodinámica basada en este último tipo de aproximación disminuiría la brecha entre “lo que se enseña” en cursos universitarios de Física General, y el desarrollo de la investigación científica actual, especialmente la relacionada al caos y la complejidad. En este sentido, el enfoque de la Termodinámica presentado en el TEF, se incluye dentro de una perspectiva axiomática, elegida por los docentes con la intención de tratar contenidos cercanos a las necesidades de los estudiantes como futuros investigadores científicos. Los docentes han seguido, en parte, la formulación presentada por Callen (1983) para incluir los conceptos de la Termodinámica fuera del equilibrio. El formalismo desarrollado permite arribar a relaciones válidas para procesos infinitesimales reversibles e irreversibles, abriendo la posibilidad a la generalización a procesos lineales (y fluctuaciones). Este desarrollo conceptual constituye en sí mismo una innovación didáctica dentro de un curso introductorio de Física a nivel universitario. Se ha implementado en el TEF desde el año 1991. La intención de los docentes es que los alumnos logren una aproximación conceptual, sin poner el énfasis en los formalismos matemáticos comprendidos en este abordaje. Los resultados obtenidos evidencian diferentes grados de apropiación por parte de los alumnos (Cordero, 1999).

El abordaje de este enfoque de la Termodinámica en un contexto áulico de (re)creación de una comunidad científica estaría, asimismo, evidenciando la intención docente de propiciar un “ambiente de aprendizaje que sea auténtico” (Roth, 1997; Roth y McGinn, 1998).

La necesidad de generar *ambientes auténticos de aprendizaje* en la enseñanza de las ciencias ha surgido a partir de la influencia de la literatura producida en el área de los Estudios de la Ciencia (Latour y Woolgar, 1986; Knorr-Cetina, 1981; Latour, 1987). En base a esta influencia se ha propuesto el diseño de entornos áulicos de aprendizaje que compartan algunas características cruciales con los ámbitos de trabajo cotidiano de científicos e ingenieros. Se los ha designado como *auténticos* para distinguirlos de los ambientes de aprendizaje tradicionales (Roth, 1997). De acuerdo con Roth (1997), la literatura sobre el trabajo cotidiano de científicos e ingenieros ilustra la

naturaleza fundamentalmente social de sus actividades; en tales actividades, las personas “están relacionadas en formas múltiples y heterogéneas” y sus “ubicaciones sociales, intereses, fundamentos y posibilidades subjetivas son diferentes”. Por lo tanto, para que los ambientes de aprendizaje sean auténticos, es necesario generar las condiciones para que los estudiantes puedan vivenciar lo que es ser parte de una comunidad, en la cual las “prácticas” y “suministros” específicos son compartidos, y valorar la colaboración en pequeños grupos para alcanzar objetivos comunes. Las concepciones de aprendizaje subyacentes a estos *ambientes auténticos* corresponden a aquellas que enfatizan la importancia de los conocimientos que poseen los alumnos. El rol de los docentes es el de facilitadores de la apropiación, por parte de los alumnos, de las prácticas discursivas y materiales, y suministros de la comunidad.

La idea de *vivencia* planteada respecto a la propuesta pedagógica del TEF, estaría estrechamente vinculada a la de generar en el aula un *ambiente auténtico de aprendizaje*. Este *ambiente*, en el caso del TEF, de acuerdo a lo desarrollado en las secciones anteriores, está caracterizado por: la consideración de las ideas previas de los alumnos; el abordaje de un enfoque temático que contempla perspectivas aún abiertas a la investigación, próximas a las futuras áreas de trabajo de los estudiantes; la formación de pequeños grupos de trabajo en el aula; la implementación de estrategias didácticas que propicien el trabajo intragrupal, la discusión intergrupala y la elaboración de consensos entre grupos. Resulta de interés señalar que las estrategias didácticas planificadas por los docentes del TEF han sido extraídas de las utilizadas en su rol de investigadores en el ámbito de la comunidad científica. Este sería un indicio más acerca de la intención docente de propiciar un *ambiente auténtico de aprendizaje* en el TEF.

Algunas consideraciones finales

Los docentes del TEF muestran, a través de sus dichos y de la selección y estructuración de los contenidos de sus clases, que sus concepciones acerca del funcionamiento del sistema científico y de los procesos y roles en la investigación influyen concretamente sobre su elección de estrategias didácticas. En este sentido, hemos encontrado que, en este caso, aparece una estrecha relación entre las imágenes de la ciencia y las prácticas de aula. Ésta surgió cuando dejamos hablar libremente a los actores. Ellos mismos iniciaron un proceso de reflexión y explicitación individual y grupal de sus supuestos, que permitió obtener los resultados presentados en este trabajo.

La enseñanza es, para estos docentes, la herramienta con la cual podría alcanzarse, en un futuro aún indeterminado, un desarrollo de la ciencia local en el que la creatividad de los investigadores no fuera reemplazada por una actitud de imitación de los centros mundiales de desarrollo científico. En este sentido, la enseñanza tendría la misma relevancia que la asignada por T.S. Kuhn en “La estructura de las revoluciones científicas” (1970), pero por un motivo diferente. De acuerdo con Kuhn, la enseñanza es la herramienta que posee la comunidad científica para formar a sus futuros integrantes dentro del paradigma vigente. Según los docentes del TEF, es la herramienta de transformación que permitiría cerrar la brecha entre la comunidad científica en la que se encuentran cotidianamente y la que desean.

En ambos casos el rol de la enseñanza se encuentra estrechamente vinculado a la formación de científicos. Sin embargo, encontramos diferencias similares a las que B. Latour (1998) señalara entre *ciencia e investigación*. La ciencia brinda certeza, imparcialidad y objetividad, escapando en todo lo posible de las ideologías imperantes, pasiones y emociones. En oposición a ésta, la investigación es incierta, cálida y crea compromiso y controversias. En el TEF, la enseñanza comprende lo que de riesgoso y apasionante posee la *investigación*. Y por ello, aparece la necesidad

de generar un *ambiente auténtico de aprendizaje*, en el cual los estudiantes puedan *vivir* y aprender también “*esas otras cosas que no son Física*”, inherentes al desarrollo de la investigación científica.

Aún cuando el TEF ha sido caracterizado como *ambiente auténtico de aprendizaje* a partir de los dichos de sus docentes (orales y escritos), en etapas posteriores a este trabajo hemos encontrado indicios que permitirían reconocer la implementación de este *ambiente* en el aula, más allá de las observaciones de clases ya referidas. Por un lado, en las interacciones discursivas entre alumnos en los grupos prevalecen funciones de razonamiento en el marco de las tareas planificadas por los docentes (Cordero, 1999). Por otro lado, en el análisis de una estrategia didáctica implementada por los docentes para el desarrollo de exposiciones teóricas, el Teórico Dialogado, identificamos patrones temáticos en el discurso docente (Dumrauf, Cordero y Colinvaux, 2000). Estos patrones de tipo pedagógico, epistemológico y vinculados a aspectos sociológicos del desarrollo de la ciencia, que guían la construcción del conocimiento compartido (Edwards y Mercer, 1994), estarían sustentados por la intención docente de propiciar la formación de un *ambiente auténtico de aprendizaje*.

Tal vez uno de los aspectos más interesantes que ha presentado el análisis de este caso, el TEF, ha sido la posibilidad de incluir en la discusión sobre las conexiones entre las imágenes de ciencia y las prácticas de aula, las relaciones que éstas mantienen con la investigación científica. En este sentido, ha sido necesario dejar a un lado, durante el proceso de análisis de los datos, la idea de hallar categorías basadas en las escuelas epistemológicas contemporáneas, para adentrarnos en las imágenes acerca de la investigación científica actual. Tanto los aspectos teóricos como empíricos de esta nueva perspectiva deben aún ser analizados y discutidos con mayor profundidad. Sin embargo, la identificación de algunas características de un *ambiente auténtico de aprendizaje* implementado en el nivel universitario, a partir de los propios datos, aporta valiosos elementos transferibles a otros ámbitos y niveles en la educación en ciencias.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la generosa cooperación de los docentes del curso de Física General para estudiantes de Ciencias Naturales que participaron en él durante 1995 y 1997.

Quisiera expresar mi agradecimiento al Dr. A.G. Ranea y a la Dra. M.C. Dibar por la orientación en el desarrollo de la investigación, las correcciones sugeridas y las valiosas recomendaciones a este trabajo; a los integrantes del Grupo de Didáctica de las Ciencias por la colaboración prestada en distintas etapas de la investigación; al Prof. D. Petrucci por su colaboración y participación en fructíferas discusiones desde la gestación misma del proyecto; al Dr. R.C. Mercader por su incondicional apoyo académico y humano; a la M. Ed. S. Cordero por sus valiosas lecturas, relecturas y sugerencias.

Referencias

ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.L. & LEDERMAN, N.G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural, *Science Education* **82** (4), 417-436.

ALVES, A. (1991). O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. *Cadernos de Pesquisa*, **77**, 53-61.

- BARDIN, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Ed. 70.
- BLANCO, R. & NIAZ, M. (1998). Baroque tower on a Gothic base: a Lakatosian reconstruction of students' and teachers' understanding of structure of the atom, *Science & Education* **7** (4), 327-360.
- BLISS, J. & OGBORN, J. (1979). The analysis of qualitative data, *European Journal of Science Education*, **1**, 427-440.
- BRICKHOUSE, N. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationships to classroom practice, *Journal of Teacher Education* **41** (3), 53-62.
- CALLEN, H.B. (1983). *Termodinámica. Introducción a las teorías físicas de la termostática del equilibrio y la termodinámica irreversible*. Madrid: Ed. AC.
- CARR, W.K. Y KEMMIS, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza*. Barcelona: Martínez Roca.
- CORDERO, S. (1999). *Aprender com outros: um estudo das interações entre alunos em aulas universitárias de Física*. Brasil: Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado em Educação.
- CORDERO, S., PETRUCCI, D. y DUMRAUF, A.G. (1996). Enseñanza universitaria de física: ¿en un taller?, *Revista de Enseñanza de la Física* **9** (1), 14-22.
- DRAGO, A. (1994). Mach's thesis: Thermodynamics as the basis theory for Physics Teaching. *Science & Education*, **3**, 189-198.
- DUMRAUF, A.G. (1999). Images of Science and Science Education: Discontent and Creativity in a Case Study for Teaching Physics. *Toward Scientific Literacy, HPSST Conference Proceedings*, 207-215.
- DUMRAUF, A.G., CORDERO, S. y COLINVAUX, D. (2000). Construyendo puentes y fronteras: caracterización del género discursivo en una clase universitaria de física. Enviado para su publicación a *Enseñanza de las Ciencias*.
- DUMRAUF, A.G. y DIBAR, M.C. (1996). Algunas cuestiones sobre un cuestionario. *Memorias del III Simposio de Investigación en Educación en Física*, 239-248.
- EDWARDS, D. y MERCER, N. (1994). *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*. Madrid: Paidós.
- EASLEY, J.A. Jr. (1982). Naturalistic case studies exploring social-cognitive mechanisms, and some methodological issues in research on problems of teachers, *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 191-203.
- ERICKSON, F. (1989). Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza, en WITTRICK, M.C.: *La investigación de la enseñanza II. Métodos cualitativos y de observación*. Barcelona: Paidós.
- GOETZ, J.P. & LECOMPTE, M.D. (1981). Ethnographic research and the problem of data reduction. *Anthropology and Education Quarterly*, **12**, 51-70.

- GOETZ, J.P. y LECOMPTE, M.D. (1988) *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.
- HAMMER, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory Physics, *Cognition and Instruction* **12** (2), 151-183.
- HARRES, J.B.S. (1999). Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Vol. 3
- HUTCHINSON, S.A. (1988). Education and grounded theory. Cap. 9 en *Qualitative research in education: Focus and Methods*. Londres: The Falmer Press.
- IVANCICH, A., PETRUCCI, D. y MERCADER, R. (1993). Un problema a resolver en un curso autogestionario: evaluación grupal, *ContactoS* **8**, 38-46.
- JACOB, E. (1987). Qualitative research traditions: A review, *Review of Educational Research*, **57**, 1-50.
- KNORR-CETINA, K.D. (1981). *The manufactured of knowledge: An essay on the constructivist and contextual nature of science*. Oxford: Pergamon Press.
- KUHN, T.S. (1970, 1962¹). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 2da. edición.
- LARKIN, S. & WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the 'nature of science?': teachers' views of science and their implications for science education, *International Journal of Science Education* **16** (2), 175-190.
- LAROCHELLE, M. & DÉSAUTELS, J. (1991). 'Of course, it's just obvious': adolescents' ideas of scientific knowledge, *International Journal of Science Education* **13** (4), 373-389.
- LATOUR, B. (1987). *Science in action*. Harvard, Massachusetts: Harvard University Press.
- LATOUR, B. (1998). From the world of Science to the world of Research?, *Science* **280**, 208-209.
- LATOUR, B. & WOOLGAR, S. (1986, 1979¹). *Laboratory Life: The construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press.
- LEDERMAN, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research, *Journal of Research in Science Teaching* **29** (4), 331-359.
- LEDERMAN, N.G. & ZEIDLER, D.L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behavior?, *Science Education* **71** (5), 721-734.
- MELGAREJO, A., TITO, G. y CAPPANNINI, O. (1996). Propuesta para la enseñanza de la termodinámica del no equilibrio, *Revista de Enseñanza de la Física* **9** (1), 29-36.
- MELLADO, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science, *Science & Education* **6** (4), 331-354.
- MILLAR, R. (1989). Science Education and Science Studies, en MILLAR, R. (ed.), *Doing Science: Images of Science in Science Education*. Londres: The Falmer Press.

- PETRUCCI, D. y CORDERO, S. (1994). El cambio en la concepción de la evaluación: implementación universitaria, *Enseñanza de las Ciencias* **12**(2), 289-294.
- POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers, *Science Education* **77** (3), 261-278.
- PRIGOGINE, I. y STENGERS, I. (1990). *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- ROTH, W.M. (1997). From everyday science to science education: How Science and Technology Studies inspired curriculum design and classroom research, *Science & Education* **6** (4), 373-396.
- ROTH, W.M., MCGINN, M.K. (1998). Knowing, researching, and reporting Science Education: Lessons from Science and Technology Studies, *Journal of Research in Science Teaching* **35** (2), 213-235.
- ROTH, W.M. & ROYCHOUDHURY, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning, *Journal of Research in Science Teaching* **31** (1), 5-30.
- SCHOON, K.J. & BOONE, W.J. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science preservice elementary teachers, *Science Education* **82** (5), 553-568.
- SONGER, N.B. & LINN, M.C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration?, *Journal of Research in Science Teaching* **28** (9), 761-784.
- TARSITANI, C. & VICENTINI, M. (1996). Scientific mental representations of thermodynamics, *Science & Education*, **5**, 51-68.
- TAYLOR, S.J. Y BOGDAN, R. (1996). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós. 3era reimpresión.
- YERRICK, R.K., PEDERSEN, J.E. & ARNASON, J. (1998). 'We're just spectators': a case study of science teaching, epistemology, and classroom management, *Science Education* **82** (6), 619-648.

ANEXO: Cuestionario respondido por los docentes durante el desarrollo de la investigación¹³.

Cuestionario

Este cuestionario forma parte de un trabajo de investigación respecto a la enseñanza de las ciencias en nuestra Universidad. No es nuestra intención que realice una teorización sobre este tema, sino solicitarle que responda a las siguientes preguntas, referidas a algunos aspectos complementarios a los cursos de física, de acuerdo a su experiencia personal en el Departamento al que pertenece. Si las hojas que se adjuntan no fueran suficientes, por favor agregue todas las que necesite. Muchas gracias por su colaboración, sin la cual este trabajo no podría realizarse.

1. Pensando en un curso de estudiantes universitarios de carreras científicas, ¿qué le parece a usted que deberían saber los alumnos para decidir si un conocimiento es científico?
2. ¿Cómo le parece que se puede transmitir lo que los alumnos deberían saber para decidir si un conocimiento es científico?
3. Haga un esquema mediante el que se pueda mostrar a los alumnos el desarrollo de su investigación científica. Indique si este esquema lo pensó para una etapa particular de alguna carrera.
4. ¿Qué factores marcaría como determinantes para poder llevar a cabo el proceso de investigación mostrado en 3.?
5. ¿Qué criterios debería manejar un alumno para decidir el tema de su trabajo de diploma (trabajo para finalizar la licenciatura) o de tesis doctoral?
6. ¿Qué criterios debe manejar un científico formado para iniciar un tema de investigación?
7. a) ¿Hay algunos criterios útiles para decidir qué parte de un trabajo de investigación científica publicar?
b) Si es que existe alguno, ¿cómo se aprende?
8. ¿Cuáles de los aspectos acerca de los que se ha preguntado entre 1. y 7. le parecería pertinente que se trabajen explícitamente durante la carrera? Si considera que hay que trabajarlos, ¿en qué momento?
9. ¿Cuál es su opinión respecto a la forma en que se enseña física en la Universidad Nacional de La Plata?
10. ¿Considera usted que hay alguna relación entre la forma en que se enseña física en aulas y laboratorios de la UNLP y la forma en que se realiza investigación científica? Si hay alguna, explique cuál o cuáles.
11. ¿Influye lo que usted piensa sobre la ciencia en la forma en que enseña? ¿Por qué?
12. ¿Cuál desearía usted que fuera la imagen que tuviera un alumno de una carrera de perfil profesional o técnico respecto al trabajo que realiza un científico?
13. ¿Qué idea (imagen) de ciencia, considera usted, deberían transmitir los profesores de física de la escuela secundaria?

I. Nombre:

II. Fecha:

III. Cargo en la investigación:

IV. Cargo docente:

¹³ El formato presentado no corresponde exactamente al original. Se han modificado algunos elementos (tamaño de letra, espaciados y distribución del texto) con el objetivo de mostrar el instrumento en un espacio reducido.

V. a) ¿En qué disciplina realiza su trabajo de investigación?

- Antropología Astronomía Biología Física
 Geología Paleontología

b) Su trabajo de investigación, ¿se encuentra dentro de una línea teórica o experimental?

VI. ¿Leyó algún trabajo de filosofía de la ciencia de los siguientes autores? Marque las opciones que correspondan.

- Karl R. Popper Paul Feyerabend Thomas S. Kuhn Mario Bunge
 Imre Lakatos Otros. ¿Cuáles? Ninguno

Me interesa pero no he tenido tiempo

He oído hablar de algunos investigadores (¿cuáles?) y sus posturas en cursos o seminarios

He oído hablar de algunos investigadores (¿cuáles?) y sus posturas de manera informal

VII. ¿Considera que puede redundar en algún beneficio la discusión entre investigadores científicos sobre aspectos metodológicos referidos al propio trabajo de investigación? ¿Por qué?

Recebido em 09.10.2000

Aceito em 10.04.2001