



Concepciones epistemológicas, enseñanza y aprendizaje en la clase de ciencias

- Epistemological conceptions, teaching and learning in science classes
- Concepções epistemológicas, ensino e aprendizagem na aula de ciências

Resumen

Este trabajo tiene por objeto analizar las relaciones que se materializan en las clases de ciencias entre las concepciones epistemológicas, la propuesta de enseñanza y las concepciones de los estudiantes y docentes en relación con el fenómeno en estudio. Se analiza una secuencia didáctica sobre fuerzas y movimiento desarrollada en un grado séptimo de una escuela pública de la ciudad de Buenos Aires. El análisis se realiza en torno a: i) la relación entre “lo observable” y la teoría; ii) el estatus otorgado a la evidencia empírica; iii) el lugar habilitado a la “sospecha” sobre lo observado, y iv) el papel del estudiante en la construcción del conocimiento.

Dicha secuencia presenta a los estudiantes una serie de situaciones consideradas *pruebas* desde las cuales los estudiantes estarían en condiciones de conceptualizar qué es una fuerza. A partir de las interacciones entre docente y estudiantes en el aula, se identifican momentos de trabajo al interior de una misma secuencia didáctica donde se produce un giro en el lugar que ocupan estas pruebas en la construcción del conocimiento. Las pruebas, que en principio funcionaban como *materia prima* desde la cual inducir el concepto de fuerza, pasaron a ocupar el lugar de contraste de un enunciado teórico sobre el mismo concepto—recuperado del diccionario a partir de la intervención de un estudiante en clase—.

Este trabajo busca analizar la pregunta acerca de cómo sostener cierta sensibilidad desde los marcos teórico-metodológicos de la investigación, con el fin de captar los movimientos que se dan al interior de una misma propuesta de enseñanza. Se espera aportar al debate en torno el estudio de las concepciones de ciencia, de docentes y estudiantes, desde una perspectiva interaccionista y contextualizada.

Cecilia Acevedo¹
Silvia Porro²
Agustín Adúriz-Bravo³

1 CeFIEC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA); Facultad de Filosofía y Letras, UBA; Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). iceciliaacevedo@gmail.com

2 Departamento de Ciencia y Tecnología, UNQ. sporro@unq.edu.ar

3 CeFIEC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

Palabras clave:

concepciones epistemológicas, didáctica, ciencias naturales, escuela primaria, perspectiva interaccionista.

Artículo recibido el 08-03-2012
y aprobado el 07-08-2013

Abstract

This study aims to analyze the relations between epistemological conceptions, the proposal for teaching and the students and teachers conceptions on the object of study in science classes. A didactic sequence about forces and motion is analyzed with a group of seventh graders at a public school in the city of Buenos Aires. The analysis was done regarding: i) the relationship between “the observable” and theory; (ii) the status given to empirical evidence; (iii) the place given to the “suspicion” in regards to what was observed; and (iv) the role of the student in the construction of knowledge.

The didactic sequence begins by introducing students to a series of situations considered “evidence” from which they would be able to conceptualize what a force is. Based on the interactions between teacher and students in the classroom, times of working inside of the same teaching sequence are identified where it is produced a shift in the place that these tests occupy in the construction of knowledge. The tests that initially acted as a “raw material” took the place of contrast in a theoretical statement about the concept of force - recovered from the dictionary from the intervention of a student in class.

This work aims at installing the question about how to sustain certain sensitivity from the theoretical framework and methodological research in order to capture the movements that happen within the same proposal for education. The study intends to contribute to the debate on the study of teachers and students conceptions of science from an interactionist and contextualized perspective.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo analisar as relações que se materializam nas aulas de ciências entre as concepções epistemológicas, a proposta de ensino e as concepções sobre o fenômeno em estudo de estudantes e docentes. É analisada uma sequência didática sobre força e movimento, desenvolvida em um grupo de sétimo ano de uma escola pública na cidade de Buenos Aires. A análise se realiza em torno de: i) a relação entre “o observável” e a teoria; ii) o status dado à evidência empírica; iii) o lugar proporcionado à “suspeita” sobre o observado; e iv) o papel do estudante na construção do conhecimento.

A sequência didática começa apresentando aos estudantes uma série de situações consideradas “evidências”, a partir das quais eles estariam em condições de conceitualizar o que é uma força. A partir das interações entre docente e estudante em aula, se identificam momentos de trabalhos no interior de uma mesma sequência didática de onde se produz uma mudança do lugar que ocupam estas evidências na construção do conhecimento. As “evidências”, que a princípio atuavam como “matéria prima” da qual se induz o conceito de força, passaram a ocupar o lugar de contraste de um enunciado teórico sobre o conceito de força – recuperado do dicionário a partir da intervenção de um estudante em aula.

Este trabalho busca instalar a pergunta sobre como sustentar certa sensibilidade a partir dos marcos teórico-metodológicos da investigação a fim de captar os movimentos que se dão no interior de uma mesma proposta de ensino. Espera-se contribuir com o debate sobre o estudo das concepções de ciência de docentes e estudantes a partir de uma perspectiva interacionista e contextualizada.

Key words:

epistemological conceptions, didactics, natural sciences, primary school, interactionist perspective.

Palavras-chave:

concepções epistemológicas; didática; ciências naturais; escola primária; perspectiva interacionista

Introducción

La enseñanza y el aprendizaje involucran, de forma más o menos rigurosa, concepciones acerca de qué significa enseñar ciencias y para qué, preguntas que remiten a una concepción epistemológica que en ocasiones es implícita y no siempre coherente con las situaciones promovidas en clase para que los estudiantes se aproximen a un conjunto de saberes.

Han sido señaladas una serie de visiones que suelen expresarse en las clases acerca de cómo se produce conocimiento en la ciencia en el mundo actual (Gil Pérez, 1994; Fernández *et al.*, 2002). Por ejemplo, cuando se presenta la observación y la experimentación como neutras sin tomar en cuenta el papel de las hipótesis ni la construcción del conocimiento, se sostienen visiones empiristas y ateóricas. En otras oportunidades, cuando la actividad científica se presenta como rígida, el conocimiento aparece distribuido en etapas mecánicas a seguir. Asimismo, si la actividad científica se presenta sin mostrar los problemas que le dieron origen, se pueden distinguir visiones aproblemáticas y ahistóricas. Otras clases de ciencias parecen adquirir una visión exclusivamente analítica o presentan el conocimiento científico como acumulativo y lineal. En sentido opuesto, muchas veces se presentan los conocimientos como obvios, adquiriéndose una visión de sentido común y contribuyendo al reduccionismo conceptual. Por último, se encuentran visiones individualistas, en donde se ignora el trabajo colectivo y se presenta el trabajo como obra de genios aislados. Estas diferentes visiones no suelen encontrarse en forma aislada, sino que formarían esquemas conceptuales con cierto nivel de coherencia.

En las últimas décadas, los trabajos sobre las concepciones acerca de la ciencia de los docentes y la relación con los procesos de enseñanza han crecido en forma exponencial. En

relación con las propuestas teórico-metodológicas, puede identificarse una alta recurrencia de trabajos en los cuales las concepciones de los docentes o estudiantes son analizadas a partir de la clasificación de sus respuestas a encuestas o entrevistas en relación a determinada concepción epistemológica sostenida en una serie de enunciados centrales (Chen, Taylor y Aldridge, 1997; Abd-El-Khalick *et al.*, 2001; Carvajal y Gómez, 2002; Buaraphan, 2009). Por ejemplo, si las respuestas de un docente refieren a que los datos “duros” son insospechables, producto de una observación objetiva y neutra, que pueden ser explicados a partir de inferencias de premisas particulares, donde se refiere al trabajo científico como una tarea individual independiente de los valores o intereses que lo motorizan, entre otras cuestiones, se dice que ese docente tiene una visión empiro-inductivista o empirista ingenua sobre el funcionamiento de la ciencia.

En algunos casos, estas respuestas son puestas en relación con las prácticas docentes analizadas a partir de registros de clase (Flores *et al.*, 2000; López, Flores y Gallegos, 2000; Rodríguez y López y Mota, 2006). El supuesto de este tipo de investigaciones es que parece encontrarse una diferencia entre lo que el docente *dice* y lo que *hace*, supuesto que en ocasiones revela –desde los marcos de la investigación– una escisión entre la teoría y la práctica, en la medida en que se estudian las concepciones epistemológicas a nivel discursivo por fuera de la clase, y luego se estudia el desarrollo de la clase contrastando los grados de coherencia entre lo enunciado y lo realizado.

Los estudios con este tipo de enfoque teórico-metodológico pueden poner de relieve una pregunta interesante para ser sostenida desde la investigación: ¿cuáles son los márgenes de coherencia que se encuentran entre lo que los docentes sostenemos desde nuestras creencias y representaciones acerca de lo que consideramos buenas prácticas y aquellas

condiciones que efectivamente podemos generar y sostener dentro del aula? Y, en términos más amplios, cómo las concepciones epistemológicas, sobre el objeto de conocimiento, la enseñanza y el aprendizaje informan nuestras prácticas. Sin embargo, parece necesario señalar algunas implicancias que se derivan de sostener esta separación y plantear la inquietud respecto del propósito de contar con descripciones y análisis exhaustivos sobre estas diferencias entre lo enunciado –por fuera de la clase– y lo realizado –en la clase–.

Desde la propuesta de este trabajo, se considera que las reglas y las singularidades del escenario de clase no son comparables con las respuestas enunciadas por los profesores por fuera del contexto de la clase, a partir de una entrevista o una encuesta que se encuentra abstraída del objeto específico de conocimiento que se esté enseñando, de las ideas de los chicos y de la dinámica de la clase. Para abonar estas ideas, consideremos la siguiente situación: si nos preguntaran la opinión sobre la política universitaria podríamos decir unas cosas; ahora, si nos encontramos en un espacio de intercambio con otros profesores discutiendo acerca de un cambio curricular en los planes de estudio, probablemente, lo que hemos dicho en abstracto acerca de cómo nos gustaría que sean las cosas se tensa con las opiniones de los colegas, las de los estudiantes, los tiempos de trabajo institucionales, los mecanismos institucionalizados para votar las decisiones, entre otros. Es decir, una representación sobre determinado tema se singulariza en una discusión donde aparecen otros condicionantes que aprietan lo posible en determinada situación. Con esto se está queriendo decir que compete a distintos ámbitos de pensamiento y de intervención encontrar diferencias entre representaciones sobre un tema y el diálogo de estas con la singularidad y los condicionantes de determinado escenario.

Por otra parte, algunos trabajos –discutidos por su precisión metodológica– enuncian que, si bien pueden observarse ideas predominantes en el pensamiento de un docente, suelen recogerse visiones pertenecientes a diferentes posiciones epistemológicas. Estos trabajos introducen, a su vez, otros elementos en la discusión sobre la relación entre las concepciones y las prácticas, donde concepciones pertenecientes a determinado posicionamiento epistemológico no necesariamente sustentarían las prácticas de clase de determinado docente (Lederman, 1992, 1999). Esto contribuye a poner de relieve la dificultad y las limitaciones de atrapar en una categoría las concepciones de ciencia de un docente. En el presente trabajo, el análisis que se presentará en los próximos apartados apuntala lo escurridizo de estas clasificaciones.

Es posible que en clase se expresen diferentes visiones vinculadas no solamente con las concepciones que el docente tenga acerca de cómo funciona la ciencia, sino también con la formación docente recibida, con su historia escolar (ya que transita desde hace años por el sistema educativo), con enfoques didácticos presentes en la enseñanza, con los recursos editoriales disponibles, y con concepciones epistemológicas que aún hoy siguen vigentes en grupos de investigación científica.

Y a su vez, con las concepciones de los estudiantes, con las especificidades del objeto de conocimiento en cuestión, con la propuesta didáctica, entre otros.

En relación con las concepciones de los estudiantes, Campanario y Otero (2000) han señalado que sus ideas sobre el contenido científico están relacionadas con su conocimiento acerca de su propio conocimiento. Trabajos de revisión actuales sugieren que, pese a la despareja calidad de los instrumentos utilizados en las indagaciones, los estudiantes no poseen una comprensión precisa de la naturaleza de las ciencias debido a que se corresponde con una visión absolutista/empirista de la ciencia (García, Vásquez y Manassero, 2012).

A la fecha se ha avanzado en la caracterización de las visiones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia y de los asuntos tecnocientíficos. Sugerimos que es necesario avanzar en el estudio de las concepciones de los estudiantes junto con la de los docentes y a las condiciones didácticas en las que es presentada la propuesta de enseñanza, con atención al particular despliegue de ideas que se produce en la clase. La pregunta que se intenta instalar parte de la preocupación por sostener cierta sensibilidad desde los marcos teórico-metodológicos que permita capturar estas relaciones en la investigación didáctica. ¿Cómo se articulan durante las clases de ciencias naturales las relaciones entre las concepciones de los docentes y los estudiantes sobre la ciencia, el fenómeno de estudio, la enseñanza y el aprendizaje? ¿En qué medida el análisis de las concepciones epistemológicas puede volverse una herramienta de análisis valiosa para aproximar a los estudiantes a determinado objeto de conocimiento?

Este trabajo es un intento por avanzar en el sentido de una perspectiva interaccionista. Con el análisis de las concepciones episte-

mológicas en el marco de la clase haremos referencia a la relación entre las ideas de estudiantes y docentes, a propósito del objeto de conocimiento que circula en la clase, lo que supone un intento por trasgredir una categoría que dé cuenta de *el* pensamiento de uno u otro actor en un solo momento para pasar a mirar la evolución y las relaciones que se despliegan en la clase, a partir del encuentro con ese objeto de conocimiento.

Abordar estas relaciones involucra tener en cuenta las condiciones didácticas en las que se presenta la propuesta de enseñanza, a propósito de una secuencia didáctica donde el tema involucrado fue la fuerza. Esto implica considerar aquellas en las cuales puede propiciarse que un sujeto –cualquiera– tenga la necesidad de un conocimiento determinado para tomar ciertas decisiones, que están en relación con un saber que se constituye objeto de enseñanza (Brousseau, 2007) donde los saberes no son estáticos ni elaborados de una vez para siempre.

La secuencia fue registrada durante el trabajo de campo realizado en el marco de una investigación de tesis doctoral que se propone estudiar el sentido de la construcción del conocimiento de la ciencia escolar, a lo largo de secuencias de didácticas elaboradas por los docentes en escuelas primarias de la ciudad de Buenos Aires.

En la medida en que las propuestas de enseñanza fueron elaboradas por los propios docentes y no fueron producto de una ingeniería didáctica, se registraron varias situaciones de enseñanza que podrían caracterizarse como prácticas habituales o instaladas, que resultarían ampliamente discutidas desde de la didáctica específica. Sin embargo, se encuentra que estas *prácticas habituales* tienen mucho más para decirnos de lo que *habitualmente* creemos. Desde esta perspectiva, cobra rele-

vancia comprender qué pasa y por qué, teniendo en cuenta que el registro de prácticas habituales e instaladas en las escuelas sugiere que si las cosas siguen así es porque hay razones muy poderosas para que así sea, desde la perspectiva de los actores, y que es necesario comprenderlas si queremos entrar en diálogo con ellos.

La metodología consistió en un estudio descriptivo/interpretativo que procede por estudio de casos. Se adoptó un enfoque etnográfico donde la presencia en terreno trató de recuperar cualitativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje del área a partir de un abordaje que intente “documentar lo no documentado” (Rockwell, 1991, 2009), con la intención de evitar sesgos en las observaciones que limiten la construcción y la comprensión de los datos.

La selección de la *secuencia didáctica* como unidad de análisis –decisión teórico-metodológica de esta investigación– se encuentra íntimamente vinculada con la intención de captar cómo se condensan este conjunto de relaciones en la clase. Este último punto será abordado más adelante.

Concepciones epistemológicas y su relación con la enseñanza y el aprendizaje de la fuerza

En este apartado se analizan las relaciones entre tres elementos: las concepciones de ciencia que se expresan en la clase, las conceptualizaciones sobre el objeto de conocimiento y las condiciones didácticas en las que se presenta la propuesta de enseñanza. Se considera que estos tres aspectos se ponen en juego y se tensionan durante el proceso de enseñanza y aprendizaje sin poder desvincularse unos de otros. Las relaciones propuestas se abordan en la secuencia didáctica en torno a las siguientes preguntas: i) ¿cuál es la relación entre *lo observable* y la teoría?; ii) ¿cuál es el estatus que se otorga a las observaciones realizadas?; iii) ¿cuál es el lugar de la *sospecha* o la *duda* en las propuestas de enseñanza?, y iv) ¿cuál es el papel del estudiante en la construcción de conocimiento?

La relación entre el plano del lenguaje y el de la realidad en la construcción del conocimiento científico ha sido –y sigue siendo– objeto de discusión a lo largo de diferentes corrientes epistemológicas. Si bien la distinción entre términos observacionales y teóricos constituye un problema epistémico instalado por la concepción heredada –donde se considera que a los primeros se puede acceder en forma directa a través de los sentidos y a los segundos, mediante instrumentos–, aceptemos una parte y solo provisionalmente esta distinción. Consideremos que en la ciencia hay una parte observacional y otra teórica. Tomemos como punto de partida que estos términos observacionales están siempre sustentados por la carga teórica del observador y que en función de cómo se entienda esta relación se expresará cierta posición epistemológica acerca de cómo se produce el conocimiento. Veamos qué ocurre con esta relación en el marco de la secuencia didáctica analizada.

La secuencia

La enseñanza del tema *fuerza* había sido planificada inicialmente para unas tres clases y terminó siendo desarrollada en ocho. Este dato quizás no sea menor. Aunque deba ser analizado con mayor detalle, su extensión en relación con lo previsto puede estar relacionada con que lo que en un principio debía ser sencillo y *evidente* para los alumnos no lo ha sido tanto. El recorrido de la propuesta incluye los siguientes momentos:

- Definición de fuerza.
- Situaciones donde la fuerza se vincula al movimiento corporal.
- Propiedades de la fuerza: intensidad, dirección y sentido.
- Análisis de ejemplos en la vida cotidiana.
- Representación de las fuerzas a través de vectores.
- Análisis de otros casos: el magnetismo y la gravedad.

En este trabajo nos concentraremos en las dos primeras situaciones de la secuencia. La docente comienza preguntándole a sus alumnos: “¿qué ideas tienen sobre fuerza? Cuando piensan en fuerzas, ¿en qué cosas piensan? Para ustedes, ¿qué son las fuerzas?”. Luego de esta última pregunta, donde los chicos alcanzaron a esbozar algunos conceptos como *fuerza magnética*, *fuerza de la gravedad*, *fuerzas “elípticas”*, la *musculatura* y la *fuerza eólica*, la docente propone una serie de consignas por grupo que consistían en:

- Sostener un globo con una mano para que no se caiga (imagen 1).
- Lanzar un globo para que toque el pizarrón mientras otro trata de atajarlo.

- Empujar y resistir el empuje de un banco, ver quién empuja más.
- Hacer “viboritas” de plastilina intentando que se alargue lo más posible sin romperse (imagen 2).
- Cinchadas con una soga.

Cuando se retoman estas actividades en el conjunto de la clase, la docente le pide a cada grupo que comente en qué consistía su tarea y realiza las siguientes preguntas: “¿todos tuvieron que hacer una fuerza? ¿Para qué servían en cada ejemplo las fuerzas? ¿[Hicieron] mucha fuerza o menos fuerza, siempre igual hicieron? ¿Qué pasaba si no hacías fuerza para sostener el globo?”.

Imagen 1. Grupo de alumnos sosteniendo un globo para que no se caiga



Imagen 2. Viboritas de plastilina estiradas



Esta primera parte de la propuesta pareciera considerar que a partir de las pruebas¹ realizadas los alumnos podrían comenzar a conceptualizar qué es una fuerza. En las preguntas que la docente realiza pareciera trabajarse con el supuesto de que la fuerza es perceptible en todos estos ejemplos, como si de cierta manera alcanzara con realizar estas exploraciones para vincular la experiencia (lo observado y percibido corporalmente en situaciones que involucraban *hacer fuerza*) con el concepto. Las preguntas que ella realiza apuntan a esta relación.

Sin embargo, en algunos de los ejemplos trabajados la fuerza parecía no ser tan evidente para los alumnos. Este es el caso de las situaciones en que se les propuso sostener el globo o estirar la plastilina. A continuación se presenta un fragmento de clase donde se pone de relieve esta tensión:

M: (...) Bueno, las chicas que están entusiasmadísimas (se refiere a las chicas que están estirando la plastilina) ya pueden parar si quieren. La próxima clase traigo plastilina para todos y nadie habla (bromeando). Bueno, y las chicas ¿tuvieron que hacer fuerza? ¿Qué creen los demás?

Alumnos: No.

M: No. ¿Ustedes que lo hicieron? Los demás creen que no, que no tuvieron que hacer ninguna fuerza.

Fernando: Y si lo único que tuvieron que hacer es alargar un chorizo.

Diana: Para mí sí.

M: ¿Vos sí?

Alumno: Eso.

M: ¿Eso qué? Había que hacer fuerza... ¿Para que la masa qué?

Alu: Se alargue.

Alu: No se rompa.

M: La plastilina rueda, se aplaste, vaya cambiando de forma ¿Sí? ¿Mucha fuerza o menos fuerza? ¿Siempre igual hicieron?

Alu: No.

M: ¿Quién dijo no? Pregunté si los chicos que hacían la plastilina habían hecho fuerza siempre igual.

Fernando: No.

(Notas de campo, fragmento de clase 1, 06/08/2009)².

Hay dos ideas que los chicos parecen poner en juego en estas situaciones. Por un lado, la fuerza quedaba vinculada a *lo pesado* o a la necesidad de un

1 Esta palabra fue utilizada por la docente en clase.

2 Se han resaltado partes en negrita a efectos del análisis que se sostiene en estas páginas.

esfuerzo suficiente que permitiera *verla* o *sentirla* en las acciones realizadas. Por otra parte, la asociación entre fuerza y movimiento.

Trabajos como el de Gunstone y Watts (1992) han señalado hace tiempo que los estudiantes suelen presentar algunas ideas como: vincular la idea de movimiento con los seres vivos; suponer que a movimiento constante actúa una fuerza constante; que la cantidad de movimiento es proporcional a la fuerza; que si no hay movimiento, entonces no existen fuerzas aplicadas; que, en caso de que haya movimiento entonces hay una y solo una fuerza que es paralela a ese movimiento; que a mayor peso corresponde menos movimiento, o que las fuerzas, como la de gravedad, son algo que está localizado en el centro de los cuerpos. Asimismo, se ha puesto de relieve la confusión entre los conceptos de *velocidad*, *posición* y *aceleración* (McDermott, 1998), que los estudiantes suelen relacionar la fuerza con el movimiento en lugar de con el cambio de movimiento (Carrascosa, 2005) y que estos marcos de referencia alternativos se hallan frecuentemente asociados a la interpretación sobre un concepto científico dado, como puede serlo el de gravedad, fuerza, ímpetu, etc., diferente al aceptado por la comunidad científica (Mora y Herrera, 2009). La identificación de estas conceptualizaciones alternativas ha llevado a poner la atención sobre las propuestas de enseñanza y la necesidad de plantear oportunidades para que los alumnos puedan participar de un proceso de construcción de modelos cualitativos que los ayuden a comprender las relaciones y las diferencias entre los conceptos. Considerando que la apropiación de estos conceptos consiste en un proceso interactivo de refinamientos sucesivos donde según McDermott (1998) el primer encuentro con un nuevo concepto debería estar vinculado a las observaciones y

a la experiencia de los alumnos y en donde los refinamientos sucesivos deberían producirse en espiral a partir de la necesidad de explicar nuevos fenómenos.

Este tipo de investigaciones se han centrado en la descripción de las ideas de los sujetos sobre determinados temas, aún queda vigente el estudio del cambio conceptual en relación con las condiciones didácticas que se generan para la apropiación de los saberes (Lenzi, 2001; Castorina y Carretero, 2012).

En el fragmento de clase considerado, nótese que las situaciones donde los alumnos sospechan la presencia de la fuerza son aquellas donde, si bien hay una acción realizada, esta no implica desplazamiento. En el caso de sostener el globo, los alumnos estaban quietos en esa posición, y en el caso de la plastilina, el movimiento era muy sutil y no implicaba un desplazamiento del objeto sino su deformación, ya que los chicos tenían que estirar la plastilina con la consigna de que no se rompa. A su vez, en términos corporales esto no les implicaba un gran esfuerzo como en las otras situaciones propuestas. En la clase, las distintas ideas de los chicos con respecto al objeto de conocimiento en la situación propuesta se expresan de la siguiente manera:

M: No, ¿por qué? ¿Vos cuánto crees que hicieron?

Fernando: Porque al final cuando se le hacía más chiquito no hacían tanta fuerza.

M: ¿Por qué?

Alu: Para que no se rompiera.

M: Para que no se rompiera.... ¿Y cuándo habrán hecho más fuerza?

Alus: Al principio.

Alu: En el principio, cuando recién empezaron.

M: Al principio cuando eran pedazos, cuadraditos de plastilina, ¿estamos de acuerdo? Los que lo hicieron, ahora que lo piensan, están de acuerdo que hicieron más fuerza...

Fernando: (Interrumpe) Digan que sí.

M: Se acuerdan que hicieron más fuerza y después para que no se les rompiera, a los que les pasó, fueron haciendo menos. Bueno, ¿y los chicos del globo? ¿Hicieron fuerza o no hicieron fuerza?

Fernando: Yo no, yo sigo con el globo en la mano.

M: Si yo te digo que sostengas el globo así, que quedes acá como la estatua de la Libertad con el globo ¿puedes quedarte un rato más así?

Fernando: Sí.

M: Te voy a tener toda la clase.

Fernando: Lo que quiera.

M: Bueno, ¿hicieron fuerza o no? ¿Qué creen los demás?

Matías: Que hizo fuerza también.

Alus: (No se entiende)

M: ¿Para evitar qué?

Matías: Que se caigan los globos.

M: Nuria dijo algo recién, “yo sí hice fuerza porque llegó un momento que me cansé”. De hecho, el globo yo lo puse acá arriba pero llegó un momento que el globo iba estando más abajo.

Alu: La fuerza de la gravedad (bajito).

M: ¿A ustedes no se les cansó el brazo también un poco?

Alu: No.

(Notas de campo, fragmento de clase 1, 06/08/2009).

¿Qué es *lo observable* entonces para estos alumnos? En primer lugar, no es lo mismo para todos. Los chicos *ven* de manera consistente con su conocimiento, con las ideas que tienen sobre la fuerza y el movimiento. En las clases de ciencias suele estar presente la idea de que la observación es un procedimiento objetivo olvidando que está condicionado por lo que ya se sabe y direccionado por las preguntas que se están formulando (Espinoza *et al.*, 2012).

¿Cómo sigue esta clase? Continuó hasta volver a la pregunta original: “¿qué es una fuerza?”. Cuando la docente realiza esta pregunta los chicos se quedan callados hasta que uno –Fernando, que parece poco convencido de que al sostener un globo haya una fuerza actuando– sugiere buscar en el diccionario:

M: ¿Qué pasaba si no hacían fuerza para sostener el globo?

Fernando: Se caía abajo.

M: Ahí está, como dejan de hacer fuerza el globo se cae aunque sea livianito, obviamente que no les di para sostener una caja con libros ¿Ta? ¿Estamos de acuerdo hasta ahí? Ahora vamos a tratar..., hicimos fuerzas, todos tuvieron que hacer alguna fuerza de distintas formas, de distintas modalidades y con distintos efectos ¿Sí? ¿Quieren animarse a explicar qué es una fuerza? (Silencio) ¿No?

Fernando: ¿Se lo puede buscar en el diccionario?

(Notas de campo, fragmento de clase 1, 06/08/2009).

En la búsqueda aparecen diferentes definiciones. Una de ellas: “cualquier acción que modifica el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo”. Se analiza la definición para los ejemplos trabajados pero a docente y alumnos no les convence para el caso de la plastilina, ya que parecen estar entendiendo el movimiento en términos de desplazamiento. Por ello reescriben la definición para que pueda ajustarse a todos sus casos. En el pizarrón queda escrita la nueva definición trabajada en forma oral: “es la acción que se hace para que algo se mueva si estaba quieto, deje de moverse si estaba en movimiento o para modificar la forma de un cuerpo”.

A partir de esta definición, la docente pregunta: “a ver... ¿quién me puede decir con sus palabras qué es una fuerza entonces?”, y a continuación les muestra a los alumnos un recuadro en unas fichas de trabajo para que anoten lo que cada uno entendió que era una fuerza. La primera clase termina con una tarea: “cada uno lo va a pensar y lo va a escribir en la carpeta, un ejemplo de algo que no incluya pelotas ni globos... Una actividad de la vida cotidiana donde ustedes vean una fuerza y la describan en tal situación”.

Las situaciones propuestas por la docente asumen el lugar de situación empírica a analizar. Dichas situaciones comparten con aquellas propuestas experimentales el mérito de gozar de estatus de evidencia. Sin embargo, el carácter de esta evidencia empírica está en relación a cierta concepción de ciencia que se expresa en el proyecto de enseñanza.

En ocasiones, las propuestas de enseñanza involucran la realización de experimentos *espectaculares* (Espinoza, 2010), que seducen a los estudiantes a través de su observación o realización en donde la reflexión sobre lo acontecido cede frente a una situación que se torna mágica. Lo espectacular de la observación y la sofisticación de ciertos dispositivos se sostiene en resultados inesperados e insospechados. El discurso teórico asume un lugar de exterioridad donde los estudiantes suelen aceptarlo sin relación con la experimentación desarrollada. En el caso de esta propuesta de enseñanza, lo inesperado parece emerger a partir de lo disruptivo de esta propuesta en el marco de las clases habituales donde los alumnos suelen trabajar con fichas en las que tienen que leer información y resolver consignas dadas por la docente.

Definir el concepto *fuerza* es una tarea exigente en sí misma. Para los alumnos no es clara la correspondencia entre lo observado y la definición. Es sugerente la intervención de Fernando (alumno) que pregunta si se puede recurrir al diccionario para poder definir lo observado. En este sentido, la definición en clase no surge a partir de lo visto o trabajado sino del diccionario con cierta ajenezidad a lo realizado anteriormente.

Hacia el final de la clase, la tarea planteada para el siguiente encuentro consiste en “pensar una actividad en la vida cotidiana”. Lo cotidiano parece homologado a lo observable en tanto carácter de neutro, objetivo, claramen-

te aprehensible donde no queda lugar para la duda, donde el supuesto es que todos observamos lo mismo.

Concepciones de ciencia en clase: el lugar de las pruebas

Volvamos a las preguntas del inicio acerca de cuál es la relación entre lo observable y la teoría, el estatus que se le otorga a las observaciones realizadas, el lugar a la sospecha o a la *duda* que se habilita en las propuestas de enseñanza, y el papel del estudiante en la construcción de conocimiento.

Las pruebas sugeridas para el análisis, así como la tarea de observar lo cotidiano, asumen en cierto momento de la enseñanza un lugar de verificación, esto supone poner de relieve los datos otorgándoles el estatus de indiscutibles, como si hablaran por sí mismos y no el docente y los alumnos que ven en relación con el conocimiento de una época, de sus marcos conceptuales y las concepciones que tienen sobre el fenómeno. La observación de la empiria desde la propuesta de enseñanza y desde las expectativas de que los estudiantes puedan conceptualizar la fuerza aparece como neutra, indiscutible, objetiva, finalmente como *evidente*.

Resulta muy interesante el lugar que asumen las pruebas en esta primera clase. Al inicio, actúan de cómo materia prima desde la cual inducir el concepto de fuerza. Esta tarea resulta muy exigente para los chicos quienes se quedan callados ante la pregunta de qué es una fuerza y ante el poco convencimiento en algunos de ellos respecto de que hayan hecho fuerza al sostener un globo o alargar la plastilina. Cuando uno de ellos propone buscar la definición en el diccionario se produce un giro en la clase: desde el enunciado teórico, se va a verificar que las pruebas se ajusten a la definición. Las pruebas aparecen como contraste del enunciado teórico. Este movimiento se produce en la misma clase a partir de las interacciones que se producen en el aula.

Detengámonos un momento más en este punto. La secuencia comienza presentando a los estudiantes una serie de situaciones consideradas pruebas a partir de las cuales los estudiantes estarían en condiciones de conceptualizar qué es una fuerza. No obstante, este supuesto de partida, donde la fuerza resultaría directamente accesible a través de lo observado y percibido corporalmente, entra en fricción con las posibilidades de aproximación de los estudiantes al contenido, para quienes el estatus empírico otorgado a las situaciones propuestas no resulta tan evidente. Un alumno (Fernando) pregunta si se puede buscar la definición en el diccionario y las pruebas dejan de ser el insumo desde el cual inducir el concepto de fuerza para pasar a ser la empiria con la cual contrastar el enunciado teórico. La fricción tensa una propuesta de enseñanza sostenida en lo sensorial y en la vivencia corporal con la aproximación a un concepto que se trata de una entidad teórica no susceptible de ser descrito a partir de términos observacionales, en la medida en que solo conocemos a la fuerza por sus efectos. El giro en el lugar que las pruebas tienen en la construcción del conocimiento en la clase no puede

conceptualizarse por fuera de las interacciones entre docente y alumnos.

En esta línea, se vuelve pertinente considerar aportes teóricos acerca de cómo las interacción en el aula son constitutivas de la construcción del conocimiento en las clases de ciencias. Verónica Edwards (1997), desde una mirada etnográfica, señala que en el aula el conocimiento se convierte en *la forma*, que el contenido no es independiente de la forma como se presenta, ya que esta tiene significados que se agregan al contenido transmitido, produciéndose una nueva síntesis, un nuevo contenido. En consecuencia, existiría un conocimiento social, un conocimiento académico, un conocimiento prescrito a través del currículo y los libros de texto, y un conocimiento que se constituye en las interacciones mismas, donde docentes y alumnos lo interpretan a partir de sus historias y subjetividades:

El aula misma es una instancia de definición del conocimiento; además de ser el espacio concreto donde ocurre la síntesis particular de las mediaciones de las formas de conocimiento, prescribe en su diseño las posibilidades y limitaciones de las relaciones con el conocimiento. (Edwards, 1997, p. 147).

El acento está puesto en las formas del conocimiento ya que estas tienen consecuencias directas para el grado de apropiación posible del conocimiento por parte de los sujetos. Sin embargo, Candela (1996) discute la relación propuesta por Edwards en donde el conocimiento se constituye en la forma de presentación, y asegura que la construcción tiene dos momentos: uno en el que se presentan las actividades a los alumnos, y otro, en el que los alumnos contribuyen a modificar el sentido de la presentación de esas actividades. Por tanto, Candela prefiere referirse a las formas de presentación del conocimiento y no a las formas

de conocimiento. Si bien resulta necesario revisar el lugar otorgado a la contrastación empírica—de modo de no reducir las relaciones del alumno con el material empírico y restarle importancia a las interacciones del sujeto/alumno con los objetos y a los diferentes niveles de validez de las explicaciones que circulan en la clase (Castorina, 1998, 2000)—, resulta de interés considerar cómo las negociaciones de significados pueden modificar direccionalidades de la propuesta de enseñanza.

La propuesta de enseñanza va desde lo cercano a lo lejano en la medida que entiende que la fuerza corporal constituiría una gran puerta de entrada para definir la fuerza y desde allí analizar otras fuerzas como la magnética o la de gravedad. Esta propuesta, que presenta elementos que permitirían clasificarla como empiro-inductivista, sufre modificaciones a partir de las intervenciones de los estudiantes para quienes no resulta evidente que al sostener un globo haya una fuerza actuando.

En esta clase no parece verse una reducción de lo teórico a lo observacional. Más bien, podría decirse que la definición de fuerza adquiere relevancia en cuanto inicia la propuesta de enseñanza, se vuelve a ella luego de las situaciones propuestas y se recupera a lo largo de toda la secuencia de didáctica. Para presentar el objeto de trabajo y por motivos de espacio, se hizo foco en las primeras clases. En estas hay una posición realista donde tanto las pruebas propuestas como la definición describirían la realidad.

Entendiendo que la ciencia se refiere a términos generales,—clases, conceptos, universales— y a términos denotativos—observacionales y teóricos—, la pregunta por la referencia de los términos generales y la relación entre los términos denotativos nos hablan acerca de la ciencia y sus teorías.

En relación con los términos generales, puede apreciarse en esta propuesta de enseñanza una correspondencia entre el plano del lenguaje y el de la realidad, es decir, entre las palabras y los objetos por ellas referidas, entre la definición de fuerza y las pruebas realizadas –lo que constituye el aspecto semántico de la relación entre ambos planos–.

En relación con los términos denotativos, al inicio de este apartado se mencionaba que la diferencia entre términos observacionales y teóricos constituye un problema instalado por la tradición heredada. Se considera que los objetos existen independientemente de los marcos conceptuales de los chicos y las representaciones que tienen sobre el fenómeno en estudio –aspecto ontológico de la relación entre el plano del lenguaje y el plano de la realidad–; en este sentido, la realidad aparece organizada en sí misma y constituye una base empírica y neutral.

En la dirección que asume la propuesta de enseñanza, pareciera que los chicos pudieran aproximarse al conocimiento de ese mundo a partir de una descripción única y verdadera, como si pudieran *descubrir* a partir de las pruebas realizadas el concepto de fuerza –lo que constituye el aspecto gnoseológico de este problema–. Desde las condiciones en la que se presenta la propuesta, la posibilidad explicativa del alumno aparece fuertemente restringida por una evidencia empírica que se presenta como verdadera, fija e igual para todos, aunque en las interacciones que se dan en clase esta direccionalidad inicial sufra modificaciones.

Instalar un debate

El estudio de las interacciones que se producen entre docente, estudiantes y objeto de conocimiento al interior de una secuencia didáctica, entendida como un conjunto de situaciones vinculadas con determinado tema y con el mismo propósito de enseñanza, responde a una decisión teórico-metodológica. Varias son las razones que motivan esta decisión. La primera se debe a que la secuencia envuelve cierta temporalidad de las interacciones docente-alumnos y entre pares, en relación a los mismos contenidos. Asimismo, porque habilita que determinadas intervenciones y saberes surgidos en el marco de las mismas sean recuperados por alguno de los actores a lo largo de las clases. Una segunda se refiere a la posibilidad de captar el conjunto de las relaciones que se dan en el proceso de enseñanza y aprendizaje trascendiendo las contrastaciones entre los que los docentes *dicen* (concepciones estudiadas a nivel declarativo a partir de cuestionarios o entrevistas) por fuera de la clase y aquello que *hacen* (registros de sus prácticas). La ponderación de las implicancias de esta escisión fue planteada al comienzo de este trabajo en vista de la necesidad de poder situar las relaciones entre elementos que consideramos inescindibles unos de otros.

Las propuestas de enseñanza –que no es lo mismo que decir las *concepciones de los docentes*– están investidas de cierta concepción epistemológica

acerca de la producción del conocimiento científico. Estas concepciones acerca de cómo funciona la ciencia no solo ameritan la reflexión en torno a concepciones de ciencia deseables en la transmisión de conocimiento, sino también en cuanto constriñen las posibilidades de aprendizaje de los chicos. Las concepciones de ciencia que circulan en clase, así como el estatus realista que se asuma, están en relación con las ideas de los estudiantes sobre la fuerza y el movimiento y la propuesta de enseñanza.

En este sentido, pareciera que las ideas sobre el conocimiento científico se articulan de forma contingente en el marco de la clase con las ideas de los estudiantes y con una propuesta de enseñanza que en este caso va desde lo cercano a lo lejano, donde se parte de enseñar la fuerza vinculada al movimiento corporal. Las concepciones de ciencia analizadas y las ideas sobre el objeto de estudio se activan de forma diferencial, lo que parecería indicar que las visiones de ciencia que se transmiten en la enseñanza están contenidas en ciertas propuestas y momentos de trabajo al interior de una misma secuencia didáctica. Esto puede apreciarse en el giro que asumieron las pruebas utilizadas en la construcción del conocimiento en una misma clase, a propósito del concepto de fuerza.

En relación con el planteamiento de situaciones de aprendizaje a partir de contextos donde el concepto de *fuerza* aparece ligado a lo corporal y al esfuerzo físico, se puede contribuir a reafirmar algunas ideas alternativas donde los estudiantes vinculan la fuerza al movimiento y al esfuerzo físico. Por otra parte, la situación planteada teniendo en cuenta la deformación de la plastilina, si bien es en principio interesante por el entramado de conceptos que involucra su explicación, parece alejarse de las situaciones típicas utilizadas en la física para estudiar el concepto de fuerza. Esto sugiere la necesidad

de revisar cuáles serían situaciones potentes para involucrar a los estudiantes en sus primeras aproximaciones al concepto.

¿Cuál es la postura epistemológica de esta docente? ¿Ha sido modificada a lo largo de sus clases? En primer lugar, es probable que sea muy difícil identificar su posicionamiento epistemológico a partir de los indicadores que se tienen; puede decirse que la propuesta de enseñanza estuvo planteada en un sentido, y éste se transformó a partir de las interacciones que se dieron en el aula y por lo tanto, se reconfiguró. Lo que parece interesante sostener es que en la clase las concepciones de ciencia se encuentran en un conjunto de relaciones. Como decíamos al comienzo, ni las categorizaciones que intentan clasificar las concepciones de un docente parecen ser del todo sensibles a sus representaciones —en la medida que no hay categorías puras que logren dar cuenta de ellas—, ni estas clasificaciones parecen dar cuenta de cómo nuestras concepciones informan nuestras prácticas. Este punto sugiere la necesidad de diferenciar momentos de trabajo al interior de una propuesta de enseñanza. También, se apunta a recuperar el valor epistémico de estos momentos de trabajo para la formación docente. No es lo mismo considerar que un docente sostiene una posición empiro-inductivista, desde la cual tiene que deshacerse de todo su trabajo para aproximarse a concepciones de ciencias *más deseables*, que identificar momentos de trabajo dentro de sus propias propuestas de enseñanza desde los cuales realizar ajustes.

A partir del análisis presentado, en este trabajo se intenta abrir un debate en torno a las propuestas teórico-metodológicas en el estudio de las concepciones de ciencia de docentes y estudiantes, y buscar caminos que vayan al encuentro de cómo estas representaciones informan la práctica con cierta

sensibilidad, a poder mirar en el desarrollo de las clases diferentes momentos de trabajo, y el singular entramado de relaciones que se da entre las concepciones de ciencia, sobre el objeto de estudio y las condiciones didácticas de la propuesta de enseñanza.

Referencias bibliográficas

- Abd-El-Khalick, F., Lederman, N.; Bell, R.L. y Schwartz, R.S. (2001). *Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS): Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science*. Proceedings of the Annual Meeting of the Association for the Education of Teachers in Science. Costa Mesa, CA, EE.UU.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación a la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: El Zorzal.
- Buaraphan, K. (2009). Preservice and inservice science teachers' responses and reasoning about the nature of science. *Educational Research and Reviews* 4 (11), 561-581.
- Campanario, J.M. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 18 (2), 155-169.
- Candela, A. (1996). *La construcción de la ciencia en la interacción discursiva del aula*. Documento DIE 42. México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Carrascosa Alís, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), 183-208.
- Carvajal, E. y Gómez, M.R. (2002). Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 7 (16), 577-602.
- Castorina, J. A. (1998). Aprendizaje de la ciencia: constructivismo social y eliminación de los procesos cognoscitivos. *Perfiles Educativos* XX (82), 24-39.
- Castorina, J. A. (2000). El constructivismo social y la enseñanza de las ciencias: una crítica epistemológica. En: I. Espósito (comp.) *Psicopedagogía: entre aprender y enseñar*. Buenos Aires: Miño y Dávila Editores.
- Castorina, J.A. y Carretero, M. (2012). Cambio conceptual. En: J.A. Castorina y M. Carretero (comps.). *Desarrollo cognitivo y educación I. Los inicios del conocimiento* (pp. 71-96). Buenos Aires: Paidós.
- Chen, C.C.; Taylor, P.C. y Aldridge, J.M. (1997). Development of a questionnaire for assessing teachers' beliefs about science and science teaching in Taiwan and

- Australia. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Oak Brook, IL, EE.UU.
- Edwards, V. (1997). Las formas del conocimiento en el aula. En: E. Rockwell. *La escuela cotidiana*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Espinoza, A. (2010). *Ciências na escola: Novas perspectivas para a formação dos alunos*. San Pablo: Editora Ática.
- Espinoza, A.; Casamajor, A.; Mussanti, S.; Acevedo, C. y Lifschitz, C. (abril de 2012). Las ciencias naturales en el aula: Cuando los alumnos son convocados a representar sus ideas. *Novedades Educativas*, 256, 36-44.
- Fernández, I.; Gil, D.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias* 20 (3), 477-488.
- Flores, F.; López, A.; Gallegos, L. y Barojas, J. (2000). Transforming science and learning concepts of physics teachers. *International Journal of Science Education* 22 (2), 197-208.
- García, A.; Vásquez, A. y Manassero, M.A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias* 30 (1), 23-24.
- Gil Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias* 12 (2), 154-164.
- Gunstone, R. y Watts, M. (1992). Fuerza y movimiento. En: R. Driver; F. Guesne y A. Tiberghien. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Lederman, N. (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. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching* 36 (8), 916-929.
- Lenzi, A. (2001). El cambio conceptual de nociones políticas: problemas, resoluciones y algunos hallazgos. En: J.A. Castorina (comp.) *Desarrollos y problemas en psicología genética* (pp. 213-252). Buenos Aires: Eudeba.
- López, A.; Flores, F. y Gallegos, L. (2000). La formación de docentes en física para el bachillerato. Reporte y reflexión sobre un caso. *Revista mexicana de Investigación Educativa* 9 (22), 113-135.
- McDermott, L.C. (1998). Connecting Research. En: *Physics Education with Teacher Education. I.C.P.E. Book International Commission on Physics Education*. Recuperado de: <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/ TOC.html>
- Mora, C. y Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3 (1), 72-86.
- Rockwell, E. (1991). Etnografía y conocimiento crítico en la escuela de América Latina. *Perspectivas*, XXI, 2 (78).

Rockwell (2009). *La experiencia etnográfica. Historia y cultura en los procesos educativos*. Buenos Aires: Paidós.

Rodríguez-Pineda, D., y López y Mota, A. D. (2006). ¿Cómo se articulan las concepciones epistemológicas y de aprendizaje con la práctica docente en el aula? Tres estudios de caso de profesores de secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 11 (31), 1307-1335.