

LA EXPLICACIÓN EN LAS CIENCIAS NATURALES Y EN SU ENSEÑANZA: APROXIMACIONES EPISTEMOLÓGICA Y DIDÁCTICA

María Laura Eder*
Agustín Adúriz-Bravo*

En este trabajo nos proponemos “explicar la explicación” en ciencias naturales desde dos miradas metateóricas, provistas por la epistemología y por la didáctica de las ciencias naturales respectivamente. El estudio de la explicación desde la epistemología permite identificar, a partir de diversos metamodelos propuestos a lo largo del siglo XX, las características de la “buena” explicación científica erudita y escolar. El estudio de la explicación desde la didáctica arroja luz sobre la labor que lleva adelante el profesorado de ciencias naturales en el aula cuando expone para co-construir textos que expliquen.

PALABRAS CLAVE: explicación científica, modelos, epistemología, didáctica de las ciencias, exposición, argumentación.

EXPLANATION IN SCIENCE AND SCIENCE TEACHING: PHILOSOPHICAL AND INSTRUCTIONAL APPROACHES

ABSTRACT

In this paper we intend to ‘explain the explanation’ in science from two meta-theoretical perspectives, respectively provided by the philosophy of science and the discipline of science education (‘didactics of science’). Studying explanation

* Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CeFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad de Buenos Aires (UBA). CeFIEC, 2° Piso, Pabellón 2, Ciudad Universitaria. Avenida Intendente Güiraldes 2160, (C1428EGA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

E-mail (primera autora): mleder@filo.uba.ar

Recibido 30 de mayo de 2008, aprobado 25 de julio de 2008.

from philosophy permits identifying, from different meta-models proposed during the 20th century, the characteristics of a 'good' explanation in scientists' science and school science. Studying explanation from didactics sheds light on the performance of science teachers in the classroom when they lecture to co-construct texts that explain.

KEY WORDS: scientific explanation, models, philosophy of science, science education, lecturing, argumentation.

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es acercarnos a la *explicación* en las ciencias naturales desde dos perspectivas metateóricas complementarias: la *epistemológica* y la *didáctica*. La aproximación epistemológica nos sirve para iluminar la naturaleza de la "buena explicación" en los contextos de *innovación* y de *educación* de las ciencias naturales (Echeverría, 1995). La aproximación didáctica nos habilita a hacer consideraciones acerca de la enseñanza del *procedimiento cognitivolingüístico* de explicar (Sanmartí, 2003; Adúriz-Bravo, 2005; Revel Chion et al., 2005), con particular foco en la formación y profesionalización del profesorado de ciencias naturales.

Los análisis que aquí se presentan se enmarcan en un proyecto de investigación sobre la enseñanza de las ciencias en la universidad (Eder, 2001). Dicho proyecto marco nace del interés por examinar aquellas propuestas didácticas que favorecen el aprendizaje de un área específica de conocimiento, las *ciencias naturales*, tanto en lo que respecta al dominio de sus aspectos *modeloteóricos*, como a la posibilidad de utilizar el conocimiento para resolver problemas genuinos o auténticos. Por otro lado, el proyecto surge de la necesidad de (re)conocer la "lógica" que guía las prácticas de la enseñanza universitaria, ya que –desde nuestra experiencia como docentes de didáctica general y de didácticas "especiales" en los profesorados de ciencias naturales que se imparten en la Universidad de Buenos Aires– consideramos de importancia la construcción de conocimiento acerca de tales prácticas. Nos interesa especialmente el aporte que, *desde la investigación*, puede hacerse para el mejoramiento de la formación –inicial y continuada– del profesorado de ciencias naturales para todos los niveles educativos.

En ese proyecto de investigación que enmarca el presente trabajo, una de nosotros (M.L.E.) busca revisar las prácticas de enseñanza del profesorado universitario de ciencias naturales con el fin de analizar, en aquellas propuestas reconocidas como de ‘buena enseñanza’¹, los modos en que los profesores y profesoras *explican* para generar comprensión significativa en sus estudiantes. En el contexto más acotado de este trabajo, hablamos de la explicación pensando en al menos dos relaciones amplias entre esta y la educación en ciencias naturales. La primera relación se da entre la explicación como un proceso científico *paradigmático* y la *didáctica* como disciplina científica (Contreras, 1990; Camilloni, 1994; Adúriz-Bravo, 1999/2000, 2001). En este sentido, nos podríamos preguntar –desde un punto de vista *epistemológico*– si la didáctica general y la didáctica de las ciencias naturales explican, y en qué sentido lo hacen.

Tradicionalmente, la didáctica se había considerado una disciplina prescriptiva. Desarrollos más actuales (cfr. Camilloni et al., 1996, 2007) la consideran una disciplina *explicativa* y *normativa* (alejada de su reducción “tecnicista”). Como lo expresa Maggio (1998: 12):

El abandono de la prescriptiva tiene que ver con un modo diferente de aproximación a la práctica, a partir de la realización de trabajos comprensivos o interpretativos que deberían incluir la reflexión crítica de los docentes acerca de la misma. (...) Se relaciona con el abandono de la pretendida neutralidad heredada de la teoría de la administración y de la asunción de los fines de la educación como dimensión constitutiva de la Didáctica.

Cabría preguntarse, entonces, desde qué *modelos de explicación* se caracteriza de estas dos maneras tan opuestas nuestra disciplina y qué clase de explicaciones se esperan de ella en cada caso. En trabajos anteriores (Eder y Adúriz-Bravo, 2001) analizamos el carácter científico del conocimiento didáctico desde diferentes perspectivas epistemológicas; sin embargo, no nos ocupamos en particular de los *tipos de explicación* que los diversos modelos de disciplina (pre)suponen. De allí el interés que, para nosotros, tendría continuar con nuevas exploraciones en esta línea.

¹ Se entiende por ‘buena enseñanza’ aquella que no puede inferirse directamente de conocimiento científico descontextualizado de las acciones reales, y cuyas dimensiones siempre se entrecruzan con opciones de valor (Gimeno Sacristán y Pérez Gómez, 1992).

Una segunda relación que nos parece relevante plantear es la que se establece entre la explicación como procedimiento cognitivolingüístico de orden superior y la práctica de *enseñar* ciencias naturales. La explicación es una de las formas que asume la enseñanza en muchas *configuraciones didácticas* (Litwin, 1997). El docente “explica” para que sus estudiantes aprendan (cfr. Ogborn et al., 1996). En este sentido, la perspectiva de análisis es claramente *didáctica*. El análisis de las explicaciones que se construyen y circulan en el aula favorece la comprensión de las acciones comunicativas y de la producción colectiva de conocimiento promovida por ellas (Litwin, 1996, 1997).

En esta segunda relación, la situación se complejiza si tomamos en consideración a distintos actores involucrados en procesos de enseñanza. El profesorado universitario, que en general no tiene formación pedagógica, recurre muchas veces a estrategias que ha experimentado como estudiante. El peso de la denominada ‘biografía escolar’ ha sido estudiado especialmente en los profesores y profesoras de los niveles básicos de educación (Alliaud, 1998); sin embargo, en nuestro trabajo en la formación inicial –universitaria– del profesorado de ciencias naturales, observamos que también nuestros estudiantes reconocen este impacto al analizarse y muestran la persistencia de los modelos internalizados por una suerte de “impregnación ambiental” cuando se preparan para la práctica profesional.

Ahora bien, nuestro trabajo se centra en la enseñanza de las ciencias naturales. Partimos de la hipótesis de que la *naturaleza* de estas disciplinas, y consecuentemente el tipo de explicaciones que admiten como válidas, tienen una incidencia sustantiva en las propuestas expositivo-explicativas del profesorado del área en sus clases. ¿Cómo explican los docentes que se formaron bajo una concepción determinada de ciencia? ¿Y los de cada una de las ciencias naturales (física, química, biología, geología...) en particular? Estas preguntas exceden con mucho los límites de este trabajo, y se plantean en el contexto del proyecto más general al que hacíamos referencia (Eder, 2001).

En efecto, un extenso corpus de investigaciones muestra la importancia que tiene la *imagen de ciencia* en su enseñanza y señala los aportes que la epistemología y la historia de la ciencia hacen a la educación en ciencias naturales (McComas, 1998; Porlán y Rivero, 1998; Izquierdo, 2000; Adúriz-Bravo, 2001, 2005). Tomamos estas aportaciones para justificar que, en este trabajo, nos interesamos por el concepto de 'explicación' desde el contexto cotidiano y desde los modelos metacientíficos más conocidos de la epistemología del siglo XX. Luego nos proponemos recuperar algunas de las concepciones acerca de la explicación en la enseñanza, desde desarrollos teóricos recientes que encontramos valiosos para nuestros fines. También comentamos brevemente los resultados de un trabajo de indagación de la primera autora acerca de lo que estudiantes universitarios piensan sobre el explicar (Eder, 2005). Por último, intentamos generar algunas reflexiones acerca de las posibles relaciones entre la *explicación científica erudita* y la *explicación científica escolar* (para algunos autores, 'explicación didáctica').

2. QUÉ SERÍA EXPLICAR EN LAS CIENCIAS NATURALES

2.1. Primera aproximación

¿A qué nos referimos usualmente cuando hablamos de *explicación* en el lenguaje natural, el sentido común y la vida cotidiana? En esta primera sección comentamos las ideas sobre qué es explicar que el público general –sin mucha formación científica ni metacientífica– utiliza en su desempeño diario y las definiciones al respecto que proveen diccionarios generales y especializados, para luego pasar a revisar algunas perspectivas epistemológicas acerca de la explicación.

El uso instalado del término 'explicación' nos remite a un conjunto de significados diversos pero emparentados, manifestación de su carácter parcialmente polisémico. Entre esos significados se pueden encontrar, tal como mencionan Klimovsky e Hidalgo (1998: 27-28): 1. dar reglas para la acción; 2. aclarar el significado de una palabra; 3. proveer un porqué, proporcionar la razón de algo que inicialmente resulta ininteligible. En todos los casos, los *juegos de lenguaje* implicados remiten a ese 'desplegar' (*explicāre*) que está etimológicamente por debajo del término (cfr. Ferrater Mora, 1965: 623): explicamos cuando hacemos ver a otros "todo el cuadro", cuando desocultamos relaciones o vínculos no obvios, cuando traemos a la superficie sentidos latentes; cuando comparamos lo desconocido con lo familiar.

¿Qué significado le asigna el común de la gente a la palabra ‘explicar’? Una pequeña exploración (cfr. Eder, 2002), hecha sobre personas de entre 25 y 48 años con estudios superiores, muestra que ellos consideran que explicar es mayormente: 1. dar a entender algo a otros; 2. aclarar, clarificar u ordenar; 3. relatar o justificar hechos acontecidos; y 4. relacionar causas con efectos. Por su parte, los diccionarios generales plantean que explicar es: 1. “declarar, manifestar, dar a conocer lo que alguien piensa”; 2. “declarar o exponer cualquier materia, doctrina o texto difícil, con palabras muy claras para hacerlos más perceptibles”; 3. “enseñar en la cátedra”; 4. “dar a conocer la causa o motivo de algo”; y 5. “llegar a comprender la razón de algo, darse cuenta de ello” (RAE, 2008).

En los *lenguajes especializados*, o técnicos, el sentido de ‘explicar’ aparece más delimitado. Revisamos ahora los significados consignados para el término en dos diccionarios de sendas disciplinas. En filosofía, se entendería por explicación:

- a) en el sentido conceptual (que afecta también a los juicios) el *desarrollo* de un percepto o de un concepto (tal como se da en su definición), de un problema y sus posibles soluciones, y hasta de un razonamiento en orden a ellas. Viene a ser el *desenvolvimiento* de un pensamiento resumido o condensado: “explicar una lección”;
- b) en el sentido judicativo, el dar la razón de algo, por sus *constitutivos* intrínsecos (material y formal) y por sus causas eficientes (el “por qué”) y final (el “para qué”). (Zaragüeta, 1955: 218-219; el subrayado es nuestro).

En este primer caso se propone un sentido relativamente amplio, que puede vincularse tanto a lo pedagógico como a lo científico, pero restringido más estrictamente que en el uso común al campo semántico de la *inteligibilidad*, ya que se elimina la connotación declarativa, narrativa o expositiva.

En un segundo caso, tomamos un diccionario de pedagogía. Al buscar en él ‘explicación’, se remite a ‘exposición’ y ‘lección’. Allí leemos que se trata de una

forma didáctica de *expresión* por la cual el profesor *explica* un contenido, tema o lección y presenta de forma colectiva el material correspondiente. La participación del alumno queda bastante limitada; por ello, es imposible que el maestro utilice todos los recursos posibles y sea riguroso y claro en la *exposición*, de forma que logre motivar y suscitar el interés del alumno por el tema. (AA.VV., 1991: 238-239; el subrayado es nuestro).

Con estos primeros insumos nos movemos ahora a una mirada metateórica que revisa los significados usualmente asignados al término 'explicación' en las ciencias naturales. En esta área del conocimiento, se remite la explicación a preguntas del tipo de *qué, cómo, por qué y para qué*; para algunos autores, la explicación requiere de causas de diversas clases, para otros, de mecanismos o relaciones, y para otros, de motivos o razones (cfr. Gaeta et al., 1997; Klimovsky e Hidalgo, 1998).

Reconocemos que los propósitos y los objetos de las preguntas de más arriba son diversos, y que tal diversidad puede tener que ver con las distintas disciplinas científicas o con las distintas 'tipologías' de explicación. En palabras de Félix Schuster (1982: 21; subrayado en el original):

Uno puede explicar cómo funciona una máquina o cómo se puede ir en bicicleta, esto es, se informa acerca de cómo se desarrolla un proceso o una tarea. Estas *explicaciones del tipo cómo* están ligadas con aspectos descriptivos. También se pide una explicación cuando no se entiende una palabra, lo que llevaría a *dar su significado* o sus *condiciones de uso*. Pero, indudablemente, las que tendrán un mayor interés son las relativas a la comprensión de un proceso, las *explicaciones del tipo qué* o las *explicaciones del tipo por qué*.

Ahora bien, y como se plantea desde una perspectiva de la explicación *centrada en los usos*, "la formulación de una pregunta requiere un contexto que nos indique el tipo de respuestas que se desean, evitando de esta manera la ambigüedad" (Schuster, 1982: 17).

Para los representantes de la llamada *concepción heredada* en epistemología (c. 1945-1969, llamada así porque es heredera directa del positivismo lógico del Círculo de Viena), las explicaciones eran básicamente repuestas a preguntas de estilo *cómo y por qué*. Sin embargo, estas preguntas son amplias y, en palabras del mismo Schuster (1982: 27), "en contextos diferentes, puede haber diferentes tipos de respuesta".

El uso cotidiano del concepto de 'explicar', y aun el que proponen los diccionarios técnicos, parece estar más vinculado a los procesos de comunicación y enseñanza, a la "transmisión" de un saber (sea este científico o no) a terceros, y a la comprensión por parte de ellos de tal saber "recibido". El análisis epistemológico, en cambio, nos propone una nueva perspectiva: hablar de 'explicación' remite a preguntas vinculadas

con la descripción, la significación o las condiciones de uso, y las causas, motivos y razones. En el próximo apartado nos ocupamos ya de lleno del conocimiento científico natural, tratando de reconocer diferentes modelos metateóricos sobre qué constituye una explicación “válida”.

2.2. Modelos epistemológicos de explicación científica²

En el campo particular del conocimiento elaborado por las ciencias naturales, cobran especial sentido –por sus implicancias histórico-epistemológicas– las discusiones acerca de qué es explicar con rigor epistémico (cfr. Estany, 1993). Sin embargo, en este mismo campo –y al contrario de lo que dicta la imagen de sentido común sobre las “ciencias duras”– no podemos deshacernos de la polisemia del término ‘explicación’. Para mostrar ello, traemos las opiniones aparentemente contradictorias de dos destacados estudiosos “clásicos” del problema de la explicación en ciencias naturales, autores de sendas obras de referencia obligada para el análisis metateórico del explicar:

Uno de los objetivos primordiales de toda ciencia empírica es explicar los fenómenos del mundo de nuestra experiencia y responder no sólo a los “qué”, sino también a los “¿por qué?”. (Hempel, 1979: 247).

Las preguntas que las ciencias responden son preguntas relativas a cómo (de qué manera o en cuáles circunstancias) se producen los sucesos y se relacionan las cosas. Por lo tanto, las ciencias pueden llegar, a lo sumo, a sistemas amplios y exactos de descripciones, no de explicaciones. (Nagel, 1968: 37).

Esta primera puntualización nos advierte que, más interesante que preocuparse de por qué las ciencias naturales buscan o no explicar, es estudiar los *textos* (unidades de sentido, sean escritas u orales: Adúriz-Bravo, 2005) que identificamos como genuinas explicaciones, textos que pueden ser categorizados y tipificados.

En líneas generales, y aunque podemos encontrar algunas variantes en las clasificaciones, hay bastante acuerdo entre los epistemólogos alrededor de algunas *taxonomías* para la noción de explicación. Por ejemplo, es usual distinguir entre *modelos* de explicación (nomológico-deductivo, probabilístico, pragmático,

² Este apartado sigue de cerca otros cuatro textos, en los cuales se pueden encontrar los detalles necesariamente omitidos aquí por razones de concreción: Gaeta y cols. (1997); Klimovsky e Hidalgo (1998, capítulos 2 a 4); Adúriz-Bravo (2001, capítulo 9) y Eder (2002).

ilocutivo, abductivo...), y de *tipos* de explicación (causal, conceptual, genética, funcional, batígena, retrodictiva, por comprensión...). A continuación hacemos una breve descripción de algunas de estas ideas metateóricas con el objeto de apoyar el análisis de las relaciones conceptuales planteadas en los objetivos al inicio de este trabajo.

2.2.1. El modelo nomológico-deductivo de la concepción heredada à la Hempel

La explicación en ciencias naturales ha sido tradicionalmente modelizada “mapeándola” a la estructura de un razonamiento deductivo. A este modelo de explicación positivista lógico se lo conoce como *nomológico-deductivo*, porque en él la explicación se formaliza como un razonamiento deductivo entre cuyas premisas aparecen, de manera esencial, enunciados con forma de *ley* científica (en griego, ‘nomos’). Para este modelo, explicar un hecho consiste en

deducir el enunciado que lo describe, el *explanandum*, de un conjunto de enunciados denominado *explanans*, integrado por una o más leyes científicas y otros enunciados referidos a hechos individuales relevantes que establecen las condiciones iniciales o antecedentes del fenómeno que se pretende explicar. (...) Una explicación de este tipo es un razonamiento deductivo, en el cual las premisas están constituidas por leyes y por enunciados singulares que señalan algunas características de cierta situación y cuya verdad garantiza completamente la verdad de la conclusión, es decir, el enunciado que describe el hecho que se desea explicar. (Gaeta et al., 1997: 11; subrayado en el original).

Ya en sus trabajos de fines de los años 40, Carl Hempel plantea una serie de condiciones *lógicas* y *empíricas* para que una explicación nomológico-deductiva sea sólida; entre ellas destacan la trabazón lógica entre *explanans* y *explanandum* y la necesidad de contenido empírico del *explanans*.

109

El modelo nomológico-deductivo se nos presenta con diferentes variantes; una de ellas –que representa la “ortodoxia” epistemológica– es la que Hempel (1979) desarrolla *in extenso*. Pero existen también otros tres submodelos “críticos” que no coinciden completamente con la concepción hempeliana, y que aquí mencionamos brevemente.

Explicación hipotético-deductiva. Este submodelo aparece por la dificultad de *verificar* estrictamente las premisas-leyes para garantizar que el aparato deductivo

“conserve” el valor de verdad y lo traslade a la conclusión. Desde el llamado *racionalismo crítico*, representado por Sir Karl Popper,

se piensa a las afirmaciones científicas no como verdades sino como hipótesis y a las teorías científicas como conjuntos de hipótesis. Una hipótesis es una proposición cuya verdad o falsedad se ignora; sin embargo, quien la formula supone que es verdadera, aunque en realidad no lo hace sino para ver qué ocurre con las consecuencias de esa suposición. (...) [Este *modelo hipotético-deductivo de explicación*] difiere del modelo de Hempel porque admite que las premisas-leyes son hipótesis. (Klimovsky e Hidalgo, 1998: 39-40).

Explicación potencial. Se trataría de una explicación nomológico-deductiva donde los datos son, de algún modo, “problemáticos” en lo que hace a su valor de verdad. En este sentido,

si bien es cierto que Hempel establece como requisito de adecuación para las explicaciones nomológico-deductivas la verdad de las leyes universales del explanans, no obstante reconoce que habitualmente no estamos en condiciones de saber si tal requisito se cumple. Por este motivo, en su momento se han admitido explicaciones fundadas en teorías que posteriormente han sido descartadas. (...) Hempel reserva entonces el nombre de “explicación potencial” para referirse a todo razonamiento que posee las características de la explicación nomológico-deductiva con la diferencia de que las leyes que componen el explanans no necesitan ser verdaderas. (Gaeta et al., 1997: 36; subrayado en el original).

El propio Hempel, entonces, denomina ‘explicación potencial’ a toda aquella explicación que incluya hipótesis entre las premisas, y considera que una explicación es “actual” (auténtica, genuina, válida), cuando éste no es el caso, esto es, cuando el *explanans* sólo tiene leyes y afirmaciones particulares “verdaderas”, ya comprobadas. Desde la perspectiva de Klimovsky e Hidalgo (1998), la explicación hipotético-deductiva de Popper sería un caso de explicación potencial (*pseudoexplicación*), no deseable en los estadios más avanzados de las ciencias maduras.

Explicación causal. En el marco del modelo nomológico-deductivo, la explicación causal es aquella que explica los hechos como *efectos* de ciertas causas o condiciones antecedentes:

Suele considerarse apropiado denominar “causa” a un fenómeno si su presencia constituye una condición suficiente para la aparición de otro fenómeno denominado “efecto”; aunque también hay quienes reservan la palabra “causa” para designar un

fenómeno sólo si éste es una condición necesaria, o necesaria y suficiente, para su efecto. (Gaeta et al., 1997: 69).

Para Davidson (1967), esta visión restrictiva de explicación recuperaría los postulados clásicos de los empiristas David Hume y John Stuart Mill acerca de que una causa remite a la suma de las “condiciones” positivas y negativas de las cuales se sigue “invariablemente” una consecuencia. Lo que ordinariamente denominamos ‘causa’ en el marco positivista lógico sería una de esas condiciones, seleccionada bastante arbitrariamente.

El empirismo propone básicamente tres *reglas* para juzgar algo como causa de un efecto: la contigüidad espacial y temporal, la prioridad temporal y la conjunción constante. Desde una perspectiva bien diferente (a veces llamada ‘criticista’), Immanuel Kant cree que el conocimiento es constructivo y no meramente empírico. Entonces, para esta concepción de corte más *racionalista*, no basta la mera covariación regular para definir la relación causal; es necesario establecer unas condiciones de carácter universal y abstracto que definan ese vínculo. En este marco de ideas surgirían diferencias teóricas entre Ernest Nagel (junto con Bertrand Russell) y el propio Hempel acerca de la naturaleza última de la *causación*, del rol que juegan en ella las leyes, y de las “circunstancias” que concurren (cfr. Klimovsky e Hidalgo, 1998: 43-47); esta divergencia lleva ya a ver las explicaciones causales como subclase de las legales, ya a identificarlas plenamente con ellas.

2.2.2. El modelo probabilístico-inductivo de la concepción heredada à la Carnap

Este modelo de explicación en ciencias naturales, desprendido de la misma matriz epistemológica que el anterior, supone el uso de leyes estadísticas y de nociones probabilísticas a la hora de “dar sentido”:

En las ciencias empíricas muchas veces se logran descubrir regularidades que sin ser estrictamente universales señalan que una proporción especificada de objetos o fenómenos de una clase F, pertenecen también a otra clase G. (Gaeta et al., 1997: 36).

El tipo de explicaciones que incorporan en su *explanans* por lo menos una ley o principio teórico de forma estadística son las que reciben el nombre de ‘explicaciones estadísticas’³:

Al haber una ley estadística *no se puede decir que hay propiamente deducción*, ya que no permite deducir lo que pasa con los casos. Lo que sí hay es *inferencia estadística*.

La explicación estadística es a posteriori; habiendo ocurrido algo se explica, si el hecho no ha ocurrido todavía no se puede predecir (en un sentido estricto). (Schuster, 1982: 24; el subrayado es nuestro).

En este mismo sentido, Klimovsky e Hidalgo (1998: 55), subrayan el inconveniente propio de este tipo de explicación, a saber, que no cumple con el llamado *principio de simetría*: “sirve para explicar hechos «ex post facto», una vez ocurridos, pero no permite predecirlos con anticipación”.

Nagel (1968) plantea que, en el caso de las ciencias sociales, prevalece este tipo de explicaciones por dos razones principales: la complejidad propia de los fenómenos estudiados y el elemento volitivo o intencional que interviene en la determinación de las conductas humanas. Sin embargo, al analizar estas dos razones, él no termina de justificarse completamente la marcada ausencia de explicaciones nomológico-deductivas en estas disciplinas (pp. 454-455).

Klimovsky e Hidalgo (1998) se preguntan si una explicación de este tipo sería, en el fondo, una *genuina* explicación. Si por esta se entiende una explicación nomológico-deductiva que *de verdades lleve a verdades*, la respuesta es no. Ahora bien,

si respondemos en cambio: “La explicación estadística es explicación en tanto da sentido a lo que ocurre”, su contribución y aporte a nuestro mayor entendimiento nos impiden negarle valor explicativo. (p. 56).

Los modelos desarrollados previamente –el nomológico-deductivo y el estadístico-inductivo– se asemejan en tanto que, en ellos, las explicaciones presentan la particularidad de emplear leyes o principios generales y abarcativos. Frente a esta posición, las ciencias sociales –principalmente, aunque no de manera exclusiva– plantean la posibilidad de considerar otras maneras de explicar.

³ Para los aspectos técnicos, consúltese la bibliografía mencionada en la Nota 2.

2.2.3. Modelos de explicación sin leyes

Los tipos explicativos que revisamos brevemente a continuación se caracterizan por no requerir de leyes en el *explanans*; por ello, resultan especialmente interesantes a la hora de capturar la naturaleza tanto de disciplinas jóvenes como de aquellas no específicamente preocupadas por la formulación de *generalizaciones*.

Explicación conceptual. Cuando explicamos un hecho situándolo en un contexto más amplio que lo hace entendible, ofrecemos lo que se denomina una ‘explicación conceptual’. En palabras de Klimovsky e Hidalgo (1998: 66):

Lo que hacemos cuando explicamos de este modo, es, meramente, proporcionar dos hipótesis. La primera, que podríamos denominar la hipótesis de la existencia de la estructura amplia, afirma que existe o tiene lugar un fenómeno amplio que nos proporcionará el contexto explicativo. (...) La segunda hipótesis, que denominaremos hipótesis de la inserción, afirma que lo que se quiere explicar se inserta y forma parte de la estructura amplia que hemos postulado.

Estos mismos autores sospechan de la explicación conceptual como de una “explicación humilde”, endeble, una *cuasiexplicación* que “da sentido” pero que está a mitad de camino hacia algo más interesante (nomológico o estadístico). En este modelo, explicar conlleva en última instancia *comprender*, y “un modo de comprender una estructura parcial o local consiste en ubicarla en un contexto más general” (p. 66).

Explicación genética. Arroja luz sobre un hecho indicando cuál es el proceso continuado o histórico, el conjunto de *sucesos*, que desemboca en él. De acuerdo con Hempel, este tipo de explicación no debería concebirse como un “hilo continuo”, sino como una cadena de eslabones y pasos, donde

cada eslabón es una consecuencia de lo que ya se sabe que ocurrió previamente en conjunción con ciertas leyes obvias que vinculan los hechos que sucedieron antes con los que suceden luego. (Klimovsky e Hidalgo, 1998: 73).

Ahora bien, ¿son *deductivos* los eslabones de la cadena? La respuesta parece ser no: la explicación genética “aparece más como una cadena de explicaciones intermedias, algunos de cuyos pasos o eslabones pueden ser tanto nomológico

deductivos como estadísticos” (Klimovsky e Hidalgo, 1998: 74), pero otros son de naturaleza más acotada o débil. Las premisas explicativas de las explicaciones genéticas contienen necesariamente un gran número de *enunciados singulares* acerca de acontecimientos pasados en el sistema bajo investigación.

Nagel (1968: 36) destaca otros dos puntos acerca de la naturaleza de las premisas explicativas en las explicaciones genéticas:

El primero es el hecho obvio de que no se menciona todo suceso pasado en la evolución del sistema. El segundo es que los sucesos mencionados son elegidos sobre la base de suposiciones (con frecuencia tácitas) relativas al tipo de sucesos que tienen importancia causal para el desarrollo del sistema. De acuerdo con esto, además de los enunciados singulares las premisas también incluirán (explícita o implícitamente) suposiciones generales acerca de las dependencias causales de diversos tipos de sucesos.

Explicaciones teleológica y funcional. Estos dos tipos de explicaciones se caracterizan –a diferencia de las explicaciones causales que apuntan “hacia el pasado”– por intentar la explicación de un hecho que ocurre en el presente *en virtud de algo que ocurrirá en el futuro*. En términos de Klimovsky e Hidalgo (1998: 77; el subrayado es nuestro),

la causa se da después y el efecto antes. No se nos provee una explicación causal en términos de causa eficiente, sino una *explicación causal finalista* de tipo aristotélico. (...) No se advierte que intervengan leyes.

La palabra griega ‘telos’ significa fin u objetivo, e indica a veces la presencia de algún agente responsable de lo que acontece. Agente que tiene un *propósito* y que intenta preservar para el futuro una determinada situación.

Ahora bien, el rasgo distintivo de estas explicaciones es la referencia a *fin*es, pero no se requiere que estos sean propósitos conscientes de algún sujeto. Por ello, las explicaciones teleológicas (finalistas) y funcionales pueden encontrarse tanto en el ámbito de las ciencias sociales como en el de las ciencias naturales. En este sentido, Gaeta y cols. (1997: 45-46) enumeran los grupos de fenómenos con los que suelen vincularse estas explicaciones: 1. comportamientos realizados con un propósito consciente, con frecuencia denominados ‘intencionales’; 2. comportamientos

animales *dirigidos a un fin*; 3. fenómenos psicológicos que cumplen un papel no buscado de manera consciente; 4. actividades grupales que tampoco responden a propósitos conscientes; 5. actividades (*funciones*) de órganos o partes de un organismo; y 6. actividades (*funciones*) de artefactos.

El término ‘función’ que a menudo se asocia con este tipo de explicaciones tiene significados diversos (cfr. Nagel, 1968: 81-82), que apuntan por ejemplo a la relación entre partes, las operaciones, la necesidad o importancia, la estructura y el uso. Un sentido importante desde el punto de vista del estudio de la explicación es el que vincula la función con *la forma de operar de un todo*. Este sentido es el usual en la perspectiva teórica llamada *funcionalismo*. Las explicaciones funcionales, e incluso las teleológicas⁴, siempre indican que algo existe para que se obtenga cierta *estructura* determinada. El estructural-funcionalismo, en lugar de pensar cómo se originaron los hechos, piensa qué lugar ocupan dentro de una estructura y qué función cumplen en ella.

Explicación por comprensión o significación. La propuesta de este tipo de explicación se vincula a una problemática filosófica más amplia, relacionada con el intenso debate que ha atravesado la discusión sobre las semejanzas y diferencias metodológicas entre las ciencias sociales y las ciencias naturales. Algunos epistemólogos sostienen que no hay –o no debería haber– divergencias sustanciales en la metodología general de las todas las ciencias *fácticas* o *empíricas*. Esto supone que los esquemas de explicación vigentes para una ciencia han de ser válidos también para cualquier otra. En las antípodas de esta posición

se alinean quienes creen que los fenómenos humanos son radicalmente diferentes de los naturales y requieren una metodología exclusiva, basada en un tipo de *comprensión* de las acciones que sólo es posible en tanto el investigador comparte de algún modo las experiencias mentales que atraviesan los otros seres humanos cuya conducta estudia. (Gaeta et al., 1997: 61; el subrayado es nuestro).

Desde otro espacio disciplinar, el psicólogo estadounidense Jerome Bruner (1997) amplía la cuestión presentada de un modo que resulta de sumo interés para quienes trabajamos en el marco de las disciplinas científicas sociales, como es el caso de las didácticas:

⁴ Para algunos autores (cfr. González Galli et al., 2005), conviene reservar el término ‘teleológico’ para explicaciones de sentido común que sí suponen un plan previo, intenciones e idea de progreso. Las explicaciones funcional-finalistas serían, más estrictamente, *teleonómicas*.

En el primer cuarto de este siglo, sucedió algo crucial para los intelectuales. Llamémoslo “el giro interpretativo”. El giro se expresó primero en teatro y literatura, después en historia, después en las ciencias sociales, y finalmente en la epistemología. Ahora se está expresando en la educación. *El objeto de la interpretación es comprender*, no explicar; su instrumento es el análisis de textos. El *entendimiento* es el resultado de la organización y contextualización de proposiciones esencialmente contestables e incompletamente verificables de una manera disciplinada. Una de nuestras principales formas de hacerlo es a través de la *narración*: contando una historia sobre “en qué consiste” algo. (...) El entendimiento, como la explicación, no es unívoco (...) y la interpretación de cualquier narración concreta tampoco imposibilita otras interpretaciones. (p. 108; el subrayado es nuestro).

Desde esta perspectiva, entonces, tendríamos que hablar de *interpretación*, y no necesariamente de explicación; aunque no queda del todo claro si una función reemplaza a la otra, son reducibles o fundamentalmente diferentes (Bruner, 1997: 119). Esta oposición entre los enfoques *causal-explicativo* y *hermenéutico-interpretativo* está vinculada con otros dos debates epistemológicos igualmente sustanciales: la oposición entre *erklären* y *verstehen* y la oposición entre *nomotético* e *idiográfico* (cfr. Klimovsky e Hidalgo, 1998; Schuster, 2002).

El abordaje explicativo pretende “elucidar las condiciones necesarias y/o suficientes que nos capacitan para reconocer un estado mental”, mientras que el abordaje interpretativo “es *posterior al hecho* y típicamente dependiente del contexto, y por tanto «histórico»” (Bruner, 1997: 120; el subrayado es nuestro). Ahora bien, la dificultad surge al considerar la cuestión de si las explicaciones por comprensión son versiones “precarias” de deseables explicaciones nomotéticas (abstractas, generalizadoras, *legaliformes*). Muchas veces se ha afirmado que una de las actividades paradigmáticas de la ciencia es encontrar explicaciones satisfactorias, pero esto soslaya el tratamiento crítico acerca de si “las explicaciones [son] un objetivo «último» de la ciencia, o, por el contrario, son un medio para producir comprensión” (Comesaña, 1994: 51).

Hablar de ‘explicación comprensiva’ puede aparecer como contradictorio desde la oposición tradicional; sin embargo, si nos planteamos que una de las preguntas que se intenta responder a través de la explicación científica es *cómo suceden los hechos*, este tipo de explicaciones permitirían generar interpretaciones robustas acerca del mundo, interpretaciones que podrían favorecer una visión más acabada de su complejidad.

2.2.4. El modelo pragmático-ilocutivo de la nueva filosofía de la ciencia

A partir de los años 50 se plantea un modelo de explicación *pragmático* vinculado a la caracterización del lenguaje desde el punto de vista de sus condiciones de uso. El reconocimiento de una pluralidad de dimensiones posibles para el análisis lingüístico –sintáctica, semántica y pragmática– nos habilita a un cambio de perspectiva en el estudio de la explicación científica. El enfoque vinculado a esa última dimensión teórica toma en consideración a los *usuarios* del lenguaje y los *contextos* en los cuales se produce cada situación comunicativa; tanto usuarios como contextos habían sido dejados de lado en el abordaje canónico de la filosofía analítica anglosajona de la primera mitad del siglo XX.

Dos epistemólogos que han estudiado los aspectos pragmáticos e *ilocutivos*⁵ de la explicación científica son Bas van Fraassen y Peter Achinstein. El marco teórico de esta “nueva” perspectiva de trabajo se apoya en la investigación sobre las características tanto *lógicas* como *prácticas* de las preguntas que se buscan responder en la ciencia al querer explicar. Respecto de este segundo elemento práctico, que es la novedad introducida por la llamada ‘nueva filosofía de la ciencia’ postkuhniiana,

surge la necesidad de tener en cuenta que una explicación constituye, típicamente, *una respuesta al interrogante* acerca de por qué sucedió cierto hecho. (Gaeta et al., 1997: 105; el subrayado es nuestro).

Entonces, los factores considerados *explicativos* por el productor de la explicación

son elegidos de entre un conjunto de hechos considerados objetivamente relevantes por alguna teoría científica, [pero] cada elección está determinada por elementos que varían de un contexto a otro. (Gaeta et al., 1997: 107).

Ejemplos de esos “elementos” a tener en cuenta son el destinatario de la explicación (conocimiento previos, expectativas) y las circunstancias (heurísticas, didácticas) en que ella se produce.

⁵ Un *acto de habla* se dirá ‘ilocutivo’ cuando en él se enuncie “algo que sea comprendido por el receptor y produzca en él un efecto” (Yáñez, 2000).

Por otra parte, no es posible comprender en qué consiste una explicación científica válida si nos limitamos a tomar en consideración solo una relación “dura” entre las teorías aceptadas y el hecho a explicar:

Una teoría, junto con la información factual pertinente, explica un hecho sólo con respecto a cierta relación causal relevante y a cierta clase de contraste, y éstos últimos son factores pragmáticos o de contexto. (Gaeta et al., 1997: 110).

Como dijimos, se suele admitir que quien brinda una explicación está respondiendo a la pregunta sobre por qué (cómo, para qué...) se produjo o se está produciendo cierta situación. Ahora bien, el *texto informativo* que responde a esta pregunta –a diferencia de otros textos como la descripción, la definición o la narración– se inscribe en un espacio que implica a los usuarios de la teoría puesta en juego al explicar científicamente (cfr. Gaeta et al., 1997: 114).

A este rápido recorrido histórico por los metamodelos epistemológicos de explicación científica habría que sumar una última perspectiva, más reciente, que podríamos calificar de *analógico-abductiva* o *modélico-abductiva*. Tal perspectiva correspondería al llamado ‘enfoque semántico’ de la epistemología de los últimos cuarenta años, y entendería la explicación como el acto de subsumir los fenómenos a explicar bajo *modelos teóricos* abstractos que son *similares* a ellos (Adúriz-Bravo, 2001, 2005; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003). Desde la perspectiva *semántica*, esto es, centrada en los *significados* que tiene el conocimiento científico y que permiten hacer inteligible el mundo de fenómenos, no sería tan importante la *enunciación lingüística* particular que asume la explicación como el uso de *representaciones* potentes para inteligir e intervenir la realidad natural.

3. QUÉ SERÍA EXPLICAR EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

En esta sección cabe hacer una primera puntualización: nos interesa la explicación *en y para* la enseñanza y, por ende, deseamos comprender de qué se trata este proceso cognitivolingüístico cuando asume la forma de una propuesta didáctica llevada adelante por el profesorado de ciencias naturales. Ahora bien, el análisis del papel que juega la explicación dentro de lo que Echeverría (1995) denomina el ‘contexto científico de educación’ es objeto no sólo de estudios didácticos, sino

también de investigaciones psicológicas, cognitivas, pedagógicas, lingüísticas, etnográficas, etc.

Una de las tantas posibles perspectivas de análisis se enfoca en cómo juega la explicación en estudiantes y profesores cuando ellos piensan, aprenden o toman decisiones. Esta sección, sin embargo, está más dedicada a la perspectiva *didáctica* (esto es, vinculada a la enseñanza), perspectiva que también es para nosotros de naturaleza metateórica (Adúriz-Bravo, 2001).

3.1. Explicación científica en el aula y explicación de aula que enseña sobre la explicación científica

Para la investigadora educativa estadounidense Gaea Leinhardt es posible distinguir en la enseñanza diferentes clases de explicaciones: las *explicaciones basadas en los campos disciplinares*, las *autoexplicaciones* y las *explicaciones para la clase*. Las primeras

se plantean alrededor de convenciones propias de las disciplinas: cuáles son las preguntas importantes, *qué se acepta por evidencia*, cómo debe ser un presupuesto, qué sería reconocido como progreso o como hipótesis en un campo. (Litwin, 1996: 108; el subrayado es nuestro).

En este sentido, serían las explicaciones que nos permiten recuperar el utillaje epistemológico expuesto en la sección anterior. Las explicaciones “tipo 1” de Leinhardt (genuinas explicaciones científicas “llevadas al aula”), entonces, adquirirían diferentes formatos, responderían a distintas preguntas y diferirían en sus criterios de validez de acuerdo con la imagen de ciencia que se asuma para trabajar en clase.

Ahora bien, las explicaciones para la enseñanza

sirven para clarificar conceptos, procedimientos, eventos, ideas, tipos de problemas que favorecen la comprensión. Suelen ser redundantes y reflejan las concepciones pedagógicas y epistemológicas del docente. (Litwin, 1996: 109).

Lo que Leinhardt quizás no explicita es cómo aparecen estas explicaciones “tipo 3” en las prácticas de la enseñanza de las ciencias naturales; cómo los docentes pueden dar cuenta de las explicaciones científicas normativamente impuestas

por el currículo al interior del discurso de aula. Resulta difícil pensar que –en todos los casos y para todas las modalidades de formación inicial y continuada del profesorado– pueda aparecer en clase el amplio espectro epistemológico de modalidades de explicar proveniente de la historia de la ciencia.

Como dijimos más arriba, consideramos de sumo interés indagar en las clases de profesores y profesoras de universidad, que en la mayoría de los casos no solo enseñan sino que construyen ciencia, para ver si en ellas aparecen de algún modo distintas concepciones epistemológicas de la explicación científica, de forma explícita o implícita y por acción u omisión. También podríamos preguntarnos si, en este caso que involucra docentes *expertos* en ciencias naturales, las explicaciones que se desarrollan en las clases están más cerca de las explicaciones basadas en los campos disciplinares que de las explicaciones para la clase. Nuestra sugerencia es que a estas últimas podemos considerarlas *explicaciones que explican la explicación*, en el sentido de que son textos escolares (usualmente orales) que acercan a sus destinatarios a las formas de dar sentido “sancionadas” por las ciencias naturales.

En el marco de las investigaciones que se centran en los procesos de enseñanza, nos encontramos con algunos trabajos que intentan reconocer las características propias de una buena explicación. Pero parece evidente que, debido al proceso de transposición didáctica, la caracterización de las explicaciones en la enseñanza no se vincula *del todo* con las concepciones de explicación propias de la ciencia, lo que nos lleva a plantearnos un nuevo foco de interés, a estudiar con otras perspectivas teóricas. El investigador estadounidense David Perkins (1995), siguiendo a Mortimer Adler, cita tres grandes modos de enseñar: la *instrucción didáctica*, el *entrenamiento* y la *enseñanza socrática*. El primero de esos modos se refiere a la presentación de la información por parte del profesorado y de los textos escritos, y su objetivo “se centra especialmente en la explicación: se *exponen* los qué y los porqué de un determinado tema” (p. 61; el subrayado es nuestro). Entonces, toda buena “instrucción directa” en ciencias naturales incluirá un discurso expositivo complejo en el cual aparezcan lo que llamamos ‘explicaciones científicas escolares’ (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003). Nos situamos aquí, por tanto, en una identificación –muy usual en la enseñanza– entre *explicar* y *exponer*; desde esta primera identificación hacemos las puntualizaciones que siguen.

Es interesante considerar que la secuencia para presentar una explicación científica escolar puede pensarse desde la lógica deductiva, la inductiva, la abductiva, la narrativa, entre otras; lo que resulta claro es que es necesario un “orden” para presentar una explicación. Probablemente, como lo señalan las investigaciones actuales en ciencia cognitiva, no siempre el mismo ordenamiento favorece la comprensión de todos y todas. Esto tiene relación con el “estilo cognitivo” del aprendiz y con el área disciplinar a la que pertenece la información.

Emilio Sánchez Miguel (1999) resume los resultados de estudios sobre el discurso expositivo de profesores expertos y principiantes de distintos niveles educativos. En ese trabajo aparecen algunas cuestiones interesantes vinculadas a la explicación verbal (esto es, expositiva). Cuando es realizada por profesores de educación básica, Sánchez Miguel señala algunas de sus ventajas por sobre el mejor *texto escrito* que se pudiera construir:

1. En la explicación oral del profesor, el estudiante “se encuentra con expresiones muy precisas que clarifican cuáles son las relaciones entre las ideas, (...) que le urgen a buscar la *explicación* (las *causas*) de un fenómeno o una *solución* a un determinado problema. (...) En la explicación verbal se destaca con claridad la idea global que da sentido y unidad a cuanto se ha dicho” (p. 179; el subrayado es nuestro).
2. En la explicación del profesor, la información nueva conecta con los conocimientos previos (incluyendo aquí las *concepciones alternativas*) que el propio estudiante activa en cada momento de la clase.
3. En la explicación del profesor hay una *regulación* constante del proceso: el estudiante “encuentra siempre una evaluación que confirma y reformula las ideas que genera” (p. 179).

Según este mismo autor, en el nivel medio, las explicaciones verbales suelen presentarse como un texto relativamente breve que está enmarcado en dos momentos de conversación, que tienen dos finalidades muy claras: crear el contexto inicial de partida y plantear ciertas preguntas y tareas que el estudiante resuelve y el profesor evalúa. Entre estos dos momentos específicos nos encontramos con lo que más caracteriza a esas explicaciones: un breve monólogo del profesor o profesora, extraordinariamente articulado y redundante, cuyas ventajas serían:

1. El profesor hace énfasis en clarificar cuáles son las ideas que considera especialmente relevantes y en desvelar el esquema que guía su exposición.
2. El profesor se asegura de forma directa de que sus estudiantes cuentan con ciertos conocimientos y evalúa la marcha del proceso.
3. El profesor supervisa explícitamente las tareas o preguntas.

En ambos niveles se supone una modalidad *interactiva-dialógica*, en la que el docente no sólo “expone” una explicación, sino que interactúa con sus estudiantes para evaluar la marcha de los procesos de comprensión y aprendizaje por parte de estos.

3.2. Didáctica de la explicación científica

Al buscar desarrollos teóricos rigurosos sobre la explicación en la enseñanza de las ciencias naturales, no podemos soslayar la mención de un libro que comunica una investigación señera sobre esta temática, el de Jon Ogborn y cols. (1998). Nos interesa recuperar algunos aspectos interesantes que se plantean en ese trabajo ya clásico y que proveen elementos para revisar la temática planteada en nuestra aportación. Una afirmación importante al inicio del libro aclara que

no existen datos a partir de los cuales establecer el modo en el que *ha de realizarse* una explicación o cuáles son los diferentes modos de llevarla a cabo. No existe ninguna teoría compartida sobre *lo que se supone que es una explicación* [exposición], excepto en lo que se refiere a términos del sentido común tales como “clara” o “confusa”, “complicada” o “simple”. (Ogborn et al., 1998: 17; el subrayado es nuestro).

Otra cuestión que señalan los autores de este estudio es la “distancia” entre las explicaciones científicas y el sentido común del que son portadores los y las estudiantes. Por tanto, estos investigadores plantean, como una forma de acceder al conocimiento científico, la presentación *narrativa* de la explicación para la enseñanza:

Es evidente que las explicaciones científicas dependen de la existencia de mundos con protagonistas cuyos comportamientos posibles confeccionan la historia. Pero también es evidente que estos mundos se sitúan con frecuencia muy lejos del sentido común cotidiano. Tales explicaciones carecen de significado hasta que no sepamos qué se supone que son capaces de hacer o qué les han hecho a las entidades que implican.

Un relato nos muestra el modo en que los acontecimientos suceden de manera que el resultado no sea arbitrario; de manera que tenga sentido, puesto que lo que sucede aparece porque las cosas hacen lo que hacen por su naturaleza. La “naturaleza de las cosas”, sus significados para nosotros consisten simplemente en qué es lo que hacen, para qué sirven y de qué están hechos. Tenemos un sentido de lo evidente cuando imaginamos que los acontecimientos se resuelven como deben gracias a que las cosas son como tienen que ser. *Y es aquí donde la explicación se detiene.* Cuando algo es como tiene que ser. (Ogborn et al., 1998: 27-28; el subrayado es nuestro).

Ogborn y cols. (1998) proponen una diferenciación entre las explicaciones escolares y las cotidianas; en estas últimas se comienza por una “solicitud de información” (p. 30), mientras que, en la escuela, el profesor resuelve *desde él* la “diferencia” entre lo que el estudiante sabe y lo que “debe” saber, teniendo como tercer polo “lo que él quiere saber” (p. 30). También diferencian las explicaciones cotidianas de las científicas:

El conocimiento científico no consiste sólo en los conocimientos normales profusamente escritos; con frecuencia son de tipo totalmente distinto. Contempla el mundo de manera diferente, llenándolo de nuevas entidades cuyos significados y naturaleza deben aprenderse. Desde los fotones a la farmacología. Las explicaciones cotidianas se presentan en términos de entidades familiares haciendo cosas conocidas. Las explicaciones científicas se presentan con frecuencia en términos de entidades desconocidas haciendo cosas poco habituales, y el alumno es un extraño en un mundo desconocido. *De lo que se deriva que buena parte de las explicaciones en la clase de ciencias no tratan sobre la explicación de los fenómenos, sino de los recursos que necesita el alumno para poder explicarse dichos fenómenos.* En lugar de explicar la forma en la que se desplazan los sonidos, el profesor explica cómo reflexionar sobre las ondas. (Ogborn et al., 1998: 31; el subrayado es nuestro).

En la frase que hemos subrayado vemos indicios de nuestra idea de que la exposición del profesorado de ciencias naturales es una explicación para la clase (en términos de Leinhardt) que pretende explicar a los estudiantes la explicación científica escolar (transpuesta esta, a su vez, de la explicación científica erudita). En este sentido, podemos pensar que la explicación en la enseñanza tiene como objeto proveer las herramientas para que los estudiantes puedan construir sus *propias* explicaciones científicas escolares, que a su vez posibilitarán el acceso, más adelante, a las explicaciones típicas de la ciencia.

Una de las dificultades reconocidas en el análisis de las explicaciones didácticas que intentan dar cuenta de explicaciones científicas es que los mismos fenómenos a explicarse suelen no ser evidentes. Por estos motivos, la mayor parte del trabajo involucrado en la explicación de las ciencias naturales en el aula se parece a una *descripción*, a una *clasificación* o a una *definición*, pues tiene que proporcionar el material para las explicaciones. En esta línea, Ogborn y cols. (1998) distinguen entre “sobre lo que se piensa” y “con lo que se piensa”:

Buena parte de las entidades científicas tienen que convertirse en *instrumentos para pensar*, aunque al principio sólo hayan sido conceptos sobre los que pensar. Tienen que convertirse en entidades que formen parte de las explicaciones, y no en cosas meramente explicadas. Por tanto, *la construcción de entidades supone también la construcción de explicaciones futuras*. (p. 33; el subrayado es nuestro).

La investigadora mexicana Antonia Candela (1997) nos aporta también algunos elementos interesantes para pensar la temática. Ella entiende por ‘explicación’

aquellas expresiones verbales que tienden a comprender un hecho, objeto, fenómeno o idea. Esto es, que van más allá de una descripción, para tratar de encontrar las causas que lo provocan o permiten entenderlo. (p. 105).

Para ella se trataría, entonces, de generar en el aula comprensiones que *buscan causas*. En su libro acerca de las relaciones entre los trabajos experimentales en el aula y los procesos explicativos de los estudiantes, Candela reconoce que la evolución en la construcción de las explicaciones precisas, con establecimiento de relaciones causa-efecto,

puede tener que ver con la confrontación de propuestas que van emitiendo distintos niños y que van logrando una mayor capacidad explicativa, en una búsqueda de coherencia entre los diferentes saberes que manejan. Esta confrontación social parece ser un factor importante en la evolución de las explicaciones construidas en el aula. (p. 110).

Podríamos esperar, quizás, que en los estudiantes coexistan explicaciones diferentes, las autoexplicaciones de Leinhardt y las explicaciones que el profesorado de ciencias naturales intenta enseñar: aquellas que responden al conocimiento científico que se considera válido en ese contexto. Sin embargo, sabemos que muchas veces el profesorado no reconoce la existencia de las primeras y los estudiantes no consideran las segundas como explicaciones “válidas” de los fenómenos que estudian. Es pues un desafío para la actual didáctica de las ciencias

naturales el generar propuestas que favorezcan en los estudiantes la construcción *jerárquicamente integrada* de formas alternativas de conocimiento que les permitan operar diferenciadamente en función del contexto (Pozo, 1997).

Hasta aquí presentamos algunos de los aportes que surgen de las investigaciones sobre la enseñanza de la explicación científica. A continuación presentamos algunas de las opiniones de estudiantes de nivel superior encuestados –dentro del proyecto marco de referencia– acerca de qué constituye una buena explicación en la enseñanza de las ciencias naturales en el ámbito de la universidad.

3.3. La explicación para el estudiantado universitario de ciencias naturales

Nos interesa recuperar aquí, muy brevemente, los resultados de un trabajo anterior, realizado por la primera autora (Eder, 2005), en el que se indagaban las concepciones de explicación sostenidas por estudiantes universitarios de ciencias naturales. Ese trabajo estaba basado en la necesidad de “entender mejor lo que los alumnos consideran que es una explicación, y lo que contemplan como atributos de una explicación eficaz” (Candela, 1997: 196).

Al explorar la perspectiva de los estudiantes, la mayor parte de las respuestas a la pregunta de qué es explicar se vincularon a la exposición de un tema a alguien (sea estudiante o no), con una clara preocupación por la comprensión que alcanzaba ese “alguien”. Por otra parte aparecieron, como respuestas a la interrogación acerca de las características de una buena explicación, la *claridad* en uno de los primeros lugares, y la *sencillez* y la *simplicidad* como otros de los elementos reiterados. En líneas generales (Eder, 2005), no hubo una caracterización rigurosa de lo que supone explicar, pero algunos estudiantes describieron en parte el proceso. Al explicar se parte del “piso” en el que está quien recibe la explicación. Se transmiten primero los conocimientos básicos y luego se aumenta la complejidad. Se desarrollan temas y hechos “con paciencia”, utilizando descripciones y palabras sencillas, ajustadas a la persona a la que se explica; se dan ejemplos para facilitar el entendimiento de lo explicado.

Al no adjetivar el tipo de explicación (científica o didáctica) en la pregunta, los estudiantes respondieron, en su mayoría, acerca de la explicación para la enseñanza. El pedido explícito de comparar este tipo de explicación con la explicación científica les resultó sorprendente; aun así, señalaron dos aspectos en los que las dos maneras de explicar difieren claramente:

1. *Los interlocutores*. En el caso de la explicación científica son pares. Sólo un par puede comprenderla y discutirla, ponerla a prueba o aceptarla. Las explicaciones didácticas, en cambio, suponen la existencia de protagonistas “jerárquicamente” diferentes. El docente sabe e intenta “acercar” al estudiante al conocimiento.
2. *El lenguaje*. La explicación didáctica requiere de ejemplos concretos y un lenguaje compartido que permita la comunicación. La explicación científica, por su parte, se maneja con entes abstractos y supone un nivel de pensamiento lógico en los protagonistas.

Resumidamente, para estos estudiantes la buena explicación (siempre vinculada a la enseñanza) era aquella que cuenta con características tales como adecuación al “nivel” del estudiante, claridad, presencia de ejemplos apropiados, simplicidad y concreción. Es notorio pues que no hubiera mención alguna a la estructura del conocimiento que se intenta enseñar, y a cómo se organiza en términos lógicos o epistemológicos la explicación.

4. LA EXPLICACIÓN: PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICO-DIDÁCTICA

Como dijimos, la enseñanza de las ciencias naturales asume, en muchos casos, la forma de explicación por parte del profesor. En los trabajos que analizan esta temática, se reconoce la existencia de diferentes tipos de explicaciones, aunque no aparece con claridad cómo el profesorado “explica la explicación”, es decir, cómo transforma la explicación científica en una explicación que acerque a los estudiantes al conocimiento. Ciertamente, esta cuestión supone un ingrediente adicional en la transposición didáctica: se trata de reconocer que la ciencia es “mirada” de forma diferente de acuerdo con la imagen de ciencia (perspectiva epistemológica) del profesorado de ciencias naturales, y en este sentido muchos especialistas en el área discuten acerca de la necesidad de enseñar epistemología en el contexto de la educación científica. Lo que nos podemos preguntar –en esta línea de la *naturaleza de la ciencia* (Adúriz-Bravo, 2005)– es qué imagen de ciencia se ha de aprender: ¿aquella que procura mostrar los “por qué”?; ¿la que intenta describir

“cómo” se producen ciertos fenómenos? ¿O existen quizás algunas perspectivas epistemológicas que resulten de más fácil acceso?

Por su parte, hablar de la *enseñanza de la explicación científica* supone preguntarse por el *qué*, el *para qué* y el *cómo* de tal proceso. La primera pregunta es muchas veces soslayada diciendo simplemente que el objeto de enseñanza *la ciencia*, pero esta respuesta no es suficiente si pensamos que, tal como señala David Perkins (1995), existen diferentes niveles de conocimiento:

1. El nivel correspondiente a la estructura del contenido: hechos, definiciones, algoritmos propios del campo disciplinario; conocimiento metacognitivo referido específicamente al contenido.
2. El nivel correspondiente a la resolución de problemas de la disciplina: incluye estrategias de resolución generales y específicas del dominio.
3. El nivel epistémico: involucra las normas y estrategias generales y específicas en relación con la validación de los conocimientos que se construyen en el campo.
4. El nivel de indagación: se refiere a las estrategias que funcionan para extender y desafiar el conocimiento, incluyendo las formas de pensamiento crítico y creativo.

Cabe preguntarse si en la enseñanza muchas veces se consideran sólo los primeros dos niveles, dejando el nivel epistémico y el de indagación –que remitirían a las distintas perspectivas explicativas planteadas más arriba– para quienes tienen “intereses” en estas cuestiones (por ejemplo, quienes se forman como docentes). Además, preguntarse por el “qué” explicaciones enseñar supone también, en este caso en particular, considerar que estamos hablando de las ciencias naturales, lo que agrega un nuevo interrogante: ¿qué tipo de explicaciones son más propias del campo? Todo indicaría que aquellas “percibidas” como más comunes son las causales y las teleológicas y funcionales.

La segunda cuestión, *para qué enseñar la explicación*, requiere no sólo pensar en el nivel educativo sobre el que se formula la pregunta, sino también revisar algunas posibles respuestas que no necesariamente son excluyentes: comprender el mundo, intervenir en él, construir más ciencia, preparar ciudadanos. Creemos que una respuesta fundamentada supone la consideración de una perspectiva epistemológica en lo didáctico: quien se está formando para intervenir sobre la realidad tomando en consideración los aportes del conocimiento científico no puede desconocer el *alcance* de las explicaciones que este provee.

Recíprocamente, la tercera pregunta, *cómo se enseña la explicación*, nos requiere introducir una perspectiva didáctica en lo epistemológico. ¿Se enseña a explicar explicando? ¿Mostrando causas, razones, funciones o “cómos”? ¿Con “explicaciones para la enseñanza”? ¿Reflexionando sobre la explicación? Además, ¿se han de “traer al aula” los diferentes modelos epistemológicos? Todo esto implica indagar en el pensamiento, el discurso y la práctica del profesorado de ciencias naturales.

5. A MODO DE CONCLUSIÓN

Un análisis rápido del proceso de explicación desde las perspectivas epistemológica y didáctica nos permite reconocer el lugar que aquella ocupa en la vida cotidiana, en las ciencias naturales y en la enseñanza (particularmente de tales ciencias) en los distintos niveles educativos.

¿Por qué y para qué necesitamos explicar en la cotidianidad? En líneas generales, a partir de la solicitud de un tercero que requiere información, vinculada esta a situaciones en las que de una u otra forma se ve envuelto. La persona que explica toma la iniciativa en el diálogo, pero a partir de la necesidad de quien pregunta por el cómo, el qué o el por qué de un determinado estado de cosas. Quien desarrolla una explicación intenta que el que la solicita sienta satisfecha su inquietud (incluyendo aquí la comprensión); para ello utiliza términos familiares “volviendo conocidas” las cosas.

Para la ciencia, el explicar es central. Hay quienes consideran la explicación como el objetivo específico de aquella, o al menos un proceso indispensable. Pero hemos visto que –de acuerdo a la perspectiva epistemológica– la explicación que se espera encontrar difiere (y no sólo por el tipo de procesos o fenómenos que se estudian): algunos intentan reconstruir el “cómo”, reconocer los procesos que han llevado al estado actual; otros se preguntan por el “por qué”, y esta pregunta –como planteamos en el apartado 2– significa búsquedas diferentes, vinculadas al contexto desde el que se hagan. Y también nos encontramos que la explicación científica se pregunta por el “qué”. Esto puede suponer tanto causas como consecuencias: ¿qué razones o motivos producen determinado fenómeno? ¿Qué resultados pueden acarrear ciertos sucesos, provocados, inducidos o “naturales”? Así, la explicación científica asume la complejidad de las preguntas que nos hacemos para entender el mundo en que vivimos y el mundo que podemos llegar a construir.

Cuando nos acercamos a la enseñanza desde la investigación didáctica, reconocemos la preocupación por encontrar puentes entre el conocimiento científico y el conocimiento común utilizado en la vida cotidiana. La explicación didáctica (o la explicación en o para la enseñanza) intenta acercar la explicación científica a las explicaciones que construyen los sujetos acerca del mundo en que viven. En algunos casos, la preocupación pasa por generar explicaciones *desde* el cuerpo del saber científico, que permiten una mirada distinta sobre los fenómenos cotidianos. En otros, la explicación que desarrolla el profesor o profesora se propone favorecer una comprensión “científica”, enriqueciendo las concepciones de los estudiantes.

Volviendo la mirada a las preguntas iniciales de este trabajo, se nos abren nuevos interrogantes: ¿es posible recuperar la perspectiva epistemológica para la enseñanza? ¿Qué tipo de reflexiones epistemológica y didáctica se han de hacer para ello?

Por otra parte, el reconocimiento de los diferentes tipos de explicación científica y de las similitudes y diferencias entre esta y las explicaciones escolares y cotidianas, ¿es importante para el profesorado de ciencias naturales? O mejor dicho, ¿es importante para *enseñar* la comprensión disciplinar? Los resultados de los distintos trabajos de investigación en relación a estas cuestiones no presentan conclusiones uniformes. Demandar la explicitación de la concepción epistemológica que subyace a las explicaciones científicas en el aula, ¿podría favorecer la comprensión? Encontrar relaciones de tipo causal, funcional, potencial u otras entre los fenómenos, ¿favorece la comprensión y retención del conocimiento? Como se ve, quedan abiertas muchas cuestiones para la investigación en la didáctica de las ciencias naturales.

REFERENCIAS

AA.VV. (1991). *Tecnología de la educación*. Madrid: Santillana.

Adúriz-Bravo, A. (1999/2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza*, 17-18, 61-74.

_____. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis de Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. [En línea] <http://www.tdx.cesca.es/TDCat-1209102-142933>.

_____. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Alliaud, A. (1998). El maestro que aprende. *Ensayos y Experiencias*, IV(23), 2-17.

Bruner, J. (1997). *La educación: Puerta de la cultura*. Madrid: Visor. (Original en inglés de 1996).

Camilloni, A. (1994). "Epistemología de la didáctica de las ciencias sociales". En: Aisenberg, B. y Alderoqui, S. (comps.). *Didáctica de las ciencias sociales: Aportes y reflexiones*, 25-41. Buenos Aires: Paidós.

Camilloni, A.; Cols, E.; Basabe, L. y Feeney, S. (2007). *El saber didáctico*. Buenos Aires: Paidós.

Camilloni, A.; Davini, M.C.; Edelstein, G.; Litwin, E.; Souto, M. y Barco, S. (1996). *Corrientes didácticas contemporáneas*. Buenos Aires: Paidós.

Candela, A. (1997). *La necesidad de entender, explicar y argumentar: Los alumnos de primaria en la actividad experimental*. México: CINVESTAV/SEP.

Comesaña, M. (1994). "La explicación como reducción a lo familiar y la teoría cuántica". *Análisis Filosófico*, XIV(1), 49-60.

Contreras, J. (1990). *Enseñanza, currículum y profesorado: Introducción crítica a la didáctica*. Madrid: Akal.

Davidson, D. (1967). "Causal relations". *Journal of Philosophy*, 64(21), 691-703.

Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.

Eder, M.L. (2001). "Las ciencias naturales y la construcción del conocimiento". *Enseñanza de las Ciencias*, número especial VI Congreso Internacional, 329-330.

_____. (2002). *La explicación en la ciencia y en la enseñanza y en las ciencias*. Trabajo inédito.

_____. (2005). "La explicación en la enseñanza y en las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII Congreso Internacional. [En línea] http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/3_Relacion_invest/3_1/eder_149.pdf

Eder, M.L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). "Aproximación epistemológica a las relaciones entre la didáctica de las ciencias naturales y la didáctica general". *Tecné, Episteme y Didaxis*, 9, 2-16.

Estany, A. (1993). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

Ferrater Mora, J. (1965). *Diccionario de filosofía. Tomo I: A-K*. 5ª edición. Buenos Aires: Sudamericana.

Gaeta, R.; Gentile, N.; Lucero, S. y Robles, N. (1997). *Modelos de explicación científica: Problemas epistemológicos de las ciencias naturales y sociales*. Buenos Aires: Eudeba.

Gimeno Sacristán, J y Pérez Gómez, Á. (1992). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.

González Galli, L.; Adúriz-Bravo, A. y Meinardi, E. (2005). "El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica". *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII Congreso Internacional. [En línea] http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/2_Proyectos_Curri/2_3/Gonzalez_467.pdf

Hempel, C. (1979). *La explicación científica: Estudios sobre la filosofía de la ciencia*. Buenos Aires: Paidós. (Original en inglés de 1965).

Izquierdo, M. (2000). "Fundamentos epistemológicos". En: Perales, F.J. y Cañal, P. (comps.). *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 35-64. Alcoy: Marfil.

Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). "Epistemological foundations of school science". *Science & Education*, 12(1), 27-43.

Klimovsky, G. e Hidalgo, C. (1998). *La inexplicable sociedad: Cuestiones de epistemología de las ciencias sociales*. Buenos Aires: A-Z Editora.

Litwin, E. (1996). El campo de la didáctica: La búsqueda de una nueva agenda, en Camilloni, A. et al. *Corrientes didácticas contemporáneas*, 91-116. Buenos Aires: Paidós.

Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas: Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires: Paidós.

Maggio, M. (1998). *Aperturas en el marco de una nueva agenda para la didáctica: La perspectiva epistemológica como dimensión de análisis de las prácticas de la enseñanza*. Tesis de Maestría en Didáctica. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

McComas, W. (ed.). (1998). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.

Nagel, E. (1968). *La estructura de la ciencia: Problemas de la lógica de la investigación científica*. Buenos Aires: Paidós. (Original en inglés de 1961).

Ogborn, J.; Kress, G.; Martins, I. y McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar: La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid: Santillana/Aula XXI. (Original en inglés de 1996).

Perkins, D. (1995). *La escuela inteligente: Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Barcelona: Gedisa. (Original en inglés de 1992).

Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.

Pozo, J. I. (1997). "El cambio sobre el cambio: Hacia una nueva concepción del cambio conceptual en la construcción del conocimiento científico". En: Rodrigo, M.J. y Arnay, J. (comps.). *La construcción del conocimiento escolar*, 155-176. Barcelona: Paidós.

RAE: Real Academia Española (2008). *Diccionario de la lengua española*. [En línea] <http://www.rae.es/rae.html> [Artículo recuperado en abril de 2008].

Revel Chion, A.; Couló, A.; Erduran, S.; Furman, M.; Iglesia, P. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII Congreso. [En línea] http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/4_Procesos_comuni/4_1/Revel_737.pdf

Sánchez Miguel, E. (1999). "Texto y conversación: De cómo ayudar al lector a conversar con los textos". En: Pozo, J.I. y Monereo, C. (comps.). *El aprendizaje estratégico: Enseñar a aprender desde el currículo*, 171-194. Madrid: Aula XXI/Santillana.

Sanmartí, N. (coord.). (2003). *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62.

Schuster, F.L. (comp.). (2002). *Filosofía y métodos de las ciencias sociales*. Buenos Aires: Manantial.

Schuster, F.G. (1982). *Explicación y predicción: La validez del conocimiento en ciencias sociales*. Buenos Aires: CLACSO.

Yáñez, A. (2000). "El enunciado y el contexto enunciativo: Hacia la pragmática". *Revista Comunicación*, 11(2). [En línea] <http://www.itcr.ac.cr/revistacomunicacion/Volumen%202000/pdf%27s/adelso.pdf>

Zaragüeta, J. (1955). *Vocabulario filosófico*. Madrid: Espasa-Calpe.