

HISTORIA DE



LAS CIENCIAS Y ENSEÑANZA

LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS: UNA HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA

GAGLIARDI, R. y GIORDAN, A.

Laboratorio de Didáctica y Epistemología de las Ciencias, Universidad de Ginebra

SUMMARY

Some examples from the history of Biology are used to show teaching applications of the history of sciences.

1. INTRODUCCION

En la actualidad el conocimiento es obtenido por dos sectores sociales diferentes: un sector científico bien delimitado, y un sector social, mucho más difuso y cambiante, en el cual puede participar gran parte de la población.

El sector científico trabaja en instituciones especializadas en la producción y la transmisión de conocimientos (universidades, centros de investigación) y sus resultados son, en parte, publicados en revistas especializadas con el nombre de los autores. Paradójicamen-

te, la presentación «pública» de resultados no garantiza su difusión en el seno de la población: los resultados de la actividad científica son apropiados por ciertos sectores sociales que poseen los mecanismos de comprensión y de utilización, mientras que el conjunto de la población no posee los medios necesarios para integrar esos resultados y utilizarlos.

El sector social de producción de conocimientos no es en general consciente de esa producción. Sus resultados son transmitidos y utilizados por el conjunto de

la población.

La escuela prioriza los conocimientos producidos en las instituciones especializadas, y niega o minimiza los conocimientos producidos históricamente por el conjunto de la población. Por ese motivo toda discusión sobre la enseñanza de las ciencias debe tratar también el problema del conocimiento, no sólo como contenido sino como proceso social de producción y apropiación. La enseñanza de la ciencia se transformará entonces en un elemento fundamental para la formación de los ciudadanos, no sólo para su capacitación profesional, sino también para que puedan participar activamente en los asuntos sociales (Aikenhead 1985).

La enseñanza de las ciencias se articula alrededor de tres ejes fundamentales: los mecanismos de comprensión del alumno, las estrategias pedagógicas y el contenido de la enseñanza. Esos tres ejes deben tratarse simultáneamente en el momento de su aplicación, pero el análisis previo puede realizarse separadamente.

La definición del contenido de la enseñanza es un problema complejo: diariamente se publican cientos de trabajos científicos. Las teorías fundamentales cambian relativamente poco, pero la masa de datos es inmensa. La utilización de esos datos plantea problemas éticos, económicos y políticos. La introducción de nuevas técnicas, resultado de la utilización en la producción y en la vida corriente de parte de esos datos, cambia sustancialmente la forma de vida y de trabajo. La escuela debe aceptar el desafío que representa formar a los alumnos en función de esas nuevas técnicas.

Decidir cuál es la información a transmitir no puede hacerse sólo en función de los resultados de la ciencia, ni tampoco sólo en función de supuestas necesidades sociales. No se trata de oscilar entre la información teórica «de moda» (por ejemplo la introducción de la biología molecular) y las «recetas prácticas». A nuestro juicio lo importante es lograr que los alumnos desarrollen la capacidad de aprender y de utilizar los conocimientos científicos.

El objetivo es una formación que permita la adaptación a situaciones cambiantes, al mismo tiempo que permita la adquisición de nuevos conocimientos. Hay que obtener el desarrollo de características tales como la confianza en sí mismo, la capacidad y el placer de aprender, la curiosidad, y la capacidad de encontrar la información pertinente en una masa de datos. Creemos que este tipo de formación puede permitir participar conscientemente en la producción y utilización de conocimientos científicos.

Trataremos de fundamentar la hipótesis que la historia de las ciencias es útil para este tipo de formación, no sólo como parte específica de los cursos de ciencias, sino también como una herramienta para definir los contenidos fundamentales de la enseñanza.

Podemos introducir aquí la noción de «conceptos estructurantes» (Gagliardi 1983), es decir aquellos con-

ceptos que al ser construidos por el alumno determinan una transformación de su sistema cognitivo que le permite incorporar nuevos conocimientos. Otra forma de decir esto es señalar que los conceptos estructurantes permiten la superación de obstáculos epistemológicos. El análisis de los principales obstáculos epistemológicos y de su superación puede permitir conocer cuáles han sido los conceptos estructurantes que entraron en juego (Gagliardi 1986).

Para definir cuáles son los conceptos estructurantes hay diferentes medios: el análisis de representaciones sociales, el análisis de los momentos de transformación de la ciencia y el análisis de las teorías científicas actuales. En cada caso se trata de analizar los procesos de transformación para encontrar los conceptos que la han permitido.

La historia de las ciencias puede permitir definir cuáles fueron los conceptos estructurantes presentes en los momentos de profunda transformación de una ciencia. Conocerlos puede ser una forma de determinar los conceptos estructurantes en la enseñanza. Al mismo tiempo la historia de las ciencias puede ser ella misma un tema de enseñanza, no sólo como una parte de la historia, sino también como una parte importante de una discusión sobre el conocimiento, para mostrar que los conocimientos científicos actuales no son «verdades eternas» sino construcciones realizadas en un contexto social definido. Esta discusión puede permitir, además, mostrar que los conocimientos científicos no son resultados de una simple acumulación de observaciones ni de la utilización de nuevos aparatos complicados, sino de la utilización de nuevos métodos de análisis complicados, de nuevas teorías (Giordan, Pochon y Host 1984a).

La historia de las ciencias puede mostrar en detalle algunos de los momentos de transformación profunda de una ciencia e indicar cuáles fueron las relaciones sociales, económicas y políticas que entraron en juego, cuáles fueron las resistencias a la transformación y qué sectores trataron de impedir el cambio. Ese análisis puede dar las herramientas conceptuales para que los alumnos comprendan la situación actual de la ciencia, su ideología dominante y los sectores que la controlan y que se benefician con los resultados de la actividad científica.

2. LA HISTORIA DE LA BIOLOGÍA: UNA HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA

Algunos ejemplos de la historia de la biología nos permitirán mostrar el uso que pretendemos darle a la historia de ciencias. En primer lugar abordaremos la definición de dos conceptos estructurantes, para continuar luego con el tratamiento de la historia de ciencias como parte directa de la enseñanza.

2.1. La noción de especie: superación del primer obstáculo epistemológico en la biología

Todo organismo es capaz de percibir ciertas características de otros organismos y de dar respuestas específicas. En particular los animales son capaces de seleccionar su comida, responder a un ejemplar de la misma especie, escapar de un predator. Eso significa que poseen la capacidad de establecer una serie de respuestas específicas a señales específicas. Podemos suponer entonces que los homínidos poseían esta capacidad, y que «conocían» ciertos animales y plantas (es decir eran capaces de decidir si eran comestibles o no, etc.). Pero esa capacidad no era suficiente para superar la etapa de la simple recolección. Para la agricultura y la ganadería era necesario haber elaborado la noción de especie (para cultivar es necesario saber que la semilla dará una planta y es necesario saber que el macho y la hembra pertenecen a la misma especie y que es necesario reunirlos para obtener regularmente las crías).

A partir de la definición de especie la observación de la naturaleza pudo sistematizarse, fue posible realizar la selección artificial de las especies domésticas, transformar los ecosistemas, etc. es decir que la dominación de la naturaleza pudo hacerse mucho más efectiva. La noción de especie fue la superación de un obstáculo epistemológico importante: lo que observamos son individuos aislados (animales o plantas), las especies solo aparecen como resultado de un trabajo cognitivo de definición de ciertas características que permiten superar el nivel de la simple observación.

Decir que un grupo de animales o de plantas pertenece a la misma especie es establecer una categoría superior, que engloba a todos los individuos similares, lo cual implica poder darles un nombre común. A partir de la utilización del lenguaje fue posible definir las especies, lo cual tiene una importancia fundamental para la agricultura y la ganadería: definir que la semilla pertenece a la misma especie que la planta desarrollada es permitir la comprensión del mecanismo de la siembra; del mismo modo que saber que el macho y la hembra pertenecen a la misma especie es posibilitar el conocimiento sobre su reproducción.

La introducción de este tipo de discusión puede llevar a los alumnos a visualizar el largo camino que lleva a la ciencia, la lenta acumulación de conocimientos empíricos que vehiculizados por ritos o creencias mágicas, permitieron la dominación de la naturaleza (Gagliardi 1985). En otras palabras, la discusión sobre la construcción del concepto de especie puede ser un medio de analizar las etapas previas a la ciencia, y al mismo tiempo valorizar la construcción de conocimientos que se ha realizado —y se realiza aún— fuera de las instituciones científicas.

2.2 Importancia del nivel microscópico subyacente

Si observamos la historia de la biología en el siglo pa-

sado podemos ver una «explosión» de temas nuevos: la teoría celular, la fisiología, la teoría de la evolución, la anatomía comparada... Podemos decir que en pocos años se desarrolla una inmensa cantidad de conocimientos, se «descubren» las funciones fundamentales de los organismos, se transforma la manera de pensar. La biología se transforma en una ciencia.

Es evidente que hubo una serie de procesos sociales y económicos ligados a esa transformación, desde el desarrollo industrial que planteaba nuevos problemas hasta los cambios filosóficos ligados al renacimiento y a la revolución francesa.

Desde el punto de vista de los conceptos estructurantes lo que nos interesa es conocer cuáles fueron los cambios conceptuales que fundamentaron los cambios en la biología. Saber cuáles fueron los nuevos conceptos ligados al desarrollo de la biología puede permitirnos definir cuáles son los conceptos que los alumnos deben construir para comprenderla. En otras palabras, si la biología se desarrolló a partir del momento en que se definió un concepto determinado, podemos suponer que ese concepto va a facilitar el aprendizaje de la biología. Si un concepto sirvió históricamente para superar un obstáculo epistemológico, puede servir también para superar los obstáculos epistemológicos de los alumnos actuales.

La historia de la biología nos permite ver con claridad una de las transformaciones conceptuales fundamentales que se realizó hacia fines del siglo XVIII: el desarrollo de la idea de que todas las propiedades de un organismo están determinadas por el nivel microscópico subyacente. Podemos precisar la fecha en que esta idea fue enunciada en una renuncia científica y quién la expresó (1), pero lo que nos interesa es ver el impacto de esta idea en el desarrollo de la biología: no es posible la fisiología ni la citología, sin la búsqueda de las «causas microscópicas» a los fenómenos visibles (macroscópicos). En otras palabras, no se puede «descubrir los fenómenos moleculares» sin haber desarrollado previamente la idea que esos fenómenos existen y son fundamentales.

A partir de ese breve análisis histórico podemos avanzar la idea que la relación entre el nivel microscópico y el macroscópico es un concepto estructurante: una vez que el alumno lo ha adquirido podrá entender que la comprensión de todo fenómeno de un ser vivo requiere un conocimiento de los niveles moleculares subyacentes.

Con este ejemplo podemos ver una doble utilización de la historia de la biología. En primer lugar como una herramienta para definir los conceptos estructurantes. En segundo lugar como un tema de clase en sí mismo: En lugar de presentar la citología o la fisiología como «verdades», podremos indicar las dificultades que hubo para desarrollarlas, las trabas conceptuales, los obstáculos que fue necesario superar.

2.3. El desarrollo de la ciencia no es una línea recta

Utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza puede servir no sólo para definir los conceptos estructurantes, sino también para mostrar a los alumnos las dificultades en la construcción de conocimientos. Es decir que la introducción de la historia de las ciencias puede ser un excelente medio para la introducción de una discusión sobre los mecanismos de construcción de conocimientos. En particular nos parece muy útil para superar la idea generalizada que transmite la escuela de que todo conocimiento científico es una verdad a la que se llegó simplemente por la acumulación de experiencias exitosas.

Pero es necesario ser muy cuidadoso con la historia de ciencias que se enseña. No se puede simplemente repetir una historia «en línea recta», en la cual se describa la evolución de los conocimientos como el resultado de «golpes de genio» sucesivos. En general esas historias comienzan con una serie de preguntas (Giordan 1986).

¿Quién descubrió los microbios?

¿Quién descubrió el oxígeno?

¿Quién descubrió la fecundación?

He aquí las preguntas corrientes que parecen lógicas e interesantes, incluso a los científicos.

Los textos de enseñanza plantean muchas veces esas preguntas o las respuestas correspondientes. Es así que se presentan brillantes descripciones de los sabios que, luego de muchos esfuerzos, han realizado descubrimientos fundamentales para la humanidad. Este tipo de historia presenta dos inconvenientes graves: no es verdadera y da al alumno una imagen falsa de la ciencia. No es verdadera porque la mayor parte de los «descubrimientos» no fueron resultado de la actividad de una sola persona, ni fueron una simple acumulación de experiencias. Por otro lado los alumnos adquieren la idea de que basta hacer algunas experiencias para «descubrir» la realidad escondida, lo que refuerza el realismo ingenuo de la mayoría. (Hodson 1985).

Un buen ejemplo de respuesta totalmente falsa ha sido «descubierto» a propósito de Thuret, el «sabio» de la fecundación, quien es presentado como el «descubridor de la fecundación» (Giordan, Pochon y Host 1984b). En realidad Thuret no vio la penetración del espermatozoide en el óvulo, al contrario, la niega utilizando tres tipos de argumentos para tratar de fundamentar una acción a distancia de los espermatozoides. El error de la historia que se suele presentar a los alumnos no es tan grave en sí mismo, como en el efecto de «ocultar» toda la riqueza que hay en el trabajo de Thuret. «Descubrir» la fecundación por la simple observación oculta el hecho que el trabajo de Thuret planteaba una serie de interrogantes difíciles de resolver en la época. ¿Qué quería decir descubrir la fecundación?:

¿Que el macho fecunda la hembra?

¿Que el esperma fecunda la hembra?

¿Que el espermatozoide actúa a distancia sobre el óvulo para desarrollar un embrión?

¿Que el espermatozoide entra en contacto con el óvulo para formar un huevo, punto de partida del futuro ser vivo?

¿Que el espermatozoide penetra el óvulo?

¿Que el núcleo del espermatozoide fusiona con el núcleo del óvulo?

¿Que el material genético aportado por el espermatozoide se une al material genético aportado por el óvulo?

¿Que la información genética llevada por la gameta masculina y la información genética llevada por la gameta femenina se integran para constituir el material necesario al desarrollo del nuevo embrión?

Todas estas preguntas jalonan esquemáticamente algunos de los problemas que fueron planteados históricamente. Los elementos de respuesta producidos en diferentes épocas pueden servirnos para comprender mejor la construcción del conocimiento en biología. Cada una de esas preguntas hace referencia a una problemática particular y admite una respuesta histórica variada. Incluso cada respuesta estará marcada por sucesos particulares, por investigadores que «tenían algo que decir», y, lo que es importante de transmitir a los alumnos, cada formulación diferente del concepto propuesto como solución muestra que un mismo problema se plantea a niveles diferentes.

El nivel de la formulación indica, además, el dominio (o el no dominio) de otros campos conceptuales. No se puede, por ejemplo, hablar de núcleo antes de concebir los organismos en términos de célula, ni pensar en la información genética antes de desarrollar una teoría de la información.

La pregunta «¿Quién descubrió la fecundación?» no puede obtener una respuesta válida sino se formula de forma más precisa, indicando qué es lo que se supone que se descubrió.

Este tipo de problemas, aparecen constantemente en la historia de las ciencias: nunca hay «un solo descubridor», sino que hay contribuciones parciales, que respondieron a las preguntas planteadas en cada época. En otras palabras, «la pregunta es tan importante o más que la respuesta», el cambio conceptual pasa también por el planteo de nuevas preguntas.

La historia de las ciencias no debe presentarse como una serie de descubrimientos simbólicos y sucesivos realizados por sabios geniales, en la cual cada uno de ellos ha aportado sucesivamente una piedra al edificio prestigioso del conocimiento actual. Es necesario hacer comprender a los alumnos las dificultades, los obstáculos de todo tipo que fue necesario franquear, sin ol-

vidar, naturalmente, los contextos que dieron un sentido a esa evolución.

Por ejemplo, volviendo a la historia del concepto de fecundación, no creemos que sea necesario describir sucesivamente los descubrimientos del espermatozoide, del óvulo, de la penetración del espermatozoide en el óvulo, o de la fusión de núcleos. La serie sucesiva de ideas sobre el tema no se desarrolló así, de manera lineal con los aportes sucesivos de nociones (como la construcción de una casa por el aporte de ladrillos). En ese terreno hay que dar algunas indicaciones sobre el camino seguido, pero el balizado se realizará a través de las concepciones que fueron explicitadas por los autores, incluso si fueron erróneas.

La realidad es mucho menos simple, pero mucho más apasionante que lo que se supone habitualmente. La construcción del mínimo elemento de racionalidad es el producto de una construcción compleja que se inscribe necesariamente en una historia de ideas. Es una explicación extravagante y abusiva concebir la historia lineal, monodimensional. Del mismo modo es incorrecto ver la racionalidad como el simple resultado de una ruptura. Los caminos que llevan a un comienzo de estructuración más racional son muy sinuosos. Ellos ponen en relación elementos muy heterogéneos, y desde que se profundiza el análisis, las rupturas no son jamás tan netas como ellas parecían a priori. La ruptura sólo aparece claramente a posteriori. Ella se justifica en las facilidades de la argumentación o de la pedagogía. En esos casos fija dos equilibrios, estabilizados artificialmente para oponerlos y mostrar sus diferencias.

Pero esta dualidad de doctrinas bien opuestas puede ocultar lo esencial, es decir la especificidad de los problemas a resolver, con sus sutilezas, sus contextos y sus desplazamientos sucesivos.

Los alumnos deben obtener un panorama de la evolución de las ciencias que les sirva para comprender las dificultades del conocimiento, la necesidad de pasar por ciertas etapas, los riesgos de perderse en callejones sin salida. Tal vez lo más importante a comprender es el hecho que en cada momento los científicos eran coherentes, es decir no pensaban en «términos actuales», sino que utilizaban las herramientas lógicas de su medio y su época.

La ciencia es una actividad humana y está realizada por hombres, lo que es frecuentemente olvidado en la enseñanza.

3. CONCLUSION: EXPLICITAR LA EPISTEMOLOGIA

Hemos visto que la historia de las ciencias puede utilizarse para definir los conceptos estructurantes. Hemos visto también que es necesario enseñar una historia de las ciencias que muestre los verdaderos problemas que se plantearon en cada momento, evitando caer en una descripción lineal de descubrimientos exitosos. Podemos ahora poner en relación estas dos proposiciones, planteando una historia de las ciencias que no sólo sea parte integrante de la enseñanza, sino que permita la introducción en clase de una discusión sobre los mecanismos de producción de conocimientos. Es decir que la discusión sobre la historia de las ciencias puede ser al mismo tiempo una discusión sobre qué es conocer y cómo se conoce. Al mostrar que cada conocimiento actual es el resultado de un largo proceso, que no bastan algunas experiencias para cambiar una teoría, que los factores sociales tienen mucho peso, podremos comenzar a desmitificar la imagen de la ciencia en la población. Mendel, Darwin o Pasteur dejarán de ser los genios benefactores de la humanidad para transformarse en hombres de carne y hueso que tenían obsesiones, dificultades, problemas a resolver, enfrentamientos y miedos.

La ciencia podrá dejar de ser concebida como «la productora de la verdad» para transformarse en una institución que produce ciertos resultados que es necesario controlar y que deben ser patrimonio de toda la población.

Nota

(1) En 1784 H.J. Haüy presenta en la Academia de Ciencias de París la idea que las propiedades de los organismos dependen de su estructura microscópica, del mismo modo que las formas de los cristales dependen de las regularidades de los átomos que los componen.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AIKENHEAD, G.S., 1985, Collective decision making in the social context y Science, *Science Education*, 69, 453-475.

GAGLIARDI R., 1986, Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación; *Enseñanza de las Ciencias* 4 N° 1, 30-35.

- GAGLIARDI R., 1985, La formation de professionnels en science: analyse de l'élaboration de concepts par les étudiants de biologie. *Actes des Journées Internationales sur l'Education Scientifique*; Vol. 7; Paris, 471-476.
- GAGLIARDI R., 1983, Les concepts structurants en biologie. *Actes des Journées Internationales sur l'Education Scientifique*; Vol. 5, Paris, 423-428.
- GIORDAN A., (Editor), 1986, *Histoire de la Biologie* (Editions Lavoisier-Technique et Documentation; Petite Collection d'Histoire des Sciences: Paris) en prensa.
- GIORDAN A., POCHON J. y HOST V., 1986, Place et importance des faits dans la construction du savoir. *Actes des Journées Internationales sur l'Education Scientifique*; Vol. 6, 719-728.
- GIORDAN A., POCHON J. y HOST V., 1984b, *Le concept de fécondation au XIXème siècle. 50-55. Contribution à l'histoire du concept de fécondation au XIXème siècle et commentaires didactiques*. Orsay CNRS, CIEEST; 243 p. (Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences, nouvelle série).
- HODSON D., 1985, Philosophy of science, science and science education, *Studies in Science Education*, 12, 25-57.