



La epistemología específica de la biología como disciplina emergente y su posible contribución a la didáctica de la biología

Agustín Adúriz-Bravo¹ y Sibel Erduran²

¹ Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici G5, Facultat de Ciències de l'Educació, Campus UAB. E-08193, Bellaterra, Barcelona, España. E-mail: agustin.aduriz@campus.uab.es - ² School of Education. King's College. University of London.

Resumen

En este trabajo se argumenta a favor del uso de los contenidos provenientes de la llamada *epistemología específica de la biología* en la enseñanza de esta disciplina en los diferentes niveles educativos, con especial énfasis en la escuela secundaria. La estrategia de usar episodios selectos de la historia de la biología (por ejemplo, los referidos a los trabajos de Pasteur y Darwin) para ejemplificar cuestiones sobre la naturaleza de la ciencia, aunque aún no está del todo difundida entre el profesorado, tiene una larga tradición en la enseñanza. Decimos que esta estrategia didáctica generalmente consiste en la aplicación de modelos epistemológicos *relacionados* con la biología. Frente a ella, introducimos la aplicación de modelos epistemológicos *anclados* en la biología, y proporcionamos ejemplos disponibles en la literatura de la didáctica de la biología. Se afirma aquí que este segundo tipo de modelos pueden resultar particularmente potentes para mejorar la calidad del aprendizaje de la biología, al proporcionar a los estudiantes respuestas pertinentes a la pregunta epistemológica fundamental de *qué es lo que hacen los biólogos*.

Abstract

In this paper, we argue in favour of the use of contents from the so-called *philosophy of biology* in biology education at different levels, especially focusing on secondary education. The strategy of using selected episodes from the history of biology (e.g., Pasteur's and Darwin's works) to exemplify ideas on the nature of science, even if it is still not common among teachers, has a long tradition in biology education. This strategy usually consists in the application of philosophical models *related* to biology. Opposed to this, we introduce the application of philosophical models *anchored* in biology, and we provide examples available in the literature of didactics of biology. These latter models can result particularly powerful in order to improve biology education, as they provide students with an answer to a fundamental philosophical question: *what do biologists do?*

Introducción

En muchos países de Europa y América, la enseñanza tradicional de la biología en los diferentes niveles educativos ha estado principalmente centrada en el objetivo del conocimiento pasivo de una serie de entidades, procesos, propiedades y fenómenos, que generalmente debían ser memorizados como *información* acumulativa y sin estructura epistemológica discernible. La enseñanza tradicional de la biología, sobre todo en el ámbito de la educación científica obligatoria (entre los 5 y los 16 años), ha puesto énfasis tanto en la *nomenclatura* (el lenguaje riguroso) como en la *taxonomía* (la clasificación tipológica y esencialista), perdiendo de vista las ideas teóricas que dan estructura e identidad a la biología como disci-

plina entre las demás ciencias naturales. Este modelo didáctico fuertemente *ateórico* se ha apoyado en una defectuosa reconstrucción epistemológica de la biología, de raigambre positivista lógica, que suponía que esta ciencia conservaba un carácter meramente *clasificatorio*, típico del siglo XVIII, y estaba de alguna manera a la zaga de otras ciencias más maduras y formalizadas, tales como la física (Mayr, 1998).

Los recientes análisis *metateóricos* (esto es, epistemológicos, históricos, sociológicos, lingüísticos y psicológicos) hechos específicamente sobre la biología proveen abundante evidencia de que ella no se reduce a una colección de hechos deshilados, ni tampoco a una *descripción* clasificatoria de estructuras y fun-

ciones (Sattler, 1986; Ruse, 1988; Salmon, 1992; Wolters y Lennox, 1995; Mayr, 1998). Por el contrario, la biología es una disciplina centrada alrededor de *modelos teóricos*, organizados analógicamente en familias temáticas (Giere, 1992). Entre estos modelos, resultan importantes para la estructuración de la disciplina aquellos relativos a los fenómenos de *autoorganización, biodiversidad y evolución*.

Este nuevo enfoque epistemológico, en alza dentro de la comunidad académica durante la última década, tiene implicaciones en nuestra visión acerca de la enseñanza de la biología, tal como intentaremos argumentar a continuación. Nuestra tesis es que el estudio de los problemas conceptuales particulares y característicos surgidos durante el desarrollo histórico de la biología (esto es, la llamada *epistemología específica de la biología*) puede aportar mejoras a la enseñanza de esta disciplina en todos los niveles educativos. Para sustentar esta tesis haremos uso de la distinción entre dos clases de modelos epistemológicos: los modelos *relacionados* con la biología y los modelos *anclados* en la biología (Adúriz-Bravo, 2001). Proporcionaremos breves ejemplos de la utilización de unos y otros modelos, extraídos de la investigación reciente en la didáctica de la biología.

Los autores de este trabajo, en producciones anteriores (Meinardi et al., 1998; Adúriz-Bravo, 2001; Erduran, 2001; Adúriz-Bravo et al., 2002), hemos avanzado ideas similares a las que exponemos aquí para los campos de la biología, la física y la química. Pueden consultarse esas referencias para ampliar la argumentación aquí expuesta y encontrar ejemplos de usos de la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales.

Objetivo del trabajo

El objetivo de este trabajo es argumentar a favor de la inclusión de algunos contenidos provenientes de la epistemología específica de la biología en el currículo de biología para los diferentes niveles educativos, desde los primeros grados de la EGB hasta la formación inicial y continuada del profesorado. Nuestra argumentación recoge algunos conceptos teóricos que nos son útiles y los ejemplifica sucintamente por medio de varias propuestas didácticas dis-

ponibles actualmente en el ámbito de la enseñanza de la biología, dirigidas especialmente al nivel secundario. No obstante este foco en la escuela media, sostenemos que es posible encontrar ejemplos pertinentes del uso de la epistemología en todos los demás niveles educativos. Además, desde el punto de vista teórico, estamos de acuerdo con quienes proponen introducir los *contenidos sobre la naturaleza de la biología* desde muy temprano en el currículo de ciencias (Jiménez Aleixandre, 1996).

La epistemología de la biología

En esta sección presentamos esquemáticamente dos tendencias teóricas opuestas que se han dado en el tratamiento de la epistemología de las ciencias naturales a lo largo del siglo XX. La tendencia clásica, identificable con la *concepción heredada* de mediados del siglo pasado, sostuvo el *reduccionismo* epistemológico, es decir, la idea de que la biología podía entenderse esencialmente con los modelos epistemológicos creados con base en la física. En el campo de la enseñanza de la biología, esta tendencia reduccionista se ha manifestado en el uso de versiones muy simplificadas de episodios históricos (entre otros, los protagonizados por Pasteur, Darwin, Fleming, y Watson y Crick) para ejemplificar tópicos epistemológicos generales, tales como: el método científico, la formulación de hipótesis, los descubrimientos accidentales (*serendipia*), el rol de la experimentación.

Por su parte, la tendencia actual, que proclama la existencia de una epistemología *específica* para cada disciplina, recupera la estructura teórica propia de la biología, centrada en la naturaleza de sus modelos, que la distingue de las demás ciencias naturales (Mayr, 1998). Esta tendencia epistemológica *secesionista* (Estany, 1993) puede tener implicaciones para la enseñanza de la biología, pues proporciona reconstrucciones del funcionamiento de esta disciplina centradas en la especificidad y la originalidad del conocimiento biológico frente al físico y al químico.

El reduccionismo epistemológico

La tendencia epistemológica que reduce el funcionamiento de todas las ciencias naturales a

una única explicación *unificadora* es debida al positivismo lógico del Círculo de Viena. En los años '50 y '60, esta tendencia fue llevada hasta sus últimas consecuencias por la llamada *concepción heredada*, que seleccionó la física como el modelo de disciplina científica a imitar (Hempel, 1973).

Tres de los argumentos principales que se han esgrimido para sostener la validez epistemológica del procedimiento de unificación de las ciencias naturales son los siguientes:

1. *Reducción*. Comúnmente se ha supuesto que una parte de la biología podría ser reducida a la bioquímica, a través del estudio de los niveles de organización inferiores al celular (Mayr, 1998). Este argumento reductor también se ha empleado extensamente en el paso de la química a la física (Erduran, 2001); esta última disciplina quedaba así ubicada en el vértice de la pirámide de las ciencias, siendo la más básica, general e inclusiva.
2. *Unionismo metodológico*. La visión experimentalista e hipotético-deductiva del método científico, surgida en el seno de una reconstrucción racional de las ramas más avanzadas de la física, se ha intentado muchas veces transplantar normativamente a la biología sin adaptaciones.
3. *Unicidad en la explicación*. El análisis epistemológico clásico de la biología identificó las explicaciones *teleológicas* y *funcionales* como un elemento constituyente de esta disciplina. La concepción heredada, sin embargo, intentó reducir por medios lógicos estas explicaciones al modelo nomológico-deductivo estándar de la física (Gaeta et al., 1996).

La emergencia de una nueva disciplina

La tendencia reduccionista ha sido blanco del ataque de diversos epistemólogos de la biología a partir de la segunda guerra mundial (Salmon, 1992; Mayr, 1998). Estos autores han venido llamando la atención sobre la *especificidad* de los procesos de desarrollo, evaluación y revisión de los modelos y las explicaciones biológicas, que son en muchos aspectos diferentes de los que hay en las demás ciencias naturales

(analizados por ejemplo en Cartwright, 1983; Erduran, 2000b).

Actualmente podemos hablar de la *emergencia* de un nuevo campo disciplinar, con su propia comunidad académica y sus propias instancias de difusión, dedicado a los aspectos epistemológicos e históricos específicos de la biología (Ruse, 1988; Salmon, 1992; Mayr, 1998). Esta emergencia es paralela a movimientos similares en la química (Erduran, 2000b) y en la física (Giere, 1992), que recusan los análisis epistemológicos generalistas clásicos, centrados en la estructura lógica de las teorías, el lenguaje conceptual y el método científico algorítmico.

Para entender más cabalmente este cambio de enfoque, creemos que es necesario poner énfasis en que se cambia el sentido mismo de la idea de *epistemología*. Tradicionalmente, este término designaba un tipo de estudios de carácter *gnoseológico*, esto es, centrados en la naturaleza del conocimiento y en su justificación. Actualmente se usa el término en forma más amplia, para dar cuenta de las diferencias *conceptuales*, *metodológicas*, *praxeológicas* (es decir, de la práctica) y *axiológicas* (esto es, a nivel de valores) entre las diversas ciencias naturales.

Por otra parte, esta emergente epistemología específica de la biología incorpora aportaciones postkuhnyanas a lo largo de dos líneas: se tiene en cuenta el desarrollo *histórico* de la disciplina y se atiende al rol dinámico de la *comunidad* de biólogos en la construcción del conocimiento. Estas dos perspectivas novedosas proveen herramientas teóricas para entender en qué se parecen y en qué se diferencian la biología y las demás ciencias naturales.

La visión epistemológica de la biología a la que adherimos, por una parte la acerca –sin sobresimplificarla– a las demás ciencias naturales, planteando que todas ellas tienen como unidad estructural y funcional el *modelo teórico* (Giere, 1992); se deja así de hablar de unas ciencias más “exactas” que otras. Pero por otra parte, se establecen algunas características específicas de la disciplina, tales como el uso de la idea de *vida* como *término primitivo* (indefinible) en las teorías biológicas y el rechazo de los intentos de reducción de las explicaciones a niveles

de organización inferiores al celular (Mayr, 1998).

Contribuciones potenciales a la didáctica de la biología

Aunque se han dado esfuerzos a nivel de los currículos nacionales de varios países con el fin de fundamentar epistemológicamente las ciencias a enseñar, la implementación de los llamados contenidos acerca de la *naturaleza de la ciencia* en la educación científica obligatoria es todavía incipiente e incompleta (McComas, 1998; Erduran, 2000a). Dentro del área de investigación didáctica conocida como HPS (acrónimo inglés para *history and philosophy of science and science teaching*), que es la que estudia la incorporación de estos contenidos en la educación, ha habido diversas propuestas de inclusión de la epistemología y la historia de la ciencia en la enseñanza de la biología. Sin embargo, estas propuestas a menudo utilizaban los contenidos biológicos sólo como *ejemplos* de aplicación de modelos epistemológicos formales de carácter general, muchas veces contruidos a partir del análisis de la física. Hemos denominado a estas propuestas didácticas *relacionadas con la biología* (Adúriz-Bravo, 2001).

Existen bastantes ejemplos de este procedimiento de relación dentro del ámbito de la enseñanza de la biología en secundaria. Entre otros, podemos mencionar el uso de algunos casos históricos que ya se han transformado en un lugar común. Un ejemplo clásico, debido a Carl Hempel (1973), utiliza el episodio del descubrimiento de las causas de la fiebre puerperal por Ignaz Semmelweis a mediados del siglo XIX como contexto para enseñar los lineamientos del llamado método hipotético-deductivo. También hemos recogido otras propuestas didácticas que intentan enseñar algunos tópicos epistemológicos básicos en relación con: 1. el debate entre Pasteur y Pouchet alrededor de la *generación espontánea* (Izquierdo, 1999; Meinardi y Revel Chion, 2000), 2. las ideas de Mendel sobre hibridación vegetal (Jiménez Aleixandre, 1996), 3. los trabajos de Jenner sobre la vacunación (Nott y Wellington, 1998), y 4. el descubrimiento de la magnetotaxis en algunos microorganismos (Meinardi y Sztrajman, 1993).

En el libro de Elsa Meinardi y Andrea Revel Chion (2000), por ejemplo, se desarrolla el episodio de la polémica entre Félix Pouchet y Louis Pasteur (capítulo 12, páginas 301 y 302) acerca de la posibilidad de la generación espontánea en los alimentos en putrefacción. Las autoras reconstruyen el contexto histórico del experimento de los "caldos" y luego presentan a los estudiantes algunas ideas epistemológicas para entenderlo. Entre otras cosas, definen la *hipótesis* como "una respuesta a una pregunta, por ejemplo, ¿por qué o cómo ocurre un fenómeno?" (p. 302). Luego hablan de cómo sería contrastar, comprobar o falsar hipótesis *en relación con* el episodio propuesto y con los contenidos de biología que en él aparecen.

Ahora bien, el reconocimiento de la existencia de la epistemología de la biología como disciplina emergente, nos plantea el desafío de evaluar su posible valor para mejorar la educación biológica general. La cuestión que debería ser atacada es entonces: ¿cómo se puede integrar la epistemología específica de la biología en el currículo de biología para los diferentes niveles educativos? (Erduran, 2000a, 2000b). Creemos que la respuesta a esta pregunta va en la línea de enseñar a los estudiantes qué es y cómo se genera el conocimiento biológico (Mayr, 1998), lo que debería a nuestro juicio constituir un objetivo del currículo de ciencias en la educación obligatoria.

La epistemología específica genera lo que hemos dado en llamar modelos epistemológicos *anclados en la biología* (Adúriz-Bravo, 2001), es decir, aquellos indisolublemente unidos a la naturaleza particular de la modelización biológica como distinta de la física y la química. Recientemente se han comenzado a difundir ejemplos del uso de estos modelos en la educación biológica, particularmente en torno al problema del surgimiento y la evolución de los seres vivos (Meinardi et al., 1998; Nelson et al., 1998; McComas, 1999). En este campo, algunos tópicos epistemológicos anclados serían: la *ontología* de las diferentes categorías taxonómicas en zoología y botánica, el rol de la "doble" causalidad en las explicaciones evolucionistas (Mayr, 1998), y el problema de la compatibilidad de las explicaciones científicas y las míticas (incluidas las religiosas). Creemos que estos y otros tópicos similares pueden tener

valor didáctico para comprender la naturaleza de la biología.

Pensamos, junto con Mayr (1998), que los conceptos de *nivel de organización* y *emergencia* pueden ser puertas de entrada para analizar la especificidad de la biología frente a las otras ciencias naturales. En este sentido, el estudio de las diferentes visiones históricas que se han dado sobre la idea de *vida* proporciona material epistemológico anclado en la biología que puede ser tratado adecuadamente en los diferentes niveles educativos. El *evolucionismo*, por su parte, es otra idea filosófica con importantes consecuencias en la educación biológica obligatoria, particularmente en los Estados Unidos (Ruse, 1988).

Como ejemplo concreto de contenidos anclados, podemos volver a la unidad didáctica diseñada por Meinardi y Revel Chion (2000) que ya hemos mencionado más arriba. Los autores proponen una actividad (páginas 310 a 314) para comparar las ideas de Lamarck y Darwin sobre la evolución de los seres vivos. Para ello se provee a los estudiantes los conceptos teóricos de *evolucionismo*, *gradualismo*, *vitalismo*, *herencia* y *selección*, que son específicos de la biología y caracterizan el tipo de pensamiento que se desarrolló en esta disciplina durante el siglo XIX, muy diferente al de ciencias mecanicistas como la física y la química.

Bibliografía

- Adúriz-Bravo, A. 2001. *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M. y Estany, A. 2002. Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia al profesorado de ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 465-476.
- Cartwright, N. 1983. *How the laws of physics lie*. Oxford: Oxford University Press.
- Erduran, S. 2000a. A missing component of the curriculum? *Education in Chemistry*, November 2000, p. 168.
- Erduran, S. 2000b. Emergence and application of philosophy of chemistry in chemistry education. *School Science Review*, 81(297), pp. 85-87.
- Erduran, S. 2001. Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10(6), pp. 581-593.

A modo de conclusión

En este trabajo se ha intentado argumentar brevemente acerca de los posibles aportes de la epistemología y la historia de la ciencia a la didáctica de la biología. La idea en sí no es novedosa; sin embargo, se le ha dado aquí un enfoque distinto del habitual. Para ello, hemos propuesto una clasificación de los modelos epistemológicos en dos clases: modelos *relacionados* y modelos *anclados*. Hemos sugerido que los modelos anclados en la biología son aquellos que intentan dar respuestas más robustas a la pregunta de qué es lo que hacen los biólogos, por oposición a los físicos y a los químicos (Mayr, 1998). Creemos que esta cuestión epistemológica constituye una componente fundamental en una educación biológica de calidad.

Para responder esta pregunta, hay disponibles numerosos modelos epistemológicos, algunos de ellos incompatibles entre sí, generados por escuelas rivales. La elección entre unos u otros modelos responde a la imagen de la naturaleza de la ciencia que el profesor de biología quiera transmitir en sus clases. Sin embargo, hay tendencias epistemológicas más favorecidas una vez que se ha aceptado la nueva epistemología específica de la biología. Entre estas tendencias ocupan un lugar preeminente los llamados *modelos cognitivos de ciencia* (Giere, 1992).

- Estany, A. 1993. *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Gaeta, R., Gentile, N., Lucero, S. y Robles, N. 1996. *Modelos de explicación científica*. Buenos Aires: Eudeba.
- Giere, R. 1992. *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (original en inglés de 1988)
- Hempel, C. 1973. *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza. (original en inglés de 1966)
- Izquierdo, M. 1999. *Memoria de acceso a la plaza de catedrática de universidad*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Mayr, E. 1998. *Así es la biología*. Madrid: Debate.
- McComas, W. Ed. 1998. *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- McComas, W. 1999. The discovery and nature of evolution by natural selection, en Bevilacqua, F. y Giannetto,

- E. Eds. *Bicentenary of the invention of the battery*, p. 94. Pavia: European Physical Society.
- Meinardi, E., Adúriz-Bravo, A., Sztrajman, J. y Landa, S. 1998. La narración y la historia de la ciencia como herramientas para la enseñanza de un concepto científico complejo. En: *Actas del I Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*, pp. 43-45. La Serena.
 - Meinardi, E. y Revel Chion, A. 2000. *Biología*. Buenos Aires: Aique.
 - Meinardi, E. y Sztrajman, J. 1993. *Vivitos y coleando*. Buenos Aires: Conicet.
 - Nelson, C., Nickels, M. y Beard, J. 1998. The nature of science as a foundation for teaching science: Evolution as a case study, en McComas, W. Ed. *The nature of science in science education*, pp. 315-328. Dordrecht: Kluwer.
 - Nott, M. y Wellington, J. 1998. A programme for developing understanding of the nature of science in teacher education, en McComas, W. Ed. *The nature of science in science education*, pp. 293-313. Dordrecht: Kluwer.
 - Ruse, M. Ed. 1988. *But is it science? The philosophical question in the creation/evolution controversy*. Albany: Prometheus Books.
 - Salmon, J. Ed. 1992. *Introduction to the philosophy of science*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
 - Sattler, R. 1986. *Biophilosophy*. Berlín: Springer.
 - Wolters, G. y Lennox, J. Eds. 1995. *Concepts, theories and rationality in the biological sciences*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.