

Fósiles para reconstruir y comprender la evolución en secundaria

José Antonio Pascual Trillo
IES El Escorial. El Escorial (Madrid)

La evolución de los seres vivos es un hecho que explica la teoría surgida de las ideas de Darwin y Wallace, sobre la que se sustenta la biología moderna. Entre las principales pruebas de la evolución están las aportadas por los fósiles. La teoría evolutiva y las aportaciones de la paleontología constituyen contenidos esenciales en la organización de cualquier currículo educativo que se oriente hacia la alfabetización científica.

- PALABRAS CLAVE**
- CIENCIAS DE LA TIERRA
 - EVOLUCIÓN
 - PALEONTOLOGÍA
 - FÓSILES
 - ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Una de las frases más repetidas de la historia de la biología es la formulada por Dobzhansky, uno de los padres de la teoría sintética de la evolución: «Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución», título de su conferencia en un congreso de profesorado de biología y cuyo contenido se publicó más tarde en una

revista especializada en la enseñanza de esta ciencia. La frase es recordada cada vez que ha sido necesario destacar que la biología moderna nace y se nutre de la teoría evolutiva, aunque la propia coherencia del pensamiento de Dobzhansky al respecto de la evolución y la biología tampoco ha quedado exenta de críticas.

La teoría evolutiva presenta un carácter paradigmático para la biología. La unificación o síntesis llevada a cabo por biólogos, paleontólogos y genetistas en los años cuarenta y cincuenta del pasado siglo construyó un entramado explicativo sobre el que creció la biología moderna, sin que hayan faltado intensos debates entre el núcleo más ortodoxo de la teoría y propuestas más divergentes, ninguna de las cuales se desmarca del hecho evolutivo, fuera del cual solo queda espacio para las pseudociencias.

Por ello, resulta difícil entender una enseñanza de la biología que se desentienda del enfoque evolutivo. Ahora bien: **¿en qué momento, con qué grado y de qué manera insertar la enseñanza de la evolución en el espacio educativo?** Diversos autores se han preocupado por la cuestión de la integración de la teoría evolutiva en la educación secundaria y universitaria procurando analizar el éxito en el cambio conceptual que implica su aprendizaje, destacando en nuestro país los trabajos al respecto de Jiménez Aleixandre. Una conclusión de estos análisis es que el paradigma evolutivo representa un reto cognitivo tan necesario educativamente como pleno de obstáculos, como ya puso de manifiesto el monográfico de esta misma revista que en 2002 se centró en el aprendizaje de la evolución como parte de la alfabetización científica. A su favor, no obstante, aparte de su inevitabilidad en la comprensión de la biología actual, se ha aducido el interés y la fascinación que el tema despierta en el alumnado (Jiménez Aleixandre, 2003).

■

Si la evolución da sentido a la biología, ¿no deberíamos basar la enseñanza de esta en la comprensión de la evolución?



Ignacio Martínez explicando los yacimientos de Atapuerca a profesores de biología y geología, en una actividad formativa de la AEPECT (Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra)

En este contexto, **la paleontología representa un contenido ineludible en la enseñanza de las ciencias de la naturaleza al representar una de las más clásicas fuentes de evidencia en favor del hecho evolutivo**, además de constituir un elemento ensamblador crucial a la hora de integrar educativamente las aportaciones de la biología y de la geología, un proceso esencial para la comprensión del mundo natural (Pascual, 2011). Finalmente, con la formulación de la tectónica global como paradigma geológico, la paleontología encontró el marco conceptual necesario no solo para ejercer su función demostrativa de la evolución de las formas biológicas, sino también para procurar la interpretación y comprensión de la biogeografía actual y pretérita.

En la enseñanza de la biología y la geología resulta fundamental entender que la evolución y los movimientos de la litosfera (en horizontal y en vertical) pertenecen al ámbito de los hechos o datos científicos (la diferenciación entre ellos, si se quiere, depende de la postura epistemológica desde la que se escriba, aunque para los



objetivos de este escrito resulte irrelevante). Por tanto, representan las «pruebas» necesarias a la hora de evaluar los posibles enunciados explicativos (es decir, las hipótesis y teorías) y con las que poder argumentar al respecto (Jiménez Aleixandre, 2010).

Por su parte, las explicaciones de Lamarck o de Darwin y Wallace para el cambio de las especies en el tiempo, las de Pratt o de Airy para los movimientos continentales en vertical (isostasia), o las de Wegener, Hess o Wilson para el movimiento de los continentes, la expansión del fondo oceánico o la compleja movilidad de las placas, respectivamente, pertenecen al ámbito de los enunciados explicativos propuestos para esos datos y hechos observados o constatados. Datos y hechos que se convierten, a su vez, en potenciales pruebas de la fortaleza explicativa de los enunciados, o en los elementos de decisión que motivarían su falsación científica y consiguiente abandono. **Diferenciar entre hechos o datos científicos, por un lado, e hipótesis y teorías explicativas para los mismos, por otro, constituye un criterio esencial en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia y en la adquisición de la llamada competencia científica.**

Aunque en nuestro país, afortunadamente, no es un asunto tan grave como pueda serlo en otros, esta distinción es también crucial a la hora de enfrentarse educativa y socialmente a los retos y confusiones promovidos desde el dogma pseudocientífico del creacionismo (hoy reanimado bajo el disfraz del llamado «diseño inteligente»).

Si adoptamos el criterio de que en la enseñanza secundaria han de encontrar cabida los conceptos y teorías científicas imprescindibles para

La evolución es un hecho, mientras que las teorías evolutivas son la explicación científica de ese hecho



elaborar explicaciones básicas sobre el mundo natural y que su prioridad debe ser formar «ciudadanos informados, críticos, libres, solidarios, habilidosos, reflexivos, decididos y, si es posible, felices» (como explicita Antonio de Pro en Pedrinaci, 2012), resulta indudable que la evolución y la teoría evolutiva, junto con las pruebas que la sustentan (y entre ellas las paleontológicas), deben formar parte esencial de un currículo obligatorio que aspire a concretar el objetivo de la alfabetización científica básica. Buscar la manera de adquirir aquellas competencias científicas que permitan a las futuras ciudadanas o ciudadanos describir, explicar y predecir fenómenos naturales, comprender los rasgos característicos de la ciencia, formular e investigar problemas, así como documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que las actividades humanas generan en él (Pedrinaci, 2012) constituirá, pues, el eje orientador de la enseñanza científica, un eje en donde la transcendencia que para la comprensión científica de la vida y de nuestro planeta (y aun de nosotros mismos) tiene la biología evolutiva y la paleontología vuelven imprescindible y esencial su contemplación curricular preferente.

¿CÓMO INTRODUCIR LA EVOLUCIÓN EN EL CURRÍCULUM DE SECUNDARIA?

Admitida pues la necesidad de incorporar estos contenidos, tanto factuales como explicativos,

al currículo básico obligatorio, el siguiente paso reside en afinar los criterios sobre cuáles, de qué manera, en qué momentos y con qué objetivos fundamentales ha de hacerse; es decir, valorar el grado y sentido de su contemplación en el ámbito de unos currículos terriblemente sobrecargados, según criterio general de la inmensa mayoría de expertos y docentes.

En este sentido, nada ayuda la progresiva complejidad estructural que ha ido adquiriendo el flujo explicativo en que se ha convertido la actual teoría evolutiva. De hecho, las aportaciones del equilibrio puntuado de Gould, el planteamiento macroevolutivo de Eldredge, el neutralismo de Kimura, la integración plena de la selección sexual, el resurgir de la dimensión neolamarckiana de la mano de determinados avances de la epigenética y la biología del desarrollo de Lamb y otros, las evidencias del factor contingente en las extinciones catastróficas de Raup y Sepkoki, la evidencia de la importancia de la cooperación a partir de la endosimbiosis serial de Margulis o las consecuencias filogenéticas de la transferencia genética horizontal de Gogarten, entre otras propuestas que retocan, enfrentan y retan el ya viejo consenso de la Síntesis Moderna, llevan la teoría evolutiva a un nuevo campo de expansión explicativa y representan, del lado docente, un considerable reto que se extiende tanto por el lado de la formación del profesorado como por el de la resolución de la forma, modo, momento

y extensión que debe adoptar su contemplación curricular. En todo caso, se trata de un reto ineludible que implica también a la enseñanza de la paleontología.

La integración educativa de la paleontología en el currículo de la educación secundaria permite y exige, a la par, hacer varias consideraciones previas.

Por una parte, es importante no perder de vista que **su principal justificación reside en su capacidad de ejercer de aportadora de «pruebas factuales» del hecho evolutivo, así como de contrastación de la teoría evolutiva explicativa** (y de las diversas aportaciones y variantes de la misma).

En segundo lugar, la didáctica de la paleontología en la educación secundaria ha de fomentar la construcción mental de una concepción de la historia de la vida acorde con los datos que ella (y otras ramas de las ciencias de la Tierra y de la biología) aportan; una visión en la que los acontecimientos singulares (como las extinciones en masa) resultan elementos tan modeladores de su trayectoria (Fernández-Martínez, 2010) como lo son los efectos de los procesos adaptativos y selectivos o los epigenéticos en los periodos considerados «no catastróficos», siguiendo un juego reproductor de las acciones complementarias del azar y la necesidad que Jacob y Monod introdujeron magistralmente en la literatura científica.

En esta reconstrucción real de la historia de la vida destacan los contenidos que afectan a la filogenia de nuestra propia especie que, aunque por razones evidentes, cobra un especial interés y exige un especial cuidado en ser mostrado como

■
**La paleontología es una
 atractiva y esencial forma de
 constatar la evolución y la
 dinámica geológica**

una consecuencia más del proceso evolutivo que afecta a todos los seres vivos.

Finalmente, las herramientas conceptuales y procedimentales propias del quehacer científico y la metodología propia de construcción del conocimiento en la paleontología constituyen factores de gran interés para su consideración y adaptación didáctica, tanto para el objetivo de enseñar cómo «se hace la ciencia» como en el de conformación y aplicación práctica de dicho conocimiento y de las formas de pensamiento necesarias para realizarlo.

Algunas de las principales aportaciones educativas de la paleontología en la educación secundaria serían:

- Dotar de carácter probatorio a las teorías evolutivas sobre las que se constituye la visión actual de la biología.
- Sustentar y permitir la reconstrucción de la trayectoria histórica de los acontecimientos que conforman la historia de la vida.
- Aportar la información necesaria para explicar el origen y sentido de estructuras y fun-



El límite KT o K/Pg (Cretácico/Paleógeno) nos informa del acontecimiento catastrófico que determinó el final de la época de los dinosaurios (Mesozoico) a raíz del impacto de un asteroide en Yucatán. Fisch de Zumaia



La pasión por los «dinosaurios» es el ejemplo más evidente del poder motivacional de los fósiles y la paleontología. Icnitas del yacimiento de Fuentesalvo, en Villar del Río (Soria)

ciones biológicas que constituyen, a su vez, otros contenidos curriculares, como son los que conforman la anatomía y fisiología de los seres vivos, su taxonomía, etc.

- Contribuir con datos y hechos científicos fundamentales a la reconstrucción y comprensión de nuestra propia historia evolutiva: de dónde venimos y quiénes somos.
- Constituir un campo de aplicación didáctica de procedimientos de indagación, deducción, inferencia, relación y obtención de conclusiones; todo ellos propios y esenciales en el pensamiento científico.

- Aportar un conjunto de contenidos de fuerte potencial motivacional y atractivo para los estudiantes de estas etapas y edades.

Los contenidos de la paleontología aparecen reivindicados en la 5.ª idea clave del decálogo para un currículo obligatorio basado en la noción de alfabetización en ciencias de la Tierra (que constituyó la base del número monográfico 21(2) de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* de 2013). Dicha idea fue formulada como: «La vida evoluciona e interacciona con la Tierra modificándose mutuamente». En ella se contiene la evolución, su cambio y ritmo, los grandes eventos de la

historia de la vida y la concepción del fósil como herramienta básica para el conocimiento del pasado (Pedrinaci, 2013).

LOS FÓSILES, ELEMENTO IDENTIFICATIVO DE LA PALEONTOLOGÍA

Los fósiles, como elementos tangibles del estudio paleontológico, junto con las aportaciones de la estratigrafía y la tafonomía a la comprensión del proceso de fosilización y la interpretación de los fósiles en los yacimientos, representan los elementos probatorios de los enunciados evolutivos y, por ello, constituyen el elemento identificativo

SITUACIÓN DE LA PALEONTOLOGÍA Y LA EVOLUCIÓN EN LOS CURRÍCULOS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE ESO Y BACHILLERATO EN ESPAÑA			
Etapa	Curso/s	Materias de biología y geología	Contenidos relacionados con paleontología y evolución
ESO	1.º y 3.º	Únicos cursos en los que biología y geología es troncal y obligatoria para todos los estudiantes.	No hay referencia explícita a la evolución. El enfoque (en los preámbulos de la normativa) es de claradamente actitudinal, dirigido especialmente a la conservación de la naturaleza y el cuidado de la salud.
	4.º	Biología y geología es troncal, pero no obligatoria.	Hay referencia explícita a la evolución de la vida, la evolución humana y las eras geológicas.
Bachillerato	1.º	Biología y geología aparece como troncal.	El hilo conductor es el de niveles de organización (de la célula al organismo), encontrando cabida las teorías evolutivas en el bloque de biodiversidad y taxonomía.
	2.º	Biología y geología, que constituyen asignaturas diferentes, son troncales en el bachillerato de ciencias, pero no obligatorias. Actualmente, la geología prácticamente ha desaparecido en la mayoría de los centros (Pascual, 2017).	El hilo conductor en biología es el de niveles de organización, encontrando cabida la evolución en el ámbito del bloque de «Genética y evolución». En geología hay un bloque dedicado al «tiempo geológico y geología histórica».

Cuadro 1. Situación de la paleontología y la evolución en los currículos de biología y geología de ESO y bachillerato en España

fundamental de la paleontología en el currículo obligatorio. Su integración educativa posibilita un amplio abanico de actividades didácticas que, aparte de su valor educativo, ofrecen una alta potencialidad motivacional y adaptativa a los intereses y capacidades de los estudiantes de secundaria (Calonge y López Carrillo, 2005).

¿Cuánto espacio deben ocupar estos contenidos en el currículo?, ¿qué orientación específica deben asumir?, ¿cuáles son las prioridades concretas que deben guiar su enfoque educativo? Estas son las cuestiones que hay que resolver a la hora de establecer cualquier diseño curricular que se proponga para la biología y geología, aunque siempre contando con la idea básica de que los contenidos factuales se usan en los procesos didácticos y luego, a menudo, se olvidan. Buena parte de su valor educativo reside, pues, en aprender a buscarlos, en saber cómo utilizarlos y en lograr que su uso estructure nuestra visión del mundo desde la racionalidad y el conocimiento científico. Esta labor de integración mental a partir del aprendizaje de conceptos, del uso de procedimientos y de la implicación afectiva y actitudinal con respecto al conocimiento deberá favorecer una visión sistémica de la Tierra y la vida: otra de las ideas claves de la alfabetización científica (Pedrinaci, 2013).

Finalmente, ya en un ámbito científico posobligatorio como es el bachillerato, la potencialidad que representan los contenidos paleontológicos posibilita el progreso en la adquisición y afianzamiento de diferentes tipos de pensamiento y en la conformación de una cultura científica avanzada, todo ello dentro de una geología que enseña a pensar (Pascual, 2017). Por último, el cuadro 1 recoge el estatus de la paleontología

y la evolución en los currículos de biología y geología de educación secundaria y bachillerato en España. ◀

Referencias bibliográficas

- CALONGE, A.; LÓPEZ CARRILLO, M.D. (2005): «Una propuesta práctica para acercarse a la noción de fósil y fosilización». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 44, pp. 49-56.
- FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E.M. (2010): «Construyendo una nueva visión de la historia de la vida». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, núm. 18(1), pp. 60-73.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (coord.) (2003): *Enseñar ciencias*. Barcelona. Graó.
- (2010): *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona. Graó.
- PASCUAL TRILLO, J.A. (2011): «La coevolución de la Tierra y de la vida o cómo se han influido mutuamente la geología y la vida». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 67, pp. 37-45.
- (2017): «Necesitamos la Geología también en Bachillerato». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, núm. 25(3), pp. 274-284.
- PEDRINACI, E. (coord.) (2012): *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona. Graó.
- (coord.) (2013): «Monográfico: ¿Qué geología enseñar?». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, núm. 21(2), pp. 114-217.

Dirección de contacto

José Antonio Pascual Trillo
IES El Escorial. El Escorial (Madrid)
jap.tierra@gmail.com

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, en julio de 2018 y aceptado en febrero de 2019 para su publicación.