

¿QUÉ PUEDE APORTAR LA HISTORIA DE LA PALEONTOLOGÍA AL PROFESORADO DE CIENCIAS DE LA TIERRA?

The History of Palaeontology, what can contribute to Earth Sciences Teachers?

Leandro Sequeiros(*)

RESUMEN

La paleontología, desde hace 25 años, ha dado un giro espectacular. Emancipada de la geología, como disciplina con su propia racionalidad y enriquecida con las aportaciones de la biología moderna, no es ya la “ancilla geologiae”. Su matriz disciplinar le permite situarse autónomamente dentro de las Ciencias de la Tierra. Este giro epistemológico ha hecho que la enseñanza universitaria de la misma se haya liberado en gran parte del lastre de la sistemática. Del mismo modo, la paleontología debe tener un lugar dentro de la formación de la Enseñanza Obligatoria y del Bachillerato. Pero la pregunta es: ¿cuál es el valor educativo de la Paleontología? ¿qué paleontología conviene enseñar? ¿cuáles son los objetivos mínimos de la formación paleontológica en Secundaria? ¿cuáles son los contenidos mínimos deseables de paleontología que deben trabajar los alumnos? Para responder a estas preguntas, se postula que la historia de la paleontología es una herramienta poderosa para que el profesor de Ciencias de la Tierra elabore su propio currículo de Geología.

ABSTRACT

Palaeontology has done an spectacular spistemological shift during the past 25 years. Emancipated from Geology is now a discipline with its own rationality- Its able to be enriched with the modern biology contributions and so able not being the ancilla geologiae Sciences. And regarding the way teaching must be done at the university level its epistemological shift it has allowed been released from the systematic ballast. In the same way, Palaeontology must be included into the curricula of Primary and Secondary School. Anyway, the main questions are: what is the educational value of Palaeontology? Which Palaeontology is advisable to teach? What are the minimum goals we must pursued in the Secondary School? And what are the minimum contents we must demand? The main assumption of this paper is that we have in the History of Palaeontology a very useful tool answer these and some additional questions.

Palabras clave: Paleontología, Historia de la Ciencia, Historia de la Paleontología, Didáctica de las Ciencias de la Tierra.

Keywords: Palaeontology, History of Science, History of Palaeontology, Earth Sciences Teaching.

INTRODUCCIÓN

La Paleontología, como ciencia de la naturaleza que tiene por objeto el conocimiento de la diversificación de los seres vivos a lo largo de los tiempos geológicos a partir de su registro fósil, no adquiere el carácter de disciplina científica hasta el principio del siglo XIX. La mayor parte de los historiadores de las ciencias de la vida y de las ciencias de la tierra (entre otros, Adams, 1954:263; Rudwick, 1987; Pelayo, 1991; Buffetaut, 1992; Ellenberger, 1989, 1994; Young, 1998) coinciden en afirmar que la Paleontología no tiene estatuto epistemológico propio hasta la época de Georges Cuvier (1769-1832). Puede decirse, que con la publicación en 1825 de su obra *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (traducida inmediatamente al inglés, sueco, italiano, alemán, checo y ruso) la Paleontología nace como ciencia. Sus estudios sobre anatomía comparada lle-

varon en pocos años a la ciencia de los fósiles a un gran desarrollo. A estos se unió el desarrollo incipiente del uso de los fósiles como metodología para “datar” los terrenos antiguos, iniciada por William Smith (1769-1839) (Adams, 1954:268) y continuada sobre todo por Charles Lyell (1797-1875) (Rudwick, 1987; Sequeiros, 1988; Sequeiros y otros, 1997).

Desde esa época, relativamente próxima, hasta nuestros días menos de dos siglos más tarde, la Paleontología ha logrado emanciparse como cuerpo de doctrina que participa de elementos geológicos y biológicos pero que ha alcanzado su mayoría de edad. Puede decirse que, en la actualidad, la comunidad científica internacional de los paleontólogos, liberada de las tutelas necesarias debido a su juventud, tiene hoy sus propias sociedades, métodos e instituciones. Prueba de ello es, por ejemplo, la creación de la Sociedad Española de Paleontología ha-

(*) Área de Filosofía. Facultad de Teología. Universidad de Granada. Apartado 2002. 18080 Granada. E-mail: lsequeiros@probesi.org

ce sólo quince años, y de la Sociedad Europea desde hace diez años.

En números anteriores de esta revista, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, se han tocado diversos aspectos de la enseñanza de la Paleontología. Incluso, se ha dedicado un número monográfico a la Historia y a la Epistemología de la Geología (VVAA, 1997). Este número monográfico aborda la didáctica de los fósiles de un modo más específico.

Preguntas básicas sobre el papel de la Paleontología

Pero la pregunta fundamental es: ¿qué valor formativo tiene la Paleontología para la “alfabetización científica” de los ciudadanos en la Enseñanza obligatoria? ¿qué Paleontología enseñar? ¿qué lugar debe tener la Paleontología en la Educación Primaria y Secundaria en España? ¿qué lugar debe ocupar la Paleontología en el conjunto de la formación general de todos los ciudadanos en el marco de las Ciencias de la Naturaleza y de las Ciencias de la Tierra y de la Vida?. Y lo que es más problemático: ¿cuáles son los objetivos mínimos de la formación paleontológica en Secundaria? ¿cuáles son los contenidos mínimos deseables de Paleontología que deben trabajar los alumnos y alumnas?.

Para algunos profesores de Ciencias de la Tierra pueden resultar obvias y por ello innecesarias estas preguntas. En la labor educativa en Primaria y en Secundaria, tanto obligatoria como postobligatoria, los fósiles han recibido un tratamiento simple: se trata de que los alumnos reconozcan *de visu* algunos grupos de fósiles más representativos y sepan situarlos dentro del esquema del tiempo geológico. Incluso durante mucho tiempo se consideró que un buen paleontólogo es aquel que es reconoce, identifica y “pone nombre” a una gran cantidad de fósiles. Sin embargo, el desarrollo actual de la Paleontología nos mostrará que hoy la tarea de esta ciencia no se centra en los problemas taxonómicos sino en otros aspectos de acuerdo con la matriz disciplinar que hoy la constituye.

Pero para otros profesores, sobre todo para los que nos agrupamos en la AEPECT, estas preguntas no son superfluas. Una manera de acercarnos a la respuesta a estas preguntas es a través de la reflexión sobre la Historia de la Paleontología. El desarrollo histórico de cualquier ciencia debe ser una herramienta de gran poder explicativo en manos del profesorado. No solo permite conocer los obstáculos más importantes con que los científicos se han encontrado en el desarrollo de su tarea (y que por tanto, serán obstáculos en la mente de los alumnos) sino que también permite seleccionar los problemas científicos más sobresalientes y los conceptos estructurantes más potentes en el desarrollo del conocimiento científico. Cómo han ido apareciendo los problemas y los conceptos puede ser una buena guía para la elaboración del currículo por parte del profesor. Estas consideraciones generales, muy repetidas

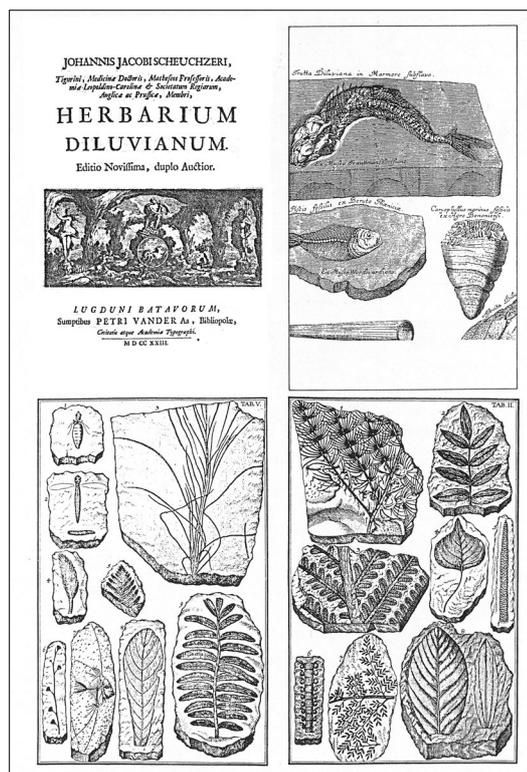


Fig. 1. Portada e ilustraciones de la obra *Herbarium Diluvianum* (1723) de J. J. Scheuchzer (1672-1733)

en las páginas de nuestra revista (Pedrinaci y Berjillos, 1994; Pedrinaci y Sequeiros, 1999) pueden aplicarse igualmente para la Paleontología. El objetivo de este artículo, además de presentar muy esquemáticamente, el desarrollo histórico de la Paleontología, pretende mostrar algunas líneas básicas para fundamentar un determinado currículo de Ciencias de la Tierra que tenga como elemento la historia de la vida tal como se interpreta a partir de los “archivos del planeta” (Pedrinaci, 1992; Pedrinaci y Berjillos, 1994; Pedrinaci y Sequeiros, 1999).

En el presente número postulamos que los fósiles (con todo lo que ellos representan) deben formar parte de la educación científica en estos niveles educativos. Y ello porque la Paleontología (en su sentido moderno) suministra al estudioso y al estudiante una cosmovisión, un sentido de la realidad, una determinada “imagen” del mundo dentro de la *Geología global* (de la que se ha tratado en otros números de esta revista). El estudio de los fósiles proporciona hoy una imagen cambiante, abierta, inacabada, evolutiva, sistémica y compleja, ecológica y biogeográfica del planeta Tierra. Tal vez sea esta la lección más importante de la Paleontología, tal como lo revela su breve pero densa historia.

No son demasiado abundantes los materiales bibliográficos complejivos sobre la Historia de la Pa-

(1) Para los falibilistas hay que rechazar la pretensión de infalibilidad que se han atribuido los científicos y los filósofos. Ni las proposiciones de la ciencia ni de la filosofía son definitivas.

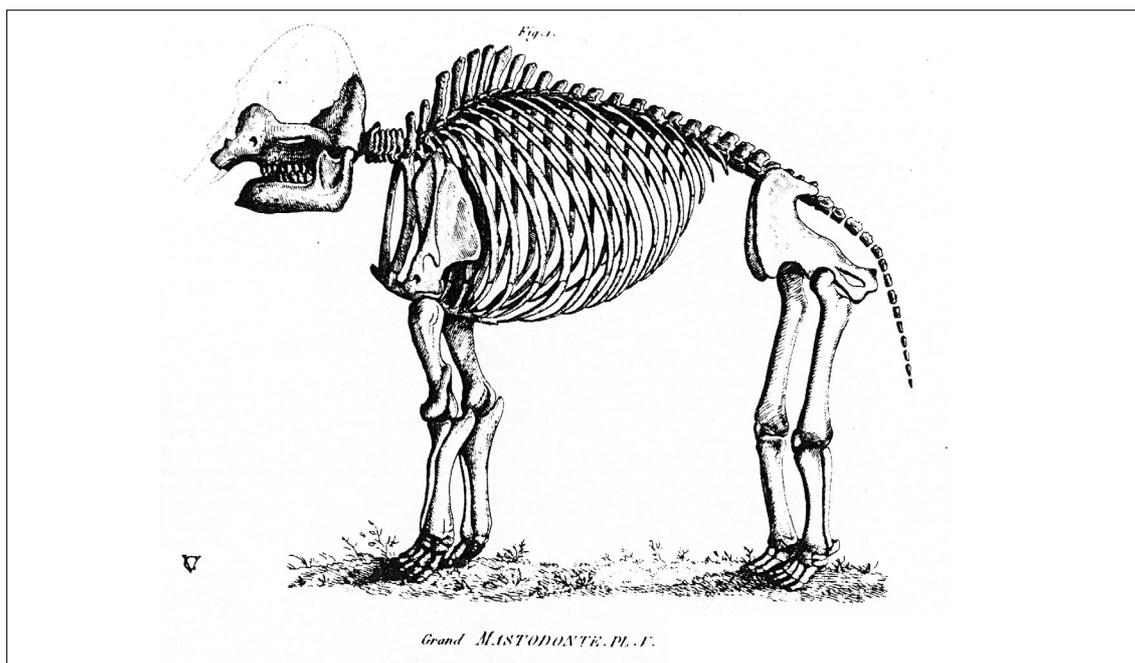


Fig. 2. Reconstrucción del Mastodonte fósil americano, obra de G. Cuvier (1806).

leontología. Al estar ésta tradicionalmente incluida dentro de la Geología clásica, es necesario acudir a manuales de historia de la Geología o a historias de las ideas evolutivas. En historia de la Geología, los manuales más conocidos en España son: Adams (1954), Buffetaut (1992), Ellenberger (1989, 1994), Rudwick (1987), Pelayo (1991, 1996); y de historia de las ideas evolutivas destacamos, como más accesibles: Templado (1974), Young (1998), Richards (1999). Una breve pero buena síntesis, en alemán, puede consultarse en Ziegler (1984).

En un afán sistematizador (necesariamente incompleto y por ello mutilador de la realidad) se pueden diferenciar aquí cuatro etapas en el desarrollo histórico de las ideas sobre la interpretación de los fósiles: 1) el período “clásico” (preparadigmático): que se extiende desde la antigüedad hasta el siglo XVIII; 2) el período de la constitución de la Paleontología: que incluye, sobre todo, la paleontología en el tiempos de Georges Cuvier; 3) el período de la Paleontología de tradición evolucionista y darwinista, y 4) el período de la Paleontología actual, de tradición sistémica y global, centrada en los problemas paleobiogeográficos y paleoecológicos de los procesos biológicos antiguos.

EL PERÍODO “CLÁSICO” (PREPARADIGMÁTICO): LOS FÓSILES ENTRE LA MAGIA, LA CURIOSIDAD Y EL DILUVIO UNIVERSAL

Hasta la época de Cuvier no existe un verdadero “paradigma” paleontológico, como veremos. Hasta el siglo XVIII se puede hablar de interpretaciones parciales, poco estructuradas, a las que llamamos “preparadigmas” (Sequeiros y otros, 1997).

Las culturas humanas conocieron lo que hoy llamamos fósiles desde una época muy temprana. En aquellas épocas ya lejanas, los humanos inventaron extrañas leyendas sobre el significado de esas “piedras” con aspecto extraño y sobre las propiedades mágicas que podían tener (Meléndez, 1947).

La Escuela de Aristóteles se caracterizó por los conceptos erróneos sobre la naturaleza y la interpretación de los fósiles. Pensaba que la Tierra tiene una virtualidad especial para producir piedras con aspecto de conchas y de otros animales. Las culturas musulmanas recogieron las tradiciones clásicas de los griegos y latinos, teniendo mucha influencia en el mundo cristiano medieval y renacentista. En el siglo X, el médico árabe Ibn Sinna, más conocido como Avicena (980-1037) se ocupó de la interpretación de los fósiles, atribuyendo a la *vis plastica* aristotélica la capacidad de producir animales de piedra en el *fango primitivo*. Estas ideas pasan al mundo cristiano en los siglos XII y XIII, de modo que Alberto Magno (1193-1280) explica la formación de ciertas piedras que, según él, “tienen interior y exteriormente la apariencia de animales”.

El conocimiento de los fósiles desde el Renacimiento

En la primera época del Renacimiento, la creencia más extendida era que los fósiles debían interpretarse como *ludus naturae* (juegos de la naturaleza) sin valor científico y consideradas solo como curiosidades. Algunas de ellas, por su aspecto a *lengua*, se denominaron *glossopetrae*. Más leyendas e interpretaciones pueden encontrarse en Adams (1954), Meléndez, (1947), Ziegler, (1984), Buffetaut (1992) y Sequeiros, (2000). Leonardo da Vinci (1452-1519) supo interpretar correctamente la naturaleza de los

fósiles, pero sus ideas no trascendieron al resto de los estudiosos. Así, Michele Mercati (1541-1593), autor del Catálogo de la colección del Museo del Vaticano (1574), sostiene los puntos de vista de los autores medievales sobre los fósiles. De igual modo, otro de los grandes naturalistas renacentistas, Georg Bauer, más conocido por el nombre latinizado del apellido, Agrícola (1494-1555) en su *De Natura Fossilium* de 1546, considera la *Glossopetrae* como fragmentos de agua endurecida y el resto de los fósiles como *ludus naturae*, efecto de la casualidad.

Habrà que llegar al siglo XVII para encontrar una interpretación de los fósiles que se cuestione el origen mineral y proponga una hipótesis biológica. Contribuyó a este cambio de paradigma el hallazgo en Europa y en América de fragmentos de grandes huesos de mamíferos antiguos. Nacerá así la *Gigantología* como ciencia de la vida y costumbres de los gigantes (Pelayo, 1996, 1999; Sequeiros, 2000) así como de las interpretaciones mitológicas de los restos de huesos, que se atribuyen a dragones, monstruos y unicornios (Meléndez, 1947; Ziegler, 1984).

Pero un autor visionario revolucionará en pocos años el paradigma medieval. Se trata del danés Niels Stensen, más conocido con su nombre latinizado de Nicolás Stenon (1638-1686) (Ellenberger, 1989; Rudwick, 1987; Sequeiros, 2000). Stenon establece en su obra *De Solido intra Solidum Naturaliter Contento* de 1669, que muchas de las *Glossopetrae* no son otra cosa que auténticos dientes de tiburones que vivieron hace mucho tiempo y cuyos restos fueron enterrados en el fondo marino primitivo. Stenon pone las bases epistemológicas de la interpretación biológica de los fósiles que tendrá su pleno desarrollo en el siglo XVIII.

Pero la pregunta sobre el origen de estos fósiles, llevó al desarrollo de uno de los paradigmas científicos más persistentes desde esa época: el paradigma del *diluvismo científico* (Sequeiros, 2000). En España, uno de los autores que más influyó en la elaboración y consolidación de estas ideas que conjugan la

gigantología con el Diluvio fue el franciscano granadino José Torrubia (1698-1761) quien en 1754 publica su famoso *Aparato para la Historia Natural Española* que tuvo gran difusión por Europa (Capel, 1985; Pelayo, 1996; Sequeiros, 1999, 2000).

En la segunda mitad del siglo XVIII, ya se admite por lo general el verdadero significado de los fósiles (Rudwick, 1987; Sequeiros, 2000). Pero los trabajos que se publican se reducen a la descripción de los restos encontrados. Entre ellos merece destacarse el de B. W. Knorr y J. E. I. Walch, *Colección de las notabilidades de la Naturaleza y antigüedades del suelo terrestre*, impreso en cuatro volúmenes y 275 láminas, en Nuremberg desde 1755 a 1775. Es la época de George Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), autor de la monumental *Historia Natural*.

Se necesitaron muchos siglos para superar el obstáculo epistemológico y asumir el carácter biológico de los fósiles. Esta consideración tiene indudables implicaciones didácticas: no es tan sencillo para los estudiantes "comprender" que los fósiles estaban antes que las rocas y que éstos tienen una naturaleza biológica (Sequeiros y Martínez Urbano, 1998).

EL PERÍODO DE LA CONSTITUCIÓN DE LA PALEONTOLOGÍA: LA PALEONTOLOGÍA EN TIEMPOS DE GEORGES CUVIER

El indiscutible fundador de la moderna Paleontología es el barón G. Georges Cuvier (1769-1832). La Paleontología se constituye como ciencia al tratar de ampliar el estudio de la Zoología y de la Botánica al conocimiento de la naturaleza de los animales y plantas encontrados como fósiles y al situarlos en un esquema de tiempo pasado geológico aprovechando las ideas expuestas por William Smith (1768-1839) iniciador de la Paleontología Estratigráfica (Meléndez, 1947). Es la época de las grandes controversias entre Neptunistas y Plutonistas (Pedrinaci y Sequeiros, 1999).

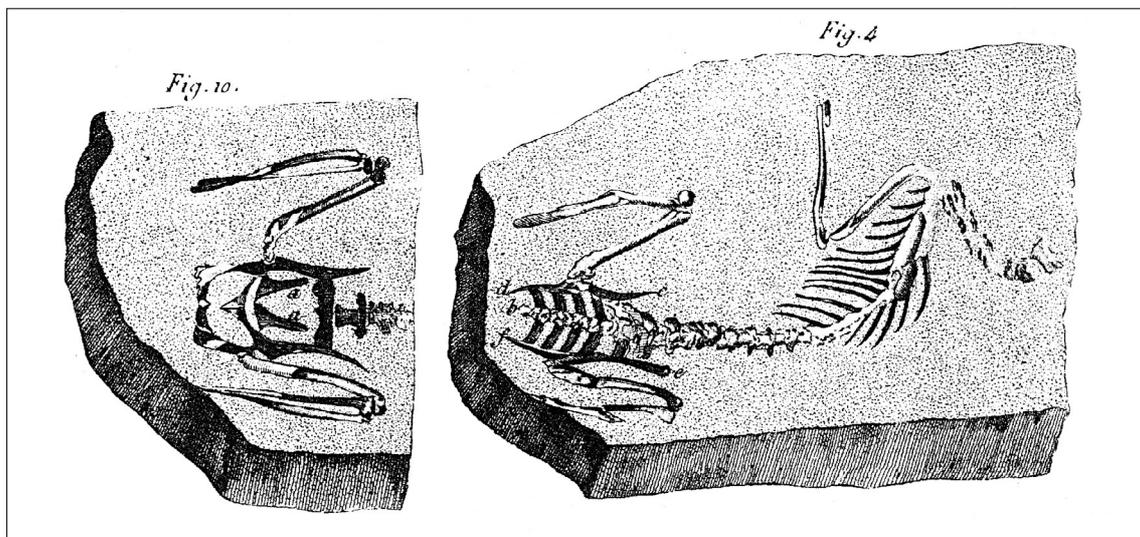


Fig. 3. Dibujos de Cuvier (1804) del esqueleto incompleto de un marsupial fósil perteneciente a los lechos de yeso de Montmartre, de comienzos del Terciario.

Cuvier, en el Museo de Historia Natural de París, dedicó su atención con preferencia a los vertebrados, cuyos esqueletos le habían llamado poderosamente la atención. Algunas de sus obras más importantes son: *Lessons d'Anatomie comparée* (1800-1805), *Recherches sur les ossaments fossils*, que incluye el *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (1812-1829).

El interés de Cuvier por los huesos fósiles comenzó poco después de llegar a París. En 1796 recibe el encargo de informar sobre unos restos fósiles gigantes que habían sido enviados desde el Paraguay. Estos llegaron a Madrid, al Real Gabinete de Historia Natural el 29 de septiembre de 1789. Allí, el legado pasó a manos de Juan Bautista Bru, “pintor y disecador” del Gabinete. Bru, además de encargarse de prepararlo y montarlo “sobre un pedestal grandioso en una sala de petrificaciones de este Real Gabinete”, lo describió. Cuvier redactó un amplio informe con los datos de Bru. (Pelayo, 1996, 1999). Describió cuidadosamente esta criatura y la denominó *Megatherium*. Pertenece al grupo de los perezosos, pero en su época no se conocían vivos perezosos de ese tamaño. Pero ¿cómo explicar la existencia de estos grandes perezosos? ¿cómo explicar su extinción?

Cuvier, contrariamente a su colega Lamarck (1744-1829) nunca aceptó la posibilidad de que las especies animales se “transformasen”. Lo único que aceptó es que periódicamente se producen en la Tierra unas poderosas convulsiones (las “revoluciones del Globo”) con la consiguiente extinción de muchos animales, seguidas de una etapa de calma durante la que se produce otra “creación”. Sin embargo, lo que entiende Cuvier por “creación” es objeto de muchos debates entre los historiadores (Templado, 1974; Young, 1998).

Cuvier y Lamarck fueron enemigos irreconciliables por las teorías fixista y transformista que cada uno de ellos defendían. Pero tal vez, con intención de encontrar nuevos argumentos en apoyo de sus ideas hicieron progresar extraordinariamente el estudio científico de los fósiles, escribiendo y publicando obras de indiscutible valor científico (Meléndez, 1947).

La interpretación “catastrofista” de la desaparición de los seres vivos del pasado está muy arraigada en la mente de los estudiantes. Los medios de comunicación (sobre todo, las películas de dinosaurios) han recalado una imagen falsificada de los procesos geobiológicos que será necesario desmontar con paciencia (Sequeiros y Martínez Urbano, 1998).

EL PERÍODO DE LA PALEONTOLOGÍA DE TRADICIÓN EVOLUCIONISTA Y DARWINISTA

La paleontología va a iniciar un nuevo período de la mano, precisamente, de un hombre que negaba la evolución: Charles Lyell (1797-1875) (Cabezas Olmo, 1997; Pelayo, 1991; Rudwick, 1987; Sequei-

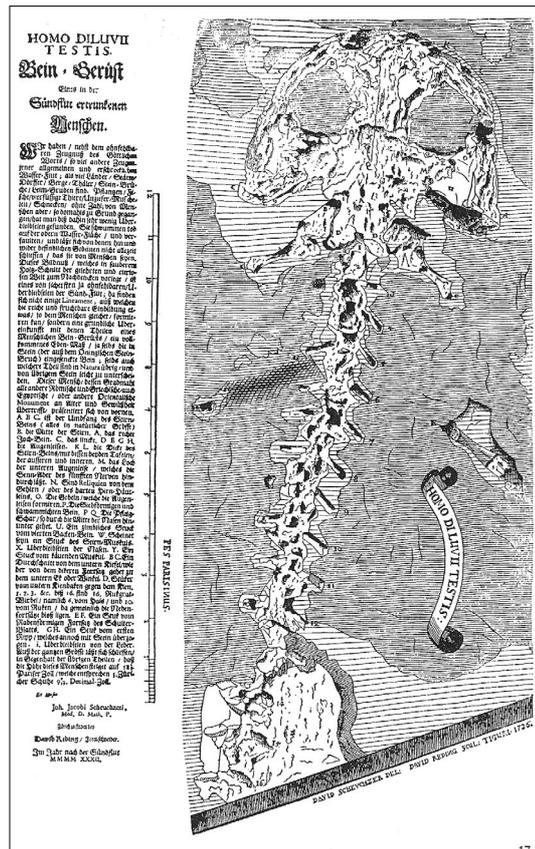


Fig. 4. El *Homo Testis Diluvii* figurado en 1726 por J. J. Scheuchzer (1672-2733)

ros, 1988; 1996; 1999). Lyell había nacido en Kinnordy (Forfarshire, Escocia), el 14 de noviembre de 1797. Sus ideas científicas se contienen especialmente en los *Principios de Geología*, obra paradigmática con que se abre la geología moderna. En 1835, Lyell fue nombrado presidente de la Sociedad Geológica de Londres. Pero su progresismo científico tuvo un tope: pese a ser considerado el maestro de Charles Darwin, nunca aceptó del todo sus ideas evolucionistas, aunque al fin de sus días abrió un estrecho margen a tal posibilidad. Charles Lyell, colmado de honores científicos, falleció en 1875, mientras revisaba su obra *Principles of Geology* (*Principios de Geología*) para la publicación de la 12ª edición. Fue enterrado con todos los honores en la Abadía de Westminster (Sequeiros y otros, 1997).

La aportación más importante de Charles Lyell a las Ciencias de la Tierra, a juicio de sus historiadores, es la propuesta, seguida hoy por los geólogos, según la cual todos los hechos geológicos que se desarrollan en la superficie de la Tierra se explican sin acudir a intervenciones sobrenaturales o extraordinarias. La naturaleza ha mantenido desde siempre las mismas leyes. Los procesos geológicos se desarrollan de forma natural, debido a procesos físicos, químicos y biológicos que actúan de forma lenta, gradual y continua a lo largo de los tiempos geológicos. Este concepto fue denominado por Lyell como *uniformitarianism*

(siendo la traducción española más aceptada la de *uniformitarismo*) (Cabezas Olmo, 1997; García Cruz, 1999). Con este principio, Lyell puso las bases para el desarrollo de las ideas evolucionistas de Darwin, aunque él mismo nunca las aceptó del todo.

La experiencia acumulada en sus viajes mostraba a Lyell que el viejo catastrofismo diluvista no tenía una base científica sólida. La idea del clima es una herramienta metodológica muy importante para la interpretación del mundo en Lyell (Cabezas Olmo, 1999). Este mantuvo del médico y geólogo escocés James Hutton la idea de una Tierra sin dirección ni tiempo, en perfecto estado de equilibrio continuo (*steady-state*) regida por unas leyes determinísticas inflexibles. Solo se permiten breves oscilaciones del clima. No aceptaba las ideas imperantes de un enfriamiento gradual de la Tierra debido al agotamiento del calor central. No hay, pues, para Lyell direccionalidad en el clima.

Lyell aceptaba la idea de Linneo de que las especies (y por ello los fósiles) tienen existencia real y son unidades estables con una variabilidad muy limitada y bien adaptadas a un lugar propio en la naturaleza. Para Lyell, los fósiles eran un poderoso auxiliar del geólogo de campo, que encontraba en ellos los argumentos definitivos para “datar” la edad de los terrenos. La inmensa autoridad de Lyell hizo que la paleontología se reafirmase como “*ancilla geologiae*” en el panorama de las Ciencias de la Tierra durante un siglo y medio. En España ésta fue la línea desarrollada (Mallada, 1897; Sequeiros, 1985).

Darwin, los fósiles y la evolución

Muchos historiadores de la Geología (Rudwick, 1986; Young, 1998) coinciden en afirmar que la década 1830-1839 fue una época de oro para la geología en Gran Bretaña. Es el momento en que, entre otras cosas, los grandes controversias geológicas conducen a establecer algunos hitos importantes en la escala geológica, como los sistemas Cámbrico, Silúrico y Devónico.

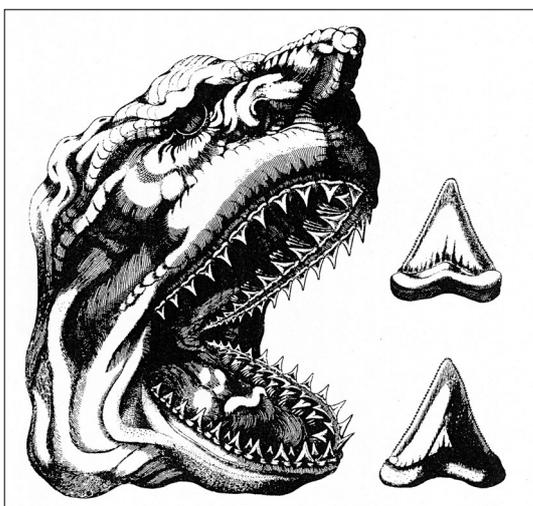


Fig. 5. Ilustración de Niels Stensen (Nicolás Stenon, 1638-1686) con la interpretación de las *Glosopetrae* como dientes de tiburón.

Se puede decir, por tanto, que Darwin tuvo la fortuna de vivir en una época crucial para el establecimiento del paradigma uniformitarista de la Geología. Partiendo de ideas creacionistas cercanas a Cuvier personifica el cambio de paradigma, el paso del fijismo al evolucionismo (Templado 1974; Rudwick, 1987; Sequeiros, 1984; 1988; 1999; Young, 1998). Este cambio será posible en Darwin cuando los estudios geológicos en su viaje alrededor del mundo le ponen ante una nueva evidencia: la existencia de cambios irreversibles en los sistemas geológicos y biológicos.

El itinerario intelectual que lleva del creacionismo al evolucionismo, del paradigma diluvista al paradigma evolucionista, tarda Darwin en recorrerlo cuarenta años. Es un itinerario que pasa primero por la geología. En especial, los años que van desde 1836 a 1859, son decisivos en el cambio conceptual y metodológico de Charles Darwin respecto a la ciencia natural en general y la geología en particular. Sus cartas y el *Viaje de un Naturalista alrededor del mundo* (cuya primera edición es de 1839) son sus obras más interesantes para valorar el proceso creativo de su mente.

Las preocupaciones de Darwin respecto a los fósiles son muy diferentes a las clásicas de Cuvier o de Lyell. Darwin no está interesado tanto por el valor estratigráfico de los restos fosilizados sino por su valor como “testigos” del proceso de cambio orgánico por la selección natural a lo largo de un proceso lento, gradual y continuo que se extiende durante muchos millones de años. Los últimos capítulos de *El Origen de las Especies* (1859) están llenos de referencias al valor de los fósiles en relación con lo que nosotros hoy denominamos evolución biológica y que Darwin no se atrevió a incluir hasta la sexta edición de su obra.

Desde un punto de vista didáctico, la obra de Darwin presenta indudables obstáculos epistemológicos para una recta comprensión y que han sido estudiados extensamente en otro lugar (Yus y Sequeiros, 1995).



Fig. 6. Reconstrucción del siglo XVII de un hipotético Unicornio fósil.

EL PERÍODO DE LA PALEONTOLOGÍA ACTUAL: LA GEOLOGÍA GLOBAL, Y EL CARÁCTER SISTÉMICO

Los historiadores de la ciencia coinciden en afirmar que hay una paleontología antes de Darwin y otra diferente después de Darwin. Fueron Thomas H. Huxley (en Inglaterra), Ernst Haeckel y Fritz Müller (en Alemania) más darwinistas que el mismo Darwin. Y fueron los impulsores y difusores de sus hipótesis por Europa y América, aunque con resultados desiguales. Desde el principio, el evolucionismo darwinista, fundamentado en el registro fósil (Pelayo, 1991; 1999; Rudwick, 1987; Sequeiros, 1984; Truyols, 1988; Young, 1998) fue aliado del liberalismo, y se consideró una justificación científica natural de la libre competencia y la iniciativa privada, por un lado, y como estandarte de la biología materialista y atea por otro.

Entre 1860 y 1930, se produce lo que Bowler llama “el eclipse del Darwinismo”: desde muchos campos científicos (además de los filosóficos) se atacan las ideas evolucionistas. En terminología kuhniana, el paradigma darwinista fue atacado por otros paradigma rivales que intentaban desplazarlo. Este hecho produjo una intensificación de las investigaciones, sobre todo paleontológicas, que llevaron a purificar, reformular y enriquecer el conjunto de las ideas básicas de Darwin (Sequeiros, 1984; Yú y Sequeiros, 1995; Cabezas Olmo, 1997).

G.G. Simpson y la Nueva Síntesis

Por los años 30 se introduce la genética de poblaciones en el pensamiento científico y aparece la llamada “Nueva Síntesis” o “Teoría Sintética de la Evolución”. (Truyols, 1988; Young, 1998; Sequeiros, 1999). Se suele considerar a Theodosius Dobzhanski (1900- 1975) como el “padre” de la nueva síntesis, junto con el ornitólogo Erns Mayr, el botánico Stebbins y el paleontólogo G.G. Simpson (1902-1985), entre otros. Junto a ellos trabajó un amplio equipo que confluyó en el Congreso de Princeton (enero de 1947) y la revista *Evolution*. Llegan a una serie de acuerdos que serán la base de la nueva teoría:

- concordancia general con el pensamiento de Darwin.
- adición del concepto de mutación como causa del cambio orgánico.
- rechazo de las ideas neolamarckianas de la herencia de los caracteres adquiridos en el soma.
- aceptación de la paleontología como prueba de que la evolución es un cambio histórico gradual de las frecuencias génicas en una población, regido por la Selección Natural.

Desde el punto de vista de la Paleontología, el gran innovador de esta ciencia durante medio siglo fue George Gaylord Simpson (1902-1984). Muy joven, en 1922 se traslada a Yale, donde completa su formación paleontológica e inicia su tesis doctoral que culmina en 1926. Tras sus estudios universitarios, Simpson entra a formar parte en 1927, con solo 25 años, del personal del prestigioso Museo

Americano de Historia Natural de Nueva York como director auxiliar de Paleontología. En 1942 fue Conservador de las colecciones de Mamíferos fósiles y posteriormente, desde 1944, Jefe del Departamento de Geología y Paleontología. Dentro del mundo universitario, ocupó la prestigiada cátedra Louis Agassiz (dedicada a este gran paleontólogo suizo del siglo XIX) en la Universidad de Harvard. También fue profesor de Paleontología en la Universidad de Columbia.

Las ideas evolucionistas de Simpson eran muy radicales: “los patrones encontrados en el registro fósil -escribe- pueden ser entendidos en términos de mutación y selección natural. El hombre es el resultado de un proceso sin propósito y materialista”. Dicho con las palabras del también paleontólogo evolucionista Stephen Jay Gould, “somos marginales en un universo indiferente”.

En Paleontología, Simpson constata y puede medir que la evolución procede, como afirma la genética de poblaciones, por la aparición de una pequeña variación genética que invade, a lo largo de las generaciones sucesivas, ciertas poblaciones, conduciendo a la diferenciación gradual de especies nuevas a partir de especies ancestrales.

Los nuevos paradigmas alternativos

No quedaría completo este rápido recorrido histórico si no se dirige la mirada hacia las ideas de la evolución con posterioridad a Simpson. Su ensayo *El Sentido de la Evolución* fue publicado hace ya más cincuenta años (1949). Hoy, las ciencias de la vida, y en especial la Paleontología, han propuesto nuevos modelos explicativos. Tal vez, el más sugerente ha ido tomando cuerpo desde hace unos 25 años. Los trabajos de campo referidos a los registros fósiles de invertebrados en zonas especialmente ricas en faunas del pasado han permitido contrastar nuevos modelos explicativos que han puesto en crisis algunos de los postulados más básicos de la Nueva Síntesis elaborada desde el Congreso de Princeton en 1947.

De modo muy sintético, se puede decir que hoy el debate paleontológico se organiza en gran manera en torno al sentido de la Evolución que se establece en tres planos de debate diferentes:

a) El plano del Gradualismo filético frente al equilibrio intermitente: Simpson, al igual que los demás integrantes de la Nueva Síntesis, son partidarios del modelo “gradualista”. En 1972, dos paleontólogos (Niels Eldredge y Stephen Jay Gould) ponen en tela de juicio que todos los patrones de la especiación y evolución sean graduales. Estudiando linajes de Trilobites postulan un nuevo modelo de evolución: el de los equilibrios intermitentes. La tesis fundamental es la afirmación de la posibilidad de que las pautas y patrones de la evolución no sean “graduales”, sino de cambios intermitentes de ritmo evolutivo. Para estos autores (y muchos paleobiólogos hoy) el proceso de la evolución no posee una ritmo lento, gradual y continuo de cambio como postulaba Darwin y los partidarios de la Nueva Síntesis. Para ellos, las especies

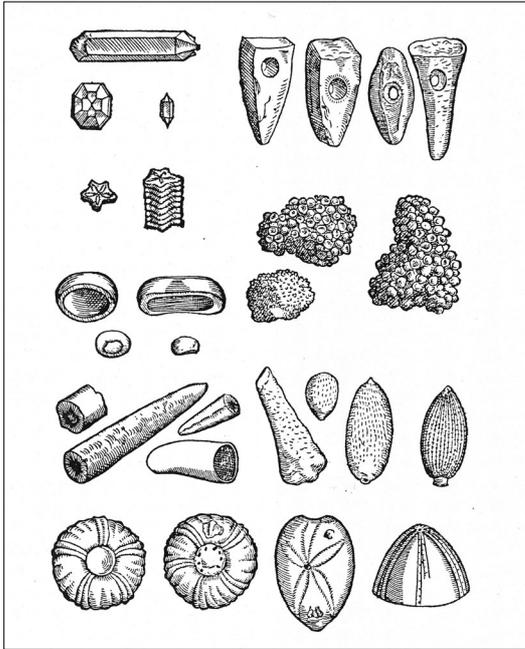


Fig. 7. Ilustración de la obra de Conrad Gessner (1516-1565), en la que incluye como "fósiles" diversos cuerpos de piedra de muy diferente naturaleza.

muestran (tal como se contrasta en el registro fósil) largos períodos de "parón morfológico" en el que no hay apenas cambios significativos, seguidos de breves períodos de cambio morfológico súbito en el seno de la población, de modo que la especiación es un proceso relativamente rápido.

b) El segundo plano de debate entre los biólogos evolutivos se establece entre los partidarios de un solo patrón evolutivo y los que postulan dos procesos: los de Macroevolución y los de microevolución. Los procesos que afectan a los grandes linajes y dan lugar a grupos taxonómicos superiores (como puede ser una familia) y los procesos que afectan a las poblaciones locales y que dan lugar a la especiación. Llama la atención la existencia de linajes con pocas familias pero con muchas especies y linajes con muchas familias y muy pocas especies. Y concluyen: "La macro y micro evolución están desacopladas". Siguen pautas evolutivas diferentes.

c) El tercer plano de debate se establece en torno al problema de la extinción de las especies. Para el darwinismo clásico y la Nueva Síntesis, la extinción de las especies a lo largo del dilatado tiempo geológico es un hecho. Pero es una extinción "de fondo", gradual y lenta, sin "catástrofes" ni "crisis biológicas" generalizadas. Datos de astrofísica muestran hoy que los ritmos de extinción de fauna y flora muestran ritmos catastróficos con una cierta periodicidad (unos 28 millones de años) que podría coincidir con el paso del sistema solar por la proximidades de la Nube de Ort y el impacto de asteroides sobre la piel de los planetas. El debate se establece entre los partidarios de la llamada Extinción gradual frente a los que defienden un modelo de extinción episódica.

CONCLUSIÓN: ¿QUÉ PUEDE APORTAR LA HISTORIA DE LA PALEONTOLOGÍA AL PROFESORADO DE CIENCIAS DE LA TIERRA?

Los apartados anteriores pretenden mostrar que desde hace miles de años la humanidad se ha preocupado por los fósiles. Pero lo que hoy llamamos Paleontología es algo muy diferente de lo que fue durante mucho tiempo. Utilizando la terminología de Imre Lakatos (1978), durante muchos siglos, los naturalistas se preocuparon primero por desarrollar programas de investigación sobre la naturaleza de los cuerpos fósiles, triunfando al fin en el siglo XVIII la interpretación biológica de los mismos sobre la interpretación mineral. Pero los fósiles seguían siendo piezas curiosas, dignas de colecciones, pero no ligadas a una interpretación del mundo.

En el siglo XVIII la interpretación biológica se unió al mito del Diluvio universal bíblico (Sequeiros, 2000) como justificación teológica de la extinción de las especies. Se desarrolla un programa paleontológico de investigación que tiene a los fósiles como testigos del drama diluvista. Sin embargo, en los primeros años del siglo XIX, la arrolladora personalidad de Cuvier impuso el programa de investigación de corte catastrofista, en el que el Diluvio bíblico es relegado al olvido mientras se postulan otras "revoluciones" naturales mucho más violentas.

Pero el nacimiento de la geología como ciencia organizada, en los últimos años del siglo XVIII gracias a James Hutton y su axioma del actualismo, abre el camino a un nuevo programa de investigación desarrollado, entre otros, por Charles Lyell, que tiene en el *uniformitarismo* el eje de una nueva visión de la Tierra y de los fósiles. Estos se convierten en los auxiliares cronométricos de los geólogos de campo. En la historia de la geología de España está esto muy presente (Mallada, 1897).

Con Darwin, los fósiles se integran más en los conceptos biológicos emergentes, como los de selección natural, variabilidad y sobre todo, evolución. Se inicia una alianza fructífera entre los aspectos biológicos y geológicos de los fósiles (Meléndez, 1988) que ha llevado poco a poco a la elaboración de un paradigma paleontológico emancipado de las muletas geológicas y biológicas aunque aún permanece lo que el profesor De Renzi denomina "un matrimonio de conveniencia" (De Renzi, 1985).

Qué duda cabe de que la Paleontología hoy en el mundo y en España ha cambiado mucho. Si nos atenemos a las líneas de investigación de los paleontólogos en el mundo, a la procedencia cada vez más biológica de los profesionales de la Paleontología, a los contenidos de los manuales que se publican, a los nuevos problemas que se suscitan (Aguirre coord., 1989) y a los programas de las asignaturas paleontológicas que se imparten en las facultades de Biología y de Geología, podemos decir que "ya es otra cosa". Se ha abandonado en gran parte la carga sistemática (que es aún necesaria),

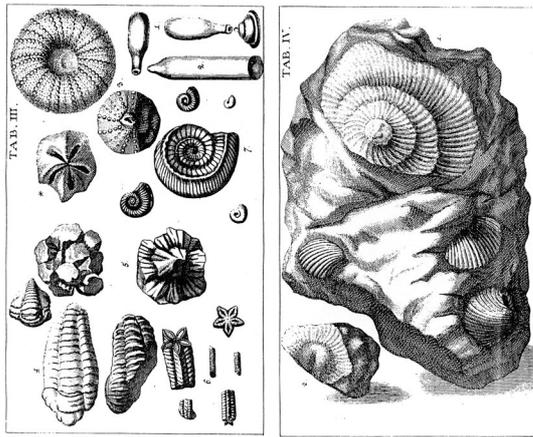


Fig. 8. Ilustración del Aparato para la Historia Natural española (1754) del franciscano José Torrubia (1698-1761)

pero los problemas que se afrontan son de tipo paleoecológico, paleobiogeográfico y evolutivo. Tal vez ésta sea la lección que es necesario aprender cuando se aborda la enseñanza de la paleontología, sobre todo en los niveles no universitarios. Reiteramos aquí lo dicho al inicio de este trabajo: tal vez, el recorrido histórico por la historia de la Paleontología nos ha llevado a considerar que esta ciencia proporciona básicamente a los estudiantes una imagen del mundo. El estudio de los fósiles proporciona hoy una imagen cambiante, abierta, inacabada, evolutiva, sistémica y compleja, ecológica y biogeográfica del planeta Tierra.

Reflexiones didácticas sobre la Paleontología en Secundaria

Desde hace más de un siglo, los fósiles están presentes en los programas educativos de niños y adolescentes en todos los países del mundo. Dentro de la llamada *Historia Natural*, los libros de texto, las enciclopedias escolares y los gruesos volúmenes de Biología y Geología (como la monumental obra *La Creación* (1872-1876) de Juan Vilanova y Piera) dedicaban muchas páginas a la sistemática y descripción de los fósiles.

Puede resultar ilustrativo reflexionar sobre los libros de texto de bachillerato hasta los años ochenta, anteriores a la LOGSE (Sequeiros, 1983). Los fósiles, dentro de una mentalidad más abierta, se presentan a los alumnos como "testigos" de la evolución biológica y, en algunos casos como verdaderas "pruebas" de la evolución (Sequeiros, 1994).

Por lo general, en la práctica educativa diaria de muchos profesores persiste aún una mentalidad tipologista y taxonomista de los fósiles, que pone énfasis casi exclusivo en el afán clasificatorio. Sin embargo, el valor didáctico de los fósiles hay que situarlo en la línea del conocimiento científico del paradigma actual de la paleontología reelaborado para el conocimiento escolar. Pero ¿cómo incorporar los aspectos paleoecológicos, paleobiogeográficos y evolutivos en Educación Secundaria? ¿cómo incorporar a los adolescentes y a los jóvenes en una

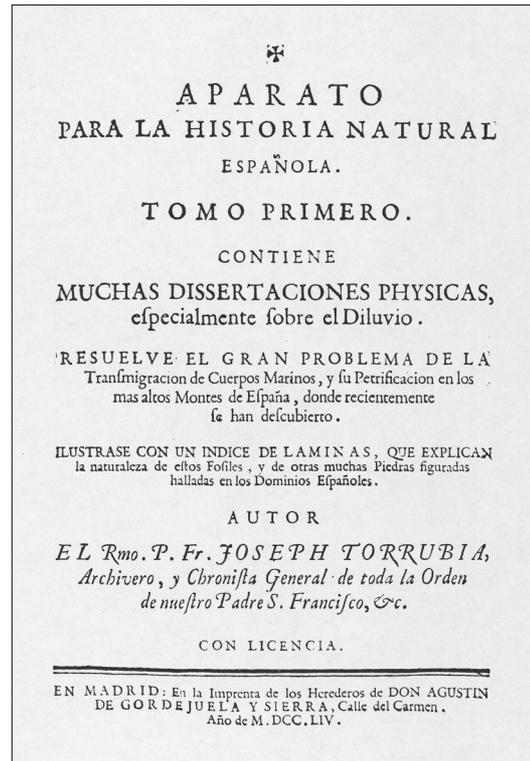


Fig. 9. Portada del Aparato para la Historia Natural española (1754) del franciscano José Torrubia (1698-1761)

imagen cambiante, abierta, inacabada, evolutiva, sistémica y compleja, ecológica y biogeográfica del planeta Tierra? (Yus y Sequeiros, 1995).

Hace ya casi diez años se presentó en el III Congreso Geológico de España una propuesta de contenidos de Geología para la Educación Secundaria (Sequeiros y Pedrinaci, 1992). Posteriormente, la administración educativa ha perfilado, reformado, ampliado y, últimamente recortado y mutilado, las propuestas moderadas y razonables que se hicieron en su momento. No corren vientos favorables para las Ciencias de la Tierra. Con posterioridad, algunas comunidades autónomas (como la de Andalucía) ha propuesto a los profesores una secuencia de contenidos mínimos deseables en Secundaria. Aquí introduce los contenidos escolares de la Paleontología en cuarto curso de ESO, al tratar de la historia del planeta Tierra: "La Tierra tiene una historia que contarnos". Este número de *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* pretende aportar pistas concretas sobre el modo de responder a las preguntas que se proponían al principio de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, F. D. (1954). *The birth and development of the Geological Sciences*. Dover Publications, Inc., New York (reedición de 1938), 506 páginas (sobre todo, las páginas 77- 136 y 250-276)

Aguirre, E. coordinador (1989). *Paleontología. Nuevas Tendencias*. CSIC, Madrid, 433.

- Buffetaut, E. (1992). *Fósiles y Hombres*. Plaza y Janés, Barcelona, 356 páginas.
- Cabezas Olmo, E. (1997). *Gradualidad e Interrupción: ¿dos modos alternativos de entender la evolución de los seres?*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia (inédita).
- Cabezas Olmo, E. (1999). La Teoría del Clima y su función dentro del sistema uniformitarista de Charles Lyell. *Llull, Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, Zaragoza, 22, 37-49.
- Capel, H. (1985). *La Física Sagrada. Creencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la Geomorfología española*. Ediciones del Serbal, Barcelona, 223.
- De Renzi, M. (1985). Paleontología y Geología: un matrimonio de conveniencias. *I Congreso Español de Geología*, Segovia, Actas, 1984, V, 77-86.
- Ellenberger, F. (1989). *Historia de la Geología. Volumen I: de la antigüedad al siglo XVII*. MEC-Labor, Barcelona, 282.
- Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la Géologie. tome 2: la grande écloison et ses prémices (1660-1810)*. Lavoisier, París, 381.
- García Cruz, C.M. (1999). El principio de uniformidad. Un obstáculo epistemológico entre el pasado y el presente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7(1), 16-20.
- Lakatos, I. (1978). *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza Universidad, Madrid, nº 349, 315.
- Mallada, L. (1897). *Los progresos de la Geología en España durante el siglo XIX*. Discurso de Ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid. Imprenta L. Aguayo, 43.
- Meléndez, B. (1947). Historia de la Paleontología. En: *Generalidades de Paleontología*. Editorial Paraninfo, Madrid, 85-109.
- Meléndez, B. (1988). La Paleontología: punto de encuentro histórico entre la Geología y la Biología. En: *VVAA. Curso de Conferencias sobre Historia de la Paleontología*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 11-30.
- Pedrinaci, E. (1992). La roca tiene una historia que contarnos. *Aula de Innovación Educativa*, 4-5, 33-36.
- Pedrinaci, E. y Berjillos, P. (1994). El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(1), 240-251.
- Pedrinaci, E. y Sequeiros, L. (1999). Conocer los archivos del planeta. *Alambique*, Barcelona, 22, 7-20.
- Pelayo, F. (1991). Las Teorías Geológicas y Paleontológicas durante el siglo XIX. *Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Akal, Madrid, nº 40, 1-55.
- Pelayo, F. (1996). *Del Diluvio al Megaterio. Los orígenes de la Paleontología en España*. Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia, CSIC, Madrid, nº 16, 310.
- Pelayo, F. (1999). Los orígenes de la Paleontología en España. *Temas Geológico-Mineros*, Madrid, 26, 3-12.
- Richards, R. J. (1999). *El significado de la Evolución*. Alianza Editorial, Ciencia y Tecnología, nº 014, 230.
- Rudwick, M. J. S. (1987). *El significado de los fósiles. Episodios de la Historia de la Paleontología*. Hermann Blume, Madrid, 347.
- Sequeiros, L. (1983). Evolución y Paleontología en las Ciencias Naturales de primero de BUP: ¿qué evolución y qué paleontología?. *Memoria del II Simposio de Enseñanza de la Geología*. (Gijón, 1982), 248-259.
- Sequeiros, L. (1984). Fósiles y evolución: ¿tienen valor las pruebas paleontológicas?. *Razón y Fe*, Madrid, 209, 504-512.
- Sequeiros, L. (1985). Un reto interdisciplinar: la historia y la epistemología de la Geología española. *I Congreso Español de Geología*. Segovia, 1984, Actas, V, 523-533 (con una extensa bibliografía).
- Sequeiros, L. (1988). Desarrollo histórico de la Paleontología en España en el siglo XIX. En: *VVAA. Curso de Conferencias sobre Historia de la Paleontología*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 31-44.
- Sequeiros, L. y Pedrinaci, E. (1992). Una propuesta de contenidos de geología para la ESO. En: *Actas del III Congreso Geológico de España*. Salamanca, I, 471-480.
- Sequeiros, L., Pedrinaci, E., Berjillos, P., García de la Torre, E. (1997). El bicentenario de Charles Lyell (1797-1875). Consideraciones didácticas para Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1), 21-31.
- Sequeiros, L. y Martínez Urbano, M. (1998). ¿Qué piensan los alumnos de SAFA sobre la evolución biológica?. Implicaciones para Educación Primaria y Secundaria. *Aula de encuentro*. EU Magisterio Úbeda, 2, 31-47.
- Sequeiros, L. (1999). La epistemología oculta de los paleontólogos. Los fósiles "bajo el crisol de Bacon". *Temas Geológico-Mineros*, Madrid, 26, 36-43.
- Sequeiros, L. (2000). Teología y Ciencias Naturales. Las ideas sobre el diluvio universal y la extinción de las especies biológicas hasta el siglo XVIII. *Archivo Teológico Granadino*, 63, 91-160.
- Templado, J. (1974). *Historia de las teorías evolucionistas*. Editorial Alhambra, colección Exedra, Madrid, 170.
- Truyols, J. (1988). Desarrollo histórico de la Paleontología contemporánea en España. En: *VVAA. Curso de Conferencias sobre Historia de la Paleontología*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 45-68.
- VVAA. (1997) Historia y Epistemología de la Geología (monográfico). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1), 1-75.
- Young, D. (1998). *El descubrimiento de la evolución*. Ediciones del Serbal, Barcelona, 294.
- Yus, R. y Sequeiros, L. (1995). Los cambios en los sistemas biológicos. En: Hierrezuelo, J. coordinador. *Ciencias de la Naturaleza. Cuarto curso de ESO*. Edelvi- ves, Zaragoza, IV, 331-565.
- Ziegler, B. (1984). *Kleine Geschichte der Paläontologie*. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Stuttgart, nº 19, 32. ■