

Del mundo en que vivimos a la dinámica de la Tierra: el particular recorrido de las Ciencias de la Tierra por la Educación Primaria y Secundaria

*From the “World we live in” to the “Earth’s dynamic”:
the particular path of Earth Sciences across the Spanish
Education System*

ÁNGEL LUIS CORTÉS GRACIA Y M^a BEGOÑA MARTÍNEZ PEÑA

Grupo de Investigación Beagle, Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA),
Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza. E-mails: acortes@unizar.es, bpena@unizar.es

Resumen En este trabajo se analiza la situación de los contenidos de Ciencias de la Tierra en los currículos de Educación Primaria (EP) y Educación Secundaria Obligatoria (ESO), su distribución y adecuación, así como la forma en que se han recogido en los libros de texto de la LOMCE. Se detecta que en Educación Primaria los contenidos se presentan como un conjunto de etiquetas con escasas explicaciones y sin conexión con algunos de los modelos científicos de referencia y, en el paso a la enseñanza secundaria, no se tiene en cuenta lo tratado en la etapa anterior. En la ESO el enfoque es diverso y depende de las editoriales. Tomando como referencia los modelos existentes sobre la estructura interna de la Tierra, se aprecia que en los libros de texto se mezclan los componentes de los dos modelos científicamente aceptados (geoquímico y geodinámico) y apenas se justifica cómo se han construido los mismos.

Palabras clave: Ciencias de la Tierra, currículo, Educación Primaria y Secundaria, estructura interna de la Tierra, libros de texto.

Abstract *The features, distribution and adequacy of Earth Sciences contents in the Spanish Curriculum (LOMCE) of Primary and Secondary Education are analyzed in this work. The contents that appear in LOMCE textbooks are also studied. In Primary Education the contents are presented to the students as a set of labels with little explanation and no connection to scientific models; and, in the transition to Secondary Education, the topics covered in the previous stage are not taken into account. In Secondary Education, the approach is diverse and depends on the publishers’ decisions. Taking into account the existing models about the interior structure of the Earth, we can see that textbooks contain a blend of components from two models scientifically accepted (geochemical and geodynamic) and the authors provide almost no explanations about how the models have been constructed.*

Keywords: Curriculum, Earth’s internal structure, Earth Sciences, Primary and Secondary Education, Text Book.

INTRODUCCIÓN

Las reformas educativas de las últimas décadas (LOGSE 1990; LOCE 2002; LOE 2006; LOMCE 2013) han conllevado importantes modificaciones, sobre el papel, de los currículos de las diferentes etapas educativas. Cada vez que se sugiere una reforma, los especialistas de cada una de las disciplinas o materias (en nuestro caso, de la Geología o las Cien-

cias de la Tierra) abren un debate sobre las oportunidades para cambiar un modelo de enseñanza y aprendizaje con el que pocos parecen estar contentos (Domingo y Sequeiros, 1998; Gallegos, 1999; De Pro, 2002; Pedrinaci, 2002, 2013 a y b, 2016). A pesar de ello, una vez que se aprueba una reforma y ésta se pone en marcha, es frecuente leer sobre las oportunidades perdidas y las necesidades reales que los profesionales de la educación y las co-

munidades científicas declaran sobre cada materia (Pedrinaci, 2006, 2007, 2016; Banet, 2007; Gavidia y Rodes, 2007; Pedrinaci y Gil, 2011; Calonge García, 2013; Pedrinaci *et al.*, 2013). En la mayoría de los casos, los trabajos hacen referencia a la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y al Bachillerato, encontrando escasas referencias a la situación de la Educación Primaria (García Carmona *et al.*, 2014; Martínez Peña *et al.*, 2015).

En muchas ocasiones, las demandas de algunos profesionales relacionados con la enseñanza de las Ciencias de la Tierra (no siempre publicadas ni debidamente argumentadas) se centran en destacar: la disminución de contenidos de geología en los distintos cursos, el carácter optativo de las asignaturas, la inadecuada representación de los modelos geológicos en los libros de texto e incluso el desinterés o la falta de preparación de parte del profesorado para enfrentarse a su enseñanza dentro y fuera del aula (Trend, 2000; Del Toro y Morcillo, 2011; Calonge García, 2013). Algunas de estas cuestiones son esgrimidas en ocasiones para justificar el poco éxito de la geología en la elección de optativas en secundaria y/o la falta de vocaciones para la profesión. Menos frecuentes son los trabajos que reflexionan sobre: la adecuación y actualización de los contenidos (Jaén y Roca, 2016; Pedrinaci, 2016), sobre los intereses reales de los estudiantes en relación a las Ciencias de la Tierra (Fermeli *et al.*, 2015), sobre las dificultades de enseñanza y aprendizaje de los mismos (no se incluyen aquí solo los contenidos conceptuales, Pozo, 2000; Pujol y Márquez, 2011), sobre los modelos geológicos que se pueden generar en Educación Primaria y que sirven como punto de partida en la ESO (Martínez Peña *et al.*, 2015; Mateo *et al.*, 2017),

sobre la propia estructura del sistema educativo y el tratamiento que recibe la geología (Pedrinaci, 2013 a), etc.

Afortunadamente, parece existir un consenso sobre la geología que necesitamos, al menos en términos de alfabetización científica para la ESO (Pedrinaci *et al.*, 2013), aunque se siguen olvidando las primeras etapas educativas. Según los mismos autores, “puesto que se trata de un conocimiento básico, y fundamental, coincide con aquello que debería saber todo estudiante al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria (ESO)” (p. 118). Nosotros añadimos que, para ello, deberíamos comenzar a revisar la situación y a hacer propuestas al menos desde la Educación Primaria porque, como se indica en diversos trabajos, si no hemos sido capaces de “enganchar” a los estudiantes antes de los 12-14 años, quizás los hayamos perdido para siempre (Rocard *et al.*, 2007; Osborne y Dillon, 2008).

Desde el punto de vista del aprendizaje, muchos autores coinciden en que “los escolares deben sentir la necesidad de adquirir nuevos conocimientos para comprender determinados fenómenos” (García Carmona *et al.*, 2014, p. 148), y esto es algo difícil de conseguir con el conjunto de términos aislados y desestructurados que constituyen los contenidos de geología en nuestro currículo, incluidos en “programas tradicionales que suelen limitarse a los contenidos teóricos” (Pedrinaci, 2016, p. 9).

Desde esa perspectiva, en este trabajo trataremos de responder a las siguientes cuestiones:

¿Qué contenidos de geología aparecen en el currículo de Educación Primaria y cómo están distribuidos? ¿Se tratan de forma adecuada?

¿Cómo se presentan los contenidos de geología en Educación Secundaria Obligatoria? ¿Qué tipo de progresión presentan los contenidos y los modelos geológicos a lo largo de estas etapas educativas?

Para ello presentaremos un breve resumen a nivel curricular, tratando de destacar los principales contenidos de las dos etapas estudiadas. Se han seleccionado para su análisis en profundidad los modelos del interior de la Tierra, ya que aparecen tanto en el currículo como en los libros de texto desde las primeras etapas educativas y son uno de los elementos clave para comprender el funcionamiento del planeta desde la perspectiva sistémica que reclaman muchos autores (Pozo, 2000; Brusi, 2011). También se presentará cómo son tratados esos contenidos concretos en los libros de texto adaptados al actual marco curricular (ver listado en Tabla I), mostrando tanto ejemplos de varias editoriales diferentes del mismo curso, así como la progresión de los contenidos y de los modelos citados a lo largo de una misma colección editorial.

LOS CONTENIDOS DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL CURRÍCULO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Desde la entrada en vigor de la LOMCE (2013) y del Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, los contenidos de Ciencias de la Tierra, anteriormente incluidos en la asignatura *Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural*, pasaron a for-

Tabla I. Libros de texto analizados en este trabajo

| LIBRO | CURSO | ASIGNATURA | EDITORIAL | AÑO |
|-------|--------|---------------------------|--------------|------|
| EP1 | 6º EP | Ciencias de la Naturaleza | Edelvives | 2015 |
| EP2 | 5º EP | Ciencias de la Naturaleza | Edelvives | 2014 |
| EP3 | 5º EP | Ciencias de la Naturaleza | Santillana | 2015 |
| EP4 | 5º EP | Ciencias de la Naturaleza | Vicens Vives | 2015 |
| EP5 | 6º EP | Ciencias Sociales | Edelvives | 2015 |
| EP6 | 5º EP | Ciencias Sociales | Edelvives | 2014 |
| EP7 | 6º EP | Ciencias Sociales | Santillana | 2015 |
| EP8 | 5º EP | Ciencias Sociales | Santillana | 2014 |
| EP9 | 6º EP | Ciencias Sociales | Vicens Vives | 2015 |
| EP10 | 5º EP | Ciencias Sociales | Vicens Vives | 2015 |
| EP11 | 6º EP | Ciencias Sociales | Anaya | 2015 |
| EP12 | 5º EP | Ciencias Sociales | Anaya | 2015 |
| ESO1 | 1º ESO | Biología y Geología | Santillana | 2015 |
| ESO2 | 1º ESO | Biología y Geología | Edelvives | 2015 |
| ESO3 | 1º ESO | Biología y Geología | Vicens Vives | 2015 |
| ESO4 | 1º ESO | Biología y Geología | Edebé | 2015 |
| ESO5 | 4º ESO | Biología y Geología | SM | 2016 |
| ESO6 | 4º ESO | Biología y Geología | Edelvives | 2016 |
| ESO7 | 4º ESO | Biología y Geología | Vicens Vives | 2016 |
| ESO8 | 3º ESO | Biología y Geología | Edelvives | 2015 |
| ESO9 | 3º ESO | Biología y Geología | Vicens Vives | 2015 |

| EDUCACIÓN PRIMARIA | |
|---|---|
| CIENCIAS NATURALES | CIENCIAS SOCIALES |
| <p>Bloque 1. Iniciación a la actividad científica. Cualquiera de los contenidos del bloque (C), criterios de evaluación (CE) y estándares de aprendizaje evaluables (EAE) serían aplicables a las Ciencias de la Tierra.</p> <p>Bloque 3. Los seres vivos. Dentro de este bloque encontraríamos la conexión con la geología dentro del tema de los ecosistemas:</p> <p>C: Características y componentes de un ecosistema.</p> <p>CE: Conocer las características y componentes de un ecosistema.</p> <p>EAE: Identifica y explica algunas de las causas de la extinción de especies. Observa e identifica las principales características y componentes de un ecosistema.</p> <p>Bloque 4. Materia y energía. El estudio y clasificación de algunos minerales por sus propiedades y/o usos podrían ser el único nexo de unión con las Ciencias de la Tierra:</p> <p>C: Estudio y clasificación de algunos materiales por sus propiedades. Utilidad de algunos avances, productos y materiales para el progreso de la sociedad.</p> <p>CE: Estudiar y clasificar materiales por sus propiedades.</p> <p>EAE: Observa, identifica, describe y clasifica algunos materiales por sus propiedades (dureza, solubilidad, estado de agregación, conductividad térmica).</p> | <p>Bloque 1. Contenidos comunes. Algunos ejemplos de los contenidos (C):</p> <p>Iniciación al conocimiento científico y su aplicación en las Ciencias Sociales.</p> <p>Fomento de técnicas de animación a la lectura de textos de divulgación de las Ciencias Sociales (de carácter social, geográfico e histórico).</p> <p>Uso y utilización correcto de diversos materiales con los que se trabaja.</p> <p>Bloque 2. El mundo en que vivimos. Prácticamente todos los contenidos de este bloque, corresponden o son afines a las Ciencias de la Tierra. Algunos ejemplos:</p> <p>C: El Universo y el Sistema Solar: el Sol. Los Planetas. / El planeta Tierra y la Luna, su satélite. Características. Movimientos y sus consecuencias. / La hidrosfera. Distribución de las aguas en el planeta. El ciclo del agua. / La Litosfera: características y tipos de rocas. / Rocas y minerales: Propiedades usos y utilidades. / La diversidad geográfica de los paisajes de España y Europa: relieve e hidrografía.</p> <p>CE: Explicar cómo es y de qué forma se originó el Universo y sus principales componentes. / Identificar las capas de la Tierra según su estructura ya sea interna o externa. / Explicar la hidrosfera, identificar y nombrar masas y cursos de agua, diferenciando aguas superficiales y aguas subterráneas, cuencas y vertientes hidrográficas, describiendo el ciclo del agua. / Adquirir el concepto de litosfera, conocer algunos tipos de rocas y su composición identificando distintos minerales y algunas de sus propiedades.</p> <p>EAE: Describe cómo es y de qué forma se originó el Universo y explica sus principales componentes identificando galaxia, estrella, planeta, satélite, asteroide y cometa. / Define hidrosfera, e identifica y nombra masas y cursos de agua explicando cómo se forman las aguas subterráneas, cómo afloran y cómo se accede a ellas. / Describe ordenadamente las fases en las que se produce el ciclo del agua. / Observa, identifica, y explica la composición de las rocas nombrando algunos de sus tipos. / Identifica y explica las diferencias entre rocas y minerales, describe sus usos y utilidades, clasificando algunos minerales según sus propiedades. / Localiza en un mapa las principales unidades del relieve de España y sus vertientes hidrográficas.</p> |

Tabla II. Distribución general de los contenidos de geología en el currículo LOMCE de Educación Primaria. (C: contenidos, CE: criterios de evaluación, EAE: estándares de aprendizaje evaluables).

mar parte de la asignatura troncal de *Ciencias Sociales* (Tabla II). De esta manera, las Ciencias de la Tierra dejaron de ser consideradas como “Ciencias Naturales”, sin que quede claro cuál es el enfoque general de sus contenidos y las actividades prácticas relacionadas (Martínez Peña *et al.*, 2015).

Dentro de las Ciencias de la Naturaleza, los contenidos de geología se limitan a alguna referencia dentro del tema de los ecosistemas y escasos ejemplos en el tema de los materiales y sus propiedades. Así, en la tabla II quedan reflejados todos los contenidos de geología del currículo de Educación Primaria en esta materia. El resto de los contenidos se encuentran en las Ciencias Sociales.

El propio lenguaje utilizado en el currículo oficial dentro del área de Ciencias Sociales es desconcertante, pudiendo encontrar expresiones del tipo: “explicar cómo es...”, “explicar la hidrosfera”, “adquirir el concepto de litosfera”, “describe cómo es... el Universo”, “define hidrosfera”, “describe ordenadamente las fases en las que se produce el ciclo del agua”, “explica la composición de las rocas”, etc.

Frente a este hecho, desde hace años se insiste en la importancia que tiene el lenguaje en la construcción del conocimiento científico y se ha tratado de buscar un consenso para la definición de las distintas

tipologías textuales (Tabla III), de manera que fuera aceptable desde todas las áreas y que el profesorado pudiera trabajar con los mismos criterios desde todas ellas (Sanmartí, 1995; Jorba *et al.*, 2000; Márquez Bargalló, 2005).

De acuerdo con los autores anteriormente citados, “explicar cómo es...” o “explicar la...” no serían planteamientos adecuados desde el punto de vista lingüístico. Al mismo tiempo, desde la perspectiva alfabetizadora de las Ciencias de la Tierra (Pedrinaci *et al.*, 2013), “el término alfabetización tiene aquí un significado análogo al que se le da desde la perspectiva lingüística, que no considera alfabetizada a una persona solo porque identifique y reproduzca las le-

Tabla III. Principales tipos de habilidades cognitivo-lingüísticas y tipo de demanda que implica cada una de ellas (basado en Jorba *et al.*, 2000).

| | |
|------------|---|
| Describir | Producir enunciados que enumeren cualidades, propiedades, características, etc., de un objeto, organismo o fenómeno. |
| Definir | Producir enunciados que describan la esencia de un concepto, expresando las características esenciales, suficientes y necesarias. |
| Explicar | Producir razones o argumentos de manera ordenada según una relación causa-efecto. |
| Justificar | Producir razones o argumentos en relación a un corpus de conocimiento o teoría. |
| Argumentar | Producir razones o argumentos con la finalidad de convencer. |

tras del abecedario sino que se espera de ella que sea capaz de comprender un texto o expresar por escrito una idea” (p. 118). Así, vemos de entrada que los contenidos curriculares de geología en Educación Primaria se presentan como meras etiquetas, no quedando claro si a los estudiantes se les pide que conozcan el término en sí mismo, una definición o el modelo científico que subyace. Es decir, puede que los niños aprendan palabras como litosfera, roca, mineral, etc., pero no podemos estar seguros de que comprendan su significado o que lleguen a conectar esos conceptos desde un punto de vista sistémico (Assaraf y Orion, 2005, 2010; Raia, 2005; Pascual Trillo, 2013).

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Si atendemos a cómo son trasladados esos contenidos curriculares a los libros de texto de Educación Primaria, de entrada podemos observar que lo que no está prescrito en el currículo no aparece en los libros. Es decir, no hay geología en los libros de Ciencias de la Naturaleza, salvo algunos contenidos a nivel anecdótico. En este caso, el curso con más referencias a la geología es 5º de Educación Primaria, aunque simplemente aparecen una serie de términos comunes, a veces desconectados, e incluso con errores (ver Tabla IV). Como ejemplo de estas últimas cabe destacar la perspectiva “lamarckista” y descontextualizada de la idea de tiempo geológico que introducen en relación a la evolución de las especies (Tabla IV, libro EP1) y el

uso erróneo de los conceptos de mineral/material al tratar de introducir la idea de dureza (Tabla IV, libro EP4), aplicada tanto a un mineral (diamante) como a una aleación metálica (bronce).

Si revisamos los libros de Ciencias Sociales de 5º y 6º de Educación Primaria, encontramos que, tal como prescribe el currículo, se encuentra un tema sobre la Tierra en el Universo. En él se incluyen contenidos sobre el Universo, el Sol y los planetas; la Tierra, la Luna, los movimientos de ambos y sus consecuencias; la estructura de la Tierra, atmósfera, hidrosfera, biosfera, geosfera; corteza, manto y núcleo; minerales y rocas; volcanes y terremotos; el relieve y los procesos externos. También se encuentran temas sobre los sectores económicos en los que se menciona la minería y se hace referencia a la extracción de algunas rocas y minerales.

Es decir, en Ciencias Sociales se aborda una parte importante de los contenidos geológicos. Sin embargo, al analizar cómo se presentan dichos contenidos, nos encontramos con un tratamiento anecdótico y superficial que se limita, en muchos casos, a nombrar términos y dar una definición. Por ejemplo, el libro EP12 menciona en el tema 1 que “Cada roca es una mezcla de granos de una o de varias sustancias, también sólidas, llamadas minerales” (p. 17). Más adelante, en el tema 3 El relieve y la hidrografía de España, en el que no se habla de rocas ni de minerales, se finaliza planteando lo siguiente: “Tareas. La importancia de los minerales” (p. 48). En ese apartado se habla de algunas propiedades como forma, brillo, color y raya, dureza y densidad y se pide que

| LIBRO | TEMA | CONTENIDOS |
|-------|--|--|
| EP1 | Unidad 1. Un planeta vivo | El ecosistema. Componente inerte (medio físico). Las especies aparecen y desaparecen. Los pequeños dinosaurios carnívoros se adaptaron al medio alargando sus brazos, que se transformaron en alas y les permitieron volar. Así surgieron las aves que vemos todos los días. |
| EP2 | Unidad 4. Los ecosistemas | Componente inerte, medio físico, agua, suelo, aire, temperatura, salinidad y luz. |
| | Unidad 5. La materia, las fuerzas y la energía | Sustancias puras: oro y agua. Mezcla heterogénea: el granito (formado por tres minerales: cuarzo, feldespato y mica). Los materiales naturales: el granito. |
| EP3 | Proyecto | Fuentes de energía: el sol y el petróleo. |
| | Unidad 5. Los ecosistemas | Medio físico: rocas, aire, agua, temperatura, humedad y luz. |
| | Unidad 8. La energía y su uso | Fuentes renovables: calor interno de la Tierra (energía geotérmica). Fuentes no renovables: combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo, uranio, plutonio) |
| EP4 | Unidad 5. Los ecosistemas | Medio físico. Componentes: agua, aire y suelo. Factores: luz, temperatura y salinidad. Alteraciones: desertificación, erosión del suelo. |
| | Unidad 6. La materia y la energía | Referencia a “Viaje al centro de la Tierra” de J. Verne (volcán, rocas, minerales, interior de la Tierra). Los materiales (carbón, mármol, diamante). Dureza: es la resistencia que ofrece un material a ser rayado. El diamante y el bronce son materiales duros. Fuentes de energía (carbón, petróleo, gas natural y uranio). |

Tabla IV. Contenidos de geología extraídos de cuatro libros de Ciencias de la Naturaleza de Educación Primaria. Hay que destacar que no son ejemplos, sino todos los contenidos existentes en esos cuatro libros.

describan las propiedades de los minerales a partir de varias fotos que van acompañadas de alguna indicación (fluorita: bipirámide; cuarzo rosa: brillo vítreo; oligisto: superficie gris o roja; raya roja y cuarzo: muy duro). Es evidente que la introducción descontextualizada de estos nombres y propiedades no aportan información relevante al tema “El relieve y la hidrografía de España” y no contribuyen a la construcción del modelo de mineral (Mateo *et al.*, 2017).

Además es frecuente encontrar graves errores en el texto:

- En el libro EP5 se indica que “es el núcleo donde se originan fenómenos como los terremotos y los volcanes” (cuadernillo adicional, p. 10), sin embargo, está ampliamente aceptado que el origen es litosférico o, en todo caso, mantélico (y así aparece en el libro principal, p. 14).
- Según el libro EP10 “El manto es la capa intermedia. Tiene una temperatura muy elevada, por lo que las rocas que lo forman están fundidas” (p. 11), si bien se supone que el manto es fundamentalmente sólido y las rocas fundidas formarían sólo una pequeña parte del manto.
- En el libro EP11 muestran la clasificación de las rocas, indicando que “las rocas pueden ser: Magmáticas, que se forman por la solidificación del magma... Metamórficas, como las pizarras, y plutónicas, como los granitos, que se forman a partir de las rocas magmáticas y sedimentarias. Sedimentarias...” (p. 12), en este caso, separa las rocas plutónicas de las magmáticas, cuando son un tipo de rocas magmáticas, y luego las asocian de forma confusa a las metamórficas.

Aunque en general en la asignatura de Ciencias Sociales se presenta el modelo geoquímico del interior de la Tierra, algunos libros introducen el concepto

de litosfera, correspondiente al modelo geodinámico, (libros EP5, EP11) e incluso se encuentra un particular modelo del sistema Tierra “formada por cuatro elementos” (sólido, líquido, gaseoso y vivo), añadiendo que el sólido o geosfera configura el conjunto de tierras o continentes (libro EP10, p. 10). Estos planteamientos simplificados e incluso erróneos, junto con los mostrados en el párrafo anterior, pueden ser una fuente de ideas alternativas sobre la geología desde las primeras etapas educativas.

En el siguiente apartado se analizarán los modelos del interior de la Tierra que prescribe el currículo oficial y cómo aparecen en los libros de texto de ESO. No obstante, para poder entender cuál es el punto de partida de los estudiantes al enfrentarse a esos contenidos en secundaria, hemos querido incluir de forma resumida el modelo que aparece en varios libros de texto de Educación Primaria, construido a partir de la información textual y gráfica presente en los mismos (Fig. 1).

Además de algunos errores que podrían generar ideas alternativas en los estudiantes y que abordaremos al analizar los modelos en la ESO (ya que se repiten en ambas etapas), es llamativa la referencia al magnetismo terrestre (libro EP10). “El núcleo es la parte más interna... La mayor parte es hierro (80 %) y, por ello, nuestro planeta se comporta como un gigantesco imán”. “El peso de nuestro cuerpo y el de la Tierra (que es muy grande) se atraen muy fuertemente. Esta atracción es la gravedad, que nos mantiene unidos a la superficie terrestre” (p. 11). La referencia al magnetismo terrestre no debería hacerse simultáneamente a la introducción del concepto de gravedad, como es el caso, puesto que lleva a los alumnos a desarrollar ideas alternativas explicando la atracción gravitatoria por la existencia de un “imán” en el núcleo terrestre (Granda Vera, 1988; Ramón-Sala *et al.*, 2014).

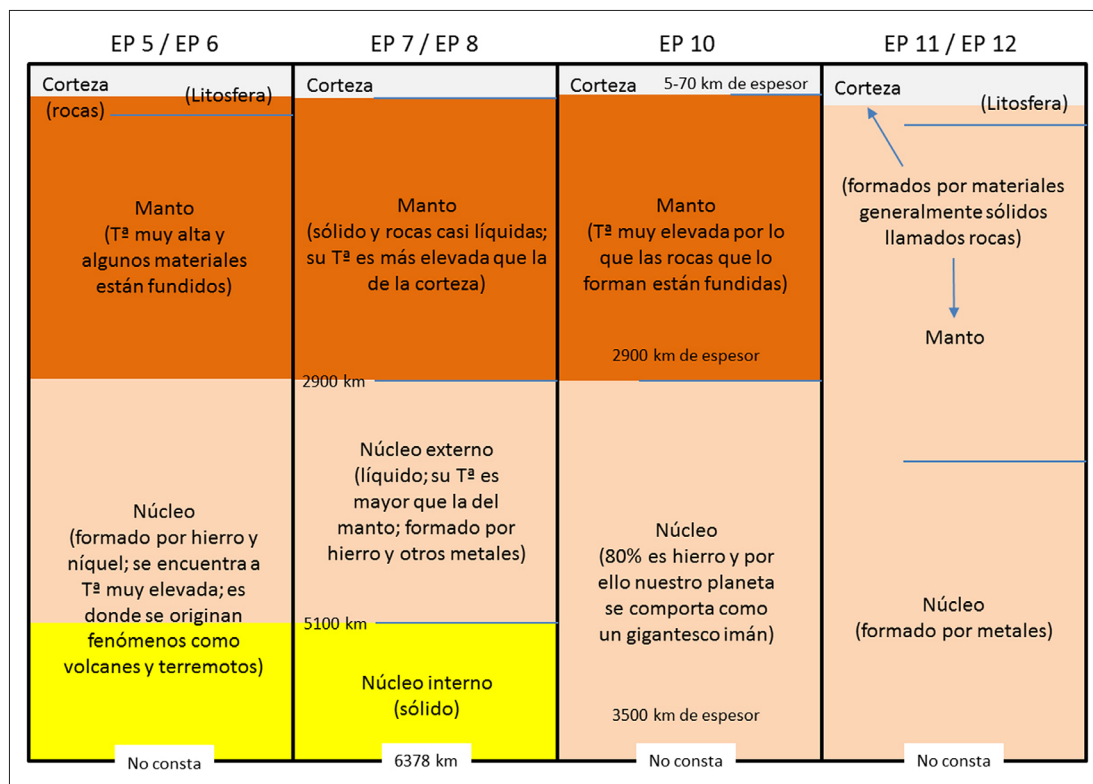


Fig. 1. Modelos del interior de la Tierra según 7 libros de texto de 5ª y 6ª EP.

Tabla V. Contenidos curriculares sobre el interior de la Tierra para 1º, 3º y 4º ESO.

| |
|---|
| 1º y 3º ESO. Bloque 2. La Tierra en el universo |
| C: La geosfera. Estructura y composición de corteza, manto y núcleo. CE: Identificar los materiales terrestres según su abundancia y distribución en las grandes capas de la Tierra. EAE: Describe las características generales de la corteza, el manto y el núcleo terrestre y los materiales que los componen, relacionando dichas características con su ubicación. |
| 4º ESO. Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra |
| C: Estructura del interior terrestre: Capas que se diferencian en función de su composición y en función de su mecánica. CE: Identificar las capas que conforman el interior del planeta de acuerdo con su composición, diferenciarlas de las que se establecen en función de su mecánica, y marcar las discontinuidades y zonas de transición. EAE: Analiza el modelo geoquímico y geodinámico de la Tierra, contrastando lo que aporta cada uno de ellos al conocimiento de la estructura de la Tierra. |

LOS CONTENIDOS DE GEOLOGÍA EN EL CURRÍCULO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA. LOS MODELOS DEL INTERIOR DE LA TIERRA COMO EJEMPLO CONCRETO

En el currículo de Educación Secundaria Obligatoria, todos los contenidos de geología se enmarcan en la asignatura de Biología y Geología (1º, 3º y 4º ESO), aunque también aparecen algunos contenidos en la asignatura de Geografía e Historia. Por ello, no analizaremos los contenidos que aparecen en el currículo sino cómo se abordan en los libros de texto de la etapa. Debido a su extensión, no es posible presentar (como hemos hecho en el caso de Educación Primaria) y menos aún analizar en profundidad todos los contenidos del currículo de ESO (Ley Orgánica 8/2013). Además, cada comunidad autónoma ha desarrollado de forma particular los contenidos mínimos de las asignaturas, por lo que articularemos este apartado únicamente alrededor de los modelos generales del interior de la Tierra, ya que constituyen un conjunto de contenidos de especial relevancia para comprender el planeta desde una perspectiva sistémica.

La relativamente reciente puesta en marcha de la LOMCE ha hecho que no existan libros de texto adap-

tados al nuevo marco curricular anteriores a 2014 o 2015 (dependiendo de los cursos) y, por ello, apenas se han realizado investigaciones profundas sobre el análisis de contenido en ese contexto. Algunas aproximaciones relacionadas con las rocas y minerales las podemos encontrar en los trabajos de Jaén y Roca (2016) y Mateo *et al.* (2017).

Si analizamos la asignatura de Biología y Geología, vemos cómo a pesar de que existen unas directrices generales sobre los contenidos mínimos, la forma en la que se abordan varía mucho de unos libros a otros. Para poner un ejemplo evidente, nos centraremos en el modelo que interpreta la estructura interna y composición de la Tierra (Tabla V).

En 1º y 3º ESO, de acuerdo con el currículo, debería abordarse únicamente el modelo geoquímico (Tabla V), relacionando las características de los materiales con su ubicación en el interior de la Tierra. Como vemos en la figura 2, desde 1º ESO el tratamiento es desigual. Algunas editoriales introducen los términos litosfera, astenosfera y varios elementos del modelo geodinámico. Esta circunstancia podría tener una cierta justificación en el hecho de que en el currículo de Educación Primaria también se habla de "litosfera" (ver Tabla II).

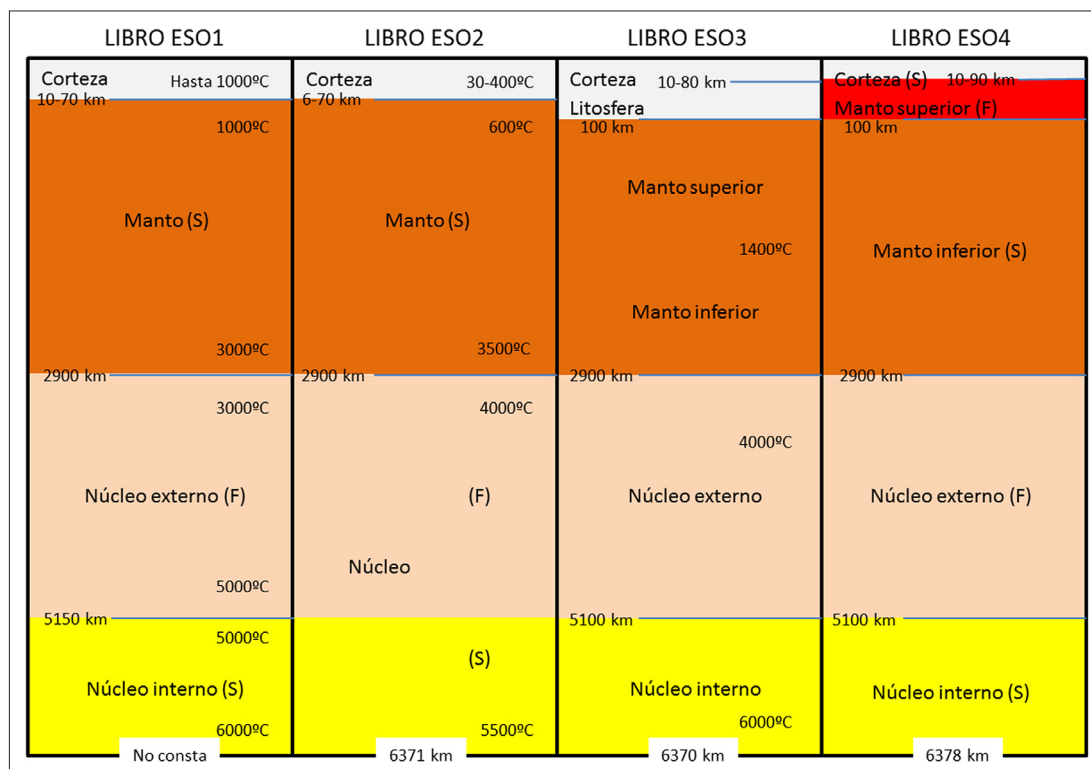


Fig. 2. Modelos del interior de la Tierra según 4 libros de texto de 1º ESO.

| CURSO | VICENS VIVES | EDELVIVES |
|--------|--|---|
| 1º ESO | Modelo composicional Cita la litosfera a nivel anecdótico | Modelo composicional No se habla de litosfera |
| 3º ESO | No existen referencias a los modelos composicional y dinámico del interior de la Tierra. Placas litosféricas. Desplazamiento sobre el manto. Corrientes de convección. Dorsales: creación de corteza oceánica. Subducción: aparecen varias etiquetas sin definición ni explicación (astenosfera, litosfera, corteza oceánica, corteza continental, hipocentro, plano de Benioff). Formación de cordilleras: choque o subducción de placas. Desaparece la idea de litosfera, corteza, etc. | Modelo geoquímico: corteza (continental y oceánica), manto superior, zona de transición, manto inferior, núcleo externo, núcleo interno. La discontinuidad de Mohorovicic separa la corteza del manto (no hay explicación). Modelo dinámico: litosfera, manto superior sublitosférico (astenosfera), manto inferior, nivel D", núcleo externo (líquido), núcleo interno (sólido). Litosfera dividida en placas que se mueven sobre la astenosfera (plástica). Las placas pueden ser oceánicas, continentales y mixtas, dependiendo del tipo de corteza. Relacionan el gráfico de propagación de las ondas sísmicas P y S con la división en capas del interior de la Tierra (pero no conectan esos datos con capas concretas). |
| 4º ESO | Modelo geoquímico: corteza, manto (S/I), núcleo (E/I). Modelo dinámico o estructural: litosfera, mesosfera, endosfera. Discontinuidad de Mohorovicic: marca el límite entre litosfera y mesosfera (sin explicar por qué). Superficie terrestre dividida en bloques o placas (placas litosféricas o tectónicas). Pueden ser oceánicas, continentales y mixtas, dependiendo del tipo de corteza. No aparece el concepto de astenosfera, manto astenosférico o idea equivalente. Los procesos de borde de placa dependen del tipo de litosfera implicada (oceánica y/o continental). | Modelo geoquímico y dinámico (prácticamente igual que lo presentado en 3º ESO). Litosfera continental y oceánica. En los modelos de bordes de placa cambian los términos e introducen de nuevo corteza continental y oceánica. Ciclo de Wilson y formación de las cordilleras. Implican a la litosfera y la mesosfera, sin citar la corteza. |

Tabla VI. Progresión de los contenidos y modelos sobre el interior de la Tierra a lo largo de la ESO, tomando como ejemplo dos colecciones editoriales (ver listado en la Tabla I).

Hasta 4º ESO (asignatura optativa) el currículo no establece el estudio de dos modelos: geoquímico y geodinámico (Tabla V), aunque algunas editoriales ya lo introducen en 3º, para repetir prácticamente los mismos contenidos en 4º (ver ejemplos en Tabla VI). Aun así, en 4º tampoco coinciden los modelos según las editoriales o al menos no comparten los mismos componentes de cada modelo (ver Fig. 3 y 4).

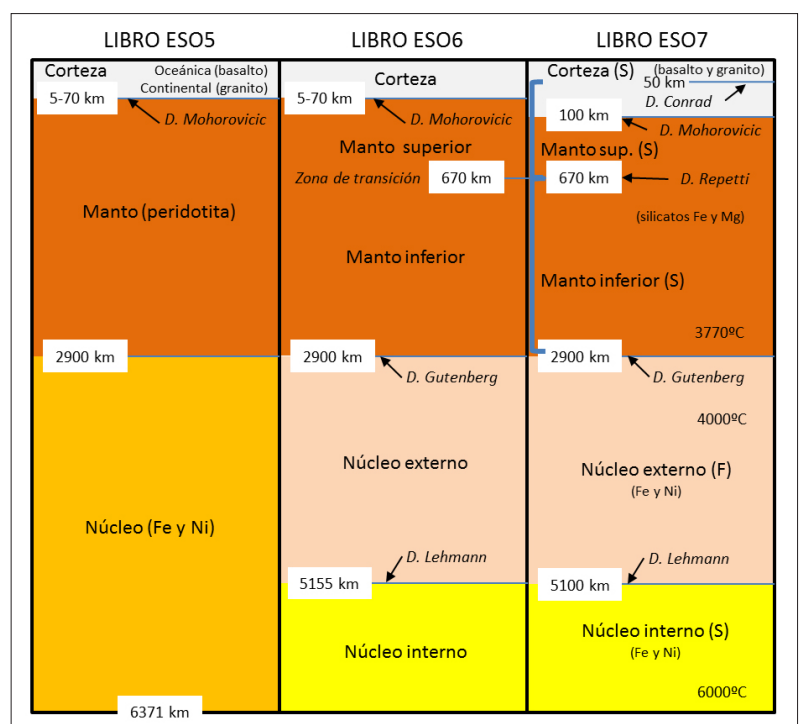
Uno de los principales problemas detectados es la introducción prematura de términos geológicos a modo de "etiquetas", sin una definición de los conceptos y sin relacionarlos con el modelo explicativo. Del mismo modo, se emplean sin un criterio claro y con significados aparentemente similares algunos términos como litosfera continental/oceánica y corteza continental/oceánica. Tampoco hay un criterio uniforme en el significado de las discontinuidades interpretadas en el interior terrestre o en el uso de términos para etiquetar los elementos presentes en los modelos que interpretan los procesos de bordes de placa.

Si comparamos los modelos que se presentan en 4º ESO, vemos que no existe una uniformidad de criterio ni para el modelo geoquímico ni para el geodinámico (Fig. 3 y 4). Tal y como aparecen en algunos libros de texto analizados, hay modelos que ni siquiera corresponden a lo indicado en el currículo para ese curso.

En las figuras 3 y 4 se observa que los autores usan también datos distintos o directamente los omiten: a) profundidades, únicamente coincide en todos los libros la profundidad del límite manto/nú-

cleo (2900 km); b) temperaturas, citadas solo en libro ESO7 (Fig. 3) y omitidas en el resto; c) estado de las capas, citado en el modelo geoquímico del libro ESO7 (Fig. 3) y en el geodinámico del libro ESO5 (Fig. 4) e incluso d) se mezclan componentes de ambos modelos. Algunas etiquetas como astenosfera (citada en li-

Fig. 3. Modelos geoquímicos del interior de la Tierra según 3 libros de 4º ESO.



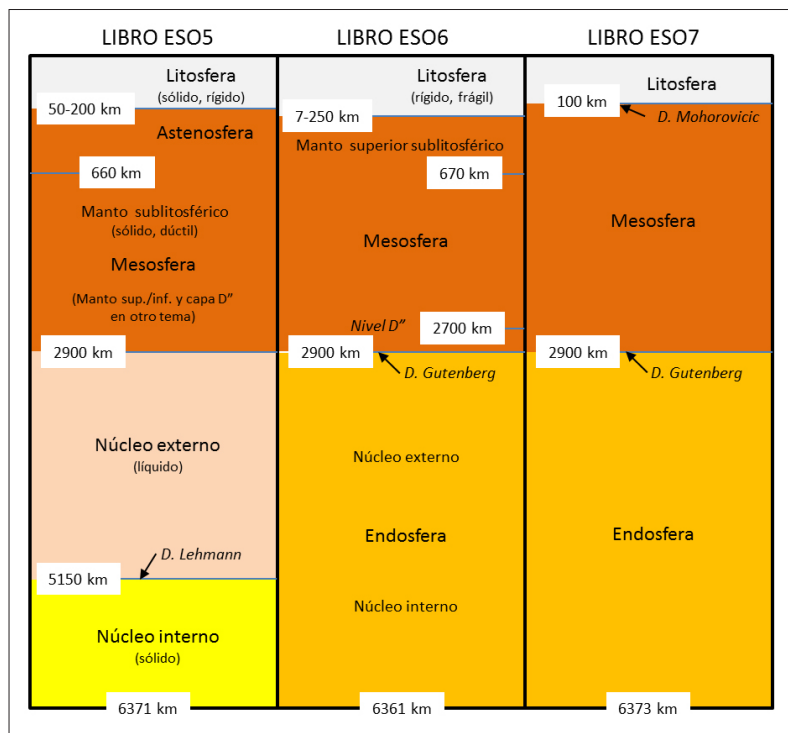


Fig. 4. Modelos geodinámicos del interior de la Tierra según 3 libros de 4º ESO.

bro ESO5), capa D" (libros ESO5 y ESO6) y endosfera (libros ESO6 y ESO7) no aparecen en todos los modelos (Fig. 4). Del mismo modo, los nombres de las discontinuidades se introducen sin un criterio claro en cualquiera de los dos modelos (todos los libros).

También es llamativo que en el modelo geoquímico alguna editorial no introduce datos sobre la composición (química o litológica, libro ESO6) y que en el modelo geodinámico faltan muchos datos sobre las características o el comportamiento reológico de los materiales supuestamente representados en el modelo (libros ESO6 y ESO7).

CONSIDERACIONES FINALES

Los contenidos de los libros de texto seleccionados para su análisis tradicionalmente han formado parte de los contenidos mínimos de las distintas reformas educativas. En relación a la propuesta de enseñanzas mínimas para la ESO (Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre), donde se planteaba que el tratamiento de los procesos geológicos debía secuenciarse desde los cambios más fácilmente perceptibles a los menos, Pedrinaci (2002, p. 53) se preguntaba: "El diseñador,... da la impresión de que se ha esforzado por contravenir los principios más elementales de graduación de la dificultad. ¿Cómo si no explicar que los primeros objetos de estudio de la Tierra que propone sean el núcleo, el manto y la corteza? Como puede verse, se han elegido aquellos objetos geológicos que resultan "más fáciles de percibir" por el alumnado de 1º de ESO. Y lo peor de todo es que, tras estudiar las capas del interior terrestre, no vuelve a utilizarse este conocimiento en todo el curso. ¿Para qué se introduce entonces?"

Esta reflexión tampoco ha sido tenida en cuenta en el currículo LOMCE puesto que, no solo se introduce en 1º de ESO la estructura interna de la Tierra,

sino que, siguiendo la tradición, ya está presente en la Educación Primaria. En este nivel, la capacidad de abstracción de los niños es reducida por lo que, de acuerdo con la idea de comenzar por lo más fácilmente perceptible, se debería trabajar con las rocas, entendidas como "archivos" con información sobre los fenómenos y condiciones en que se formaron (volcanes, cuencas sedimentarias como ríos, lagos o playas) y los cambios posteriores que han experimentado (Pedrinaci, 2002) y, en relación con ellas, los minerales y los fósiles. Estos materiales despiertan un gran interés entre los estudiantes de primaria y secundaria, permitiendo además introducir cuestiones relativas a su utilidad en la vida cotidiana, así como sobre acontecimientos temporales del pasado, aunque su estudio no suele abordarse con muestras de mano en las aulas (Bravo Torija *et al.*, 2016).

A pesar de lo anterior, centrándonos en la progresión del modelo que hemos tomado como referencia, la estructura en tres capas de la geosfera es conocida por el alumnado desde muy temprano y depende de los profesores la forma en que se aborda en el aula y con qué profundidad. En este sentido, tendríamos que tener en cuenta que en los cursos de 5º y 6º de Educación Primaria se plantea una estructura interna de la Tierra en corteza, manto y núcleo como hechos. Y no se proporciona ningún tipo de información sobre cómo se han llegado a conocer esos hechos ni cuál es la utilidad de su conocimiento, es decir, aspectos relativos a la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad. Pero, como también se habla, de pasada, de volcanes y terremotos, sí se podrían relacionar los primeros con "algo" que tiene lugar en el interior de la Tierra, sugiriendo la existencia de elevadas temperaturas en el interior del planeta o, en relación con los segundos, se le puede pedir al alumnado que hable de cómo imaginan su origen, para introducir la idea de la dinámica del planeta y de las fuerzas que actúan para generar esos procesos.

En estos niveles iniciales, es necesario comenzar con procesos fácilmente observables, por originarse en la superficie terrestre, por la escala temporal en la que se producen (procesos rápidos) y por la escala espacial (de afloramiento, por ejemplo, frente a los de escala regional, global o microscópica) (Pedrinaci, 2002). Por ello sería interesante hacer ver a los estudiantes que se presenta un modelo en capas que los científicos han llegado a construir sin tener pruebas directas. Es decir, no se ha podido hacer un sondeo hasta el centro de la Tierra que vaya detectando cambios que permitan establecer las sucesivas esferas concéntricas que constituyen la geosfera. En la escuela los niños y niñas deberían pensar en las dificultades de los investigadores para llegar a obtener información sobre algo a lo que no se tiene un acceso directo. Una buena actividad es trabajar con ellos sobre cómo podrían averiguar el contenido de una caja que no se puede abrir o a través de actividades con esferas de arcilla o plastilina como las que propone King (2002). Los estudiantes plantearán hipótesis relativas al peso, al ruido, al movimiento,... lo que permite introducir cuestiones que tienen que ver con el estudio de las características de la Tierra como la densidad o las ondas acústicas. Este planteamiento no busca llegar a la respuesta definitiva sino iniciar

el conocimiento de cómo trabajan los científicos partiendo de preguntas y planteando hipótesis, así como de introducir aspectos que se desarrollarán en cursos sucesivos. Como indica Pozo (2000) “resulta mucho más difícil que asuman que lo que la Ciencia nos proporciona son modelos construidos para dar respuesta a los diferentes problemas que los científicos han tenido que ir resolviendo, pero que cada uno de los modelos representa una perspectiva diferente, nunca completa, del mundo...” (p. 17).

En el primer curso de la ESO se podría continuar con el tratamiento propuesto para los últimos cursos de Educación Primaria. En ambos niveles existen distractores como son las etiquetas referentes a la litosfera o a la astenosfera, cuando, aparentemente, se pretende presentar únicamente el modelo geoquímico. Hay que seguir insistiendo en que los científicos han llegado ese modelo por pruebas indirectas. Sin embargo, los libros de texto plantean la estructura en capas en función de la composición de los materiales y de su densidad, pero nunca se indica cómo se ha llegado a esa interpretación.

Por ello se podría plantear a los estudiantes toda una serie de cuestiones encadenadas como las mostradas en la tabla VII. De este modo se pondría de manifiesto que los modelos científicos son dinámicos y se construyen de forma dialógica. Así, el modelo geoquímico sobre la estructura de la Tierra resulta útil para explicar la densidad media del planeta y se apoya en las ideas sobre la formación de la Tierra. Este modelo permite predecir la distribución de los materiales en función de su composición.

El curso de tercero de la ESO es el último en el que los estudiantes trabajan la asignatura de Biología y Geología con carácter obligatorio (en el cuarto curso tiene carácter optativo), por esta razón consideramos que sería necesario introducir ya en 3º el modelo geodinámico, planteando de forma explícita las diferencias con el geoquímico y qué explica cada uno de ellos. Por la misma razón, hay que presentar cuáles son las pruebas en las que se han basado los científicos para construir dichos modelos. Así, se debería presentar el gráfico de propagación de las ondas sísmicas P y S en el interior de la Tierra, relacionando los datos con las distintas capas y las discontinuidades explicando su sentido.

Del mismo modo, también sorprende la descontextualización histórica de los avances en la construcción del modelo terrestre, la despersonalización de algunas etiquetas que hacen referencia a los investigadores e investigadoras (Conrad, Gutenberg, Lehmann), así como la escasa conexión interdisciplinar existente entre los modelos geoquímico y geodinámico y la Física y Química presente en los currículos de Primaria y ESO. Pero abordar los problemas citados sería objeto de nuevos trabajos.

Para finalizar, insistimos en que resulta imprescindible prestar atención a la enseñanza de la geología en la Educación Primaria ya que es en las primeras etapas de enseñanza cuando se desarrolla el interés por los temas de ciencias (Rocard *et al.*, 2007; Osborne y Dillon, 2008) Esa atención debería centrarse no solo en la estructura del sistema educativo, el lugar de la geología en el mismo y la adecuación de los contenidos, sino también en los métodos de enseñanza y en los intereses y dificultades de aprendizaje de

| |
|---|
| ¿Se podría calcular el valor de la densidad media de la Tierra? ¿Qué datos necesitaríamos para ello? |
| ¿Cómo podemos calcular el volumen terrestre? ¿Y su masa? ¿Qué problema nos plantea conocer la densidad media del planeta si la comparamos con la densidad de las rocas de la superficie terrestre? ¿Qué implicaría en relación con el problema de la estructura del planeta? |
| ¿Cómo nos ayuda el problema anterior a construir un modelo de capas según su densidad? |
| ¿Cómo relacionamos el modelo de capas con las ideas sobre origen del planeta? |
| ¿Cómo nos ayudan los meteoritos que llegan a la Tierra? |

los estudiantes, puesto que ello permitirá sentar las bases para una adecuada alfabetización en ciencias de la tierra que permita comprender cómo funciona nuestro planeta (Pedrinaci, 2016).

Tabla VII. Cuestiones que podrían guiar la construcción del modelo del interior de la Tierra.

AGRADECIMIENTOS

Grupo Consolidado de Investigación Aplicada BEAGLE (Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo) perteneciente al Instituto Universitario de Ciencias Ambientales (IUCA-UNIZAR). Proyecto EDU2016-76743-P del MINECO. Agradecemos al editor y a los dos revisores del trabajo las valiosas sugerencias y aportaciones para la mejora del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Assaraf, O. B.-Z. y Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 518-560.
- Assaraf, O. B.-Z. y Orion, N. (2010). System Thinking Skills at the Elementary School Level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47.5, 540-563.
- Banet, E. (2007). Nuevas enseñanzas mínimas para las ciencias de la naturaleza (biología y geología) en la ESO: ¿una reforma necesaria? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53, 77-94.
- Bravo Torija, B., Mateo González, E., Mazas Gil, B., Lucha López, P. y Martínez Peña, B. (2016). Promover la competencia de modelización a través de la construcción del modelo de mineral. *XIX Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (p. 85-95), Manresa: Ed. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.
- Brusi, D. (2011). Un planeta interdependiente y complejo. Interacciones entre los subsistemas terrestres. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 28-36.
- Calonge García, A. (2013). Estado actual de la Enseñanza de la Geología. *Macla, Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 17, 11.
- De Pro, A. (2002). ¿Qué procedimientos y actitudes debemos enseñar según los nuevos programas de ciencias? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 33, 37-48.
- Del Toro, R. y Morcillo, J.G. (2011). Las actividades de campo en educación secundaria. Un estudio comparativo entre Dinamarca y España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.1, 39-47.
- Domingo, M. y Sequeiros, L. (1998). La extinción de la geología en España: alerta roja. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.3, 206-210.

- Fermeli, G., Meléndez, G., Koutsouveli, A., Dermitzakis, M., Calonge, A., Steininger, F., D'Arpa, C. y Di Patti, C. (2015). Geoscience Teaching and Student Interest in Secondary Schools-Preliminary Results from an Interest Research in Greece, Spain and Italy. *Geoheritage*, 7, 13-24.
- Gallegos, J.A. (1999). La secuenciación de contenidos en la enseñanza de la geología: (i) las peculiaridades del conocimiento geológico y de sus recursos didácticos. *Revista de Educación*, 318, 321-352.
- García Carmona, A., Criado, A.M. y Cañal, P. (2014). ¿Qué educación científica se promueve para la etapa de primaria en España? Un análisis de las prescripciones oficiales de la LOE. *Enseñanza de las Ciencias*, 31.1, 139-157.
- Gavidia, V. y Rodes, M.J. (2007). La biología y la geología en el Real Decreto 1631/2006 que establece las enseñanzas mínimas en la educación secundaria obligatoria. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53, 65-76.
- Granda Vera, A. (1988). Esquemas conceptuales previos de los alumnos en geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 6.3, 239-243.
- King C. (2002). The secrets of Plasticine balls and the structure of the Earth: investigation through discussion. *Physics Education*, 37.6, 485-491.
- Jaén, M. y Roca, M.L. (2016). El enfoque de los contenidos sobre rocas y minerales en los libros de texto de 1º de ESO. 27 *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1367-1374.
- Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (2000). *Uso de la lengua en situaciones de enseñanza aprendizaje desde las áreas curriculares*. Madrid: Síntesis.
- Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. BOE núm. 238, de 4 de octubre de 1990.
- Ley Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de la Educación. BOE 307, de 24 de diciembre de 2002.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE 106, de 4 de mayo de 2006.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. BOE 295, de 10 de diciembre de 2013.
- Márquez Bargalló, C. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educar*, Abril-Junio, 28-38.
- Martínez Peña, B., Calvo Hernández, J.M. y Cortés Gracia, A.L. (2015). De la estabilidad al continuo cambio inapreciable. La situación de la geología en la enseñanza obligatoria. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 79, 9-16.
- Mateo, E., Mazas, B., Lucha, P., Martínez Peña, B., Cortés, A.L. y Bravo, B. (2017). ¿Cómo se abordan los minerales en la enseñanza obligatoria? Reflexiones a partir de un análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, N.º Extraordinario 2017: 483-489.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections. A Report to the Nuffield Foundation*. London: The Nuffield Foundation.
- Pascual Trillo, J.A. (2013). La Tierra como sistema. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 130-138.
- Pedrinaci, E. (2002). Los contenidos geológicos en la ESO: un análisis del nuevo currículo. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 33, 49-58.
- Pedrinaci, E. (2006). Geología en la ESO: otra oportunidad perdida. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.3, 194-201.
- Pedrinaci, E. (2007). ¿Una nueva geología para la ESO? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53, 95-105.
- Pedrinaci, E. (2013 a). ¿Qué geología deberíamos enseñar en la educación secundaria? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 114-116.
- Pedrinaci, E. (2013 b). Alfabetización en Ciencias de la Tierra y competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 208-214.
- Pedrinaci, E. (2016). Qué debe saber todo ciudadano acerca del planeta en que habita. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 83,7-12.
- Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Almodóvar, G.R., Barrera, J.L., Belmonte, A., Brusí, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J.C., Fernández-Martínez, E.M., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López-Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M., Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, L., Rebollo, L., Rodrigo, A. y Roquero, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 117-129.
- Pedrinaci, E y Gil, C. (2011). El currículo de ciencias de la naturaleza, biología y geología en la ESO: Propuestas para el aula. En P. Cañal (coord.) *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar* (p. 143-165). Barcelona: MEC/Graó.
- Pozo, J.I. (2000). ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que les enseñamos?: el caso de las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8.1, 13-19.
- Pujol, R. y Márquez, C. (2011). Las concepciones y los modelos de los estudiantes sobre el mundo natural y su función en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En P. Cañal (coord.) *Didáctica de la Biología y la Geología* (p. 71-89). Barcelona: MEC/Graó.
- Raia, F. (2005). Students' Understanding of Complex Dynamic Systems. *Journal of Geoscience Education*, 53.3, 297-308.
- Ramon-Sala, L.; da Souza, E. R. y Brusí, D. (2014). Descubriendo los secretos de la Tierra. Geomagnetismo: experimentos y demostraciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22.2, 147-156.
- Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria. BOE 14, de 16 de enero de 2001.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. BOE núm. 52, de 1 de marzo de 2014.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D. Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- Sanmartí, N. (1995). ¿Se debe enseñar lengua en las clases de ciencias? *Aula de Innovación Educativa*, 43, 5-11.
- Trend, R. (2000). Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. *International Journal of Science Education*, 22.5, 539-555. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 12 de enero de 2017 y aceptado definitivamente para su publicación el 30 de junio de 2017.