

Necesitamos la Geología también en Bachillerato

We need Geology in High School as well

JOSÉ ANTONIO PASCUAL TRILLO

IES El Escorial. Avda de la Fresneda s/n 28260 El Escorial (C. Madrid). E-mail: jap.tierra@gmail.com

Resumen En este artículo analizamos la situación actual de la Geología, o en su concepción actual, de las Ciencias de la Tierra, en el bachillerato. Se contempla el interés que aporta la Geología a los estudios de bachillerato, tanto desde el punto de vista de su formación de ciudadanos cultos y capaces de comprender el mundo en el que habitan, como por su capacidad de posibilitar la realización de estudios superiores.

Palabras clave: Bachillerato, Ciencias de la Tierra, Currículo, Geología.

Abstract *We analyze the current situation of Geology (or, in its current conception, of Earth Sciences), in upper secondary school considering the usefulness of geology in high school studies, both from the point of view of educating citizens so they are able to understand the world in which they live, and to promote access to higher education.*

Keywords: *Curriculum, Earth Sciences, Geology, High School.*

INTRODUCCIÓN

En “La Geología que necesitamos”, Emilio Pedrinaci (2016) nos recordaba que “todo ciudadano debería tener unas nociones básicas sobre cómo funciona el planeta en el que vive”. Esas nociones básicas fueron acotadas y explicadas en el documento elaborado por la comisión constituida al efecto y apoyado por las principales sociedades y organizaciones españolas relacionadas con la Geología y su enseñanza (y cuya iniciativa también debemos a Emilio). El documento final fue publicado en ECT bajo el sugerente título de “Alfabetización en Ciencias de la Tierra” (Pedrinaci *et al.*, 2013).

La alfabetización es un objetivo esencial de la enseñanza básica y obligatoria en toda sociedad moderna. Más allá de ésta, que en España finaliza con la etapa denominada Educación Secundaria Obligatoria (ESO), se abre el espacio de las enseñanzas postobligatorias, sean académicas o profesionales. Como eje de la vía más académica, desde la aprobación de la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE) en 1990, el bachillerato se vio reducido a dos cursos. En esta corta etapa se pretende que los estudiantes alcancen “formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y habilidades que les permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y competencia”, además deben adquirirse las capacidades suficientes para acceder a la educación superior, es decir, los estudios universitarios o profesionales de ciclo superior.

A la reducción temporal del bachillerato se une la circunstancia de que el 2º curso está fuertemente condicionado por su papel preparatorio del examen de entrada a la universidad que, hasta ahora, cumplía la “selectividad” o prueba de acceso a la universidad. Es decir, el nuevo bachillerato se convirtió en un 1º y un curso asimilable al antiguo “curso de Orientación Universitaria (COU) preparatorio de la entrada en la universidad.

La escasa disponibilidad temporal y los ambiciosos objetivos han provocado un interminable debate sobre las materias que deben configurar el currículo y el modo en el que lo han de hacer. En dicho debate, que nunca fue transparente ni adecuadamente organizado por las autoridades responsables, los argumentos suelen acogerse a la defensa de la correcta formación de los estudiantes. Sin embargo, a menudo subyacen preocupaciones e intereses gremiales y profesionales. Finalmente, la repercusión social tiene a menudo más que ver con la capacidad de llegar a los medios de comunicación que con la solidez de los argumentos. Todo ello explica, quizás, parte de la desigual y confusa batalla que parecen librar constantemente las diferentes disciplinas por hacerse con un hueco educativo mayor.

No es intención de este artículo ahondar en esa confusión, sino tratar de clarificar la situación de la Geología en el bachillerato actual para continuar luego atisbando las potencialidades que ofrece el estudio de esta materia en dicha etapa.

LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS CIENCIAS NATURALES EN EL BACHILLERATO

El ámbito curricular y educativo en España requiere tener en consideración el espacio competencial de las Comunidades Autónomas, lo que hace más complejo todo análisis que se quiera realizar de forma pormenorizada. Además, la particular situación actual de conflictividad en torno a la ley marco vigente añade dificultad a los análisis. En nuestro caso, y dados los objetivos de este artículo, nos limitaremos a considerar el marco normativo del currículo básico de competencia estatal regulado por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, y, en todo caso, a lo que del mismo se deriva para la mayoría de los casos y situaciones.

La normativa estatal identifica tres tipos de asignaturas: troncales, específicas y de libre configuración autonómica. Sobre las primeras afirma que: “En el bloque de asignaturas troncales se garantizan los conocimientos y competencias que permitan adquirir una formación sólida y continuar con aprovechamiento las etapas posteriores en aquellas asignaturas que deben ser comunes a todo el alumnado, y que en todo caso deben ser evaluadas en las evaluaciones finales de etapa”. A continuación, presenta estas asignaturas troncales en dos tipos: las obligatorias, que tienen que cursar todos los alumnos; y las de opción, de las que el alumnado solo elige algunas de un listado ampliable.

De las cuatro materias de 1º de bachillerato que el currículo considera como troncales obligatorias, tres lo son para todas las modalidades de bachillerato: Lengua Castellana y Literatura, Primera Lengua Extranjera y Filosofía. Ninguna de ellas tiene carácter científico. En el caso del bachillerato de Ciencias, Matemáticas I es troncal obligatoria, mientras que en el itinerario de Ciencias Sociales de la modalidad de bachillerato de Ciencias Sociales y Humanidades es obligatoria Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales. Por su parte, en el itinerario de Humanidades, la cuarta materia obligatoria de opción es Latín I y en el bachillerato de Artes lo es Fundamentos del Arte I.

En el 2º curso, se reproduce el listado de asignaturas troncales obligatorias tanto para todos los bachilleratos como para cada modalidad o itinerario, aunque sustituyendo ahora la Filosofía por la Historia de España.

Con este esquema de materias troncales obligatorias, lo más habitual es que los alumnos que finalizan cualquiera de las otras dos modalidades de bachillerato diferentes al de ciencias (sociales y humanidades, y artes) no hayan cursado ninguna asignatura de Ciencias Naturales. Sin embargo, en su currículo oficial aparecen dos objetivos generales para todos los bachilleratos que se relacionan directamente con las materias científicas: “Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida” y “Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente”.



¿Cómo es esto posible?

En el caso de los estudiantes de Ciencias Sociales se ha de suponer que basta con las matemáticas aplicadas y los conocimientos y competencias científicas que les aporten la geografía y la economía (que son sus materias troncales de opción) para alcanzar dichos objetivos, algo cuando menos cuestionable. Pero ¿pueden conseguir de forma suficiente estos objetivos los estudiantes de los bachilleratos de artes y de humanidades sin cursar ninguna materia científica natural?

Si tenemos en cuenta, además, que algunos de los estudiantes de esos bachilleratos pueden no haber cursado ninguna materia de contenido científico desde 3º ESO, con excepción de las matemáticas, la cuestión resulta aún más enigmática.

Sobre estos datos podemos ir apuntando ya algunas deducciones:

Deducción 1: Ninguna materia científico-natural tiene en la normativa básica la consideración de obligatoria o común para todos los estudiantes de bachillerato, por lo que una buena parte de ellos (los de artes y humanidades) no cursarán ninguna materia científica en esta etapa.

Deducción 2: En el caso de los bachilleres de Ciencias y de Ciencias Sociales sólo se ven obligados específicamente a cursar matemáticas entre las materias de carácter científico-natural. Los de ciencias deben elegir algunas materias científicas, pero, al menos en 2º, no pueden cursarlas todas. Por tanto, si exceptuamos las matemáticas (y solo en el caso de los bachilleres de Ciencias y de Ciencias Sociales), no hay ninguna materia científica que el currículo base haga obligatoria a la hora de aportar los conocimientos y competencias que permiten obtener el título de bachillerato.

Fig. 1. Las salidas al campo forman parte de una enseñanza de la Geología práctica que favorece el conocimiento y la interpretación del entorno. Excursión geológica a unas formaciones acarcavadas cerca del río Lozoya.

LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GEOLOGÍA EN EL BACHILLERATO

Los contenidos geológicos del bachillerato actual aparecen en cuatro materias: Biología y Geología de 1º y Geología de 2º, que son troncales de opción; Cultura Científica de 1º y Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2º (CTMA), que son materias específicas opcionales. Cada una de estas materias acoge una diferente representación de contenidos geológicos en su currículo. Una estimación aproximada de tales porcentajes es: un 30-40 % en Biología y Geología, un 10-20 % en Cultura Científica, un 25-35 % en CTMA y un 100 % en Geología.

Deducción 3: Ninguna de las materias del bachillerato con contenidos geológicos se considera troncal obligatoria en la modalidad del bachillerato de ciencias, es decir, cualquier estudiante de esta modalidad puede obtener su título correspondiente sin cursar ninguna materia que incluya contenidos de geología.

Deducción 4: El máximo porcentaje de materias con contenido geológico que puede cursar un alumno del bachillerato de ciencias en su currículo es del 20 %. En tiempo lectivo real el cálculo varía por Comunidades, al poder diferir los horarios dedicados a cada materia, pero, por dar una idea, en la Comunidad de Madrid es del 6 % (1,7 horas semanales de media) en 1º y del 15 % (4,6 horas semanales de media) en 2º. En total, eligiendo todas las materias con contenidos geológicos, éstos apenas superarán el 10 % del tiempo lectivo total que debe cursar un bachiller de ciencias.



Fig. 2. El conocimiento y análisis de los riesgos naturales constituye un elemento central de las aportaciones prácticas de la enseñanza de la Geología. El terremoto de Lorca de 2011 puso sobre el tapete la necesidad de comprender la Geología para entender y enfrentarse al riesgo sísmico. En la imagen, Juan Antonio López, profesor de Geología en un IES de Lorca y coordinador de AEPECT en Murcia explica sobre una cartografía de la zona las características geológicas que explican la sismicidad en su tierra.

La Biología y Geología de 1º de bachillerato

Junto al Dibujo Técnico I y la Física y Química, la Biología y Geología es una de las materias troncales de opción del bachillerato de ciencias. De ellas, los alumnos deben elegir dos y aunque la normativa permite elegir otra troncal de opción más como específica, no es posible en muchos centros por razones de horario, por lo que habitualmente una de las tres no será cursada.

En la práctica, Física y Química es cursada por todos los alumnos (en la mayoría de los centros se ofrece como obligatoria), mientras que la alternativa se establece entre Biología y Geología y Dibujo Técnico I, creándose así un doble itinerario: hacia las llamadas Ciencias Naturales y de la Salud, o hacia estudios más tecnológicos e ingenierías. Esta división provoca un efecto negativo en la Geología, dado que aunque esta disciplina presenta un alto interés para algunos estudios tecnológicos e ingenierías, al estar unida a la Biología, los alumnos que en 1º eligen la vía tecnológica con Dibujo Técnico no la cursarán. La situación, además, impide cursar la Geología en 2º curso, al estar condicionada a la superación de la Biología y Geología de 1º. Es cierto que la normativa acepta la excepción en el caso en que el profesorado que la imparta considere que el alumno o alumna reúne las condiciones necesarias para poder seguir con aprovechamiento la materia de 2º, pero es, como así se indica, una circunstancia considerada como especial.

La situación, pues, suele ser que los alumnos del bachillerato de ciencias aparecen ya divididos en 1º en dos vías alternativas. De ellas, solo en la que eligen los alumnos más interesados en los estudios científico-naturales y de las Ciencias de la Salud se imparte obligatoriamente la Biología y Geología, mientras que los que se ven más atraídos por los estudios más tecnológicos no la cursan.

Con esta situación, ¿qué viene ocurriendo en la práctica con la impartición de la Biología y Geología en 1º de bachillerato?

En muchos casos, tanto los profesores de la materia como los alumnos de la vía en la que se imparte Biología y Geología, vislumbrando la perspectiva de 2º y, sobre todo, las materias que el alumno elegirá para superar la selectividad y acceder a la universidad, encuentran muchos más alicientes en centrarse en la parte biológica del currículo de la materia (que en cualquier caso constituye al menos un 60 % del total). Si a ello se añade que la formación inicial del profesorado de esta especialidad es mayoritariamente la de licenciados en Biología, puede sospecharse que existe un riesgo serio de que los contenidos geológicos de la Biología y Geología de 1º se vean excesivamente reducidos en la práctica.

Deducción 5: Ninguna de las siguientes tres materias: "Biología y Geología", "Dibujo Técnico I" y "Física y Química" se considera por el decreto curricular como obligatoria para un alumno de 1º de bachillerato de ciencias, pudiendo una de ellas no ser cursada a elección del estudiante (y, de hecho, es lo que ocurre en la mayoría de los casos).

Deducción 6: La anexión de la Biología y la Geología en una misma materia en 1º y el carácter elegible de esta, enfrentada en la práctica al Dibujo Técnico para determinar dos vías alternativas, hace que los alumnos que optan por la versión más tecnológica del bachillerato de ciencias no cursen habitualmente contenidos geológicos y, por regla general, se vean imposibilitados de cursar la Geología de 2º, al no tener superada la Biología y Geología de 1º.

La Cultura Científica de 1º de bachillerato

Esta materia se presenta en cierto modo como heredera de las Ciencias para el Mundo Contemporáneo (CMC), materia que introdujo la LOE e hizo desaparecer la LOMCE.

Para algunos especialistas en enseñanza de las ciencias como Pedrinaci (2006), CMC tenía el interés principal de poder ocuparse centralmente de uno de los dos retos a superar por los currículos de ciencias: “Proporcionar a todos los estudiantes una cultura científica que les permita integrarse en una sociedad cada vez más científica y tecnológica” tal y como indicaba el informe “Beyond 2000. Science Education for the future” resultante de una serie de seminarios organizados por la Fundación Nuffields (Millar y Osborne, 1998).

Así, en el monográfico de la revista *Alambique* sobre esta materia que coordinó cuando aún no se había publicado su currículo, sino solo su denominación y ubicación entre las materias comunes del bachillerato, Pedrinaci (2006) apuntaba que “la propuesta que se realice debe estar pensada para superar el desfase hacia la ciencia que sienten algunos de los estudiantes y el bloqueo consecuente que a veces les genera. Debe ayudarles a sentir que pueden abordar problemas relacionados con la ciencia y a entender que suele haber un nivel de acercamiento a la cuestión que resulta asequible a personas no especialistas”. A su juicio, no se trataba, pues, de repetir unas ciencias básicas para los que hubieran elegido otros caminos de estudio, sino de hacerles perder “el miedo al análisis de cuestiones relacionadas con la Ciencia y la Tecnología que le afectan o afectarán a sus condiciones de vida” y poder adquirir así las competencias inherentes al pensamiento científico. Más adelante, Pedrinaci (2008) destacó en esta misma revista el interés que presentaba dicha materia tanto para los alumnos de humanidades como para los de ciencias.

Sin embargo, aquel interés particular de las CMC se perdió en la LOMCE, ya que su sucesora, la Cultura Científica, se articula como una materia específica opcional entre un listado de casi una docena (más las que cada autonomía quiera añadir) de las que cada alumno puede elegir dos o tres.

Los contenidos geológicos del currículo básico de la actual Cultura Científica se limitan a tres referencias: “Justificar la teoría de la deriva continental en función de las evidencias experimentales que la apoyan”, “Explicar la tectónica de placas y los fenómenos a que da lugar”; y “Determinar las con-



secuencias del estudio de la propagación de las ondas sísmicas P y S, respecto de las capas internas de la Tierra”. Se trata de tres criterios de evaluación (la normativa estatal no fija contenidos para estas materias específicas) que, por otra parte, forman ya parte del currículo de la Biología y Geología de 1º, por lo que a los alumnos de ciencias que opten por cursar ambas materias les resultarán repetitivos. Sin embargo, los alumnos de los otros bachilleratos, a los que la Cultura Científica les permitiría incorporar contenidos y criterios de evaluación ligados a la adquisición de la competencia científica que les exigen los objetivos generales del bachillerato, raramente la cursan. La razón de ello es que no es obligatoria para ellos y además compite con otras optativas más ligadas a los enfoques específicos que presentan tales itinerarios, que carecen así de materias que puedan aportarles dichas competencias científicas.

Fig. 3. Se calcula que unas 150.000 personas al menos viven en las laderas del volcán Misti, cerca de Arequipa (Perú) en situación de alto riesgo. La contribución de la Geología es esencial en la prevención de riesgos y la planificación y ordenación territorial.

Deducción 7: La sustitución de las CMC, materia con carácter obligatorio o común para los bachilleratos tanto de “ciencias” como de “letras” en la LOE, por una Cultura Científica de carácter específico u opcional supone perder el interés principal que presentaba aquella. Dicho interés radicaba en contribuir a la adquisición de las capacidades propias del pensamiento científico y la comprensión básica del actual mundo científico-tecnológico a todos los bachilleres, especialmente para aquellos que no siguen estudios científicos. Sin embargo, esta materia supone en gran parte una repetición parca de contenidos para aquellos alumnos que sí eligieron estudios de ciencias.

Las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2º de bachillerato

Habiéndose convertido en el “refugio” de los contenidos geológicos en la LOGSE al relegarse la Geología al papel de una materia optativa con muy poca probabilidad de impartirse (por no ser una materia “PAU”, con lo que su atractivo es muy bajo), las

CTMA nacieron con problemas importantes desde su misma concepción (Pascual, 1998a). No obstante, con el tiempo y gracias a su papel de materia PAU, las CTMA consiguieron ofrecer un espacio educativo interesante para muchos alumnos de ciencias que encontraban en esa mezcla de Ciencias de la Tierra y Ciencias Ambientales unos contenidos atractivos, aunque excesivamente amplios.

La ubicación actual de las CTMA entre la quincena de materias específicas opcionales, de las que cada alumno elige dos o tres, junto a la frecuente reducción horaria con respecto a la que tenía la materia en la LOE (dependiendo de cada comunidad autónoma, de hasta un 50 %), así como su incierto papel con respecto a la prueba de selectividad/re-válida cuando ésta se aclare, hacen que la materia haya perdido ya buena parte del atractivo que tuvo.

Deducción 8: La ubicación de las CTMA entre las materias específicas opcionales en el actual currículo oficial base, supone una pérdida de relevancia, interés y, en la mayoría de los casos, de tiempo lectivo disponible con respecto a su papel en el currículo LOE anterior.

La Geología de 2º de bachillerato

La ubicación de la Geología en el bachillerato LOMCE ha discurrido por caminos muy secundarios. En un primer momento, el Anteproyecto de esta Ley contempló su práctica desaparición, provocando la alarma entre personas e instituciones relacionadas con su enseñanza e investigación, tal y como relató Emilio Pedrinaci en la presentación del monográfico “¿Qué Geología enseñar?” de esta misma revista (Pedrinaci, 2013). Aunque en el escrito “¡La Geología recuperada!, de momento” : (http://www.sociedadgeologica.es/geologia_extingue.html) se apuntaban perspectivas positivas, (“Consideramos, en síntesis, que la situación actual permite albergar unas esperanzas razonables”, se decía), lo cierto es que de las tres medi-

das relacionadas con la Geología en bachillerato que se solicitaban en el manifiesto consensuado y firmado por 16 instituciones científicas y educativas (ver Cuadro I) tan solo se logró una y, como veremos, solo sobre el papel. Ni se ha incrementado el número de horas de formación común dedicadas al conocimiento científico en el bachillerato, ni la Biología y Geología de 1º es obligatoria para los alumnos del bachillerato de ciencias.

CUADRO I. Las cuatro medidas consensuadas por 16 instituciones científicas y/o educativas en el documento denominado “Por una alfabetización científica”. Tres de ellas se refieren a la Geología en bachillerato (http://www.aepect.org/manifiesto_alfabetizacion_cientifica.htm)

- Mejorar el tratamiento de las ciencias en la ESO con una propuesta curricular sólida y actualizada que proporcione una alfabetización científica y que tenga un peso horario notablemente mayor que en la actualidad.
- Incrementar el exiguo porcentaje de horas de la formación común del bachillerato que se dedica al conocimiento científico.
- Recuperar la Geología como materia de modalidad en el bachillerato de ciencias. Como las demás disciplinas científicas clásicas, la Geología ha sido habitualmente una asignatura del bachillerato de ciencias. Su relevancia científica, social y económica aconseja que vuelva a serlo.
- Disponer que la materia Biología y Geología del bachillerato de ciencias sea obligatoria para los estudiantes de esta modalidad del bachillerato (en este momento un estudiante puede acabar el bachillerato de ciencias sin haber cursado ni una sola vez Biología y Geología en todo el bachillerato).

Es cierto que la Geología ha entrado a formar parte de las cinco materias troncales de opción entre las cuales los alumnos de 2º del bachillerato de ciencias han de escoger dos, pero un análisis cuidadoso de la situación nos dice que esa aparente igualdad no es tal. Como ya hemos comentado, en 1º de bachillerato los alumnos de ciencias deben escoger entre una vía Científico-Natural y de Ciencias de la Salud, por un lado, y una vía tecnológico-ingenieril, por otro; y el elemento de diferenciación consiste básicamente entre elegir la Biología y Geología o el Dibujo Técnico. Esto hace que en la mayoría de los casos los alumnos de la vía tecnológica no puedan cursar ni la parte de Geología en 1º, ni, luego, la Geología en 2º, precisamente por no haber cursado Biología y Geología en 1º.

Por otra parte, los alumnos de 2º de la rama científico-natural disponen de cuatro materias básicas (descartando el Dibujo Técnico) para elegir: Biología, Geología, Química y Física. De ellas deberán elegir obligatoriamente solo dos, resultando altamente improbable que se decanten en dicha elección por la Geología. Una solución parcial estriba en

Fig. 4. Las aportaciones de la paleontología al conocimiento de la evolución de la vida, incluyendo la historia de nuestra especie, constituyen una parte ineludible en la formación de cualquier persona culta. Alumnos visitando los yacimientos de Atapuerca, en Burgos.



la posibilidad de escoger tres materias troncales de opción (no ocurre en todos los centros por razones de organización), pero, aún así, sigue siendo improbable la selección de la Geología frente a la combinación Biología-Química-Física. Por ello, solo en centros grandes con un número alto de grupos de bachillerato (lo que no es lo habitual) resulta viable la oferta real de la Geología.

No se discute aquí la mayor relevancia de las otras materias científicas para la mayoría de los alumnos, sino la imposibilidad de elegir, además, la Geología. De hecho, lo que reivindicaba la medida solicitada en aquel manifiesto suscrito por las 16 instituciones científicas y educativas es la relevancia de las cuatro disciplinas científicas básicas para todos los bachilleres de ciencias, algo que está lejos de ser posible para ningún alumno del actual 2º curso.

Deducción 9: Hoy día, los alumnos de 2º de bachillerato de ciencias no pueden cursar conjuntamente las cuatro disciplinas científicas básicas: Física, Biología, Química y Geología.

En conclusión, podemos ver que, lejos de haberse avanzado en relación con los dos retos que el bachillerato debería enfrentar en relación a las competencias científicas, la situación cabe considerarla como aún más insatisfactoria.

Deducción 10: El actual bachillerato no cubre de forma satisfactoria ni el objetivo de ofrecer una culturización científica básica para todos sus estudiantes (a pesar de los objetivos generales de adquisición de competencias científicas que aparecen en el currículo oficial), ni tampoco la posibilidad de cursar todas las materias científicas básicas de forma completa en los dos cursos de la etapa para los que han elegido el bachillerato de ciencias.

¿PARA QUÉ NECESITAMOS LA GEOLOGÍA EN BACHILLERATO?

Vista la escasa presencia y relevancia de la Geología en el bachillerato actual, sintetizada en el hecho de que un estudiante del bachillerato de ciencias pueda obtener su título sin haber cursado ningún contenido geológico o que, en el mejor de los casos, no podrá haber destinado más del 10 % de su tiempo lectivo a éstos, trataremos ahora de abordar el interés que pueden tener los contenidos geológicos en esta etapa.

Frente a algunas opiniones manifestadas con ocasión de la defensa de otras materias que, aun siendo obligatorias para todos los bachilleres, han cambiado su situación en algún curso, la cuestión de cómo enseñar a pensar o la de cómo fomentar un espíritu crítico asentado en el raciocinio no reside en ninguna materia o asignatura en concreto. La Geología, como las otras ciencias, se basa en una determi-



Fig. 5. La tectónica global, como paradigma explicativo de las modernas Ciencias de la Tierra, representa una de las nociones fundamentales en la comprensión del mundo. Carretera de Djibuti constantemente deteriorada por la actividad del Rift Assal-Ghoubet entre las placas africana y árabe.

nada forma de construir interpretaciones racionales y contrastadas del mundo. Se trata de una forma que se ha revelado como muy potente y que incluye la observación, la creatividad, la confrontación racional de ideas, la experimentación y otras muchas capacidades y procedimientos. Ahí radica no solo su principal señal de identidad, sino también algunas de sus principales potencialidades y valores, que se resumen en la noción de la competencia científica (Cañas, *et al.*, 2007; Pedrinaci, 2012). Siendo una competencia compleja, la competencia científica implica al menos tres aspectos: el aprendizaje de los conceptos científicos, el aprendizaje de los procedimientos científicos y el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia y su relación con la sociedad. Por otra parte, es esperable que, dentro de la preocupación actual por la adquisición de competencias básicas,

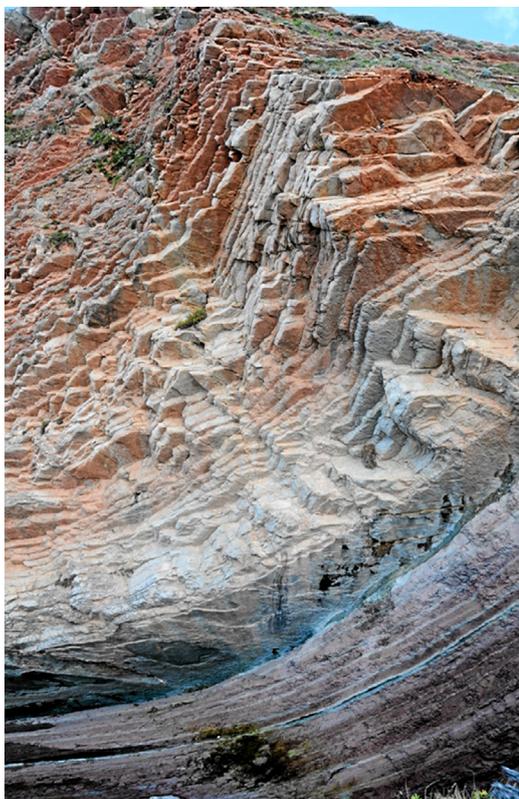


Fig. 6. La lógica en la aplicación de las reglas estratigráficas de Steno presenta un enorme potencial didáctico. Unido a la interpretación del pasado que permiten la estratigrafía y la paleontología, añade un factor emocional considerable al aprendizaje de la Geología. Límite K-T en el Flysch de Zumaia.



Fig. 7. Conocer los procedimientos y formas de abordar el conocimiento científico es también parte de los objetivos de la enseñanza de una ciencia, como ocurre con la Geología. Visita de alumnos de bachillerato del IES El Escorial a la litoteca y laboratorio de petrología de la Facultad de Geológicas de la UCM.

la competencia científica constituya un objetivo directa e indisolublemente ligado a la enseñanza de las disciplinas científicas.

Hoy en día, la ciencia forma parte significativa e indisoluble de la cultura humana y trasciende, por tanto, a cualquier reminiscencia que pudiera quedar del antiguo sentir que asociaba la cultura solo con las Ciencias Sociales y las Humanidades, aislando la Ciencia y la Tecnología en un apartado diferente. Es evidente que la competencia científica debería hacer accesibles dos amplios objetivos educativos: (1) interpretar, comprender y saber tomar decisiones fundamentadas en un mundo crecientemente tecnocientífico; y (2) proporcionar una base de conocimientos suficiente para proseguir estudios científicos en etapas educativas posteriores a quienes así lo deseen. Mientras que el segundo objetivo afectará solamente a quienes opten por esos estudios posteriores, el primero debiera constituir un objetivo común en la educación moderna de cualquier persona culta.

Dentro del ámbito de las enseñanzas científicas, la aportación específica de la Geología, en su sentido más amplio de Ciencias de la Tierra, se dirige al aprendizaje de los conceptos que afectan a la composición, estructura y dinámica del planeta Tierra, así como de aquellos procedimientos especialmente útiles para su conocimiento y comprensión. Además, aporta un elevado interés práctico y la peculiaridad de su epistemología, naturaleza e historia de relación con la sociedad.

Vamos a revisar qué puede tener todo esto de interesante para los estudiantes de bachillerato.

UNA GEOLOGÍA QUE ENSEÑA A PENSAR

Muchos contenidos y procedimientos geológicos presentan características que, a través de su didáctica, muestran una gran potencialidad para el desarrollo de los diversos tipos de pensamiento. Utilizando una ordenación de las formas de pensamiento en nueve tipos (Moya y Luengo, 2011), podemos ver que para todos ellos la enseñanza de la Geología ofrece un potencial destacado:

El **pensamiento reflexivo** se ocupa de deliberar antes de actuar, revisa el estilo de pensar y se fundamenta en concepciones y mapas mentales que permiten dirigir la actuación hacia unos objetivos determinados para darle sentido y significado. La Geología ofrece un buen campo de aplicación para el desarrollo de esta forma de pensamiento, siendo tal vez destacables, entre los contenidos curriculares de bachillerato, los de la geología aplicada a la prevención y control de riesgos, al análisis de la capacidad del territorio para soportar obras e infraestructuras; o, en la geología ambiental, a la prevención de daños. En el trabajo didáctico con riesgos geológicos se precisa del pensamiento reflexivo al partir del estudio de los procesos generadores de riesgos para deducir los mecanismos de prevención; resulta preciso recurrir a la reflexión para saber cómo actuar durante la ocurrencia de un suceso, tanto para protegerse de él como en la eventualidad de poder controlarlo o tratar de aminorar sus daños. El pensamiento reflexivo, en fin, resulta necesario a la hora de buscar maneras de reducir la peligrosidad de ciertos procesos o la vulnerabilidad de las poblaciones frente a su ocurrencia. La geología ambiental o el estudio aplicado del conocimiento geológico al asentamiento de infraestructuras sobre el territorio exige también el pensamiento reflexivo al requerirse una concepción ordenada y secuencial del pensar y actuar.

El **pensamiento analítico** se identifica con facilidad con el método más habitual de indagación de las llamadas “ciencias duras”: la fragmentación de la realidad en partes, que permite su estudio de una forma más asequible, o la descomposición de los grandes enigmas en problemas más accesibles. En este sentido, la Geología presenta notorias posibilidades de aplicación, al fundamentarse en ámbitos físico-químicos en los que el análisis constituye un método de estudio y pensamiento habitual: la composición mineralógica de las rocas o la formación de cristales en relación con la estructura molecular del mineral son dos ejemplos inmediatos. Así, numerosas actividades prácticas en Geología aplican con intensidad este tipo de pensamiento (véase como ejemplo: Corbí y Martínez-Martínez, 2015). En todo caso, la descomposición de los problemas complejos en problemas menores forma parte de casi cualquier mecanismo de indagación en un primer paso como ya propusiera Descartes en su “Discurso del método”. Su empleo en la enseñanza de la Geología es, evidentemente, profuso. La tradicional descomposición del llamado “método científico” en los procesos cíclicos (pero no necesariamente algorítmicos) de observación-formulación de hipótesis-experimentación constituye, evidentemente, un esquema clásico perfectamente abordable en la enseñanza-aprendizaje de la Geología (véase, por ejemplo: Rodríguez-Aranda y Sanz-Montero, 2016).

Casi en contraposición al pensamiento analítico se encuentra el **pensamiento analógico**, que se dirige a buscar semejanzas o similitudes con el fin de facilitar así la comprensión de la realidad. Constituye una forma básica de simplificación calculada e interpretación de la realidad, ordenándola en categorías y entidades relacionadas. Evidentemente, la enseñanza de la Geología permite una utilización

abundante del pensamiento analógico al establecer, como cualquier ciencia, categorías basadas en semejanzas: tipos de rocas, tipos de deformaciones, formas de relieve, tipos de límites de placas,... un campo particular de aplicación del pensamiento analógico es el ligado a la construcción de modelos como representaciones de la realidad, lo que permite indagar sobre el contenido y los límites de la analogía. Ejemplos prácticos de esto pueden ser la construcción de modelos analógicos de volcanes (Ramón-Sala y Brusi, 2015) o el de modelos edáficos en el aula (Martínez Peña *et al.*, 2016), por poner dos casos publicados recientemente en esta misma revista.

En cierto modo, un salto cualitativo del pensamiento analógico fue el que propuso Bertalanffy (1968) con la teoría de sistemas que utiliza un enfoque global, holístico o macroscópico, centrando su interés en la búsqueda de relaciones e interacciones. Para el **pensamiento sistémico**, la enseñanza de la Geología resulta también un campo prolífico ya que permite partir de una concepción sistémica de la Tierra (Pascual, 2013), permitiendo ir interpretando a partir de una concepción global simple de tipo “caja negra” en el que lo esencial son los flujos de las grandes energías de origen interno o externo que dinamizan la Tierra, hacia la apreciación de subsistemas interconectados con estructuras y dinámicas propias. Con esta forma de pensamiento, el desentrañamiento de los balances, equilibrios y desequilibrios dinámicos que se dan en las grandes dimensiones del tiempo y el espacio propias de la Geología permite entender lo concreto y aparentemente estático, como son las formas geológicas, los relieves terrestres, las megaestructuras tectónicas, etc. La dinámica de sistemas, con sus mecanismos cibernéticos y contraintuitivos, permite también aproximarse a la interpretación y simulación de los grandes procesos geológicos, oceanográficos y climáticos, necesarios para comprender y enfrentar los efectos antrópicos que causan algunos de los más graves problemas ambientales actuales. Diversos proyectos educativos vanguardistas en Ciencias de la Tierra apuntan en la actualidad hacia la aplicación de estas perspectivas sistémicas en el aula proporcionando recursos para ello (véase, por ejemplo: Hernández, 2011).

El **pensamiento lógico** es la base del razonamiento y de la inferencia, al permitirnos hilar ordenadamente ideas. Para el desarrollo de este pensamiento la Geología ofrece múltiples posibilidades: la aplicación de las reglas estratigráficas de Steno, por ejemplo, constituye uno de los muchos ejemplos posibles y quizás uno de los más claros. La comprensión y aplicación de las reglas de anterioridad o de afectación relativa entre dos procesos que han dejado huella en una serie estratigráfica, de disposición inicial, horizontalidad original, continuidad, etc., permiten desarrollar una nítida estructura lógica de indagación y reconstrucción del pasado sobre la base del trabajo clásico con perfiles geológicos, columnas estratigráficas, gráficas, fósiles guía, etc. Uno de los muchos ejemplos de posibles actividades de enseñanza de la Geología que aplica con intensidad el pensamiento lógico puede encontrarse en Blanco Anaya y Díaz de Bustamante (2014).

En cuanto al **pensamiento crítico**, la enseñanza de la Geología facilita, entre otros, el uso de mecanismos de reconocimiento y validación de pruebas a favor o en contra de un argumento, la confrontación de opiniones, datos o hipótesis y su evaluación contrastada, la evitación de posturas apriorísticas, el sometimiento de las ideas a procedimientos capaces de falsarlas y otros procedimientos científicos, que resultan también válidos para la vida cotidiana y la conducción de las decisiones personales. La misma revisión didáctica de la historia de las teorías geológicas constituye un excelente campo educativo para comprobar cómo el pensamiento crítico se fue abriendo camino frente al dogma o la opinión mayoritaria de los colegas (Darwin, Lyell, Wegener, etc.). No obstante, existen numerosas otras posibilidades de incorporar con imaginación el pensamiento crítico en la enseñanza de la Geología con actividades motivadoras (véase por ejemplo: Brusi, *et al.*, 2011).

Aunque aún puede rastrearse una cierta concepción rancia, tan simplista como errada, sobre la ausencia de creatividad en la ciencia, quizás alimentada en el pasado por ciertas introducciones dogmáticas al concepto de “método científico”, lo cierto es que el **pensamiento creativo** forma parte indispensable de la construcción de la ciencia y, por ello, ha de serlo también de su didáctica. El proceso mental consistente en imaginar hipótesis explicativas no sigue reglas precisas (aunque existen procedimientos que lo favorecen y que suelen ser, precisamente, mecanismos que fomentan el pensamiento creativo, como la “tormenta de ideas”). Es en esencia un proceso radicalmente creativo, aunque siempre ha de tener presente el filtro posterior de la contrastación con la observación o la experimentación. Tampoco puede diseñarse esa otra fase esencial del proceso científico sin acudir al pensamiento creativo que nos permite idear experiencias ingeniosas o idear formas para dirigir nuestra observación a lo pertinente. Y si eso sucede en la construcción de la ciencia geológica, así debe ocurrir en su enseñanza y aprendizaje: imaginar hipótesis alternativas a la hora de explicar cómo se ha generado una determinada estructura geológica o para explicar la coincidencia de fósiles en un yacimiento, idear diseños experimentales teóricos para diferenciar la influen-

Fig. 8. La interpretación geológica ha empezado a hacerse un hueco en el atractivo natural de muchas áreas para visitantes, creándose equipamientos que facilitan la visita y su interpretación, contribuyendo así a generar actividad económica en áreas a menudo deprimidas. Equipamiento de uso público para la interpretación y visita del yacimiento de icnitas de Fuentesalvo, en Soria.





Fig. 9. La puesta en marcha de las Olimpiadas Geológicas en España, con fases territoriales previas, supuso una exitosa y emocionante llamada de atención sobre el atractivo e interés de la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Tierra, similar al que representa la celebración de los "Geolodías" en el ámbito de la divulgación pública de esta ciencia. Acto de entrega de premios en las I Olimpiadas Geológicas de Madrid (Geolimad 2010) que tuvo lugar en el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

cia de la subsidencia gravitatoria del empuje térmico de las dorsales en el origen del movimiento de las placas, etc. Este tipo de aplicaciones didácticas y otras muchas permiten desarrollar el pensamiento creativo a partir de preocupaciones, contenidos y procedimientos geológicos (como ejemplo de esto, véase por ejemplo: Sequeiros, 2010).

La confrontación de ideas y la necesidad de adoptar decisiones para pasar a la acción forman parte del **pensamiento deliberativo**. La geología aplicada y la geología ambiental que vimos como ámbitos idóneos en los que desarrollar el pensamiento reflexivo son, en este sentido, también dos excelentes campos de prácticas para este otro tipo de pensamiento relacionado. La deliberación sobre los mecanismos de medición más adecuados para prever la ocurrencia de sucesos volcánicos o sísmicos, o la decisión acerca de qué acciones preventivas será mejor adoptar para reducir el riesgo de inundaciones, enfrentando las ventajas y los inconvenientes de adoptar medidas estructurales o funcionales, por ejemplo, suponen excelentes escenarios para el desarrollo del pensamiento deliberativo (ver, por ejemplo, un contexto de actividades que implican el pensamiento deliberativo, reflexivo y crítico en una temática ambiental, en Domènech-Casal, 2014).

Finalmente, el **pensamiento práctico**, entendido como la gestión de los procesos que hacen que una actuación sea efectiva y eficiente, tiene cabida en la enseñanza de la Geología cuando esta se contextualiza en situaciones concretas, identificables y comprensibles para el estudiante. Cómo llevar a efecto una actuación preventiva en el centro educativo frente al riesgo sísmico es un buen ejercicio de desarrollo del pensamiento práctico (González y Alfaro, 2011).

Estas formas de pensamiento constituyen procesos cognitivos que, aplicados en contextos definidos y a contenidos concretos, permitirán formular tareas educativas a través de las cuales los estudiantes adquirirán las competencias pretendidas. La Geología permite, así, el desarrollo de múltiples tipos de tareas educativas dirigidas preferente-

mente a desarrollar las competencias científicas, pero también otras como la matemática, la digital y de tratamiento de la información, la de aprender a aprender, etc.

UNA GEOLOGÍA PARA INTERPRETAR Y CONOCER EL MUNDO, TANTO PARA POSTERIORES ESTUDIOS COMO PARA FORMAR CIUDADANOS CULTOS

La Geología es, por supuesto una ciencia cuya finalidad es interpretar y conocer la Tierra, su composición, estructura y dinamismo, y aplicar dicho conocimiento a resolver necesidades sociales. Desde la formulación de la tectónica global como el nuevo paradigma o teoría global de la Tierra y considerando la interacción entre atmósfera, hidrosfera y geosfera, se puede establecer un modelo sistémico de la Tierra que amplía el ámbito de la Geología desde su espacio original al de las ciencias de la Tierra, como ya sugirió Tuzo Wilson en 1968 (Anguita, 1994; Pascual, 1998b).

Si no es escaso el interés que representa el abordaje educativo de las Ciencias de la Tierra en el bachillerato para el desarrollo de los diversos tipos de pensamiento, tampoco lo es desde el valor que tiene el mismo conocimiento geológico para la cultura científica de cualquier ciudadano moderno. La aportación de las Ciencias de la Tierra a la comprensión del planeta en el que vivimos es, hoy, indispensable. Eso sí, resulta imprescindible que la revisión del marco curricular de la Geología no olvide su estrecha relación con la Biología, con quien comparte el objetivo de proveernos de una visión científica completa del planeta Tierra desde su concepción natural, que resultaría incompleta en caso de ignorar la vida (Pedrinaci y Fernández-Martínez, 2010. Pascual, 2011).

En cuanto a la dualidad de objetivos (culturales y propedéuticos) a los que debe atender la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, no parece que debiera ser necesario insistir mucho en el evidente interés de la Geología en el bachillerato para quienes desean proseguir sus estudios o formación por campos en los que sus conocimientos son útiles, ya sea en el ámbito de las ciencias o en el de las tecnologías e ingenierías. Sin embargo, ya hemos visto que hoy día no resulta fácil para los estudiantes alcanzar siquiera este objetivo con la actual oferta curricular del bachillerato. Con respecto al objetivo de transitar desde una alfabetización científica en Ciencias de la Tierra, pretendidamente alcanzable en la enseñanza obligatoria, hasta una "culturización científica", factible en el bachillerato, creemos que sería muy útil promover una reflexión al respecto como la que tuvo lugar en el proceso que generó la propuesta de contenidos básicos de alfabetización en Ciencias de la Tierra, a fin de alcanzar una formulación similar para dicha culturización geológica en bachillerato.

En este sentido, la relectura del artículo de Emilio Pedrinaci publicado en esta misma revista con motivo de la publicación del currículo oficial de Geología del año 2000 (Pedrinaci, 2002), con la definición de siete ejes básicos sobre los que fun-

damentar el currículo de las Ciencias de la Tierra en un bachillerato de ciencias constituye un excelente análisis sobre este punto (ver Cuadro II).

CUADRO II. Los siete ejes básicos de la formación que debería proporcionar las Ciencias de la Tierra a un estudiante del Bachiller científico (Pedrinaci, 2002):

- a) Una visión de conjunto acerca de cómo funciona la Tierra.
- b) Una perspectiva temporal de los profundos cambios que han afectado a nuestro planeta y a los seres vivos que lo han poblado.
- c) Una formación sobre los riesgos geológicos, sus causas y sus importantes consecuencias para la humanidad.
- d) Un conocimiento de los recursos disponibles y de la sostenibilidad del planeta.
- e) Una formación sobre los procedimientos científicos utilizados en Geología, su diversidad y la importancia de su contribución.
- f) Unas nociones básicas sobre la naturaleza de la ciencia y su proceso de construcción.
- g) Una preparación y orientación para aquellos estudios posteriores que necesitan conocer la Tierra o los materiales terrestres para utilizarlos, construir sobre ellos, transformarlos o conservarlos.

CONSIDERACIONES FINALES

Cualquier revisión de la actual situación de la Geología en el bachillerato no puede ser sino desalentadora, dentro de un contexto general en el que la consideración de la importancia de dotar de una cultura científica a todos los titulados en bachillerato no ha sido asumida por las vigentes normas educativas. Habiéndose ya remitido el primer manuscrito de este artículo, la Junta Directiva de AEPECT –Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra– elaboró y colgó en la red un escrito de análisis de la situación de la Geología en bachillerato en función de la normativa sobre la nueva “EvAU” (la evaluación de acceso a la universidad, que sustituye a la antigua PAU) que se aplica en este curso 2016/17, y que resulta muy recomendable de leer (AEPECT, 2017).

La relevancia de los contenidos propios de las Ciencias de la Tierra para la comprensión del planeta en el que vivimos, su importancia para la provisión de recursos, en la evitación o aminoración de riesgos naturales y para la interpretación y solución de los problemas ambientales que nos preocupan son incuestionables. Los conocimientos geológicos son necesarios en la formación de una ciudadanía culta y capaz de responsabilizarse de sus decisiones y actos. Además, el valor propedéutico de la Geología para diversos campos académicos y profesionales es muy superior al reconocimiento y posibilidades que permite el actual sistema curricular a los alumnos de los bachilleratos de ciencias. Por todo ello, parece indispensable acometer la revisión de la si-

tuación de la enseñanza de las ciencias de la Tierra en el bachillerato en el contexto general de una reconsideración de la manera de alcanzar los objetivos y competencias que esta etapa educativa debe ofrecer a quienes la cursan. Algo por lo que Emilio Pedrinaci, a quien homenajeamos en esta revista, peleó durante toda su vida.

Sigamos su ejemplo.

BIBLIOGRAFÍA

AEPECT. http://www.aepect.org/La_ensenanza_de_la_Geologia_en_el_bachillerato_2017.pdf. Consulta: 1 de abril de 2017.

Anguita, F. (1994). Geología, ciencias de la Tierra, ciencias de la naturaleza: paisaje de un aprendizaje global. *Enseñanza de las Ciencias*, 12.1, 15-21.

Bertalanffy, L. (1968) *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller, New York [Hay traducción: (1976). *Teoría general de los sistemas*. Fondo de Cultura Económica, 311p.]

Brusi, D., Alfaro, P. y González, M. (2011). El cine de catástrofes naturales como recurso educativo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.2, 193-203.

Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante, J. (2014). Reconstruir el pasado: argumentación y uso de pruebas en problemas de Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22.2, 177-186.

Cañas, A., Martín-Díaz M.J. y Nieda, J. (2007). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*. Alianza Editorial, 143 p.

Corbí, H. y Martínez-Martínez, J. (2015). Interpretando ambientes sedimentarios: taller de sedimentología con arenas como actividad didáctica de Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.2, 242-252.

Domènech-Casal, J. (2014). Contextos de indagación y controversias socio-científicas para la enseñanza del Cambio Climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22.3, 287-296.

González, M. y Alfaro, P. (2011). Terremotos: un recurso educativo imprescindible (Presentación del Monográfico: Terremotos). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.3, 242-244.

Hernández, M. J. (2011). Educación para las ciencias del sistema Tierra en el siglo XXI. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 46-52.

Martínez-Peña, M.B., Gil Quílez, M.J. y Gándara, M. de la. (2015). Aportación de las experiencias a la construcción de modelos: el suelo como sistema. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24.2, 182-189.

Millar, R. y Osborne, J. (1998): *Beyond 2000. Science Education for the Future*. London, School of Education, King's College, 36 p.

Moya J. y Luengo, F. 2011. *Teoría y práctica de las competencias básicas*. Ed. Graó. 268 p.

Pascual, J. A. (1998a). Por unas ciencias ambientales y unas ciencias de la Tierra: reflexiones críticas y propuestas para un debate. *Enseñanza de las ciencias*, 16.2, 341-351

Pascual, J.A. (1998b). De unas Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente hacia unas ciencias de la Tierra y unas ciencias ambientales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.1, 47-51

Pascual, J.A. (2011). La coevolución de la Tierra y de la vida o cómo se han influido mutuamente la geología y la vida. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 67: 37-45.

Pascual, J.A. (2013). La Tierra como sistema. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 130-138.

Pedrinaci, E. (2002). La geología en el bachillerato: un análisis del nuevo currículum. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10.2, 125-133

Pedrinaci, E. (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo: ¿Una materia para la participación ciudadana? *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 49, 9-19.

Pedrinaci, E. (2008). ¿Tiene sentido una materia como las ciencias para el mundo contemporáneo? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16.1, 9-16

Pedrinaci, E. (coord.) (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Editorial Graó. 294 p.

Pedrinaci, E. (2013). ¿Qué geología deberíamos enseñar en la educación secundaria? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 114-116

Pedrinaci, E. (2016). La geología que necesitamos. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 83, 4-6.

Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Almodóvar, G.R., Barrera, J.L., Belmonte, A., Brusi, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J.C., Fernández-Martínez, E., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López-Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M., Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, I., 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 Fernández-Martínez, E. (coord.) (2010). Monográfico: Tierra y vida. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.1, 2-106.

Ramón-Sala, L. y Brusi, D. (2015). Erupciones en el laboratorio. Modelos analógicos de peligros volcánicos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 96-106.

Rodríguez-Aranda, J.P. y Sanz-Montero, M.E. (2016). El extraño caso de las rocas deslizantes de La Mancha y del Valle de la Muerte: Aplicación del método científico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24.2, 131-142.

Sequeiros, L. (2010). ¿Quién mató al dinosaurio? Sherlock Holmes y los fósiles. Algunos escenarios para educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.1, 107-118. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 4 de octubre de 2016 y aceptado definitivamente para su publicación el 29 de abril de 2017.