

## Alfabetización en Ciencias de la Tierra y competencia científica

### *Earth Science Literacy and Science Competence*

**EMILIO PEDRINACI**

*Departamento de Biología y Geología. IES de Gines (Sevilla). pedrinaci@telefonica.net*

**Resumen** En este trabajo se estudian las relaciones entre los conceptos de alfabetización científica y competencia científica. Se analiza el documento Alfabetización en ciencias de la Tierra desde la perspectiva competencial y se ofrecen algunas pautas de intervención para favorecer el desarrollo de la competencia científica.

**Palabras clave:** Alfabetización científica, Alfabetización en ciencias de la Tierra, competencias clave, competencia científica, educación secundaria.

**Abstract** *In this paper we study the relationship between the concepts of science literacy and science competence. The document Earth Science Literacy is analyzed from the perspective of competence and some guidelines are offered about how to promote the development of science competence.*

**Keywords:** *Science Literacy, Earth Science Literacy, Key Competencies, Science Competence, Secondary Education.*

### COMPETENCIA: UNA NOCIÓN SOSPECHOSA

Desde hace unos años resulta poco probable encontrarse un documento relacionado con la enseñanza (sea una propuesta curricular, una unidad didáctica o un artículo de investigación educativa) en el que no aparezca el término “competencia”. Esto ocurre con independencia de que el trabajo se ocupe de la enseñanza de la geología, la física o la lengua, y que se dirija a la educación secundaria, universitaria o primaria. Se trata, además, de una irrupción casi universal que afecta a todos los países occidentales, pero no solo a ellos.

No sin cierta razón, los profesores solemos recelar de estas “invasiones” de términos/conceptos relacionados con la enseñanza que parecen querer cambiarlo todo y que, con frecuencia, no solo carecen de utilidad para nuestro trabajo en el aula sino que vienen a complicarnos la vida con exigencias tecnocráticas generadoras de una burocracia inútil. Y si la irrupción del concepto en cuestión no nos resultase suficientemente sospechosa, su procedencia del mundo económico termina por ponernos en alerta. De manera que parece razonable, quizá incluso saludable, que nos acerquemos con cierto escepticismo a la noción de competencia y a todas sus derivadas: competencia científica, competencias básicas, enseñanza por competencias, etc.

En consecuencia, estamos obligados a interrogarnos acerca de *su significado*, a comprobar *qué tiene de novedoso*, en qué medida conecta con

las mejores experiencias y propuestas educativas de las últimas décadas y, en definitiva, a valorar *la utilidad que puede tener* para la enseñanza de las ciencias de la Tierra.

Como es sabido, el término cuenta con una larga tradición en el mundo económico y laboral, en el que ser competente significa tener la capacidad de desarrollar con eficacia un trabajo. Lo que implica poseer los conocimientos necesarios para ello, pero también disponer de las habilidades y actitudes requeridas para el ejercicio de esa profesión. El sistema educativo anglosajón tomó prestado el término en la década de 1980 para evaluar los programas de formación profesional. Y fue en ese contexto en el que se vio la necesidad de modificar unos planes de estudio que valoraban más la posesión de ciertos conocimientos teóricos que la capacidad de utilizarlos de manera eficiente en el desempeño profesional.

A partir de los años 90, la Unión Europea y algunas organizaciones internacionales, especialmente la OCDE, conscientes de la brecha que se estaba abriendo entre los sistemas educativos y una sociedad cada día más diversa, compleja e interconectada, consideraron que había llegado el momento de romper con unos programas saturados de contenidos, que en su mayoría son decimonónicos, que no responden a las demandas sociales y cuyo volumen impide al profesorado enseñarlos adecuadamente y a los estudiantes aprenderlos. Parecía necesario reducir esos contenidos pero, sobre todo, cambiar

los criterios utilizados en su selección así como el modo en que se llevaban al aula. En su lugar debían definirse aquellos saberes teóricos y prácticos necesarios para que todo ciudadano pueda participar activamente en la sociedad. Unos saberes que le permitan adaptarse a un mundo cambiante y le capaciten para continuar sus aprendizajes más allá del período educativo formal. Nacieron así las competencias clave, o básicas, entre las que se sitúa la competencia científica.

El proyecto *DeSeCo (Definition and Selection of Competencies)*, OCDE, 2002) define competencia como “la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz”.

El programa de evaluación internacional PISA (acrónimo de *Programme for International Student Assessment*), coordinado por la OCDE, proporcionó un impulso definitivo a la utilización de la perspectiva competencial en el diseño de los programas educativos de los países participantes, cuyo número se ha ido incrementando desde 32 en el año 2000, hasta 74 en 2012 (35 países de la OCDE y 39 más). PISA se centra en tres competencias: lingüística, matemática y científica y define esta última como “la capacidad para utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para entender y poder tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana ha provocado en él” (OCDE, 2003), si bien en 2006 complicó, puede que en exceso, esta definición (para un análisis detallado, así como una alternativa, ver Pedrinaci, 2012).

En todo caso, más que cualquier definición, puede que resulte clarificador señalar las tres características que constituyen las señas de identidad del concepto de competencia:

- No se trata de una destreza, tampoco de un conocimiento teórico sino de una noción que integra conocimientos teóricos, conocimientos prácticos y actitudes.
- Supone la capacidad de utilizar los conocimientos anteriores para resolver tareas en diferentes contextos.
- No es algo que una persona tenga o no de manera absoluta, sino que se considera un continuo que admite muchos grados de adquisición. Esto implica que su desarrollo no se limita a un determinado nivel educativo sino que se lleva a cabo a lo largo de la vida.

Y si tuviésemos que elegir una de estas características como aquella que mejor identifica el concepto de competencia y que más influencia puede tener en la enseñanza, optaríamos por la funcionalidad que quiere otorgarle al conocimiento. Desde la perspectiva competencial, no importa tanto qué conocimientos se supone que hemos aprendido, y por tanto podemos reproducir, como qué sabemos hacer con ellos. Es esta capacidad de uso lo que mejor mide el grado de competencia que se tiene en una disciplina, una profesión o una tarea.

Pero olvidémonos por un momento de la perspectiva competencial y cuestionémonos si resulta razonable, o no, que cuando trabajamos con los estudiantes un conocimiento (teoría, ley, principio, concepto o procedimiento) pretendamos que aprendan a usarlo, aunque solo sea de una forma muy elemental o rudimentaria. La diferencia fundamental entre un experto y un novato en cualquier área del conocimiento o de la actividad profesional no reside tanto en el volumen de conocimientos que es capaz de reproducir como en el modo en que los relaciona, utiliza o aplica para el análisis y resolución de problemas. Es esa mayor o menor capacidad para manejar adecuadamente los saberes que posee sobre una disciplina lo que le hace, o no, experto en ella.

Los epistemólogos y los historiadores de la ciencia van más allá, y señalan que ese carácter funcional forma parte de la esencia del conocimiento científico. Porque, como ya decía Bachelard (1938), toda teoría ha nacido para dar respuesta a un problema, para tratarlo o ayudar a entenderlo. Dicho en otros términos, aunque a veces lo olvidemos, el cuerpo teórico científico se ha generado con esa pretensión funcional y es valorado por su utilidad para explicar los fenómenos que ocurren, por su potencialidad para formular preguntas pertinentes y por su capacidad de ayudar a responderlas. Y esto vale tanto para el principio de superposición de los estratos, como para las leyes de Newton o la teoría de la tectónica de placas. Todos estos saberes fueron generados para ser utilizados en el tratamiento y resolución de problemas y carecen de sentido desprovistos de este uso.

Así pues, si queremos ser coherentes con el conocimiento científico y con las razones por las que se ha creado, nuestra preocupación no debería dirigirse a que los estudiantes sepan reproducir ciertos conocimientos, sino a que aprendan a utilizarlos, porque es esta capacidad de uso la que les da sentido y la que muestra hasta qué punto un determinado saber ha sido aprendido. Y eso es, en definitiva, lo que se subraya desde la perspectiva competencial (con independencia de que algún tecnócrata quiera aprovechar la situación para compliacarnos la vida).

## **QUÉ TIENE DE NOVEDOSA Y, EN CUALQUIER CASO, ¿ES ÚTIL?**

Algunos de los proyectos de enseñanza de las ciencias más interesantes de cuantos se han puesto en marcha en diversos países en las últimas décadas han partido de la crítica al enfoque academicista y descontextualizado que habitualmente tienen los currícula de ciencias y han llamado la atención sobre la necesidad de proporcionar, en los niveles obligatorios, una formación científica susceptible de ser aplicada a situaciones habituales de la vida cotidiana, laboral y social. Por ejemplo, *Project 2061. Science for All Americans* (AAAS, 1990, que sigue funcionando hoy <http://www.project2061.org/>); *Science Across the World* (Association for Science Education, 1996-2013,

<http://www.scienceacross.org/>); *Twenty First Century Science* (Nuffield Foundation, 2003-2013 <http://www.21stcenturyscience.org/>).

Este enfoque educativo se ha denominado *alfabetización científica* y ha orientado no solo proyectos más o menos restringidos sino también algunas propuestas destinadas a todos los estudiantes de algunos países. Así, por ejemplo, el *National Research Council*, USA, comenzaba la presentación de los estándares para la enseñanza de las ciencias en los Estados Unidos (NRC, 1996) de este modo:

“En un mundo lleno de productos de la investigación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos. Todos necesitamos utilizar la información científica para elegir entre las opciones que se plantean cada día. Todos necesitamos ser capaces de implicarnos en debates públicos sobre asuntos importantes relacionados con la ciencia y la tecnología. Y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural”. (El subrayado es nuestro).

Una introducción de este tipo parece pensada para iniciar una propuesta sobre el desarrollo de la competencia científica en la educación secundaria. Aunque existen algunas diferencias entre los diversos proyectos de alfabetización científica que se han llevado a cabo, todos ellos comparten unos rasgos comunes que Bybee (1997) describía en estos términos:

“La alfabetización científica significa que una persona puede preguntar, hallar o dar respuesta a cuestiones que su curiosidad le plantea diariamente. Significa que una persona es capaz de describir, explicar y predecir fenómenos naturales. La alfabetización científica capacita para leer en la prensa artículos sobre ciencia y para participar en debates sociales sobre la validez de sus conclusiones. La alfabetización científica implica que la persona puede identificar los temas científicos que determinan las decisiones políticas y expresar posiciones informadas científicamente y tecnológicamente. Un ciudadano científicamente alfabetizado debe ser capaz de valorar la calidad de la información científica basándose en la fuente de la que procede y en los métodos utilizados para generarla. La alfabetización científica también implica tener la capacidad de valorar los argumentos que se derivan de los hechos establecidos y llegar a conclusiones”.

Invitamos al lector a que vuelva a leer la cita anterior, pero ahora sustituyendo “alfabetización” por “competencia” (y “alfabetizado” por “competente”), probablemente no encuentre una descripción mejor de lo que se entiende por competencia científica. Llamamos la atención sobre el hecho de que este párrafo está escrito en 1997, por tanto, antes de que se produjese la “irrupción” competencial.

Siendo así, ¿qué tiene de novedoso el concepto de competencia científica y el enfoque curricular que propone? La respuesta más ajustada quizá sea “no mucho”, al menos no en lo que se refiere a la competencia científica en los niveles de enseñan-

za obligatorios. Puede que sí resulte novedoso en otros niveles educativos, como los universitarios, para los que la noción de alfabetización se queda inevitablemente corta, o para alguna de las otras competencias básicas, en las que no se habían puesto en marcha proyectos con este enfoque alfabetizador. Pero, en lo que respecta a la educación obligatoria, alfabetización científica y competencia científica son conceptos equivalentes que se enmarcan en propuestas didácticas perfectamente intercambiables, todo lo que vale para una es adecuado para la otra.

Obviamente, este hecho reduce la presunta novedad de la competencia científica pero, a cambio, le proporciona una trayectoria más larga y fundada que cuenta en su haber con investigaciones, proyectos e importantes experiencias de aula, al tiempo que le aleja de las reticencias derivadas de su origen relacionado con el mundo económico. Lo que resulta novedoso, y puede que ahí resida buena parte de las expectativas generadas, es que mientras que los proyectos de alfabetización científica se han limitado a la enseñanza de esta área del conocimiento, la competencia científica forma parte de un conjunto de competencias (denominadas competencias clave o básicas) que afectan a todas las áreas curriculares, de manera que su aplicación en el aula no resulta una excepción, y esta circunstancia debería proporcionar más viabilidad y coherencia a la propuesta. La otra diferencia sustancial reside en que la noción de alfabetización científica carece de sentido en niveles universitarios, o en el ejercicio de la profesión, mientras que la de competencia sí lo tiene.

Novedoso o no, lo que realmente debe interesarnos es la utilidad que puede tener para la enseñanza de las ciencias de la Tierra el concepto que nos ocupa y la perspectiva que le acompaña. Si se permite el juego de palabras, no hay nada más “competencial” que valorar el concepto de competencia o su enfoque educativo en función de su utilidad. Veámosla, pues.

Uno de los análisis más interesantes y críticos realizados sobre la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria de Europa es el que coordinó el ex primer ministro francés, Michel Rocard, por encargo de la Comisión Europea (Rocard et al, 2007). En él, entre los problemas que aquejan a la enseñanza de las ciencias destaca los siguientes: los programas están sobrecargados, la mayoría de sus contenidos son del siglo XIX, se enseñan de manera muy abstracta, sin apoyo en la observación y la experimentación, y no se muestra su relación con situaciones actuales ni sus implicaciones sociales. En cualquier caso, puede que lo más demoledor sea su afirmación de que “los estudiantes perciben la educación científica como irrelevante y difícil”. No es que consideren irrelevante la ciencia, la valoran y mucho, especialmente sus aplicaciones tecnológicas y la contribución que hacen al bienestar social. Lo que consideran irrelevante para sus vidas es la formación científica escolar que han recibido. Con independencia de que la ciencia que les enseñamos resulte o no irrelevante, si los estudiantes europeos la perciben así es porque, obviamente, algo estamos haciendo mal.

Como señalamos en otro lugar (Pedrinaci, 2011), adoptar la competencia científica como elemento estructurador de la propuesta curricular que realizamos puede contribuir a atajar los problemas denunciados en el informe Rocard porque la perspectiva competencial:

- Proporciona criterios para seleccionar el currículum, y puede hacer que adquiera unas dimensiones manejables.
- Sitúa en el centro de la enseñanza la consecución de aprendizajes funcionales y útiles personal, laboral y socialmente.
- Sugiere contextos de aprendizaje más relacionados con las situaciones de uso del conocimiento.
- Favorece la utilización de metodologías de enseñanza más participativas.
- Orienta la elaboración de criterios de evaluación de manera que dejen de centrarse en constatar si el estudiante sabe reproducir lo que se le ha enseñado para preocuparse por comprobar qué sabe hacer con lo que ha aprendido.

En síntesis, asumir una perspectiva competencial puede ayudarnos a tomar decisiones sobre qué debe enseñarse, cómo debe hacerse y cómo debe evaluarse. Todo ello a condición de que se constituya en el elemento estructurador de la propuesta educativa. Pero si se introducen las competencias como un componente curricular más y se mantienen inalterados los tradicionales objetivos, contenidos..., como se ha hecho en Real Decreto de enseñanzas mínimas (MEC, 2007), poco cabe esperar de la perspectiva competencial.

## NUESTRA PROPUESTA ALFABETIZADORA Y LA COMPETENCIA CIENTÍFICA

Decíamos al comienzo de este trabajo que es poco probable que nos encontremos un documento reciente relacionado con la enseñanza en el que no aparezca el término competencia, pues bien, la propuesta “*Alfabetización en ciencias de la Tierra*” (ver Pedrinaci et al, 2013 en este volumen) que estructura este monográfico es una de las excepciones: no hallaremos ni una sola vez el término competencia ni ninguno de sus derivados. Eso sí, en su lugar se utiliza el equivalente “alfabetización científica”, que nos ha parecido más adecuado para el nivel educativo al que se dirige (educación obligatoria) así como para el objetivo de mostrar aquello que consideramos que todo ciudadano debería conocer sobre el funcionamiento del planeta en que habita.

A diferencia del ministerio de educación español, que en su propuesta curricular de 2007, habla con frecuencia de las competencias básicas y de la “*competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*” (que es su singular forma de denominar a la c. científica) pero elabora un currículum que poco tiene que ver con la perspectiva competencial, nuestra propuesta alfabetizadora ha preferido obviar el término competencia pero, como mostraremos, utiliza la perspectiva competencial de principio a fin.

En efecto, ya en la introducción se explica por qué se ha elegido el término “alfabetización”, se llama la atención sobre la importancia de que el conocimiento sea funcional y se formulan los cinco

grandes objetivos de la propuesta. Cuatro de ellos son explícitamente competenciales: el primero porque habla de “*saber utilizar* ese conocimiento básico [cómo funciona la Tierra] *para explicar...*”; el tercero porque relaciona la alfabetización en ciencias de la Tierra con la *utilidad* que debe tener para comprender las *interacciones entre la humanidad y el planeta*, los riesgos y los recursos; el cuarto porque promueve la *capacidad de utilizar* los principales procedimientos científicos generales (búsqueda de información, formulación de preguntas, elaboración de conclusiones...); y el quinto, porque hace lo mismo que el anterior pero en este caso referido a los procedimientos geológicos más elementales. Solo uno de los cinco objetivos tiene una relación poco explícita con la perspectiva competencial, el segundo, y se refiere a una de esas aportaciones que ninguna propuesta de enseñanza de la geología puede olvidar, el concepto de tiempo geológico. Pero, aún este, está formulado desde cierta perspectiva instrumental. También en el epílogo del documento se insiste, de nuevo, en la conexión entre la propuesta y las demandas sociales.

Con todo, para analizar de manera más sistemática si la propuesta alfabetizadora que nos ocupa promueve el desarrollo de la competencia científica de un modo consistente, quizá debamos hacer un desglose de los elementos y capacidades que conforman dicha competencia y, a partir de ahí, comprobar en qué medida están presentes en nuestra propuesta.

Así, en la tabla 1, hemos distinguido las tres dimensiones que, a nuestro juicio, integran la competencia científica y que, en todo caso, cualquier propuesta de enseñanza sólida, coherente y actualizada debería atender: *el conocimiento de la ciencia, el conocimiento de la práctica de la ciencia, y el conocimiento de la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la sociedad* (Hodson, 1994). En la segunda columna incluimos las capacidades relacionadas con cada una de estas dimensiones (Pedrinaci, 2012). En la tercera indicamos en qué medida son atendidas por la propuesta “*Alfabetización en ciencias de la Tierra*” y el lugar en el que se hace referencia.

Como puede verse, todas las capacidades relacionadas con *el conocimiento de la ciencia*, dimensión 1, y con *la naturaleza de la ciencia y su relación con la tecnología y la sociedad*, dimensión 3, se encuentran muy bien atendidas en el documento. La dimensión 2, relacionada con *la práctica de la ciencia*, tiene un tratamiento más desigual, hay capacidades bien atendidas y otras que deberían estarlo mejor. La idea clave 10, “*Los científicos interpretan y explican el funcionamiento de la Tierra basándose en observaciones repetibles e ideas verificables*”, se dedica a seleccionar los aspectos más relevantes de la naturaleza de la ciencia y de su práctica pero mientras que el primer apartado está muy bien solucionado en el documento, el segundo lo desarrolla insuficientemente. Tal vez, lo que ocurre es que en esa idea clave no pueden abordarse todos los aspectos relacionados con la práctica de la ciencia que deberían formar parte de la propuesta, y habría convenido que en algunas de las otras ideas clave se hubiesen incorporado ciertos procedimientos científicos (ver, por ejemplo, Almodóvar, 2013; Alfaro et al, 2013; Anguita, 2013; Brusi et al, 2013; o Fernández-Martínez, 2013, todos en este volumen).

DIMENSIÓN DE LA COMPETENCIA	CAPACIDADES RELACIONADAS	PRESENCIA EN <i>Alfabetización en ciencias de la Tierra</i> Valoración global (*)
En relación con <i>el conocimiento de la ciencia</i>	Utilizar el conocimiento científico para describir, explicar y predecir fenómenos naturales.	- Está en el objetivo 1. - Está de manera explícita en todas las ideas clave. (3)
	Utilizar el conocimiento científico para analizar problemas y adoptar decisiones en contextos académicos, personales y sociales.	- Está en los objetivos 1 y 3. - Está de manera explícita en todas las ideas clave. (3)
En relación con <i>la práctica de la ciencia</i>	Identificar cuestiones científicas, formular hipótesis y diseñar estrategias para su contrastación.	- Está en el objetivo 4. - Subyace en diversas ideas clave. (1)
	Buscar y seleccionar información relevante para el caso.	- Está en el objetivo 4. - Subyace en diversas ideas clave. (1)
	Interpretar datos cuantitativos y cualitativos. Leer e interpretar gráficas, hacer correlaciones y diferenciar entre correlación y causalidad.	- Está en el objetivo 4. - Está de manera explícita en la idea clave 10. - Subyace en diversas ideas clave. (2)
	Construir argumentaciones consistentes y valorar la calidad de una dada.	- Está en el objetivo 4. - Subyace en diversas ideas clave. (1)
	Alcanzar conclusiones fundadas en hechos, datos, observaciones o experiencias.	- Está en el objetivo 4. - Está de manera explícita en las ideas clave 8, 9 y 10. - Subyace en diversas ideas clave. (3)
	Interesarse por conocer e indagar sobre cuestiones científicas y problemas socioambientales.	- Está en el objetivo 4. - Está de manera explícita en la idea clave 10. - Subyace en diversas ideas clave. (3)
En relación con <i>la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad</i>	Comprender los rasgos característicos de la ciencia y diferenciarla de la pseudociencia.	- Está en el objetivo 5. - Está de manera explícita en las ideas clave 9 y 10. - Subyace en todas las ideas clave. (3)
	Valorar la calidad de una información científica en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla.	- Está en el objetivo 5. - Está de manera explícita en la idea clave 10. - Subyace en casi todas las ideas clave. (3)
	Entender cómo se elaboran los modelos y las teorías, cuál es su utilidad y por qué se modifican.	- Está en los objetivos 1 y 5. - Está de manera explícita en las ideas clave 1 y 10. - Subyace en diversas ideas clave. (3)
	Valorar la influencia social de los productos de la ciencia y la tecnología, y debatir sobre cuestiones científicas y tecnológicas de interés social.	- Está en el objetivo 3. - Está de manera explícita en las ideas clave 8, 9 y 10. - Subyace en casi todas las ideas clave. (3)
	Responsabilizarse con la adopción de medidas que eviten el agotamiento de los recursos naturales o el deterioro ambiental y favorezcan un desarrollo sostenible.	- Está en el objetivo 3. - Está de manera explícita en las ideas clave 8, 9 y 10. - Subyace en casi todas las ideas clave. (3)
(*) Valoración de la presencia de cada capacidad analizada: 0: desatendida, 1: poco atendida, 2: atendida, 3: muy bien atendida.		

Tabla 1. Dimensiones y capacidades que integran la competencia científica y presencia de cada una de ellas en el documento "Alfabetización en ciencias de la Tierra".

## LAS COMPETENCIAS SE DESARROLLAN PRAC-TICÁNDOLAS

El documento que nos ocupa aprueba con nota el análisis competencial realizado. Hay, por otra parte, un aspecto esencial que conviene valorar y que, a nuestro juicio, constituye uno de sus principales aciertos: la profunda selección de contenidos que realiza. Conviene recordar que no se trata de un currículum para un curso académico sino que se han seleccionado aquellos conocimientos sobre las ciencias de la Tierra que debería poseer todo estudiante al finalizar la educación obligatoria. Por tanto, en el caso español, aquellos conocimientos que deberían trabajarse durante los cuatro años de la educación secundaria obligatoria.

Como denuncia el *Informe Rocard*, habitualmente los ministerios de educación elaboran unos

listados de contenidos demasiado largos. Quizá quieran evitar así que alguien les eche en cara haber olvidado incluir este o aquel conocimiento pero, probablemente, pocas cosas haya tan perjudiciales para la enseñanza como la obligación de abordar un currículum inabarcable. La *American Association for the Advancement of Science*, en el *Proyecto 2061* al que hemos hecho referencia, ya señalaba en 1990:

"No se necesita pedir a las escuelas que enseñen más y más temas, sino más bien que se concentren en lo esencial para la formación científica, y enseñarlo mejor (...) [Este proyecto] se basa en la creencia de que una persona con formación científica es aquella que percibe que las ciencias, las matemáticas y la tecnología son empresas humanas interdependientes, con potencialidades y limitaciones; que comprende los conceptos y principios científicos clave; que está familiarizada con el mun-

do natural y reconoce su diversidad y su unidad a la vez; y que emplea el conocimiento de la ciencia y los modos científicos de pensar para fines individuales y sociales” (AAAS, 1990).

Todo aprendizaje importante y complejo (y conseguir un desarrollo adecuado de la competencia científica es ambas cosas), requiere tiempo y sosiego. De manera que una propuesta de contenidos proporcionada al tiempo que se dispone para su enseñanza es condición necesaria para generar los aprendizajes pretendidos. Necesaria, sí, pero no suficiente, además hace falta que demos oportunidades a nuestros alumnos para que practiquen las capacidades a las que hemos hecho referencia en la tabla anterior. Si lo que pedimos a los estudiantes es que estén atentos a lo que se les dice en el aula, y los calificamos en función de la fidelidad con la que reproducen nuestro discurso, las posibilidades de que adquieran aprendizajes funcionales que estén en condiciones de aplicar en diferentes situaciones, son muy limitadas.

Así por ejemplo, podemos, y debemos, proporcionarles criterios para buscar y seleccionar información, pero si no practican esta tarea no cabe esperar que aprendan a realizarla. Podemos, y debemos, señalarles por qué se considera a la Tierra un sistema y cómo ese modelo teórico nos ayuda a entender la historia del planeta y muchos de los sucesos que ocurren cada día, pero si no les enfrentamos a situaciones en las que deban detectar las interacciones que tienen lugar entre diferentes subsistemas o deban hacer predicciones fundadas, es poco probable que sean capaces de manejar con un mínimo de destreza este modelo. Podemos, y debemos, comentarles el papel de la geología como ciencia y las aportaciones que hace a la sociedad, pero si no trabajan y debaten sobre casos reales y actuales relacionados con los recursos naturales o con los riesgos geológicos, seguirán pensando que el conocimiento científico que se les enseña es irrelevante para sus vidas.

No es este el lugar para hacer una propuesta metodológica ni disponemos del espacio requerido para ello, tampoco pretendemos sugerir que hay una sola forma adecuada de trabajar las ciencias de la Tierra, con independencia de las características del profesor, de los estudiantes o del contexto de nuestro centro. La diversidad de contenidos que debemos enseñar y la diversidad de estilos cognitivos existentes en el alumnado permiten concluir que lo que vale en unos casos no siempre es lo más adecuado para otros. De manera que ni hay tratamientos infalibles ni todas las programaciones de aula tienen que ser iguales. Esto no significa que todo valga ni que dé igual un tratamiento que otro.

Existe un consenso internacional sobre algunas orientaciones metodológicas que pueden resultarnos útiles para promover la alfabetización en ciencias de la Tierra que pretendemos. Haremos un breve comentario de estas pautas de intervención:

- **Deben establecerse relaciones explícitas entre los contenidos trabajados y situaciones de la vida cotidiana.** Es lo que suele conocerse como “contextualizar la ciencia” (Caamaño, 2005). Puede hacerse de diversas formas, la más evidente y que mejores resultados suele dar toma como punto de

partida un problema real (por ejemplo, el terremoto de Lorca, la apertura de una cantera cercana, la erupción en la isla de El Hierro, las inundaciones de Jerez, etc.), se analiza lo ocurrido y se extraen las conclusiones pertinentes. En estos casos se les da entrada a las teorías en el momento y en la medida que la situación lo demanda. Es decir, se recurre a la teoría o al modelo porque nos ayuda a entender el problema, a tratarlo o a darle una respuesta. De este modo conseguimos, de una parte, introducir las teorías no como abstracciones de uso desconocido sino como un tipo de conocimiento, abstracto desde luego (las teorías lo son por definición), pero que ha sido generado para entender lo que ocurre a nuestro alrededor; y de otra, mostrar esa utilidad y ofrecer oportunidades para aplicar el conocimiento al estudio del caso en cuestión.

- **Conviene incluir algunas investigaciones escolares en la programación de aula.** En los años 70 del pasado siglo surgieron diversos proyectos en Europa y en Estados Unidos que se estructuraban en torno a lo que se denominó *investigación escolar* o *indagación*. En ellos se partía de la idea de que, con la ayuda del profesor, los estudiantes podían descubrir experimentalmente conocimientos. Este tipo de proyectos ha mostrado dos fortalezas generalmente reconocidas: consigue interesar a los estudiantes por la ciencia más que cualquier otro tipo de propuesta, y ofrece un tratamiento integrado y funcional de la metodología científica. Pero también algunas debilidades: hay conocimientos científicos básicos que no se dejan abordar fácilmente por una investigación escolar, el tiempo que exige una indagación se justifica en la medida en que, además, se está aprendiendo un procedimiento, pero una vez aprendido tiene poca justificación que continúe reiterándose, y hay perfiles de estudiantes que no se adaptan bien a este tipo de propuestas.

Señala Caamaño (2012) que en el debate sobre la investigación escolar se ha mezclado, y a veces confundido, la indagación como objetivo de aprendizaje (la consideración de que los estudiantes deben familiarizarse con la metodología científica y acercarse a su uso) y la indagación como método de enseñanza (es decir, como estrategia didáctica para que los estudiantes adquieran el conocimiento científico). Sobre la necesidad de incluir la investigación como objetivo de enseñanza hay consenso general, así como acerca de que la mejor manera de conseguirlo es, precisamente, realizando actividades de investigación escolar que, como afirma Caamaño (op. cit.), “es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos”. Mucho menos consenso hay en torno a la conveniencia de utilizar la indagación como método de enseñanza habitual.

- **Debe ofrecerse un abanico muy variado de actividades, tanto por su temática como por los procedimientos que se ponen en juego.** Así, por ejemplo, actividades de aula que requieran la búsqueda y tratamiento de la información, la resolución de problemas, la argumentación y uso de evidencias, el manejo de mapas topográficos...; actividades de laboratorio de identificación de rocas y minerales o de diseño de experiencias, contrastación de hipótesis...; actividades de campo que supongan la

aplicación de conocimientos adquiridos en el aula y en el laboratorio y ayuden a contextualizarlos en el medio natural... Queremos subrayar la importancia de la variedad en las tareas planteadas (ver, por ejemplo, Hernández o Brusi et al., 2011). Por interesante que sea, cualquier actividad repetida sistemáticamente deviene en rutina. La diversidad, por el contrario, favorece la motivación, atiende mejor a la diversidad de estudiantes con intereses y ritmos diferentes, y proporciona una formación más completa. Como suele aconsejarse para la alimentación, también aquí una “dieta variada” es la mejor forma de acertar.

Se trata, en definitiva, de que la propuesta de alfabetización en ciencias de la Tierra que llevamos al aula ofrezca a los estudiantes suficientes oportunidades para desarrollar las capacidades que integran la competencia científica (ver tabla 1). Porque, como señalan Jiménez Aleixandre et al. (2011), las competencias se desarrollan practicándolas.

## BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.M., Fernández, C. y Gutiérrez-Alonso, G. (2013). Tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 168-180.

Almodóvar, G. R. (2013). Los materiales de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2. 146-154.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Project 2061. Science for All Americans*. New York. Oxford University Press. <http://www.project2061.org/>

Anguita, F. (2013). Investigar un planeta. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2. 195-207.

Association for Science Education (1996-2013). *Science Across the World*. <http://www.scienceacross.org/>.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin, París (Trad. cast. *La formación del espíritu científico*, 1983. México: Siglo XXI).

Brusi, D., Zamorano, M., Casellas, R.M. y Bach J. (2011). Reflexiones sobre el diseño por competencias en el trabajo de campo en Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19 (1), pp. 4-14.

Brusi, D., Roqué, C. y Mas-Pla, J. (2013). Los procesos geológicos externos: las infinitas interacciones en la superficie de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 21.2, 181-194.

Bybee, R. (1997). *Towards an Understanding of Scientific Literacy*. En Graeber, W. & Bolte, C. (Eds) *Scientific Literacy*. Kiel. IPN.

Caamaño, A. (coord.) (2005). Contextualizar la ciencia. *Alambique*, 46, 5-107.

Caamaño, A. (2012). *La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos*. En Pedrinaci, E.; Caamaño, A.;

Cañal, P. y Pro, A. *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona. Graó, 127-146.

Fernández-Martínez, E. M. (2013). Enfoques emergentes en la investigación de la historia de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 155-167.

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

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 299-313.

Jiménez Aleixandre, M.P. Sanmartí, N. y Couso, D. (2011). *Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: la perspectiva de la enseñanza de las ciencias*. En *Informe ENCIENDE*. COSCE. Madrid. 57-74.

Ministerio de Educación y Ciencia. (2007). *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria*. BOE de 05/01/2007. Madrid.

National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press. [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=4962](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=4962)

National Science Foundation (2009). *Earth Science Literacy Principles*. <http://www.earthscienceliteracy.org/>.

Nuffield (2003-2013). *Twenty First Century Science. Pilot Resources. Core Science*. Nuffield Curriculum Centre. Oxford University Press. <http://www.21stcenturyscience.org/>

OCDE (2002). *Definition and Selection of Competencies (DeSeCo)*. OCDE. París. <http://www.deseco.admin.ch/bfs/desecco/en/index/02.html>

OCDE. (2003). *Marcos teóricos PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura y Ciencias. Solución de problemas*. OCDE. París.

OCDE. (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura*. OCDE París.

Pedrinaci, E. (2011). ¿Qué ciencia enseñar? Entre el currículo y lo programación de aula. En Cañal, P. (coord.). *Didáctica de la Biología y la Geología*. Barcelona. Graó, 49-70.

Pedrinaci, E. (2012). *El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica*. En: (Eds: Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P. y Pro, A.) *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona. Graó, 15-37.

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.

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*. Bruselas. [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf) (Versión en castellano en *Alambique* (2008), 55, 104-120). ■

Fecha de recepción del original: 15/03/2013

Fecha de aceptación definitiva: 11/05/2013