

LA GEOLOGÍA EN EL BACHILLERATO: UN ANÁLISIS DEL NUEVO CURRÍCULUM

Geology in the 6th Form Education: an analysis of the new curriculum

Emilio Pedrinaci*

RESUMEN

En este trabajo se analiza el nuevo currículum de Geología en el Bachiller. Para ello se selecciona la formación básica que deberían aportar las ciencias de la Tierra a un estudiante de este nivel educativo y se comprueba en qué medida, el nuevo currículum, permite atender esta formación.

ABSTRACT

In this paper we analyse the new curriculum for the teaching of Geology in the 6th Form Education. We then identify what we think the basic education should be in regards to the teaching of Earth Sciences and we verify whether the new curriculum matches the main points we cover here.

Palabras clave: Currículum, Educación Secundaria, Geología, Enseñanza de las ciencias de la Tierra.

Keywords: Curriculum, Secondary School, Geology, Earth Science Education.

INTRODUCCIÓN

En los últimos días del año 2000, la Administración Central aprobaba un Real Decreto por el que se modificaba el currículum del Bachiller, estableciendo las nuevas enseñanzas mínimas que serían obligatorias para todo el Estado a partir del curso 2002-2003. Los cambios afectaban a todas las materias, entre ellas la Biología y Geología.

No hacía mucho que habíamos realizado un dura crítica al modo en que era tratada la Geología en el Bachiller de ciencias (Domingo y Sequeiros, 1998; Pedrinaci y Domingo, 2000), denunciando su desaparición como asignatura independiente, su limitación a un tercio del programa de 1º de Bachiller y, muy especialmente, la ausencia de un enfoque que proporcionase una visión global del funcionamiento terrestre. Reclamábamos, en efecto, un cambio sustancial. Sin embargo, ninguna de las modificaciones introducidas por el Real Decreto de 29 de diciembre de 2000 venían a corregir las deficiencias denunciadas.

No es extraño que ocurriese así porque, probablemente, el Ministerio de Educación no tenía la intención de modificar los programas de Biología y Geología. Quizá sea útil recordar el origen de los cambios que nos ocupan: preocupado el gobierno central porque en las comunidades históricas no se enseña la historia de España, o no se hace como considera que sería obligado para construir en las nuevas generaciones un sentimiento de pertenencia a ese estado plural que llamamos España, crea una comisión de expertos a la que encarga analizar los conocimientos humanísticos que poseen los estudiantes de secundaria. Como no podía ser de otra manera, la denominada “comisión de humanidades” concluye que los alumnos de estas edades tienen serias deficiencias en sus saberes, por lo que son ne-

cesarios más contenidos y más horas para impartir Lengua, Literatura, Historia y Filosofía.

Quizá intentando que no se notase demasiado el sesgo, el MEC incluyó también un incremento horario en Matemáticas y señaló que el objetivo era reforzar los conocimientos instrumentales. Unos cambios arrastraron a otros y ya no se supo dónde parar. Puestos a cambiar, se modificó todo el currículum de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), el de las materias que pretendía reforzarse y el de las demás, así como todo el Bachiller.

Sólo si se considera que cambiar la Biología y la Geología no formaba parte del “guión inicial”, pueden entenderse los errores cometidos. En efecto, si antes de proponer una reforma educativa no se analiza el punto de partida con la intención de ver qué va bien y qué va mal y, en consecuencia, qué conviene mantener y qué debe modificarse, cabe esperar que no sólo se dejen sin corregir los errores sino que resulta muy probable que se incrementen. Me temo que lo realizado empeora la situación que existía con la LOGSE. Confiemos en que la *Ley de Calidad de la Educación* lo corrija.

QUÉ GEOLOGÍA PROPONE EL NUEVO CURRÍCULUM

No cabe duda de que la idea que el diseñador del plan de estudios tenga sobre esta ciencia, su estructura y su aportación a la formación científica determinará el papel que le otorga en el currículum, los contenidos que selecciona y el modo en que los organiza. Veamos qué se dice en el nuevo currículum.

La introducción es muy breve, a pesar de ello proporciona algunos elementos de juicio. Así, en su segundo párrafo señala: “En ambas disciplinas [Biología y Geología] se mezclan (sic) conocimientos básicos,

(*) IES de Gines (Sevilla).

que se han adquirido por métodos científicos tradicionales, y nuevos conocimientos, fruto de aplicaciones técnicas de investigación mucho más avanzadas...”

Como puede verse, la frase no tiene desperdicio. No considera que la Geología (tampoco la Biología) esté constituida por un cuerpo organizado de conceptos, principios y teorías así como por los procedimientos utilizados para generar, organizar y refutar esos conceptos, principios y teorías, sino por una mezcla de conocimientos. No dice se relacionan, se integran, se organizan, ni siquiera dice se incluyen, sino “se mezclan”. Aunque puede que no esté pensando en la Geología o en la Biología como ciencias sino en los estudiantes y es a ellos a quienes propone ofrecer una mezcla de conocimientos; en cualquier caso, no se sabe qué es peor. Pero quizá estamos siendo demasiado severos y puede que este *lapsus* (Freud lo llamaría “acto fallido”) no pase de ser un simple error que no es representativo de la concepción que se tiene sobre estas ciencias o el modo de presentarlas a los estudiantes.

En el párrafo que comentamos se clasifican los conocimientos en “básicos” y “nuevos conocimientos” que, se supone, no serían básicos. Viene a ser algo así como clasificar a las personas en “jóvenes” y “extranjeras”. Insatisfecho con todo lo anterior, se establece una “teoría” sobre el modo en que se construye el conocimiento científico. “Teoría” que podría resumirse así: el conocimiento científico es el resultado directo de la aplicación de una técnica (nada deja a la imaginación o a la creación, ni siquiera a la interacción entre los científicos), si esta técnica es tradicional o elemental también lo será su resultado, mientras que si se aplica una técnica más avanzada y compleja el conocimiento generado resultará a su imagen y semejanza.

La introducción del curriculum que nos ocupa no invita al optimismo sobre la concepción de la Geología que ha guiado su elaboración, pero veamos qué objetivos se proponen y, sobre todo, qué contenidos se seleccionan y cómo se organizan porque, en última instancia, constituyen el núcleo del curriculum propuesto. También deberemos revisar los criterios de evaluación ya que ayudan a entender qué tipo de aprendizajes se valoran como especialmente relevantes.

Se formulan 6 objetivos, de ellos tres (el 1º, el 3º y el 4º) se refieren a procedimientos y actitudes generales relacionados con la formación científica, uno (el 2º) se refiere a la adquisición del cuerpo teórico que proporcionan la Biología y la Geología, al que se le añade uno específico de la Geología (el 5º) y otro específico de la Biología (el 6º).

Son unos objetivos muy similares a los del anterior curriculum y no tenemos nada importante que objetarles. Quizá, el peor formulado sea el último, pero la Biología queda fuera de la atención de este artículo. Sólo hay un problema con estos objetivos: el diseñador se olvida de ellos nada más formularlos. De manera que, tras leer los contenidos, es inevitable preguntarse ¿cómo pretende alcanzar estos objetivos trabajando los contenidos que selecciona?

Objetivos:

1. Desarrollar actitudes y hábitos de trabajo asociados al método científico, tales como: búsqueda exhaustiva de información, capacidad crítica, cuestionamiento de lo obvio, apertura a nuevas ideas y necesidad de verificación de los hechos.
2. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Biología y la Geología, que les permitan tener una visión global y una formación científica básica para desarrollar estudios posteriores y aplicarlos a situaciones reales y cotidianas.
3. Analizar hipótesis y teorías contrapuestas que permitan desarrollar el pensamiento crítico y valorar sus aportaciones al desarrollo de la Biología y la Geología.
4. Desarrollar hábitos de observación y descripción esenciales para el trabajo del naturalista.
5. Interpretar globalmente los fenómenos de la geodinámica interna a la luz de la tectónica de placas.
6. Comprender el funcionamiento de los seres vivos como diferentes estrategias adaptativas al medio ambiente.

Cuadro 1. Objetivos de Biología y Geología de 1º de Bachiller.

Los contenidos de Biología y Geología se presentan “organizados” en 8 bloques. El primero, de carácter general, trata sobre la investigación científica y sus procedimientos, le siguen tres bloques de geología (aunque en la introducción se habla de dos: “los contenidos de geología se estructuran en dos núcleos”) y cuatro de Biología. Es de agradecer que este reparto sea más equilibrado que el ofrecido por el curriculum anterior (en el que sólo había 2 de Geología frente a 4), especialmente si se tiene en cuenta que no hay en 2º de Bachiller una asignatura de Geología.

Contenidos:

1. La investigación científica de nuestro planeta

Métodos tradicionales: reconocimiento “in situ”.
Recolección de muestras. Precauciones.
Análisis físicos y químicos.
Las nuevas tecnologías en la investigación del entorno: GPS y teledetección.

2. Estructura interna de la Tierra

Métodos de estudio e interpretación de los datos.
La estructura y la naturaleza fisicoquímica de la Tierra.
La máquina térmica del interior terrestre.
Conducción y convección del calor interno. El movimiento de las placas litosféricas.

3. Cristalización y ambientes petrogenéticos

Solidificación, cristalización y recristalización.

Cristalogénesis: nucleación y crecimiento de los cristales. Aplicaciones de los cristales.

Los ambientes petrogenéticos.

4. Los procesos petrogenéticos

Procesos de formación y evolución de los magmas. Yacimientos minerales asociados.

Tipos de magmas y tectónica global. Las rocas magmáticas.

Los factores del metamorfismo. Reacciones metamórficas. Yacimientos minerales asociados.

Tipos de metamorfismo. Las rocas metamórficas.

Ambientes y procesos sedimentarios. La estratificación y su valor geológico. Las rocas sedimentarias.

La alteración de las rocas superficiales: meteorización, complejos de intemperismo y formación de suelos.

Cuadro 2. Núcleos de contenidos geológicos de 1º de Bachillerato

Más adelante analizaremos estos contenidos. Ahora completaremos la presentación del currículum de geología con aquellos criterios de evaluación proporcionados en el Real Decreto relacionado con esta disciplina.

Criterios de evaluación

1. Conocer y aplicar algunas de las técnicas de trabajo utilizadas en la investigación de diversos aspectos (Geología, Botánica, Ecología, etc.) de nuestro planeta.
2. Aplicar las estrategias propias del trabajo científico a la resolución de problemas relativos a la estructura y composición de la Tierra.
3. Relacionar los procesos petrogenéticos con la teoría de la tectónica de placas.
4. Explicar los procesos de formación de las rocas magmáticas, metamórficas y sedimentarias.
5. Conocer los principales yacimientos minerales asociados, así como la importancia económica de éstos.

Cuadro 3. Criterios de evaluación de Biología y Geología de 1º de Bachillerato.

Como puede verse, criterio 1, la Geología es considerada “un aspecto de nuestro planeta”, ya no sólo no es ciencia, ni siquiera es esa “mezcla de conocimientos” a la que se aludía en la introducción. No sabemos qué ha sido de aquellos “conceptos, leyes, teorías y modelos que permitan tener una visión global” que formulaba el objetivo 2º, porque ningún criterio de evaluación se propone valorar ese conocimiento. Por otra parte, parece que la tectónica de placas sólo debe relacionarse con los procesos petrogenéticos (criterio 3), mientras que las estrategias propias del trabajo científico basta con aplicarlas a la resolución de problemas relativos a la estructura y composición de la Tierra (criterio 2). Más que criterios de evaluación, da la impresión de que se están formulando algunas preguntas para un examen (para un examen muy tradicional).

ESQUEMA PARA UN ANÁLISIS

Resulta manifiesta la falta de cohesión y la descoordinación que existe entre los diferentes elementos del currículum: introducción, objetivos, contenidos y criterios de evaluación; parecen haber sido elaborados por diferentes personas que no se han puesto de acuerdo en sus perspectivas. Dada esta desestructura y considerando el papel central que habitualmente se atribuye a los contenidos, serán estos los que centrarán el análisis que sigue.

No es nuestra intención estudiar esta propuesta desde la perspectiva de “qué contenidos faltan”. Diseñar un currículum implica siempre hacer una selección de contenidos, por tanto, su relación es necesariamente limitada. El peor error que puede cometerse es elaborar un listado enciclopédico para evitar que alguien critique la ausencia de determinado conocimiento. Así pues, debe cuidarse el volumen de contenidos incluidos, especialmente si se tiene en cuenta que es un currículum de mínimos (o eso se supone) sobre el que las Comunidades Autónomas pueden añadir un 35% más. Nuestro análisis seguirá el siguiente procedimiento:

• 1º. Seleccionaremos los ejes básicos de la formación que deberían aportar las ciencias de la Tierra a un estudiante del Bachiller de ciencias, señalando en cada caso las razones que justifican la selección realizada.

• 2º. Tomaremos como punto de referencia la selección realizada; será algo así como un test de idoneidad. Pasaremos el test al nuevo currículum, analizando si permite atender esas demandas de formación y en qué medida lo hace.

¿QUÉ DEBEN APORTAR LAS CIENCIAS DE LA TIERRA A UN ESTUDIANTE DE BACHILLER?

En el Simposio de Santiago, el *Grupo Terra* (1992) daba treinta razones para aprender Geología en la Educación Secundaria. También Reguant (1993) en uno de los primeros números de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* comentaba la formación básica que sólo la Geología puede pro-

porcionar. Más recientemente, King (1998), Domingo y Sequeiros (1998) o Pedrinaci (2001a) ofrecen una amplia reflexión sobre las aportaciones a la educación de los ciudadanos que pueden hacer las Ciencias de la Tierra. Destacamos a continuación aquellas en las que los trabajos anteriores muestran mayor coincidencia y nos parecen más relevantes.

Así, las Ciencias de la Tierra pueden y deben aportar a los estudiantes del Bachiller científico:

a) Una visión de conjunto acerca de cómo funciona la Tierra.

Un objetivo irrenunciable de las ciencias de la Tierra en el Bachiller debe ser proporcionar a los estudiantes una perspectiva global del funcionamiento del planeta. Es tan irrenunciable que, a nuestro juicio, a él debe supeditarse la propuesta que se formule. Y lo es porque, incluso en su período precientífico, el objetivo más o menos explícito de la Geología ha sido siempre entender cómo funciona el planeta. Su limitación en este terreno propició el nacimiento de las ciencias de la Tierra (que integran a la Geología y otras ciencias afines) capaces de ofrecer enfoques más holísticos (Anguita, 1994).

Así, aunque durante demasiado tiempo la Geología clásica centró sus estudios en análisis reduccionistas y los componentes más descriptivos, la tectónica de placas vino a subrayar la importancia que tiene comprender las claves del funcionamiento de la Tierra y cómo ese conocimiento deja trasnochadas ciertas descripciones, al tiempo que dirige la observación hacia otros elementos que pueden aportar datos más relevantes. Tuzo Wilson, en su clarividente artículo *Revolution dans les Sciences de la Terre* (1968), además de declarar que se había producido una revolución en las Ciencias de la Tierra se lamentaba de la desproporción que existía entre el elevado número de investigaciones centradas en describir “cómo es la Tierra” en comparación con las que tienen puesta su mirada en “cómo funciona”. Oigamos al maestro:

“Un vistazo a una serie cualquiera de resúmenes de artículos geológicos revelará que los estudios detallados se han convertido en el refugio de los geólogos. Cada estudio es quizá admirable en sí mismo, pero algunos de los temas, trabajados incluso durante siglos, en poco contribuirán a nuestra comprensión de la Tierra.

Mucho hemos aprendido sobre los minerales, rocas, fósiles, la naturaleza del terreno, o sobre el geomagnetismo, sismología y geoquímica. (...) Pero ¿dónde están la historia y la ciencia de la Tierra que esperábamos?”

La tectónica de placas tuvo la virtud de permitir relacionar cambios a pequeña escala con otros a escala regional y planetaria integrándolos en una dinámica global. Pero con ser importante este salto, no ha sido el único que se ha producido hacia una perspectiva más holística del funcionamiento del

planeta. Así, en su informe de 1997, la *American Geophysical Union* afirma que “se está produciendo una revolución en las Ciencias de la Tierra” como consecuencia de la consideración de la Tierra como un sistema. La conveniencia de esta perspectiva ya había sido intuita por Wilson (op. cit): “debemos estudiar la Tierra como un todo, como un sistema único”. También Le Pichon (2000) subraya esta tendencia en un artículo que titula *El renacimiento de las ciencias de la Tierra*, y señala que los datos aportados por la tecnología espacial y la oceanografía están acentuando la necesidad de una mayor interdisciplinariedad y globalidad de la proporcionada por la teoría movilista para abordar nuevos problemas. En un línea similar, Anguita (2000) sostiene que “la Teoría General de Sistemas ha cambiado nuestra forma de estudiar las ciencias de 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.

La Geología tiene en el concepto de tiempo uno de sus conocimientos más básicos. Pero, además de básico, es un concepto que está lejos de ser fácil de construir y, precisamente por eso, es necesario dedicarle una atención especial (pueden verse algunas estrategias para desarrollar la noción de tiempo geológico en Pedrinaci y Berjillos, 1994). Por otra parte, analizar algunos pasajes de la historia de la Tierra y de la vida es algo más que recomendable porque:

- Resulta necesario para construir la noción de tiempo geológico.

- Permite mostrar que el planeta Tierra tiene una historia y que es posible reconstruirla.

- La reconstrucción de esta historia proporciona ocasiones inmejorables para el estudio de los principios y los métodos de análisis que ayudan a interpretar el registro geológico e indagar los acontecimientos ocurridos en el Planeta.

- Ofrece oportunidades para aplicar los conocimientos adquiridos sobre la dinámica terrestre.

- Ayuda a conocer el funcionamiento global del planeta y analizar las interacciones entre los diferentes subsistemas terrestres.

- Proporciona informaciones relevantes sobre la historia de la Tierra y de la vida necesarias para interpretar el presente desde una perspectiva evolucionista y hacer predicciones.

A la dimensión temporal debe añadirse la espacial. Las relaciones entre ambas son tan estrechas que con frecuencia se habla de “escalas espacio-temporales” (Reguant, 1993). Quizá basten dos preguntas para resumir la importancia del conocimiento que comentamos en este apartado: ¿Es posible entender la naturaleza sin disponer de una perspectiva, por elemental que sea, sobre su evolución histórica? ¿Quién proporcionará esa perspectiva temporal si no lo hace la Geología?

El Grupo Terra (1992) lo expone de una manera más poética: “*La geología (...) no es la única ciencia de la naturaleza. Ni siquiera es la única ciencia de la Tierra, pero es la única que nos cuenta la historia de la Tierra y de la naturaleza.*”

c) Una formación sobre los riesgos geológicos, sus causas y sus importantes consecuencias para la humanidad.

Las ciencias de la Tierra están incrementando día a día su papel en la investigación, tratamiento y resolución de problemas complejos de gran trascendencia social y económica. Así, la mayoría de los desastres naturales (terremotos, erupciones volcánicas, riadas, coladas de barro, los derivados de El Niño, etc.) son analizados por las ciencias de la Tierra. Son catástrofes que en los cinco últimos años han causado 245.000 muertos y, según la aseguradora alemana Munich Re, las pérdidas económicas han superado los 700.000 millones de euros.

La importancia social y económica de estos problemas y su complejidad han animado a diversas instituciones americanas a impulsar el estudio de la Tierra como sistema. Así, gracias al apoyo científico, tecnológico y económico de la NASA y de *Universities Space Research Association*, se inició en 1991 el proyecto *The Earth System Science Education* (ESSE). El objetivo de este proyecto era desarrollar un currículum para lo que denominaron “La Ciencia del sistema Tierra” que permitiera superar las barreras de las disciplinas tradicionales y abordar los problemas relacionados con el “Cambio Global”. 22 universidades americanas participaron entre 1991 y 1995 en este proyecto (4000 estudiantes de más de 100 facultades). Otras 22 universidades se incorporaron en la segunda fase del proyecto ESSE (1995-2000).

El interés por este enfoque sistémico también ha llegado a la enseñanza secundaria y está impulsando las principales reformas curriculares de los países anglosajones (referencias de estas reformas pueden verse en Pedrinaci, 2001b).

d) Un conocimiento de los recursos disponibles y de la sostenibilidad del planeta.

Si consideramos que exceptuando la madera, la fibra vegetal, la lana y el cuero, todos los materiales que utilizamos son minerales y rocas más o menos transformados, quizá no sea necesario insistir en la importancia de conocerlos, saber su disponibilidad y sus reservas, dado que resulta un conocimiento imprescindible para utilizarlos y para hacer una valoración fundada de la necesidad de limitar su consumo, sustituirlos o favorecer su reciclaje.

e) Una formación sobre los procedimientos científicos utilizados en Geología, su diversidad y la importancia de su contribución.

La Geología suele incluirse dentro de las ciencias experimentales. Sin embargo, es una ubicación que

le resulta incómoda. En efecto, la Geología se ocupa del estudio de un sistema, el terrestre, que se encuentra en permanente cambio por lo que las situaciones que en él se suceden son, por definición, irrepetibles. Esto ha favorecido que algunos epistemólogos la incluyan dentro de las ciencias históricas. No faltan razones para que se le dé esta ubicación ya que, aunque algunos de los procesos de los que se ocupa son replicables en el laboratorio, quizá sea su componente histórica la que ha permitido que la Geología no haya quedado reducida a una Física y una Química aplicada al estudio de la Tierra y su dinámica. En cualquier caso, y con independencia del grupo de ciencias en el que se decida incluirla, la Geología tiene un indudable componente experimental así como otro componente histórico no menos importante.

En tanto que ciencia experimental, en sus investigaciones utiliza los métodos habituales en otras ciencias: *observación, medición, análisis de datos, clasificación, elaboración de hipótesis, definición y control de variables, contrastación*, etc. y su papel formativo en este terreno no difiere del que pueden realizar las demás ciencias.

Sin embargo, ninguna otra ciencia puede propiciar el conocimiento de los procedimientos científicos relacionados con su componente histórico. Son procedimientos que, además, han proporcionado buena parte de la bases sobre las que se ha construido el conocimiento geológico. Entre todos ellos destaca el *actualismo*, entendido como método de análisis que permite inferir lo ocurrido en el pasado a partir del estudio de los procesos que operan en la actualidad. Aunque el actualismo fue el método usual de los uniformistas, no es necesariamente gradualista, de manera que es utilizado también desde las perspectivas neocatastrofistas y, en consecuencia, continúa teniendo absoluta vigencia.

Junto al actualismo deben destacarse otros principios, también clásicos, que forman parte del patrimonio de la Geología como los propuestos por Steno: *el principio de horizontalidad original de los estratos, el principio de continuidad lateral y el principio de superposición de los estratos*. A pesar de las matizaciones y limitaciones que hoy se introducen a todos ellos, continúan siendo básicos para el establecimiento de cronologías relativas y, en consecuencia, para la reconstrucción de la historia geológica de cualquier zona. Incluso, una elemental perspectiva dinámica del relieve demanda el uso de estos principios para el establecimiento de secuencias causales. A todos ellos debe sumarse *el principio de relaciones cruzadas (o crosscutting relations)*. Todos estos principios unen a su extraordinaria importancia histórica -sobre ellos se ha construido la Estratigrafía y la Geología histórica- una gran potencialidad didáctica.

f) Unas nociones básicas sobre la naturaleza de la ciencia y su proceso de construcción.

Señala Hodson (1994) que la formación científica debe procurar tres tipos de aprendizajes: *el aprendizaje de la ciencia* (adquiriendo conociemien-

tos del cuerpo teórico científico), *el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia* (incorporando algunos conocimientos sobre la historia de la ciencia así como las interacciones ciencia-sociedad) y *la práctica de la ciencia* (desarrollando los conocimientos y capacidades que permiten la resolución de problemas con una metodología científica). Ningún curriculum científico riguroso y actualizado debería olvidar alguna de estas tres dimensiones que se refuerzan mutuamente y otorgan un gran peso a la aportación de las ciencias a la formación básica de los ciudadanos.

Las ciencias de la Tierra no deben ser una excepción, especialmente si se tiene en cuenta que su historia proporciona excelentes ejemplos de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad y su mutua influencia (por ejemplo, la evolución de las ideas sobre la edad de la Tierra), o del modo en que se construye la ciencia (no en vano ha experimentado la única revolución científica ocurrida después de que Kuhn –1962– publicase *La estructura de las revoluciones científicas*), proporcionando el mejor antídoto frente a visiones dogmáticas.

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.

La finalidad propedéutica que la normativa legal atribuye al Bachiller obliga a que las materias de este nivel educativo cubran, además, un doble objetivo: proporcionar los conocimientos básicos necesarios para seguir estudios superiores y facilitar algunas nociones que orienten a los estudiantes sobre las posibilidades que ofrecen los estudios relacionados con las diferentes disciplinas. No se trata de una cuestión menor, probablemente la ausencia de la Geología como asignatura del Bachiller sea una de las causas del descenso de estudiantes que acceden a Geológicas.

Pero el estudio de la disciplina que nos ocupa no sólo es necesario para hacer Geológicas, también lo es para otras carreras que necesitan conocer los materiales terrestres para utilizarlos, construir sobre ellos, transformarlos o conservarlos como: Ingeniería de Minas, Ingeniería de Montes, Ingeniería Agrónoma, Arquitectura, Ingeniería Técnica en Hidrología, Ingeniería Técnica de Topografía, Ingeniería Técnica de Recursos Energéticos, Ciencias Ambientales, etc. Así mismo, son conocimientos útiles para todas aquellas que se ocupan del estudio de los seres vivos y necesitan conocer su origen y evolución o las interacciones que se producen entre los organismos y el medio en el que habitan: Biología, Ciencias del Mar, etc.

¿ATIENDE EL NUEVO CURRÍCULUM ESTAS DEMANDAS FORMATIVAS?

De acuerdo con lo indicado, utilizaremos, a modo de test, la selección que acaba de realizarse so-

bre los siete ejes básicos de la formación que debería proporcionar las Ciencias de la Tierra a un estudiante del Bachiller científico y comprobaremos en cada caso en qué medida lo hacen:

a) ¿Proporciona el curriculum una visión de conjunto acerca de cómo funciona la Tierra?

Los contenidos geológicos incluidos en 1º de bachiller (cuadro 2) tratan la estructura interna de la Tierra, la cristalografía, la mineralogía y los procesos petrogenéticos. Son contenidos importantes (aunque algunos de ellos, como los minerales y las rocas, reiteradamente tratados en diferentes cursos de la ESO) que describen los materiales existentes en nuestro planeta y, en el mejor de los casos, su estructura. Pero el enfoque que se les da no se preocupa en mostrarnos qué dicen sobre la dinámica y la historia de la Tierra. Nada se expone sobre los criterios de selección utilizados y no es fácil entender qué se pretende o cuál es, en última instancia, la finalidad de los conocimientos propuestos. Tampoco hay un hilo conductor en el programa, ni se establecen relaciones entre los contenidos tratados, son, más bien, capítulos independientes.

La crítica que Wilson hacía en 1968 a los estudios de geología parece estar pensada para este curriculum: “*Mucho hemos aprendido sobre los minerales, rocas, fósiles, la naturaleza del terreno, o sobre el geomagnetismo, sismología y geoquímica. (...) Pero ¿dónde están la historia y la ciencia de la Tierra que esperábamos?*”

Quizá pueda disculparse que los reformadores desconozcan el impulso que la perspectiva sistémica está recibiendo en los países occidentales, pero resulta más grave su olvido de la importancia educativa que tiene disponer de un modelo que explique el funcionamiento global del planeta. Incluso se han olvidado de la teoría que cambió radicalmente la Geología del último tercio del siglo XX, la tectónica de placas.

Si exceptuamos una referencia marginal al “movimiento de las placas litosféricas” (bloque 2) y otra a los “tipos de magmas y tectónica global” (bloque 3), los contenidos seleccionados podrían ser los de un programa de hace 50 años. Con la diferencia de que, entonces, a nadie se le habría olvidado incluir algo de geodinámica externa y menos aún la historia de la Tierra.

Parece claro que el curriculum que nos ocupa es incapaz de conseguir el objetivo que hemos considerado irrenunciable para las ciencias de la Tierra en el Bachiller científico: disponer de un modelo global sobre la dinámica terrestre. Veamos, no obstante, si al menos se han proporcionado algunos otros conocimientos geológicos básicos. Un estudiante que haya aprendido todos los contenidos que propone este curriculum y se encuentre en el campo ante un afloramiento, estará en condiciones de identificar las rocas que halle y algunos de los minerales que las componen, pero será incapaz de explicar las formas y estructuras que aparezcan en el relieve,

por sencillo que sea, los procesos internos que han podido intervenir en su formación, las causas del modelado que ofrece, o los agentes que han intervenido. Mucho menos a su alcance estará reconstruir la historia geológica de esa zona.

Y si, un alumno del Bachiller de ciencias que conozca todos los contenidos geológicos que se le han propuesto, no es capaz de ofrecer alguna explicación razonada sobre el posible origen de un valle, un escarpe o una playa, si desconoce los procesos que han experimentado unos estratos que encontramos plegados, si no entiende cómo puede explicarse la presencia de un fósil marino en la cumbre de una montaña o por qué hay cordilleras... si ninguna de las situaciones anteriores (ni en su formas más elementales) es capaz de explicar, no habrá más remedio que admitir que el curriculum que se le ha ofrecido tiene algo más que importantes lagunas.

b) ¿Proporciona el curriculum una perspectiva temporal de los profundos cambios que han afectado a nuestro planeta y a los seres vivos que lo han poblado?

El nuevo curriculum del Bachiller ni menciona el concepto de tiempo geológico. Tampoco figura nada de la historia de la Tierra y de la vida, lo que no deja de resultar sorprendente en un equipo ministerial que ha mostrado tanta preocupación porque los alumnos estudien historia (no sólo la de España, sino también la de la Literatura y la de la Filosofía). Ni siquiera se preocupa de proporcionar los instrumentos metodológicos y conceptuales que permiten reconstruir el pasado terrestre.

No sólo mutila a la Geología de la dimensión temporal que ofrece a las Ciencias de la Naturaleza, también hace lo mismo con la espacial. Dimensiones que resultan imprescindibles para tener una visión dinámica de la Tierra o para conocer algunas de las modificaciones ocurridas a lo largo de la historia en la atmósfera terrestre, en la distribución de tierras y mares o en el clima, sus causas y sus consecuencias, o los profundos cambios que han experimentado los seres vivos que han poblado nuestro planeta.

Y, si se desconoce todo acerca del pasado de nuestro planeta y de los organismos que han habitado en él, ¿cómo podrá interpretarse el presente, si no es desde una perspectiva fijista? o ¿cómo se podrá valorar la influencia que pueden tener ciertos cambios que, con más rapidez que prudencia, la humanidad está introduciendo en la Tierra?

c) ¿Proporciona el curriculum una formación sobre los riesgos geológicos, sus causas y sus importantes consecuencias para la humanidad?

Aunque nada se dice en el curriculum de Biología y Geología de 1º de Bachiller sobre estas cuestiones, afortunadamente son perfectamente cubiertas en la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2º. De manera que los alum-

nos que finalicen estos estudios verán atendidas sus necesidades formativas en este terreno.

d) ¿Proporciona el curriculum un conocimiento de los recursos disponibles y de la sostenibilidad del planeta?

También en este caso podemos considerar que estos conocimientos están suficientemente atendidos entre el curriculum de 1º y el de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2º.

e) ¿Proporciona el curriculum una formación sobre los procedimientos científicos utilizados en Geología, su diversidad y la importancia de su contribución?

Bajo el título de “*La investigación científica de nuestro planeta*” el primer bloque de contenidos incluye los siguientes apartados:

“*Métodos tradicionales: reconocimiento in situ.*

Recolección de muestras. Precauciones.

Análisis físicos y químicos.

La nuevas tecnologías en la investigación del entorno: GPS y teledetección.”

El título parece indicar que se van a tratar no sólo los métodos específicos de la Geología sino también la metodología que comparte con las ciencias experimentales. Sin embargo, en el desarrollo nada se dice que nos permita entender que debe abordarse la formulación de hipótesis, la definición y control de variables, el diseño experimental o la contrastación no experimental de las hipótesis formuladas...

En lo que respecta a la metodología científica más específica de la Geología, podríamos interpretar que cabría bajo la denominación “Métodos tradicionales”. Sin embargo, una lectura más atenta no deja opciones a la duda, dice “Métodos tradicionales: reconocimiento *in situ*”. Esos dos puntos que preceden al “reconocimiento *in situ*” hacen que los métodos tradicionales se limiten a él. Claro que, el reconocimiento *in situ* puede dar para mucho, pero lo que sigue deja diáfana la intención del diseñador que, en consonancia con los bloques de contenidos que figuran después, lo que pretende es hacer un estudio de las rocas y minerales. Para ello ofrece la secuencia completa: se reconocen *in situ*, se recogen las muestras (eso sí, con precaución) y se analizan en el laboratorio.

Ninguna alusión se hace a los principios tradicionales de la geología (actualismo, horizontalidad, superposición, etc.) tampoco a métodos de campo, no menos básicos, como levantar una columna estratigráfica, hacer un corte geológico, un perfil topográfico, una cartografía o medir la dirección y el buzamiento de un estrato.

En ningún otro bloque de contenidos se hace alusión alguna a un procedimiento científico. Aún así, quizá no debamos quejarnos porque a la Bio-

logía no le dedica ni la “recolección de muestras”. A pesar de todo, el primer criterio de evaluación señala “*Conocer y aplicar algunas técnicas de trabajo utilizadas en la investigación de diversos aspectos (Geología, Botánica, Ecología, etc.) de nuestro planeta.*” El diseñador no sólo se olvida de la metodología científica al seleccionar los contenidos, sino que parece desconocer que no deben evaluarse aquellos contenidos que no han sido trabajados.

f) ¿Proporciona el curriculum unas nociones básicas sobre la naturaleza de la ciencia y su proceso de construcción?

No puede ser más pobre la atención que le merece al diseñador este componente básico de la formación científica. No existe la más mínima referencia al desarrollo histórico de algún concepto, a los precedentes de alguna teoría, ni a ningún pasaje de la historia de la Geología que ayude a formarse una idea sobre el modo en que se ha construido esta ciencia o algunas de sus principales teorías, tampoco a ninguno de los científicos que han contribuido a ello. Ni siquiera sugiere relación alguna entre la Geología y la sociedad, como si se tratase de una ciencia inútil o asocial.

g) ¿Proporciona el curriculum una preparación y orientación para aquellos estudios posteriores que necesitan conocer la Tierra o los materiales terrestres para explotarlos, construir sobre ellos, transformarlos o conservarlos?

Esta formación suele ser más propia del 2º curso del Bachiller. Ocurre que, al no haber una Geología ni unas Ciencias de la Tierra en 2º, es una importante dimensión formativa que queda completamente desatendida. Es verdad que existe la materia denominada Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (CTMA), pero no lo es menos que se trata de una asignatura extraordinariamente compleja que debería ser dividida en dos materias: de una parte Ciencias de la Tierra y, de otra, Ciencias Ambientales (Pascual Trillo, 1998). Ambas tienen la suficiente enjundia, complejidad, utilidad y futuro como para merecerse un mejor trato.

La asignatura CTMA proporciona una preparación básica y orientación para proseguir los estudios de Ciencias Ambientales pero no cubre, ni someramente, las demandas de Geológicas, Ingeniería de Minas, Ingeniería de Montes, Ingeniería Agrónoma, Arquitectura, Ingeniería Técnica en Hidrología, etc.

CONCLUSIONES FINALES

El curriculum de ciencias de la Tierra en el Bachiller científico no sale muy airoso del análisis realizado. Es, como ya nos anunciaba en su introducción, una “mezcla de contenidos” desestructurados y mal seleccionados. Sólo cubre dos de los siete

ejes básicos de la formación que debería aportar, y lo hace gracias a la signatura de CTMA. En todos los demás, da negativo en el “test de idoneidad”, el negativo más absoluto. Puede que el diseñador del curriculum tuviese clara la conveniencia de incluir contenidos geológicos, pero parece que no sabía por qué ni para qué. De esta manera, si se desconoce el papel que debe jugar la Geología en este nivel educativo, es improbable que se realice una buena selección de contenidos.

Los planes de estudio no suelen ser muy generosos con los conocimientos geológicos. En general, no lo son con ninguna de las ciencias. Para constatarlo, quizá baste con echarle una ojeada a las asignaturas comunes de los diferentes bachilleratos que el Anteproyecto de la *Ley de Calidad de la Educación* propone: Educación física, Filosofía, Historia de España, Lengua Castellana y Literatura, Lengua extranjera. ¡La formación científica no ha merecido ni una sola hora común en todo el Bachiller!

En cualquier caso, mientras que nadie discute la presencia en el Bachiller científico de la Física, la Química o la Biología, ni su importancia o el papel que desempeñan en la formación de los ciudadanos, no es infrecuente cuestionar el papel de la Geología. Parafraseando a Machado, podríamos decir que “desprecian cuanto ignoran”.

Lo peor es que un curriculum como el propuesto para 1º de Bachiller da la razón a aquellos que consideran los conocimientos geológicos como unos aprendizajes perfectamente prescindibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Geological Institute & National Center for Earth Science Education (1991). *Earth Science Education for 21st Century: A planning guide*. Alejandría, Virginia (USA) pp. 1-34.

American Geophysical Union (1997). *Shaping the future of Undergraduate Earth Science Education, Innovation and Change Using an Earth System Approach*. AGU. Washington, pp. 1-35.

Anguita, F. (1994). Geología, ciencias de la Tierra, ciencias de la naturaleza: paisaje de un aprendizaje global. *Enseñanza de las Ciencias*, 12.1, pp15-21.

Anguita, F. (2000). Futuro de la litosfera y la biosfera, dos subsistemas transitorios del planeta Tierra: sugerencias para la clase, en *Documentos del XI Simposio sobre la Enseñanza de la Geología*. AE-PECT-Universidad de Cantabria. Santander, p. 3-6.

Domingo, M. y Sequeiros, L. (1998). La extinción de la geología en España: alerta roja. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.3, pp. 206-210.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.

King, C. (1998). La historia del curriculum nacional sobre las Ciencias de la Tierra en Inglaterra.

Y el reto de educar a sus docentes. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.2, pp. 115-126.

Le Pichon, X. (2000). El renacimiento de las Ciencias de la Tierra, en *Mundo Científico*, julio-agosto, pp. 83-84.

MECD (2001). Real Decreto 3473/2000 de 29 de Diciembre por el que se modifica el R.D. 1007/1991 de 14 de junio por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.

Pascual Trillo, J.A. (1998). 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, pp. 47- 51.

Pedrinaci, E. (2001a). *Los procesos geológicos internos*. Síntesis. Madrid.

Pedrinaci, E. (2001b). Cómo funciona la Tierra: una perspectiva sistémica. *Alambique*, n. 27, pp. 47-57.

Pedrinaci, E. y Berjillos, P. (1994). El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su trata-

miento en la Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2.1, pp. 240-251.

Pedrinaci, E. y Domingo, M. (2000). The Earth System Science Approach in Spain: A need in pre-college curricula and some examples of its application at university level, en *Third International Geoscience Education Conference*, University of New South Wales. Australia, pp. 104- 107.

Reguant, S. (1993). Consideraciones sobre los objetivos de la enseñanza de las ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1.3, pp. 144-147.

Terra, Grupo (1992). Treinta razones para aprender más geología en la educación secundaria. *VII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*, pp. 231-240.

Wilson, J.T. (1968). Revolution dans les Sciences de la Terre, en *Vie et Milieu*, XIX, 2B, pp. 395-424. (Trad. Cast. Domingo, M. (1993). Revolución en las Ciencias de la Tierra, en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1.2, pp.72-79).■