

#### 4. SECUENCIA Y ORGANIZACIÓN DE LOS PROCESOS GEOLÓGICOS INTERNOS

Secuenciar y organizar los contenidos es una tarea a la que habitualmente se le concede poca importancia, y no sólo el profesorado sino que, a veces, también la Administración educativa minusvalora la influencia que tiene en el aprendizaje de la secuencia ofrecida. Así, la distribución, más que secuencia, de los conocimientos geológicos a lo largo de la ESO que el Ministerio de Educación ha realizado en los nuevos currícula españoles (enero de 2001), incluso en el nuevo Real Decreto de Enseñanzas Mínimas de junio de 2003, sólo puede explicarse, bien por un desconocimiento de las dificultades de aprendizaje y las potencialidades interpretativas de ciertos contenidos, o bien por el convencimiento de que lo importante es decidir qué contenidos se trabajan, no en qué curso ni en relación con qué otros contenidos.

Si todos los conocimientos que pretendemos enseñar tuviesen la misma complejidad y si fuesen independientes unos de otros, poca importancia tendría su orden de tratamiento o la organización que se les diese. Pero si se entiende que determinados aprendizajes no se realizan si antes no se poseen algunas nociones de otros o si, como señala Ausubel, valoramos la importancia de las relaciones que se establecen entre los conocimientos adquiridos, debería prestarse mayor atención al momento en que se trabajan los contenidos, el orden en que se hace y la estructura con la que se presentan.

Del Carmen<sup>1</sup> propone un conjunto de criterios generales que deben considerarse para la elaboración de secuencias de contenidos. Partiendo de ellos, daremos prioridad a las variables y las fuentes de información siguientes:

- Las características evolutivas de los estudiantes y su madurez intelectual ayudan a valorar si un conocimiento es adecuado o no para una determinada edad.
- La historia de la geología ofrece algunas pistas sobre un posible orden de tratamiento de ciertos contenidos, sobre las dificultades que pueden encontrarse y los posibles modos de superarlas.
- El análisis epistemológico permite detectar los requisitos conceptuales y/o metodológicos que presenta la construcción de un determinado conocimiento e informa de la existencia de dificultades para su aprendizaje.
- Las ideas detectadas en los estudiantes ayudan a prever los conocimientos con los que acceden a un nivel educativo, las dificultades que deberán franquear y el modo en que interpretan ciertas informaciones.
- La perspectiva de un curriculum en espiral permite ofrecer continuidad y progresión en el tratamiento de los contenidos, evitando disyuntivas que obligarían a elegir entre trabajar un conocimiento en toda su complejidad o no trabajarlo en absoluto.

La relevancia de la madurez intelectual de los estudiantes y los conocimientos que poseen impide que una secuencia pueda considerarse buena con independencia de la edad y la formación de los alumnos a quienes se dirige. Bruner subrayaba, hace más de treinta años, la importancia que tiene para el aprendizaje la forma en que se organizan los contenidos y la secuencia de tratamiento ofrecida. Consideraba que el orden con el

---

<sup>1</sup> Del Carmen, L. (1996): *El análisis y secuenciación de los contenidos educativos*. Horsori. Barcelona.

que son presentados los contenidos a los estudiantes influye en la dificultad que tendrán para dominarlos. Indicaba que la mejor propuesta no es aquella que reproduce fielmente la lógica de cada disciplina y llamaba la atención sobre la necesidad de considerar la naturaleza del contenido objeto de tratamiento, así como las características de los estudiantes a quienes vaya dirigida.

Diferenciar la estructura lógica del conocimiento y la psicológica ayuda en la elaboración de una secuencia de contenidos para la educación secundaria. La primera de ellas corresponde a la disciplina tal y como es entendida por un especialista, mientras que la psicológica se encuentra más próxima al modo en que se acerca al conocimiento un novato y guarda mayor similitud con el proceso seguido en su construcción histórica. La lógica de la disciplina formalizada, es jerárquica y se caracteriza por las relaciones no arbitrarias que establece entre los conocimientos, ofreciendo una estructura que facilita su aplicación a diferentes contextos.

No cabe duda de la superioridad explicativa y la mayor coherencia que posee la lógica interna de la disciplina en relación con la psicológica. Pero esta lógica suele resultar muy opaca para quienes desconocen la disciplina porque, como subraya Ausubel<sup>2</sup> *“Sólo después de que un individuo desarrolla capacidades cognitivas maduras y adquiere un conocimiento diestro y especializado de una materia, su estructura psicológica del conocimiento de esa disciplina corresponde (aunque de manera algo menos sistematizada) a la estructura lógica del conocimiento de ella.”*

En consecuencia, puede afirmarse que la lógica disciplinar es un excelente punto de llegada pero no parece el mejor punto de partida. Dicho en otros términos, una propuesta de secuenciación no es intrínsecamente buena, con independencia de que se dirija a alumnos de 12 años o estudiantes universitarios. Tampoco parece razonable que el orden de tratamiento sea igual en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO, 12-16 años) que en el Bachillerato (16-18 años).

En coherencia con lo anterior, la secuencia que se proponga debería seguir en los primeros niveles un enfoque más atento al orden psicológico e histórico, para ir adoptando progresivamente una estructura más próxima a la lógica disciplinar.

#### **4.1 Dos perspectivas contrapuestas**

Aunque los procesos geológicos internos no se limitan a la teoría de la tectónica de placas, no cabe duda de que ésta constituye el marco interpretativo global en el que se inscriben dichos procesos. De manera que la respuesta que se le dé al momento y forma de tratamiento de esta teoría definirá, mejor que cualquier otra cuestión, la posición que se sostiene sobre el tratamiento de los procesos geológicos internos en cada nivel educativo.

La historia de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en los últimos 35 años viene marcada por la introducción de la teoría movilita. Su carácter revolucionario generó inicialmente un desconcierto sobre su tratamiento en el aula. No se sabía qué hacer con su traslación didáctica, ni siquiera dónde ubicarla o cómo relacionarla con

---

<sup>2</sup> Ausubel, D. P. (1973): *Psicología Educativa: un punto de vista cognitivo*. Trillas. México.

otros conocimientos geológicos. Tampoco se tenía muy claro qué permanecía de la geología clásica y qué había quedado definitivamente superado. Dos propuestas antagónicas se abren paso inicialmente y en buena medida siguen presentes hoy en los materiales didácticos al uso en la educación secundaria:

- a) Se trabajan los problemas geológicos clásicos coronándolos con la tectónica de placas, como modelo que ayuda a integrar los conocimientos adquiridos.
- b) Se aborda la tectónica de placas al principio de la asignatura, utilizándola como referente permanente de la perspectiva ofrecida sobre la dinámica del planeta.

Desde la primera propuesta se defiende la conveniencia de retrasar el tratamiento de la tectónica de placas con argumentos como:

- Es una teoría compleja, en la que se manejan conceptos que deben ser conocidos previamente por los estudiantes.
- Exige la utilización de grandes escalas (debe contemplarse la Tierra en su conjunto) y el paso permanente de la escala planetaria a la regional.
- Para su formulación resulta imprescindible abordar la dinámica sublitosférica, y no es fácil la comprensión de procesos que ocurren a grandes profundidades y en unas condiciones de presión y temperatura muy alejadas de la experiencia personal de los alumnos.
- El modelo que propone permite explicar los grandes procesos geológicos, pero dice poco sobre la dinámica más local, necesaria para dar respuesta a las preguntas que puede formularse un estudiante de 14 años.
- Para comprender y valorar la potencialidad explicativa de una teoría es necesario abordar, previamente, algunos de los problemas geológicos a los que tuvo que dar respuesta.

De manera que su tratamiento precoz (en algunos casos se ha trabajado en la enseñanza primaria) no sólo es inútil sino que puede resultar contraproducente.

Desde la segunda opción se sostiene la conveniencia de adelantar el tratamiento de la tectónica de placas con argumentos como:

- No se trata de un teoría más, sino que propone un marco interpretativo global que condiciona la perspectiva que se ofrezca sobre la dinámica terrestre.
- Ha supuesto una revolución kuhniana que ha reestructurado el conocimiento geológico, de manera que ha dejado fuera de uso numerosos conceptos de la geología clásica y ha cambiado el significado de otros muchos.
- Pueden ofrecerse formulaciones muy sencillas de la tectónica de placas, adaptadas al nivel de los estudiantes.
- En todo caso, cuando los alumnos acceden a la enseñanza secundaria ya han visto y oído en los medios de comunicación hablar de las placas litosféricas y cómo sus movimientos generan volcanes y terremotos. Como en otros casos, la información llega al alumno, tanto si nos parece que lo hace en el mejor momento como si no y la tarea del enseñante sería estructurarla, relacionarla y darle los significados adecuados.
- Y, en definitiva, no parece posible enseñar y aprender geología hoy al margen de esta teoría.

Como puede verse, no faltan argumentos de peso a ninguna de las dos opciones. En los últimos años se ha producido en diferentes países, de facto, un cierto consenso para la organización del curriculum de alumnos con edades superiores a 17 años, en los

que la opción 2ª sería la adecuada, y para aquellos con menos de 13 años, a quienes sería prematura la inclusión en sus programas de la teoría que nos ocupa. El debate, pues, ha quedado acotado al período comprendido entre los 13 y los 17 años, lo que sin duda significa un avance.

Para progresar más en el cuándo, parece necesario tomar en consideración las dificultades de aprendizaje que muestran estos contenidos y abordar cómo conviene introducir el modelo explicativo ofrecido por la tectónica de placas, cómo secuenciar los contenidos implicados y cómo organizarlos. Cuestiones, todas ellas, que continúan siendo el nudo gordiano.

#### ***4.2 Una secuencia para la ESO***

De acuerdo con lo reseñado, una iniciación a la geología debería realizarse siguiendo el orden y la estructura más adecuada para el aprendizaje de quien no sabe. El desarrollo histórico del conocimiento proporciona una referencia, en la que se pueden encontrar unas líneas generales como las siguientes:

- El conocimiento de la diversidad de las rocas y minerales, de sus características y utilidad ha precedido no sólo al nacimiento de la geología como ciencia sino a la construcción de todo el conocimiento que hoy se llama geológico.
- Las perspectivas estáticas han dominado sobre las dinámicas.
- Los procesos geológicos de los que se tienen las primeras referencias escritas son los más espectaculares y de efectos casi instantáneos, como los terremotos y las erupciones volcánicas.
- Los procesos erosivos han sido descritos desde la antigüedad clásica por casi todos los filósofos interesados por la descripción y análisis del relieve.
- Tras la erosión, es la sedimentación el proceso que menos dificultad ha mostrado para su introducción.
- Las rocas han sido consideradas durante mucho tiempo tan antiguas como la Tierra.
- De las nociones básicas relacionadas con el origen de las rocas, la última en introducirse es el metamorfismo.
- La presencia de fósiles marinos en las montañas ha sido el problema que más ha motivado la formulación de teorías sobre la dinámica terrestre.
- Los procesos tectónicos han sido introducidos muy tardíamente para explicar el origen de las montañas.
- Se ha preferido recurrir a grandes cambios en el nivel de las aguas antes que a movimientos continentales.

En la medida en que este orden histórico de introducción del conocimiento geológico no parece casual, sino causado por la demanda conceptual de las ideas y teorías implicadas o por el modo de acceder al conocimiento que utilizan los “no expertos”, quizá aporte algunas pistas sobre el orden de tratamiento más adecuado. Especialmente si consideramos que algunas de ellas guardan relación con ideas frecuentes en los estudiantes de 12-16 años.

Atendiendo a ello, la secuencia para la ESO debería tener dos objetivos inexcusables:

- *Superar las ideas estáticas y fijistas, sustituyéndolas progresivamente por otras más dinámicas y movilizadas.*
- *Configurar, en última instancia, un modelo básico de cómo funciona la Tierra, que ofrezca una perspectiva sistémica elemental.*

Para ello conviene, en general:

- Ir de los cambios geológicos relativamente rápidos a los cambios lentos.
- Ir de los procesos que ocurren en la superficie a los que suceden en el interior.
- Ir de procesos observables a escala de muestra o local a los que requieren una perspectiva regional o planetaria.
- Ir de procesos observables a escala de muestra o local a los de escala microscópica.
- Ir, en síntesis, de los cambios geológicos más fácilmente perceptibles a los menos.
- Secuenciar a lo largo de esta etapa educativa modelos interpretativos que progresivamente integren y pongan en relación más elementos dinámicos.

Estas pautas orientativas proporcionan criterios útiles y de fácil aplicación para la adopción de decisiones. Sin duda, pueden formularse diversas secuencias pensadas para alcanzar los objetivos generales señalados antes y que atiendan a estas pautas. A continuación esbozamos una de ellas, si bien en algunos cursos entra en colisión con las recientes prescripciones realizadas por el MECED para esta etapa educativa.

En el primer curso de la ESO conviene hacer una aproximación básica al estudio de la *diversidad y utilidad de los minerales y las rocas*, con la intención de constatar la existencia en la naturaleza de esa diversidad. El punto de partida sería el uso que de ellos se hace, ya que ayuda a entender, de una parte, que la diversidad de usos viene condicionada por la diversidad de propiedades y, de otra, la necesidad de valorar los riesgos que comporta una extracción descontrolada. No se abordaría el origen de las rocas, sino que el enfoque sería descriptivo permitiendo al estudiante familiarizarse con las rocas y minerales más frecuentes, sus características básicas y su utilidad.

En el segundo curso se haría una *introducción a los procesos externos más elementales*: erosión, transporte y sedimentación, centrándolos en un objeto de estudio próximo, el torrente o el mar y en aquellas intervenciones más evidentes. El objetivo será comenzar a dinamizar las ideas de los estudiantes, para ello conviene hacer estudios de casos. Especialmente oportunos son los casos de catástrofes naturales como riadas, inundaciones o tormentas que desmantelan una playa.

En el tercer curso se realizaría un análisis más sistemático de los *procesos geológicos externos* y, de los internos, aquellos que resultan más perceptibles, *volcanes y terremotos así como las rocas que se originan* en ellos. Se estudiarían los agentes externos fundamentales, los cambios que generan y las huellas que dejan. De este modo, las rocas se estudian en relación con los procesos que las originan, entendiéndolas como uno de los resultados, o huellas, más importantes que quedan de su intervención.

En cuarto curso se completa el tratamiento básico de la *geología general*, procurando ofrecer una perspectiva de conjunto. Se analizarían los procesos geológicos internos, se plantea como problema el origen de las montañas, revisando algunas de las respuestas que históricamente se han dado. El estudio de la tectónica de placas tiene como objetivo final ayudar a entender *cómo funciona la Tierra* y las interacciones que se producen en este sistema entre los procesos externos y los internos.

### **4.3 Una secuencia para el bachillerato**

Si en la ESO la secuencia propuesta sigue más un orden psicológico que la estructura actual de la geología como ciencia formalizada, en Bachillerato debe aproximarse más al tratamiento propio de la lógica disciplinar, si bien con los ajustes necesarios para adecuar los contenidos al alumnado. Para el bachillerato, consideramos que un programa de geología que quiera ofrecer un modelo global del funcionamiento de la Tierra tendrá en la teoría de la tectónica de placas uno de sus pilares básicos, que permitirá disponer de un marco explicativo en el cual inscribir los diferentes procesos geológicos y los productos resultantes.

Por ello, deberá abordarse la tectónica de placas tan pronto como resulte posible. Pero conseguir que el tratamiento de esta teoría no se quede en los rudimentos ofrecidos en la ESO exige analizar los requisitos conceptuales que demanda. En efecto, para entenderla es necesario conocer la estructura del interior terrestre, y dado que la naturaleza, estado y composición del interior de la Tierra vienen condicionados por su origen, resulta imprescindible abordar previamente éste. Por tanto, la secuencia podría esbozarse así:

- *El origen de la Tierra* se encuentra inevitablemente unido al del sistema solar. Son cuestiones que unen a su importancia científica el interés que suelen despertar en los estudiantes. No obstante, la complejidad que encierran aconseja hacer un tratamiento sencillo que proporcione las bases para comprender la estructura de la Tierra.
- *La estructura de la Tierra* adquiere sentido como consecuencia de la distribución de sus componentes por densidades, ocurrida fundamentalmente en las primeras fases de su existencia. El conocimiento de la disposición interna de los materiales terrestres y las condiciones en que se hallan proporciona algunas de las bases necesarias para entender la dinámica terrestre; a este objetivo debería supeditarse el tratamiento que se realice.
- *La tectónica de placas*, entendida como un modelo de flujo de materia y energía que explica de manera global los procesos geológicos internos y sus efectos en la superficie terrestre, proporciona la teoría marco en torno a la cual debe estructurarse la mayor parte de la dinámica planetaria.
- *Las manifestaciones de la tectónica de placas* permiten abordar de manera causal los procesos internos junto con sus productos: pliegues, fallas, formación de cordilleras, metamorfismo y magmatismo. Un tratamiento contextualizado de este tipo favorece la formación de una perspectiva dinámica así como la utilización de los procedimientos que ayudan a inferir lo ocurrido en el pasado a partir de las huellas observadas en el presente.

- *La Tierra como sistema* proporciona una perspectiva global del funcionamiento del planeta. Conviene tratar de manera explícita las interacciones que ocurren entre los procesos internos y los externos para, a partir de ahí, proponer un modelo sistémico de la dinámica terrestre que muestre las principales interacciones existentes entre las capas sólidas de la Tierra, las capas fluidas y los seres vivos.
- *La historia de la Tierra y de la vida* ofrece una excelente ocasión para aplicar los conocimientos adquiridos acerca del funcionamiento del planeta a la interpretación de su historia y al papel desempeñado en ella por los organismos. Al mismo tiempo, proporciona oportunidades de tratar problemas tan interesantes como el de la edad de la Tierra así como utilizar los procedimientos que nos permiten investigar y reconstruir la historia de la Tierra y de los seres vivos que la han poblado.