

Las Ciencias Naturales en la Enseñanza Secundaria: algunas aportaciones de la Investigación Educativa

Enrique Banet Hernández

Catedrático de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Facultad de Educación. Universidad de Murcia.

La Educación Secundaria -como bien conoce su profesorado- es un nivel de enseñanza en el que las tareas docentes son particularmente complejas, por lo que requiere profesionales que, además de conocer la disciplina que tienen que enseñar -la Biología y/o la Geología, en el caso que nos ocupa-, dispongan de criterios para tomar decisiones, entre otros aspectos, sobre la selección de los contenidos más apropiados para la formación de los estudiantes, o sobre las orientaciones educativas más adecuadas para desarrollar la enseñanza y para evaluar sus resultados.

Como consecuencia de ello, muchas investigaciones -desde la Psicología, la Pedagogía o la Didáctica de las Ciencias- han analizado la problemática específica que se plantea en estos niveles educativos. También el profesorado -reflexivo y crítico en relación con

su práctica docente- ha emprendido numerosas iniciativas orientadas a innovar la enseñanza de la Biología y de la Geología. Investigación e Innovación, constituyen pilares básicos para comprender mejor cómo tienen lugar los procesos de aprendizaje y explorar nuevas alternativas para la enseñanza, con el objetivo de mejorar la calidad de la educación.

Sin embargo, las relaciones entre investigación e innovación, generadoras de conocimiento en y para las aulas, no son todo lo fructíferas que deberían ser. Con mayor frecuencia de la deseable se aprecia cierto distanciamiento entre ambos ámbitos, debido, entre otras razones, a que los resultados de investigación son poco conocidos o tienen escasas repercusiones en las aulas; así lo perciben muchos profesores. Difundir los hallazgos de la investigación educativa debe contribuir a fortalecer estos vín-

culos, propósito importante entre quienes nos dedicamos a la enseñanza de las ciencias.

Por ello, en este artículo se presenta un panorama general sobre algunas aportaciones de la investigación educativa que pueden ser puntos de referencia para el desarrollo de la enseñanza de las Ciencias Naturales. Aunque somos conscientes de que la problemática es mucho más amplia y compleja, debido a las lógicas limitaciones de espacio, centraremos la atención en cuatro cuestiones importantes (cuadro I) -que resumimos en 14 afirmaciones con claras repercusiones a pie de aula-, con la intención de que los profesores puedan encontrar algunas referencias -que no soluciones- para orientar actuaciones innovadoras. También aportaremos algunas referencias bibliográficas en las que el lector interesado puede obtener más información.

- I. ¿Cuál puede ser la contribución de la Biología y la Geología a la formación de los estudiantes de Educación Secundaria?
- II. ¿Qué circunstancias pueden contribuir a que los estudiantes aprendan estos contenidos?
- III. ¿Cómo desarrollar la enseñanza en estos niveles educativos?
- IV. ¿Cuáles pueden ser las funciones de la evaluación en los procesos educativos?

Cuadro I. Algunas cuestiones relacionadas con la enseñanza de las Ciencias Naturales

I. ¿Cuál puede ser la contribución de la Biología y la Geología a la formación de los estudiantes de Educación Secundaria?

Aunque mucho se ha discutido y escrito en relación con esta cuestión, en nuestro estudio nos centraremos en tres ideas importantes que desarrollamos a continuación:

1. *Durante la Educación Secundaria los estudiantes deberían Aprender Ciencia, pero también Aprender a hacer Ciencia y Aprender sobre la Ciencia*, ámbitos sobre los que el estudio de la Biología y la Geología tienen mucho que decir. En este sentido:

- a) En relación con el primer aspecto *-aprender ciencias-*, no necesita mucha justificación afirmar que, en estos niveles educativos, los estudiantes deben conocer la estructura celular de los seres vivos, los mecanismos moleculares de la herencia, la tectónica global... Encontraremos mayores discrepancias en cuanto a los criterios más adecuados para seleccionar y secuenciar -en un plano más concreto- estos contenidos. Si bien en Bachillerato la Biología y la Geología se deberían abordar, con un nivel conceptual adecuado para que los estudiantes puedan afrontar, con ciertas garantías de éxito, su acceso a la Universidad, desde la perspectiva de una educación básica y obligatoria (en ESO), el tratamiento de estos aspectos debería ser cuidadosamente valorado, por dos razones importantes:
- El desarrollo de la inteli-

gencia a estas edades -en particular, en primer ciclo-, limitará la capacidad de los estudiantes para comprender conceptos demasiado abstractos. Anticipar el estudio de ciertos contenidos biológicos o geológicos (por ejemplo, la génesis de los distintos tipos de roca) podría generar, básicamente, aprendizajes memorísticos que se olvidan más pronto que tarde y que, por tanto, son de escaso valor formativo.

- Sin embargo, aliviar la carga conceptual no implica, necesariamente, disminuir la importancia de estas disciplinas; sino, más bien, apostar por el interés educativo de otros ámbitos formativos, a los que nos referimos a continuación.
- b) Existe un amplio consenso entre investigadores y profesores sobre la necesidad de que los estudiantes *Aprendan a hacer Ciencia*; es decir, desarrollen ciertas habilidades de investigación, de comunicación... que caracterizan a la actividad científica. En este sentido:
- La utilización, a nivel escolar, de estrategias de esta naturaleza puede ser un enfoque muy adecuado para que los estudiantes aprendan en el ámbito conceptual (crecimiento de las plantas, fotosíntesis, utilidad de las rocas en la vida diaria...).
 - Además, introducirles en el trabajo científico contribuirá a su desarrollo intelectual, favoreciendo el tránsito del periodo que Piaget denominó de operaciones con-

cretas (que caracteriza a los niños y niñas de Primaria), hacia un estadio en el que adquieren las capacidades de formular hipótesis fundamentadas sobre problemas científicos, de elaborar los diseños experimentales correspondientes para comprobar sus explicaciones, de controlar variables...; herramientas intelectuales de gran utilidad para que cualquier ciudadano pueda interpretar múltiples acontecimientos que suceden en su vida cotidiana (que tienen que ver con problemas medioambientales, de salud, con la información que, en forma de gráficas o tablas son habituales en los medios de comunicación...).

La complejidad inherente a este ámbito de aprendizaje ha propiciado el desarrollo de numerosas investigaciones orientadas a identificar y clasificar estas habilidades, a conocer cómo pueden ser seleccionadas y secuenciadas en distintos niveles educativos, o cómo pueden ser aprendidas, enseñadas y evaluadas (Pro, 1998; Banet, 2001; Perales y Cañal, 2000).

- c) La enseñanza de la Biología y la Geología también puede y debe contribuir a que los estudiantes *Aprendan sobre la Ciencia*; es decir, a que comprendan algunas características y hábitos inherentes a la naturaleza de la Ciencia y del conocimiento científico (provisionalidad de las teorías, rigor en el análisis de la información, construcción del conocimiento como empresa

colectiva...). Aprendizajes que contribuirán a modificar algunos puntos de vista frecuentes entre los estudiantes -también entre profesores- que consideran la Ciencia como un cuerpo de conocimientos verdaderos (confirmado por el trabajo de científicos), que progresa linealmente hacia una congruencia total con la realidad, con independencia de influencias sociales. Y al método científico como una estrategia objetiva, neutral e infalible que permite acceder a estos conocimientos. Epistemológicamente, estas concepciones se sitúan en perspectivas positivistas, superadas hace décadas por la Historia y la Filosofía de la Ciencia. También puede contribuir a que, como ciudadanos, los estudiantes realicen valoraciones críticas, relativamente fundamentadas, sobre las repercusiones tecnológicas y sociales y las limitaciones del conocimiento científico (clonación, alimentos transgénicos...).

2. La enseñanza de la Biología y la Geología también debería contribuir a promover y consolidar conductas adecuadas y saludables, tanto desde el punto de vista personal como social. Incluso, en relación con determinados ámbitos, estos aprendizajes deberían ser, al menos, tan importantes como los conceptuales, en particular durante la educación obligatoria. ¿Acaso conocer ciertos detalles sobre organización de los seres vivos, sobre la estructura de las rocas... es más importante que procurar que los estudiantes sean respetuosos con el Medio Natural, valoren las consecuencias de la intervención humana sobre el

mismo -y actúen en consecuencia-, desarrollen pautas adecuadas en relación con su sexualidad, o tengan hábitos saludables en relación con la alimentación, con el consumo de alcohol, tabaco y otras drogas?

Aunque las actitudes deberían ser referencias irrenunciables en la formación de los estudiantes -en particular, en Primaria y ESO-, con frecuencia se encuentran relegadas en la educación (al menos formalmente, ya que suelen constar en la planificación escrita de los profesores). Ello es debido, entre otras razones, a que son contenidos incómodos de enseñar; por su carácter transversal no se sitúan en un área de conocimiento o en una unidad didáctica determinada; difícilmente se pueden ordenar en una secuencia (de simples a complejas), como ocurre con los conceptos; no resulta sencillo constatar los aprendizajes producidos en este ámbito... (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

3. Los estudiantes deben percibir, claramente, la importancia que los profesores concedemos a las distintas perspectivas formativas. Si estamos de acuerdo en la importancia educativa de los aprendizajes mencionados, habrá que considerar que los estudiantes difícilmente se preocuparán en aprender -o en demostrar que han aprendido- determinadas habilidades de investigación o ciertas técnicas experimentales (desenvolvimiento en el laboratorio, manejo del microscopio...) si la evaluación se relaciona, fundamentalmente, con la reproducción, más o menos literal y memorística, de conceptos o de fenómenos geológicos o biológicos.

En todo caso, habría que tener

en cuenta que muchos de los objetivos señalados no se vinculan a una sola materia, a un curso o a un ciclo educativo. Puesto que considerar el tiempo disponible es uno de los factores que limita la formación de los estudiantes, la tarea de seleccionar lo que éstos deben aprender, más allá de lo que propongan los libros de texto, es una de las decisiones más importantes que realizamos los profesores al planificar la enseñanza. Si olvidamos alguna de las perspectivas señaladas, estaremos infrutilizando las posibilidades formativas de la Biología y la Geología: ¿qué materias del currículo de Educación Secundaria pueden cumplir estos objetivos mejor que las científicas?

II. ¿Qué circunstancias pueden contribuir a que los estudiantes aprendan estos contenidos?

Se trata, naturalmente, de una cuestión demasiado compleja, para la que la investigación educativa sólo ha presentado respuestas parciales, pero de las que se derivan un buen número de implicaciones didácticas, algunas de las cuales son comentadas a continuación:

4. *El aprendizaje significativo de los contenidos de Biología y Geología como objetivo educativo prioritario.* No todos los aprendizajes tienen el mismo valor formativo para los estudiantes. Aún cuando la memoria es una herramienta cognitiva importante para aprender, por ejemplo, la escala de Mohs, ciertos términos (mitocondria), fechas (duración de los periodos geológicos)..., desde el punto de vista educativo, los de mayor

interés son aquellos que implican la comprensión -y no la simple memorización- de los conceptos y/o procesos objeto de estudio (concepto de dureza, estructura celular, evolución de los seres vivos).

Intentar que los estudiantes aprendan de manera significativa debe ser un propósito explícito de los profesores. Entre otras circunstancias, que analizaremos a continuación, ello requiere que la selección de los contenidos de enseñanza considere las capacidades intelectuales de los estudiantes para aprender (sus posibilidades de razonamiento -notablemente diferentes en el primer ciclo de ESO, que en Bachillerato-, así como sus conocimientos previos).

5. *El aprendizaje significativo en el ámbito conceptual se interpreta como un proceso de construcción de conocimientos a partir de lo que los estudiantes ya saben.* Esta afirmación es, precisamente, una referencia básica del constructivismo, teoría sobre el aprendizaje que emerge de las aportaciones de la Filosofía de la Ciencia, la Psicología del Aprendizaje o la Didáctica de las Ciencias. Algunas referencias de esta orientación educativa son las siguientes (Driver, 1986):

a) *Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia*, de manera que los resultados de aprendizaje no sólo dependen de las experiencias educativas que planteemos a nuestros estudiantes, por interesantes que éstas sean, sino también de sus conocimientos previos.

Como han puesto de manifiesto numerosos trabajos de investigación, los estudiantes poseen sus propias ideas para explicar muchos de los fenómenos que estudian la Biología o la Geología. Afirmar

que la Tierra se formó tal y como la vemos ahora (como parecen informarnos nuestros sentidos), que las semillas necesitan luz para germinar (puesto que es imprescindible para las plantas verdes), que los caldos tienen excelentes propiedades nutritivas y que las patatas son alimentos que engordan mucho (conocimiento que existe en el ámbito social) o que la respiración consiste en tomar oxígeno y desprender dióxido de carbono (expresión que se puede encontrar en libros de texto), son, entre muchas otras, concepciones muy arraigadas en los estudiantes. Información más precisa se puede obtener en Banet y Ayuso (1995), Perales y Cañal (2000), Banet (2001) en el ámbito de la Biología, o Pedrinaci (1993, 1998), Perales y Cañal (2000), en el de la Geología.

b) *Aprender supone establecer relaciones significativas entre lo que los estudiantes conocen y la nueva información.* Es decir, considerar lo que ya saben es una referencia importante para favorecer aprendizajes significativos. No obstante, puesto que estos conocimientos son, con frecuencia, alternativos a los que deberían aprender, las conclusiones a las que pueden llegar los estudiantes cuando interpretan los conceptos o fenómenos biológicos y geológicos objeto de estudio pueden y suelen no coincidir con el significado que les atribuimos los profesores. Así ocurre, por ejemplo, cuando resuelven correctamente problemas de genética mendeliana, pero siguen pensando que las plantas no tienen reproducción sexual, o que carecen de cromosomas (Banet y Ayuso, 1995).

Esta circunstancia suele estar

asociada a planteamientos didácticos: que se orientan a transmitir conocimientos, sin tener en cuenta las concepciones de los estudiantes; que proporcionan escasas situaciones para la reflexión y el intercambio de ideas; en los que priman las respuestas rápidas y seguras; en los que la evaluación sigue potenciando aprendizajes memorísticos... También explicaría, al menos en parte, una característica muy importante de estas concepciones desde el punto de vista educativo: su resistencia al cambio, a pesar, incluso, de la instrucción reiterada; como pone de manifiesto el hecho de que son compartidas por estudiantes de distintos niveles educativos y culturas -también por personas adultas-, como sucede, por ejemplo, con la idea de que el nacimiento de gemelos es debido a que dos espermatozoides fecundan a un mismo óvulo.

Puesto que estas concepciones constituyen el punto de partida para los nuevos aprendizajes, si los profesores no las tenemos en cuenta al planificar y desarrollar la enseñanza (en la selección de los contenidos, de las actividades, de la secuencia de enseñanza...), pueden constituir obstáculos importantes para que los alumnos y alumnas aprendan y comprendan las ciencias.

c) *Los estudiantes son responsables de sus aprendizajes*, afirmación que reconoce otra característica importante de la enseñanza: los estudiantes deben querer aprender de manera significativa. Es decir han de mostrarse mentalmente activos en las distintas tareas que les proponemos, intentando integrar en su estructura cognitiva la nueva información; proceso que produciría la ampliación de

los conocimientos que ya poseen o, en otros casos, la modificación sustancial de sus puntos de vista (así sucede cuando comprenden que todos los órganos del cuerpo, incluso los huesos, están formados por células, noción que suelen ignorar aunque conozcan detalles de la estructura celular).

Desde esta perspectiva, la habilidad del profesor para captar la atención de los estudiantes (seleccionando las actividades de enseñanza adecuadas, intentando interesarles cuando escuchan sus explicaciones...) y para que éstos perciban la utilidad de los nuevos conocimientos (para aprendizajes posteriores y/o para la vida cotidiana), son circunstancias que es preciso considerar.

6. *Los estudiantes no aprenden habilidades de investigación espontáneamente, sino que deben ser favorecidas, de manera intencionada, por la enseñanza.* Ya hemos destacado la importancia de la Biología y la Geología para que los estudiantes aprendan en relación con este ámbito formativo. Pero... ¿qué circunstancias educativas pueden favorecer estos aprendizajes? Aunque la respuesta resulta compleja, algunas consideraciones de interés educativo son las siguientes:

a) Unas habilidades de investigación son más difíciles de aprender que otras, consideración que llama la atención sobre el hecho de que los estudiantes deben adquirir cierto nivel de destreza en el desarrollo de aquellas más elementales (más simples y generales), antes de iniciarse, con ciertas garantías de éxito, en otras más complejas (que implican un mayor número de pasos o acciones). No es igual de sencillo clasificar alimentos, según

diversos criterios (origen, composición, funciones), que formular hipótesis, elaborar diseños experimentales o controlar las variables que intervienen en una situación relacionada, por ejemplo, con la dinámica de los ecosistemas.

De esta afirmación se deducen, al menos, dos conclusiones importantes desde el punto de vista educativo: por una parte, y tomando como referencia períodos amplios de tiempo (un curso, ciclo), los profesores deberíamos establecer una secuencia lógica e intencionada para que los estudiantes desarrollen las distintas habilidades; por otra, resalta la importancia de iniciar el desarrollo de las más sencillas desde los niveles educativos más elementales.

b) Es necesario identificar distintos niveles de dificultad en el aprendizaje de una habilidad de investigación determinada. Es decir, la secuencia a la que nos referíamos en el apartado anterior también debería contemplar la posibilidad de que los estudiantes incrementen su nivel de destreza en relación con la capacidad de observar y clasificar, de formular hipótesis y elaborar diseños experimentales, de controlar variables, de elaborar conclusiones e informes..., aumentando, de manera progresiva, el grado de dificultad de la tarea que les proponemos resolver (también la del contexto conceptual en la que se aplica).

Ello significa que deberíamos partir de investigaciones sencillas (sobre el desarrollo de las semillas, por ejemplo) para que los estudiantes de primer ciclo de ESO (con poca o ninguna experiencia) se inicien en la elaboración de diseños experimentales, procurando que el número de variables fuera reducido,

antes de plantear, en cursos posteriores, problemas más complejos sobre la fotosíntesis. Además, en la primera situación debería ser más importante la labor orientadora del profesor.

c) Las habilidades de investigación deberían ser aprendidas de manera significativa, lo que requiere tener en cuenta los conocimientos y experiencias previas que los estudiantes hubieran desarrollado en relación con este ámbito; puntos de partida para incorporar a su estructura cognitiva los nuevos aprendizajes. Ello permitirá que comprendan el significado de cada una de estas tareas en el contexto de una investigación, y que desarrollen la capacidad de ponerlas en práctica en situaciones distintas a las que fueron aprendidas; circunstancia que dotará de un carácter duradero a estos aprendizajes.

d) Por último, para que los estudiantes aprendan habilidades de investigación las actividades de enseñanza deben proporcionar suficientes oportunidades para que las pongan en práctica en diferentes situaciones educativas. Así, por ejemplo, si les planteamos problemas abiertos sobre la alimentación, la herencia biológica..., pueden desarrollar las capacidades de formular hipótesis y de deducir las predicciones que orientarán la investigación, de elaborar los diseños experimentales para contrastarlas... Más tarde volveremos sobre esta afirmación.

7. *El aprendizaje de actitudes plantea retos de gran complejidad educativa.* Como decíamos, aunque no es frecuente que la enseñanza contemple explícitamente estos aprendizajes, asumir objetivos formativos de esta naturaleza requiere tener en cuenta lo siguiente:

a) *Aprender actitudes requiere consolidar y/o modificar los hábitos de los estudiantes.* Para que estos aprendizajes tengan relevancia educativa es necesario que los estudiantes consoliden unos sistemas de valores en relación con la utilización de los recursos naturales, la alimentación, la sexualidad..., identifiquen las normas de comportamiento compatibles con estas creencias (reciclaje de papel o vidrio, desayuno equilibrado, prevención de enfermedades...) y, en última instancia, adquieran el hábito de llevar a la práctica determinadas pautas de conducta.

b) Los hábitos son difíciles de modificar, por lo que su aprendizaje (proceso lento y gradual) debe iniciarse desde las edades más tempranas. Desde muy pequeños, los niños y niñas desarrollan comportamientos que pueden alcanzar un alto grado de estabilidad. Sus preferencias personales, las influencias del medio en el que se desenvuelven (familia, televisión...) y, también, la enseñanza -por acción u omisión- van modelando ciertos hábitos (relacionados con la alimentación, la higiene, con la colaboración y el trabajo en grupo...) que la educación deberá potenciar si son adecuados, ampliar, si no están definidos, o modificar -aquí reside la dificultad-, si no son aconsejables. Además de implicar cambios en el sistema de valores de la persona, estos aprendizajes requieren sustituir unos hábitos por otros, circunstancia que explica que no sucedan a corto plazo, por lo que esta formación se debe iniciar desde edades tempranas.

Así, por ejemplo, conocer (componente cognitivo) algunos detalles sobre los efectos perniciosos

del alcohol o del tabaco sobre el organismo e, incluso, valorar la importancia de dejar de fumar o beber, o de no iniciarse en su consumo (componente afectivo) suelen ser condiciones necesarias para comportarse de manera saludable en relación con estos hábitos (no se encuentra en la misma situación una persona que desea dejar

Las actividades de enseñanza deben favorecer, en la medida de lo posible, el aprendizaje integrado de los distintos tipos de contenidos

de fumar, pero que no acaba de conseguirlo, que aquella otra que no se plantea tal posibilidad); sin embargo, no son condiciones suficientes. Nuestra experiencia nos dice, por ejemplo, que aunque los estudiantes de secundaria suelen reconocer la importancia de las verduras y hortalizas para una alimentación equilibrada, ello no se corresponde con la presencia de estos alimentos en su dieta, con la frecuencia adecuada.

c) El aprendizaje de actitudes se ve favorecido cuando los profesores somos conscientes de los hábitos que tienen los estudiantes, explicitamos en la planificación las actitudes que pretendemos que adquieran y seleccionamos las actividades de enseñanza adecuadas para favorecer el desarrollo actitudinal. En este sentido, la investigación educativa ha destacado:

- La importancia del aprendizaje por imitación, resaltando la importancia del profesor y

de los padres, no sólo cuando informan sobre qué hábitos son los aconsejables y sobre las razones en las que éstos se fundamentan, sino, también, como modelos que los estudiantes observan y que-en particular los más pequeños- pueden tender a imitar.

- Las situaciones de conflicto -en las que los estudiantes comparan sus comportamientos con los de otras personas-, como estrategias para promover cambios actitudinales.
- La implicación de los hábitos de los estudiantes en las actividades de aprendizaje, como sucede cuando se analizan y se discuten situaciones -y se emprenden actuaciones- relacionadas con la alimentación, con la conservación de los recursos naturales, con la contaminación ambiental...

En todo caso, que los estudiantes aprendan en relación con los distintos ámbitos analizados, a partir de sus concepciones, habilidades intelectuales y actitudes, no resulta una tarea sencilla. Además de realizar una cuidadosa selección de los objetivos de aprendizaje, es necesario planificar la enseñanza de manera intencionada, aspecto al que nos referimos a continuación.

III. ¿Cómo desarrollar la enseñanza en estos niveles educativos?

Responder a esta cuestión requiere analizar, entre otros aspectos, qué actividades serán las más adecuadas para que los estudiantes sean protagonistas de su propio aprendizaje (nadie puede aprender por ellos, ni sustituirles

en esta tarea) y cómo ordenarlas en una secuencia que favorezca los aprendizajes en los distintos ámbitos señalados. En este sentido cabría señalar lo siguiente:

Las actividades de enseñanza deben favorecer, en la medida de lo posible, el aprendizaje integrado de los distintos tipos de contenidos, afirmación que se concreta en dos consideraciones:

- a) El aprendizaje de las habilidades de investigación o de actitudes no se realiza de manera independiente del conceptual, ya que las actividades de enseñanza que se diseñen para estos propósitos deben tener como referencia, necesariamente, un contexto científico determinado.
- b) Sin olvidar la importancia de que el profesor explique, amplíe, clarifique... la información que se está desarrollando, la enseñanza debe contemplar la realización de trabajos prácticos o la resolución de problemas sobre contenidos relevantes (la nutrición de las plantas, la estructura y composición del suelo, el uso y abuso en el consumo de agua...); enfoque que permitirá rentabilizar las posibilidades formativas de estas actividades en los distintos ámbitos propuestos.

Así, por ejemplo, se podrían plantear a estudiantes de ESO los siguientes interrogantes: ¿crees que tu alimentación es adecuada para tu edad, sexo, actividad física...? En caso afirmativo, justifica tu respuesta; en caso negativo, ¿qué modificaciones deberías introducir en tu dieta para que lo fuera?; ¿cómo podríamos conocer si nuestros puntos de vista son los adecuados? Actividad que contribuiría

a que los estudiantes aprendan en el ámbito conceptual (clasificación y funciones de los alimentos, dieta equilibrada...); pero también, dependiendo del grado de autonomía que tuvieran para llevar a cabo la investigación, podrían formular y justificar sus hipótesis, elaborar diseños experimentales para comprobarlas, recoger con rigor los datos relacionados con su alimentación, interpretar resultados, elaborar conclusiones e informes.... Así mismo, podrían realizar valoraciones en relación con su propia alimentación, con el propósito, más difícil de conseguir, de intentar que cuestionen y modifiquen aquellos hábitos que no sean saludables. Con planteamientos similares, se podrían presentar otros problemas relacionados con la transmisión de las características hereditarias, con la selección de las mejores rocas para construir una carretera...

Las actividades de enseñanza deben favorecer la construcción de conocimientos por parte de los estudiantes. Aunque el constructivismo surge como un intento de explicar cómo aprendemos las personas, y no como una teoría de la educación, es obvio que a partir de esta perspectiva se pueden extraer importantes implicaciones para el desarrollo de la enseñanza en las aulas de secundaria. Algunas de ellas son las siguientes:

- a) La *transmisión verbal significativa* constituye un vehículo importante para aprender el contenido sustancial de una disciplina. Es decir, durante la enseñanza se presentan situaciones en las que es oportuno -y necesario- que el profesor actúe como transmisor de cultura científica. Así sucede, por ejemplo, cuando al comienzo de un tema se orienta a los estu-

diantes sobre los nuevos contenidos (relacionándolos con nociones que ya conocen, mostrando su utilidad personal y social...); cuando el profesor amplía, resalta o resume las principales conclusiones de las actividades desarrolladas por los estudiantes; o cuando responde a preguntas o dudas que éstos plantean, por medio de una explicación más o menos prolongada. Además, existe determinada información científica que es necesario presentar de esta manera, ya que no es posible que los estudiantes accedan a ella de otra forma (por ejemplo, cuando se estudia la utilización de oxígeno y nutrientes por las células).

Sin embargo, cuando la transmisión de información, supuestamente preparada para ser asimilada por los estudiantes, constituye la principal o la única referencia en el modelo de enseñanza de un profesor, y cuando no se tienen en cuenta las circunstancias señaladas en relación con la construcción significativa de conocimientos, las dificultades para que los estudiantes comprendan los contenidos objeto de estudio se incrementa considerablemente.

- b) *Los trabajos prácticos* son actividades necesarias en la enseñanza de la Biología y la Geología si pretendemos que los estudiantes se formen en los ámbitos señalados. Sin embargo, para plantear situaciones de esta naturaleza habría que tener en cuenta lo siguiente (Banet, 2001):

- Es necesario *desmitificar el interés que despiertan en los estudiantes*, consecuencia del cambio en el formato educativo -de la explicación a la actividad de los estudiantes-, más que del compromiso intelectual de éstos

- por aprender. Por tanto, habrá que plantear estas actividades procurando interesarles, de manera que participen y aprendan a partir de ellas.
- *Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias están sobredimensionados e infrautilizados* (Hodson,1994). Es decir, no podemos pensar que utilizar más los laboratorios resolvería muchos de los problemas que plantea la enseñanza de las ciencias; aunque ello suceda bajo determinadas circunstancias, no siempre es posible generalizar estas ventajas. Además, cuando la iniciativa de los estudiantes durante su desarrollo es reducida y su planteamiento permite pocas oportunidades para el análisis y la reflexión, estas actividades no siempre producen todos los beneficios educativos que de ellas cabría esperar. A menudo, guiones demasiado cerrados (a modo de recetas) provoca que los estudiantes se pierdan entre el cacharreo, los cambios de color que se producen en determinadas reacciones..., por lo que el esfuerzo (de trabajo, de tiempo...) que realizamos los profesores para llevarlas a cabo apenas justifican su valor formativo.
 - *El desarrollo de trabajos prácticos no va asociado, necesariamente, a situaciones complejas.* Es decir, no siempre requiere unas instalaciones o unos medios específicos para llevarlos a cabo. Muchas actividades relacionadas con la alimentación, con los minerales, con el estudio de algunos seres vivos... se podrían desarrollar en clase, utilizando un material muy elemental.
 - *Los trabajos prácticos se pueden plantear con diferentes enfoques,* que condicionarán, en buena medida, las responsabilidades y las dificultades que tendrán los estudiantes para llevar a cabo las tareas. En este sentido, su planteamiento puede ir desde situaciones en las que éstos se limitan a seguir un guión de carácter cerrado, hasta otras, mucho más abiertas (investigaciones a las que haremos referencia después). Decidir entre estos formatos (y las posibilidades intermedias que existen) debería depender de las experiencias previas de los estudiantes, así como de los aprendizajes que queramos que desarrollen. Como consecuencia de la reducida experiencia que suelen tener los estudiantes de ESO en relación con este tipo de tareas, las actividades comprobatorias y las de descubrimiento dirigido podrían ser las que se propongan con mayor frecuencia; en Bachillerato se deberían plantear situaciones de mayor complejidad, más próximas al trabajo científico.
 - *Durante el desarrollo de los trabajos prácticos se suelen producir importantes discrepancias entre los propósitos que el profesor persigue y las intenciones que los estudiantes aprecian en las tareas que están realizando* (Osborne y Freyberg, 1991). Estas discrepancias se relacionan con los objetivos científicos de la actividad; con las habilidades de investigación que el profesor cree que éstos pueden aprender y las que, realmente, ponen en práctica los estudiantes durante la actividad; con la interpretación de los resultados... Realizar un seguimiento cercano de estas actividades, con objeto de conocer si los estudiantes comprenden las tareas que están llevando a cabo y las ejecutan de manera adecuada, puede ser una posible solución a esta problemática.
 - * *Los trabajos prácticos no deben situarse, necesariamente, después del estudio de los conceptos o procesos implicados en los mismos,* como habitualmente sucede en la enseñanza de la Geología y de la Biología. Estando de acuerdo con la utilidad de estos planteamientos, es necesario reivindicar el interés que estas actividades pueden y deben tener al comienzo de un tema, presentando a los estudiantes problemas que les puedan interesar sobre el estudio de las interacciones de los seres vivos con el medio ambiente en el que viven o sobre la herencia de caracteres (diversidad de la clase, cuando se inicia el estudio de la Genética). También resultan particularmente útiles para favorecer los procesos de construcción de conocimientos sobre los contenidos objeto de enseñanza (al estudiar las propiedades de los minerales, o las características de un desayuno equilibrado).
10. *Las distintas actividades se deben articular en una secuencia de enseñanza organizada de acuerdo con objetivos científicos y didácticos claros e intencionados,* que posibiliten que las ideas de los estudiantes se pongan en juego en las distintas tareas educativas. Desde una perspectiva constructivista se han propuesto diversas secuencias para la enseñanza de la

Fases	Objetivos	Papel del profesor	Papel de los estudiantes
1. <i>Iniciación</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Interesar a los estudiantes por los contenidos de enseñanza. • Explicitar e intercambiar ideas en el aula. • Orientar sobre los contenidos que se van a desarrollar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interesar a los estudiantes por los contenidos de enseñanza y fomentar el trabajo individual y en grupo. • Organizar el trabajo en el aula y coordinar las puestas en común. • Informar sobre los contenidos que se van a desarrollar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajan de forma individual o en grupo. • Explicitan y clarifican sus ideas en relación con las situaciones que se plantean y participan en las puestas en común. • Elaboran material escrito.
2. <i>Desarrollo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Clarificar e intercambiar ideas. • Promover conflicto cognitivo. • Facilitar la construcción de nuevos conocimientos por sustitución, reestructuración o ampliación de los conocimientos iniciales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar las actividades de enseñanza y proporcionar los materiales adecuados. • Aportar explicaciones sobre los contenidos de enseñanza y sobre las instrucciones pertinentes a cada situación. • Colaborar y ayudar en el desarrollo de los trabajos prácticos (según los distintos objetivos de los mismos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexionan sobre las situaciones de conflicto planteadas por el profesor. • Atienden a las explicaciones e instrucciones. • Participan en las actividades de enseñanza. • Elaboran informes, conclusiones....
3. <i>Aplicación de conocimientos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar aprendizajes. • Ampliar su significado, aplicándolos a nuevas situaciones. • Identificar y tratar de solucionar ciertas dificultades de aprendizaje de los estudiantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actuar como orientador en el desarrollo de las actividades de enseñanza. • Proporcionar la información adicional que estime pertinente. • Prestar especial atención a los estudiantes que tienen problemas de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajan de forma individual o en grupo en las distintas actividades. • Analizan los resultados de las mismas, establecen las conclusiones pertinentes y elaboran los informes correspondientes.
4. <i>Revisión de aprendizajes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer conscientes a los estudiantes de lo que han aprendido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir la atención de los estudiantes sobre el análisis del cambio en sus ideas y destacar los aspectos más significativos del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparan los conocimientos que poseen con los iniciales, y establecen las diferencias más destacadas entre ellos.

Cuadro II. Sugerencias para desarrollar una secuencia de enseñanza de orientación constructivista (adaptada de Driver, 1986, 1988)

Biología y la Geología. A continuación describiremos dos de ellas:

a) Puesto que los estudiantes afrontan la enseñanza con concepciones que, en ocasiones, deben ser profundamente modificadas, uno de los enfoques educativos tiene como referencia lo que se ha

denominado *cambio conceptual* que resumimos en el cuadro II.

Esta secuencia debe ser contemplada desde una perspectiva abierta y dinámica, no siempre lineal; en la que la transición de una fase a la siguiente es, con frecuencia, poco perceptible; y en la que los distintos

objetivos educativos no se relacionan, de manera exclusiva, con una fase determinada.

b) Otros enfoques (cuadro III) plantean que *aprender investigando a partir de la resolución de situaciones problemáticas* sería una estrategia potente para desa-

1. *Plantear situaciones problemáticas que -teniendo en cuenta las ideas, la visión del mundo, las destrezas y las actitudes de los alumnos y alumnas- generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.*

2. Proponer a los estudiantes el *estudio cualitativo de las situaciones problemáticas* planteadas, la toma de decisiones para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a *explicitar funcionalmente* sus ideas) y comenzar a *concebir un plan* para su tratamiento.

3. *Orientar el tratamiento de los problemas* planteados, lo que conlleva:

- La emisión de hipótesis, incluida la invención de conceptos, la elaboración de modelos... (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones).
- La elaboración de estrategias (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
- La realización de las estrategias y el análisis de los resultados, considerando las predicciones de las hipótesis, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica, estudiando su coherencia con el cuerpo de conocimientos... Ello puede convertirse en *oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones* (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas hipótesis.

4. *Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones* para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda la ciencia.

Favorecer, en particular, las *actividades de síntesis* (esquemas, memorias, recapitulaciones, mapas conceptuales...), *la elaboración de productos* (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y *la concepción de nuevos problemas*.

Cuadro III. Estrategias para un aprendizaje como investigación (tomado de Gil, 1993)

rollar los programas de Biología o Geología. En estas situaciones el profesor actúa como director de investigación (experto), que orienta a los estudiantes (investigadores noveles) para que aprendan Ciencia, aprendan a hacer Ciencia y aprendan sobre la Ciencia. Se trata de verdaderos problemas, para los que los estudiantes pue-

den no tener una respuesta ni una estrategia de investigación inmediatas; en oposición a ejercicios de solución única, cuyos resultados se pueden alcanzar de manera algorítmica, como sucede con los problemas de Genética Mendeliana, por ejemplo.

Desde estos planteamientos, no exentos de dificultades (dedica-

ción del profesor, poca experiencia de los estudiantes en este tipo de tareas...), se propone que los profesores reflexionemos sobre la orientación de los *trabajos prácticos* y las actividades de *resolución de problemas* que proponemos a nuestros estudiantes, de manera que dejen de ser meras ilustraciones de contenidos teóricos, aborda-

dos previamente; y se destaca la importancia de las interacciones y la comunicación en las aulas, por lo que suelen apoyar que estas investigaciones se desarrollen mediante el trabajo en grupo.

IV. ¿Cuáles pueden ser las funciones de la evaluación en los procesos educativos?

Cuando selecciona y elabora las pruebas de evaluación, el profesor pone de manifiesto, de manera más o menos explícita, los contenidos que considera más importantes y la clase de aprendizajes que tienen prioridad en su enseñanza (significativos, memorísticos...). Sin ánimo de generalizar, con frecuencia la evaluación: a) se sitúa en el ámbito conceptual (aunque, en ocasiones, se tienen en cuenta algunas actitudes -interés, participación...-, no se valoran según planes previamente establecidos); b) suele consistir en tareas de papel y lápiz, que no discriminan entre aprendizajes memorísticos y significativos (cuando se plantean ciertos problemas, estas tareas siguen sin ser útiles para conocer este extremo, ya que, a menudo, se alcanza la solución mediante la aplicación de algoritmos aprendidos de memoria); c) se lleva a cabo al finalizar la unidad; y por último, d) los resultados de estos procesos se utilizan, básicamente, con propósitos calificados. Algunas alternativas puestas de manifiesto en la investigación educativa sobre la evaluación son las siguientes:

11. En el ámbito conceptual, los instrumentos y las tareas de evaluación deben identificar aprendizajes significativos más que memo-

rísticos. Es decir, deberían ser planteadas de manera que muestren si los estudiantes han comprendido los aspectos más relevantes -más que los detalles- de los contenidos desarrollados, evitando (si optamos por pruebas escritas) cuestiones que puedan inducir respuestas memorísticas. En este sentido, si están adecuadamente formuladas, las preguntas de carácter abierto y, en particular, aquellas que requieren una explicación gráfica, pueden ser más aconsejables que las cerradas, de opción múltiple: plantear a los estudiantes que dibujen las vellosidades intestinales y que señalen las sustancias que son absorbidas, una vez finalizada la digestión, permitirá comprobar si han comprendido una de las consecuencias más importantes del proceso digestivo.

Además, los resultados de la evaluación deberían ser considerados desde la perspectiva del progreso que se hubiera producido entre las concepciones iniciales y finales de los estudiantes, como consecuencia del proceso educativo, y podría incluir preguntas de distinto nivel de dificultad, con objeto de discriminar entre quienes han alcanzado un nivel de aprendizaje aceptable (objetivos básicos) y aquellos otros capaces de explicar ciertos detalles, que reflejan un conocimiento más profundo. Además de las pruebas escritas, el cuaderno de trabajo de los estudiantes (si existe) puede proporcionar una información valiosa en relación con el aprendizaje de los estudiantes.

12. La evaluación de habilidades de investigación se puede realizar revisando los materiales escritos de los estudiantes y/o elaborando pruebas específicas. Siempre que en la planificación hubiéramos

incluido objetivos relacionados con este ámbito y, en coherencia, las actividades de enseñanza hubieran contribuido a estos aprendizajes, comprobar el grado de destreza de los estudiantes en relación con estas habilidades debería ser uno de los propósitos explícitos de la evaluación de la enseñanza, y así debería ser percibido por ellos.

También en este caso habrá que considerar el grado de progresión de los estudiantes, a partir de la situación inicial (al comienzo de curso), discriminando entre aprendizajes significativos y rutinas aprendidas de memoria. Sin embargo, la evaluación en este ámbito resulta más complejo que en el conceptual, por las estrategias y, en particular, por la naturaleza y características de los instrumentos que hay que elaborar; sobre todo si no se tiene mucha experiencia para llevar a cabo estas tareas. Así, por ejemplo, intentar identificar si los estudiantes progresan en las habilidades de formular hipótesis, elaborar diseños experimentales, presentar informes... requiere establecer indicadores de aprendizaje y analizar el nivel de competencia de los estudiantes en relación con los mismos (cuadro IV).

Tomando como ejemplo la elaboración de informes, los estudiantes tendrían un *bajo nivel de competencia* cuando los realizan sin diferenciar sus distintas partes, o éstas no se corresponden con una secuencia coherente; podremos apreciar un nivel de *competencia limitado* si el informe tiene cierta estructuración, pero apreciamos dificultades en el contenido de sus apartados (han aprendido la forma de realizarlo, pero no han comprendido la racionalidad de esta tarea); otros estudiantes tendrían un nivel

HABILIDAD	INDICADORES DE APRENDIZAJE
Formulación de hipótesis.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifican la diferencia entre una hipótesis y un dato. • Reconocen las hipótesis que fundamentan una investigación. • Establecen la hipótesis más verosímil y contrastable entre varias posibles. • Fundamentan las hipótesis emitidas. • Establecen predicciones a partir de las hipótesis.
Elaboración de diseños experimentales.	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionan el plan de investigación con las hipótesis y las predicciones que de ellas se deriva. • Seleccionan las estrategias de resolución adecuadas para contrastar la hipótesis. • Identifican las variables relevantes del problema y establecen las relaciones entre ellas.
Elaboración de informes.	<ul style="list-style-type: none"> • El informe tiene una estructura adecuada. • Sus apartados son descritos con claridad y responden a los propósitos que cabría esperar. • Están escritos con coherencia y rigor. • En su elaboración se utilizan diversas fuentes de información. • Los resultados y las conclusiones de la actividad se expresan con claridad.

Cuadro IV. Algunos indicadores que pueden mostrar el aprendizaje de procedimientos

de *competencia aceptable* cuando en su elaboración no consideran algunos elementos relevantes (por ejemplo, la utilización de distintas fuentes de información), o se detectan deficiencias en cuanto a su coherencia y rigor, aunque en lo fundamental está bien estructurado y completo; por último, podemos considerar un nivel de *competencia adecuado* cuando el informe cumple básicamente con los requisitos presentados en el cuadro anterior.

La *observación y registro* de las estrategias de indagación que desarrollan los estudiantes cuando llevan a cabo actividades prácticas, la revisión periódica de los materiales escritos (*cuaderno de trabajo, guiones de prácticas...*), en los que quedan reflejados los métodos que han seguido para abordar distintas situaciones de enseñanza, el análisis de los resultados y de las conclusiones que deducen a partir

de los mismos..., y, también, el diseño de pruebas específicas, son iniciativas adecuadas para evaluar la progresión de los estudiantes.

13. *La evaluación en el ámbito de las actitudes es una tarea muy compleja*, entre otras razones porque modificar los hábitos de los estudiantes requiere amplios periodos de tiempo y, en consecuencia, la progresión en las conductas de los estudiantes -indicadores fundamentales para reconocer estos aprendizajes-, si se produce, será difícil de percibir. En este caso, es evidente la escasa utilidad que tiene el desarrollo de pruebas de lápiz y papel. Por el contrario, es la observación de los comportamientos de los estudiantes en las aulas y, en una dimensión más amplia, en el centro educativo-, uno de los procedimientos más útiles para la evaluación. A modo de ejemplo, en el cuadro V presentamos algunas sugerencias sobre posibles

indicadores en el aprendizaje de actitudes.

14. La evaluación también debe proporcionar información sobre el desarrollo de los procesos educativos, con la finalidad de mejorar la calidad de la educación. Es decir, también supone realizar juicios de valor críticos y fundamentados en relación con el desarrollo de la enseñanza. En este sentido, los profesores deberíamos valorar si las actividades de explicitación cubren las expectativas que habíamos previsto y si, además, motivan a los estudiantes; si éstos atienden a las explicaciones del profesor; si el planteamiento y el desarrollo de los trabajos prácticos les permiten comprender las tareas que realizan, reconocer los datos que deben analizar, alcanzar resultados y conclusiones relevantes, si son adecuados los materiales de aprendizaje... Y, lo que es más importante, identificar las causas

ACTITUD	POSIBLES INDICADORES DE APRENDIZAJE
Actitudes saludables en relación con la alimentación.	<ul style="list-style-type: none"> • Preferencia por consumir en el almuerzo alimentos (leche, fruta, bocadillos...), como alternativa a otros productos menos aconsejables. • Interés por consultar las etiquetas de los productos que consumen, en particular cuando se trata de bollería industrial, ciertas bebidas...
Rigor y precisión en el análisis de información.	<ul style="list-style-type: none"> • Objetividad en las observaciones y análisis de los resultados experimentales. • Coherencia entre resultados y conclusiones. • Aceptación de conclusiones que contradicen las hipótesis formuladas.
Valoración crítica del uso del conocimiento científico.	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar interés por las aplicaciones sociales del conocimiento científico. • Identificar las consecuencias, tanto positivas (avances médicos, dieta equilibrada..), como negativas (engorde ilegal de ganado, utilización de aditivos no autorizados...) de estas aplicaciones..

Cuadro V. Algunos ejemplos de indicadores en el aprendizaje de actitudes

que permitan reforzar ciertos planteamientos educativos o introducir modificaciones en relación con otros, que no han funcionado como habíamos previsto.

En todo caso, para orientar la evaluación hacia la mejora de la calidad de la educación habría que considerar que este proceso debe ser, en la medida de lo posible, *continuo* (para introducir los cambios en la enseñanza cuando se identifiquen los problemas) y *sistemático*, que implica plantear

este seguimiento según estrategias previamente establecidas (coherentes con la orientación que hubiera tenido la enseñanza). En consecuencia, habrá que diseñar procedimientos específicos para recabar esta información, sin que ello suponga un esfuerzo desproporcionado para los profesores, que nos obligue a descuidar otras tareas, también importantes. En el cuadro VI proponemos dos ejemplos -uno referido a actividades de explicitación y otro relacionado

con trabajos prácticos- que hemos utilizado en aulas de secundaria, con resultados aceptables. Los dos primeros puntos se plantean como cuestiones cerradas, que se cumplen con cierta facilidad (por ejemplo: todos- la mayoría- algunos- muy pocos- ninguno participa/n con interés en la actividad); el tercero, de carácter abierto, puede permitir apreciaciones más variadas.

Si estamos de acuerdo con las distintas dimensiones de la evaluación que hemos considerado,

ACTIVIDAD DE EXPLICITACIÓN DE IDEAS	ACTIVIDAD DE DESARROLLO
<p>1. Motivación/interés que genera la actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participación de los distintos grupos de estudiantes en la actividad. • Participación de los estudiantes en los distintos grupos de trabajo. <p>2. Explicitación de ideas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adecuación de la actividad para la explicitación. • Pertinencia de las ideas explicitadas en relación con los contenidos básicos de la unidad. <p>3. Otras apreciaciones de importancia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel de dificultad, tiempo de desarrollo, grado de debate que suscita.... 	<p>1. Motivación/interés que genera la actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participación de los distintos grupos de estudiantes en la actividad. • Participación de los estudiantes en los distintos grupos de trabajo. <p>2. Análisis de resultados y conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de relación de los resultados alcanzados con los objetivos de la actividad. • Elaboración y coherencia de las conclusiones. <p>3. Otras apreciaciones de importancia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel de dificultad de la actividad, tiempo de desarrollo...

Cuadro VI. Ejemplo de instrumentos para evaluar la adecuación de las actividades de enseñanza

habría que convenir que la responsabilidad de este proceso no debe residir exclusivamente en el profesor, sino que los estudiantes también tienen mucho que decir, como personas que reflexionan sobre sus aprendizajes y opinan sobre el desarrollo del proceso de enseñanza. En todo caso, establecidos los objetivos de aprendizaje y los criterios de evaluación, parece necesario que los profesores informemos a los estudiantes sobre ambos extremos.

Es probable que los lectores compartan algunos de los puntos de vista expuestos hasta el momento y discrepen en relación con otros. Sin embargo, existirá coincidencia en el esfuerzo y tiempo que requiere trasladar alguno de estos planteamientos a las aulas de secundaria. En consecuencia...

¿Es posible tener en cuenta estas consideraciones en la enseñanza de la Biología y la Geología?

Es evidente que el análisis realizado no agota, en absoluto, la revisión de un tema tan complejo como el que nos ocupa. También lo es que la realidad de las aulas de secundaria no favorece la puesta en práctica, de manera generalizada, de muchos de estos planteamientos. Sin embargo, como decíamos al comienzo, el propósito de este artículo no era otro que presentar algunas aportaciones realizadas por la investigación educativa que pueden orientar actuaciones innovadoras, siempre que se adapten a las circunstancias educativas en las que se desarrolla la enseñanza.

No obstante, una lógica prudencia obliga a considerar algunas circunstancias antes de introducir algunos de estos cambios:

- a) Las innovaciones educativas deberían tener un *carácter gradual*. La distancia entre las inquietudes innovadoras de muchos profesores y las posibilidades reales de ponerlas en práctica no siempre resultan fáciles de recorrer. Por ello, no parece aconsejable plantear cambios demasiado complejos, cuyo desarrollo sea difícil de controlar, ya que, probablemente, no se producirán los resultados esperados, y se generará cierta sensación de fracaso, acompañada de nuevos problemas (mayor esfuerzo y dedicación por parte del profesor, organización y desarrollo de las clases...).
- b) Ello favorece el *entrenamiento* del profesor (generando, de manera paulatina, nuevas competencias para llevar a cabo la gestión del aula) y de los estudiantes (no podemos suponer que recibirán de buen grado los nuevos planteamientos educativos que, al descansar sobre su actividad intelectual, exigen cotas de responsabilidad mayores que cuando se limitan a escuchar explicaciones del profesor).
- c) Una de las dificultades más importantes es el *tiempo* que requieren estos planteamientos; sin duda, los grandes perjudicados serían los contenidos conceptuales. Aunque en Bachi-

llarato habría que valorar este elemento en función del reto que plantea el acceso a la Universidad, en ESO:

- Se debe prestar mayor atención educativa al desarrollo de habilidades de investigación y actitudes (no se trata, por tanto, de reducir contenidos, sino de aligerar el peso específico tradicional de los de carácter conceptual e incorporar otros, que no pueden ser ignorados en la educación obligatoria).

Es más importante considerar la calidad de los aprendizajes que su cantidad. Es decir, habría que proporcionar a los estudiantes suficientes oportunidades para que, en el ámbito conceptual, aprendan de manera significativa (proceso complejo, como ya hemos señalado); aprendizajes que difícilmente tienen lugar cuando se desarrollan programas enciclopédicos.

Finalizaremos este artículo señalando que las reflexiones realizadas han de ser consideradas a la luz de la experiencia profesional de los profesores y de la realidad de los contextos educativos concretos, y que la *colaboración entre los docentes y el trabajo en equipo*, son circunstancias que favorecerán la reflexión sobre la práctica educativa en los centros de secundaria y contribuirán a facilitar el desarrollo de innovaciones en las aulas y, en definitiva, a mejorar la calidad de la educación.

Bibliografía de consulta

- Banet, E. 2001. *Los procesos de nutrición humana*. Síntesis: Madrid.
- Banet, E. y Ayuso, E. 1995. Introducción a la Genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 137-153.
- Driver, R. 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- Driver, R. 1988. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Gil, D. 1993. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Hodson, D. 1994. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- Osborne, R. J. y Freyberg, P. 1991. *El aprendizaje de las ciencias*. Narcea: Madrid.
- Pedrinaci, E. 1993. Concepciones acerca del origen de las rocas: una perspectiva histórica. *Investigación en la Escuela*, 2, 65-74.
- Pedrinaci, E. 1998. Procesos geológicos internos: entre el fijismo y la Tierra como sistema. *Alambique*, 18, 7-17.
- Perales, F.J. y Cañal, P. (eds.) 2000. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Marfil: Alcoy.
- Pozo, J.I., Sanz, A., Gómez Crespo, M.A. y Limón, M. 1991. Las ideas de los estudiantes sobre la ciencia: una interpretación desde la Psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 83-94.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. 1998. *Aprender y enseñar ciencia*. Morata: Madrid.
- Pro, A. 1998. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 21-41.

