

**ELEMENTOS DE UN MODELO DIDACTICO DE ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA, PARA  
LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA EN EL CICLO DE 12/16 AÑOS**

**Rafael Yus Ramos.** Instituto de Bachillerato Mixto. NERJA (Málaga).

**Manuel Rebollo Bueno.** Instituto de Bachillerato "Reyes Católicos".  
VELEZ-MALAGA (Málaga).

**RESUMEN**

En la presente comunicación, se esboza los principales elementos que fundamentan y singularizan un enfoque constructivista para la didáctica de la Geología, que constituyen el objeto de una línea de investigación que, incorporando los elementos epistemológicos y metodológicos fundamentales de las Ciencias Geológicas, proporciona una base para el diseño y desarrollo del currículum de esta disciplina, en el período de 12/16 años.

**ABSTRACT**

*In this communication we present the principal elements that establish on a basis and distinguish a constructivist view for the didactic of Geology, that are the object of a investigation line that incorporating the epistemological and metodological elements of the Geological Sciences, promise a basis to the design and develop of the curriculum of this subject, in the 12/16 years old cycle.*

**INTRODUCCION**

En la presente comunicación, se comentan algunos de los elementos más destacables de un proyecto de innovación en la didáctica de las Ciencias Naturales, desde una perspectiva constructivista, si bien en esta ocasión nos centraremos primordialmente en la disciplina de la Geología, en el ciclo de 12/16 años.

Para su diseño, hemos partido de algunos aspectos fundamentales en los que se basan los nuevos currícula de ciencias experimentales, especialmente los que vienen desarrollándose en el seno de colectivos acogidos por los ICE de Valencia y Barcelona (FURIO, GIL, CARRASCOSA, CAAMAÑO, etc.) que se conducen por un nuevo paradigma emergente, frecuentemente denominado modelo de enseñanza por investigación o bien modelo de enseñanza por descubrimiento dirigido (GIL, 1987), y que en nuestra comarca ha cristalizado en el Seminario de Física y Química de la Axarquía (HIERREZUELO et al., 1985), con el que mantenemos una estrecha coordinación de área.

Al parecer, este modelo arranca del llamado "movimiento de reforma del currículum", que aportó la disyuntiva "procesos/productos científicos", si bien en estos planteamientos aún subyacían fuertes componentes empiristas decimonónicos. A la constatación de la ineficacia de estos métodos,

en la creación de hábitos de trabajo científicos, se le unió la crítica que, desde la filosofía de la Ciencia (BUNGE, 1984) y de la psicología del aprendizaje (AUSUBEL, 1978), que vino a explicar su inoperancia, a causa del inductivismo que subyacía en estos modelos. Este inductivismo es igualmente apreciable tanto en los trabajos prácticos de laboratorio como en las actividades de campo, en las que aparece una imagen aséptica de la observación y frecuentemente desligada de hipótesis que la guía.

Por otra parte, y desde una perspectiva piagetiana, aparece el problema de los requerimientos cognitivos de los conceptos científicos (SHAYER et al., 1982), en función del desarrollo psicoevolutivo del alumno, lo que implicaría criterio obligado en la selección de contenidos y estrategias de instrucción. Además, desde una perspectiva ausubelliana, aparece la importancia de las ideas previas de los alumnos, en la consecución de un aprendizaje significativo (AUSUBEL, 1978) lo que, articulado al modelo de los constructos personales (KELLY, 1970), nos ha conducido a una concepción constructivista del aprendizaje. Según esta orientación, el alumno construye su propio conocimiento, lo contrasta con la experiencia y los reestructura,

en función de su propia estructura cognitiva y del resultado de su interacción con el nuevo conocimiento (DRIVER, 1986).

Además, desde la investigación en la didáctica de las ciencias, y sobre la base de los fundamentos psicológicos anteriormente apuntados, se viene preconizando la necesidad de una metodología que provoque en el alumno un cambio conceptual y metodológico, de forma similar a como se producen las revoluciones científicas, los cambios de paradigmas (GIL, 1985). En esta línea, se ha ido concretando un nuevo modelo didáctico, que ha cristalizado en el área de Física y Química de Bachillerato (FURIO, 1986; GIL, 1982; HIERREZUELO, 1986, etc.) cuyos primeros resultados vienen a validar estos supuestos.

### ELEMENTOS DEL MODELO DIDACTICO

Para la realización de este trabajo, que por su carácter sistemático y general, ofrece multitud de categorías e interrelaciones, hemos seguido un modelo didáctico, inspirado del modelo comprensivo de GIMENO (1985) en el que a los dos subsistemas propuestos por este autor (psicológico y didáctico), hemos añadido un tercer subsistema: el filosófico, habida cuenta de la relevancia que para la didáctica de las ciencias tiene el paradigma proveniente de la reflexión de la filosofía de esta disciplina.

Todos estos subsistemas, son considerados dentro de un determinado marco socio-cultural, en un conjunto entramado de interrelaciones. En efecto: citaremos brevemente algunas de las posibles implicaciones de estos subsistemas. Así, el marco socio-cultural nos aportaría elementos tales como la necesidad de incorporar principios de Educación Ambiental, nos conduce a tener presente el avance científico y tecnológico, a otorgar una dimensión contextualizada y social de la ciencia, etc.

Por otra parte, desde el subsistema psicológico es de donde obtenemos mayor iluminación y fundamento para las estrategias de enseñanza/aprendizaje, especialmente por la incorporación de la importancia de las ideas previas, los requerimientos cognitivos de los conceptos y el enfoque constructivista del aprendizaje.

Finalmente, desde el subsistema filosófico, obtenemos toda una reflexión en torno a la naturaleza de la ciencia y el método científico. Aquí incorporamos la crítica al inductivismo ingenuo, la inexistencia de un método independiente del contenido, la visión subjetivista de la ciencia y los cambios de paradigmas, etc.

De este modo, quedaría el subsistema didáctico, como un conjunto sistémico basado en el propuesto por GIMENO (1985) en el que se contemplarían una serie de elementos

didácticos interrelacionados en una trama regida por el componente evaluación. De este modo, y como ejemplos, citaremos brevemente algunas de las decisiones en torno a estos elementos:

- 1.- Objetivos: destacamos la incorporación de objetivos actitudinales, especialmente los que implican una sensibilización hacia los problemas del medio ambiente, la adquisición de destrezas científicas y, en general, lo que se entiende por "espíritu científico". Igualmente se pretende la adquisición significativa de conceptos científicos básicos y la eliminación de errores conceptuales.
- 2.- Contenidos: elemento que ha supuesto un verdadero reto, por cuanto se ha tenido que hacer frente a una concepción libresca y enciclopedista de la ciencia. Ello ha obligado a hacer una fuerte selección de contenidos, delimitando aquéllos que son básicos, estructurantes y adecuados al período psicoevolutivo de los alumnos. Otro aspecto consiste en la adecuada secuenciación de los mismos, siguiendo la epistemología y la historia de la ciencia.
- 3.- Organización: ha supuesto la utilización simultánea de distintos espacios, según las circunstancias: el aula, el laboratorio, la sala de audiovisuales, y el propio entorno del centro. Del mismo modo, se ha tenido que diseñar una disposición distinta del mobiliario, para favorecer el trabajo de grupo.
- 4.- Medios: conscientes de la importancia de la imagen en la didáctica de las ciencias naturales, hemos incluido elementos de baja codificación, destacando la percepción directa de los objetos naturales, llevando imágenes (en vídeo, diapositivas, etc.) de contextos diferentes al entorno, o de situaciones que susciten el debate.
- 5.- Relaciones de comunicación: se establecen nuevas situaciones de comunicación y nuevos roles, tanto del profesor como del alumno. Así, las clases se desarrollan siguiendo una dinámica en la que la actuación personal y en pequeño grupo, le sigue un debate en gran grupo, siguiendo un esquema de "diálogos socráticos", y cuyas pautas vienen en gran parte organizadas en el "cuaderno-guía". En esta situación, el alumno participa continuamente en la construcción de significados, y el profesor actúa como animador de los debates, orientándolos hacia derroteros adecuados, evaluando

y asesorando, destacándose más como la figura de un "director de investigación", o bien como un "facilitador del aprendizaje".

- 6.- **Evaluación:** elemento central del modelo didáctico y que por tanto, ha recibido una especial atención, ya que en un modelo centrado en los procesos de aprendizaje, más que en los resultados (dentro de la estrategia de "aprender a aprender"), se hacía necesario establecer un procedimiento de evaluación formativa, que permita una continua retroacción sobre los restantes elementos del modelo didáctico, centrado en el proceso de aprendizaje e incorporando en ello a los protagonistas del mismo (autoevaluación), y abriendo nuevas vías de comunicación y nuevas relaciones dentro de una estrategia de acción tutorial.

El diseño de un modelo didáctico como el descrito, que por su carácter general podría aplicarse a otras disciplinas, salvando aspectos concretos relativos a las ciencias, vendría a concretarse, a tomar cuerpo, en la elaboración de los materiales que permiten la operativización de estas estrategias: el cuaderno guía, inspirados en los que constituyen el soporte básico de otros currícula de Física y Química (GIL et al., 1987) y alrededor del cual se vertebran aspectos metodológicos diversos, dentro del paradigma de la enseñanza por descubrimiento dirigido.

#### A MODO DE EJEMPLO: DESARROLLO DE UNAS CLASES

Veamos a continuación dos ejemplos de tratamiento de un tema en el transcurso de una clase, que puede ilustrar sobre el proceso que se sigue. Hemos seleccionado dos temas, concernientes a distintos niveles de lo que pronto será el ciclo 12/16 años, a fin de que se pueda observar las diferencias de tratamiento:

##### 1.- Ciencias Naturales de 7º de E.G.B.

Este podría ser el período de 13/14 años, dentro del ciclo 12/16. que nos ocupa. Para este curso se diseñó una unidad temática que titulamos "Nuestra costa hace dos millones de años". Para su desarrollo, partimos de un modelo de investigación del medio, aprovechando como elemento motivador y desencadenante (centro de interés), la existencia de un yacimiento de fósiles pliocénicos, en las cercanías del centro escolar. A este modelo, de marcado carácter inductivista en otros currícula analizados, aquí se le ha incorporado un componente investigativo, en el que a tal centro de interés se articula al planteamiento de un problema, sobre el que es preciso emitir hipótesis o explicaciones sucesivas, que hay que verificar y con-

trastar, en una secuencia lógica de actividades previamente planificadas al objeto, si bien se concede un margen de actuación para la iniciativa del alumno.

Los alumnos de este período se encuentran en la etapa de operaciones concretas, hecho por el cual es preciso enfocar la disciplina con un soporte concreto amplio, usando estrategias de pensamiento de carácter inductivo, más cercanas al sentido común, pero al mismo tiempo causantes de la producción de errores conceptuales. En esta situación, y siguiendo la teoría del desarrollo próximo de Vigotsky, creemos que al alumno hay que presentarle unos niveles de dificultad inmediatamente superiores a sus capacidades, planteando situaciones contradictorias, en la búsqueda de esa "insatisfacción", tan necesaria para acceder actitudinalmente al cambio conceptual.

En este período, no podemos pretender pues, que el alumno emita hipótesis, en su sentido estricto, ya que a menudo lo que suele usar es una "explicación", o bien una "suposición", frecuentemente sin soporte, ni valor predictivo. Es tarea del profesor ir adiestrando al alumno en estas estrategias, al tiempo que se verifica su maduración intelectual. Obviamente, para llegar a adquirir una estrategia adecuada se precisa manejar los resultados de una experiencia e investigación que hasta la fecha es aún escasa.

Veamos a continuación un resumen de la secuencia de actividades que desarrollamos para abordar esta unidad. Para ello, comenzamos por una actividad exploratoria, que se desarrolla en el mismo yacimiento de fósiles cercano al centro:

1.- *¿Conocias estas piedras anteriormente? ¿son diferentes de las demás? ¿En qué se diferencian?*

De momento, sólo se trata de presentar al alumno la oportunidad de observar atentamente las rocas (areniscas con abundantes bioclastos: lumaquela), permitiendo así constatar la existencia de fósiles de animales marinos, relativamente conocidos, como Pecten sp., Ostraea sp., etc., que contrastan con las filitas maláguides infrayacentes, en contacto discordante. La mayor parte de los alumnos ya conocían este yacimiento, pero pocos se habían preguntado sobre su existencia aquí.

2.- *¿De qué seres proceden estas conchas? ¿Cómo te explicas que estas conchas se encuentren a 4 km. de la costa actual?*

Se trata pues, del planteamiento del problema, a partir del cual los alumnos han de adelantar "explicaciones", que posiblemente nos pueden arrojar datos sobre sus representaciones, es decir, su propio marco teórico sobre los fenómenos geológi-

cos.

Sólo una pequeña proporción de los alumnos consideran que la costa debió estar en este lugar hace mucho tiempo. La mayor parte lo atribuye a algún suceso geológico de tipo catastrófico: un maremoto, un fuerte oleaje, incluso alguno apuntó que le viento las hizo trasladarse desde la playa (actual). Al hacerles ver que no sólo hay que considerar los fósiles, sino todos los demás componentes, arenosos y arcillosos, empezaron a considerar el papel del río de Vélez: una riada hizo que el mar retrocediera, acumulando gran cantidad de "tierra". Los alumnos que consideraban estos materiales como de origen marino, atribuían la diferencia de niveles como consecuencia de diferencias climáticas: "al haber más lluvias, habría más agua en el mar...".

Estos diálogos socráticos, realizados tras pequeños debates en el seno de equipos, nos va a permitir aproximarnos a las representaciones de alumnos. De ello se puede constatar, por ejemplo, el uso de teorías de tipo "catastrofistas", para explicar fenómenos geológicos, tal como sucedió, igualmente en las primeras etapas del desarrollo de la Ciencia Geológica. A nuestro juicio, el uso de hipótesis catastrofistas, obedece a un obstáculo epistemológico en el alumno: la dificultad de entender fenómenos que transgreden la escala humana del tiempo. Dado que estos fenómenos son muy comunes en la Geología, se puede comprender la dificultad que tienen los alumnos para comprender esta ciencia, sin más herramientas que la transmisión verbal.

Una vez planteado el problema y emitidas algunas "hipótesis" (suposiciones), que de momento no se discuten, se aborda la cuestión del origen de los materiales. Una vez planteado su origen sedimentario, se procede a una "reconstrucción" de los hechos. Esto nos va a permitir introducir una serie de conceptos geológicos básicos, en una secuencia lógica que sigue el esquema conceptual del ciclo geológico externo.

3.- *¿Estas montañas que observamos alrededor de Vélez, siempre han sido de esta forma? Si ha cambiado, ¿cuál es la causa? Diseña un modelo que muestre que dicho agente es el que actúa.*

Gran parte de los alumnos piensa que las montañas siempre han sido como las ven ahora. Esto es consecuencia de la falta de observaciones que, a la escala humana del tiempo, muestre claramente el efecto erosivo de los agentes externos. Cuando se les presenta el dato de la existencia de guijarros de mármoles, materiales que se encuentran en la Sierra de Tejeda, de donde nace el río, admiten la acción erosiva del río. Sin embargo, para dar mayor soporte a esta nueva teoría, se precisa una observación del fenómeno a una escala mucho más rápida. Ello justifica el uso

de un modelo, como el de verter agua con una regadera a un montículo de tierra. Aquí el alumno puede observar diversos fenómenos: erosión, erosión diferencial, sedimentación, así como diferencias en los distintos niveles del curso, etc. De todas estas experiencias se concluye algunos conceptos básicos, como los de erosión, sedimentación y el principio de superposición estratigráfica.

A continuación, y una vez establecido el concepto de sedimentación, se aborda el concepto de fosilización. En primer lugar se les presenta algunos ejemplares de fósiles pliocénicos:

4.- *¿Qué crees que pueden ser estos objetos? ¿A qué se parecen? ¿Cómo crees que se han formado? Diseña un modelo que muestre el proceso de formación de este espécimen.*

Se trata de que el alumno relacione los procesos de fosilización dentro del esquema general de la sedimentación. En una primera aproximación se advierte que el alumno relaciona los ejemplares de fósiles con restos de seres vivos "petrificados". Consideran que las partes blandas "se pudrieron" y que los sedimentos "se han convertido en piedras" y su causa es "porque se ha secado". En función de estas suposiciones, el modelo que presentan es un acuario en el que se echan mejillones y luego capas de tierra. Luego quitan el gua (porque "se evapora") y dejan que la tierra se seque al sol. Es evidente que, si bien el proceso descrito por los alumnos no se corresponde con la realidad, lo cierto es que ya suponen una buena aproximación. El manejo de modelos vuelve a constituir un buen recurso para aproximarse a un fenómeno que exige, por su naturaleza, demasiado tiempo.

Llegados a este punto, se retoma el problema planteado al principio: *¿Cómo explicas la presencia de restos de animales marinos a 4 km. de la actual costa? Una vez debatido, y ahora con nuevos elementos de juicio, se alcanza una explicación: "la costa estuvo aquí hace 2 millones de años". Sin embargo queda por explicar la causa del desnivel:*

5.- *¿Cómo explicas que el mar llegara hasta aquí? Diseña un modelo que ponga de manifiesto el proceso de invasión del mar en la tierra por la causa que consideres.*

Naturalmente, vuelven a surgir las anteriores hipótesis: "el río ha dejado tanta tierra que ha hecho que el mar retroceda". Sin embargo, se les dice que el lugar en el que estamos tiene 40 metros de altura respecto del nivel del mar, y que lo que hay que considerar es la "diferencia de altura" o de nivel. Esto provoca nuevas hipótesis: "porque había más agua en el mar". Al requerirles la causa de ello, manifestaban: "porque llovía más".

Al hacerles ver que este factor no vale porque el agua describe un ciclo, empiezan a considerar la posibilidad de que se derri-tan los polos y las nieves de las montañas. En función de ello, el modelo que presentan es un acuario en el que hay una maqueta de escayola con la Hoya de Vélez, el nivel del mar actual y en las montañas colocan una malla con cubitos de hielo, que calientan con una bombilla. Al cabo del tiempo se muestra que el nivel del mar "sube" hasta alcanzar Vélez-Málaga, y por tanto, el yacimiento del Romeral, donde se encuentran los fósiles. De este modo, los alumnos acceden, aunque de forma muy elemental, a los conceptos de transgresión y regresión marinas, necesarios para comprender el origen de los fósiles.

Llegados a este punto, se advierte la necesidad de manejar el concepto de isostasia, ya que uno de los yacimientos pliocénicos de la Hoya de Vélez, alcanza 90 m. de altura y tan sólo se encuentra a 50 m. de la costa.

6.- *Se ha calculado que si los polos se fundieran, el mar invadiría las costas, hasta un nivel de 50-60 m. por encima del actual. Entonces, ¿cómo explicas la existencia de fósiles marinos en lo alto del Peñón de Almayate, a 90 m. de altura? Diseña un modelo que muestre cómo se produce este fenómeno, según la causa que consideres para explicarlo.*

Los alumnos no son capaces de dar una explicación satisfactoria a este fenómeno. Una vez más, acuden a hipótesis de tipo catastrofista: "un terremoto hizo que subiera el peñón", o bien: "un maremoto transportó tierra y animales hasta lo alto del cerro". Algunos aún persisten en su teoría: "el mar llegó hasta ese nivel". Se les recuerda el dato que aporta la ciencia y se les hace ver que lo mismo valdría para un fósil que se encuentra a 1.500 m. de altura, en la Sierra de Alhama. Alcanzado este punto, se observa cierto bloqueo, que consideramos derivado de la falta de un modelo dinámico de litosfera. Por ello, aquí consideramos importante presentar, de forma muy simplificada, el modelo discontinuo de placas litosféricas que se "mueven" sobre una fluida astenosfera. Dada la complejidad del tema, sólo podemos pretender aproximarnos y para facilitarlo presentamos un modelo consistente en un mini-acuario con dos bloques de madera que ocupan, conjuntamente toda la superficie. Hacemos ver que, si en un bloque colocamos un peso (unas monedas), el otro bloque se levanta. Esto constituye una aproximación, con todas sus inexactitudes, al concepto de isostasia.

Aún siendo conscientes de que la isostasia no es el principal fenómeno que influye en la elevación de los sedimentos, creemos que esta aproximación permite realizar predicciones más rigurosas, cuando en un futuro se les introduzca la tectónica.

La oportunidad de este modelo se puso de manifiesto cuando, situados los alumnos encima del Peñón de Almayate (formado por fósiles y demás sedimentos pliocénicos) divisamos la Hoya de Vélez, donde el alumno podía imaginar la "bahía pliocénica de Vélez" y donde se apreciaba un cerro: El Cerro del Mar, que estando a menor altura que el que sirve de puesto de observación (es decir: 40 m.), sin embargo carece de sedimentos pliocénicos: sólo tiene filitas maláguides. En esta situación preguntamos:

7.- *Si el Peñón de Almayate, en el que estamos, cuya altura es de 90 m., está formado por fósiles y sedimentos pliocénicos. cómo explicas que el Cerro del Mar, cuya altura es menor (40 m.), carezca completamente de sedimentos pliocénicos?*

Los alumnos habían imaginado que este cerro sería una especie de islote, dentro de la "bahía pliocénica de Vélez", pero al presentarles este problema, grande fue nuestra sorpresa cuando algunos alumnos empezaron a esgrimir el modelo de isostasia: "el Cerro del Mar, que era un islote, luego se bajó, mientras que el Peñón de Almayate, que estaba sumergido, luego subió, como los bloques de madera...". Es decir: con independencia del grado de acierto de esta hipótesis, está claro que el alumno hace uso del modelo (y por tanto, de la teoría), para explicar situaciones nuevas.

La unidad prosigue con diversas actividades relacionadas con el tema: interpretación del mapa topográfico, determinación de conchas con claves dicotómicas, identificación de biotopos en el litoral, trabajo de campo (determinación de buzamiento de los estratos, muestreo de fósiles por estratos), identificación de fósiles con claves dicotómicas, nuevas salidas al campo, para ver aplicaciones de las arcillas en la industria de la cerámica, y por último, elaboración del Mapa de Nuestra Costa hace dos millosnes de años, que constituye la conclusión de la Unidad Didáctica.

## 2.- Ciencias Naturales de 1º de B.U.P.

Esta experiencia viene a significar el tratamiento de la Geología en lo que será el período de 15/16 años, dentro del mencionado ciclo de 12/16 años. A modo de ejemplo, trataremos el caso de la erosión. Este tema forma parte de la Unidad nº 2 (La dinámica geológica), cuyo objetivo fundamental es la adquisición de una concepción dinámica de los fenómenos geológicos.

En este período, existe una gran diversidad de situaciones madurativas en los alumnos. si bien existe ya una pequeña proporción que accede a las operaciones formales, aún persisten una discreta proporción de alumnos que aún están en la etapa de operaciones concretas. Sin embargo,

la mayoría se encuentran en distintos momentos del proceso de transición al formal. Atendiendo a esta diversidad de capacidades en la población de este período, nuestras estrategias deben prever situaciones de bloqueo cognitivo, así como diferencias de ritmo de aprendizaje y de construcción de conocimientos. Ello se afronta mediante el empleo de una dinámica de grupos heterogéneos, de construcción social de los conocimientos, así como de estrategias de diáctica recuperativa.

En este período es posible pues, insistir en la formulación de problemas, emisión de hipótesis en su sentido estricto, y acceder paulatinamente, y en función del grado de adiestramiento, a operaciones de dificultad superior que en el anterior período: contrastación, control de variables, uso de modelos científicos, etc., sin que ello signifique polarizar la atención al sector minoritario de la clase que ya utilizan de forma natural estas operaciones.

Para ello, se va desarrollando el esquema secuencial del ciclo geológico externo. Para abordar el tema, comenzamos con una actividad exploratoria:

1.- *¿Las montañas y cerros de la Axarquía han tenido siempre la misma forma? ¿En qué te basas para afirmarlo?*

Aquí ya pueden aflorar algunas ideas previas, derivadas de la concepción estática de la corteza terrestre. Esta concepción está apoyada en la lentitud con que acontecen los fenómenos geológicos en general. Por ello, a esta pregunta suele contestarse diciendo que "siempre han sido así" y cuando se dice que "no siempre han sido así" utilizan hipótesis de tipo catastrofista para explicar el origen del relieve: "grandes riadas" o bien: "algunos terremotos", etc. Estas concepciones van a ser una constante en la interpretación de los fenómenos geológicos. Para profundizar en este tema, proseguimos:

2.- *En el río Vélez hay muchas piedras redondeadas de mármol. Sin embargo, sólo hay mármoles en la sierra de Tejada, ¿cómo explicas que se encuentren aquí? ¿Cómo explicas que las piedras estén redondeadas?*

Se pretende pues que se vaya asociando el concepto de erosión con el de transporte. De este modo, el alumno podrá hallar una explicación válida para la segunda pregunta. Ahora incidimos en las causas del movimiento de un río con la siguiente pregunta:

3.- *¿Qué se necesita para que haya una corriente de agua o río? ¿Qué fenómenos geológicos se producen a lo largo de un río?*

Aquí se suele confundir el efecto y la causa, afirmándose que lo que se necesita es "agua". El profesor contesta que tam-

bién hay agua en un lago y no es un río. Los alumnos entonces caen en la cuenta que se necesita además "pendiente". El profesor le pregunta por qué no circula "hacia arriba", por lo que los alumnos ven necesario especificar que circula por "la gravedad". Luego el profesor plantea que falta por explicar de dónde viene el agua. Los alumnos suelen contestar bien: "de la lluvia". A partir de aquí, se reconstruye el ciclo del agua, y se pone de manifiesto la importancia del sol en el mismo. A continuación se aborda otro problema:

4.- *¿Qué fenómenos geológicos se producen en un río? Señala las partes de un río en las que se producen con mayor importancia, y explica la razón de ello.*

Se trata de salir al paso de una -- idea muy extendida de considerar a este agente geológico en una versión exclusivamente erosiva, ignorándose la importancia de la sedimentación. Los alumnos suelen contestar sobre los efectos erosivos y los de transporte no considerando a la sedimentación como un fenómeno geológico. De nuevo gravita la imagen catastrofista. El profesor puede llevar el debate, preguntando "dónde se acumulan las piedras arrastradas por el río", resaltando este fenómeno como geológico, y pidiendo explicación sobre la desigual distribución de los mismos. Para ayudar a establecer las variables que inciden en ello se les pide que "diseñen un modelo de río en que erosión, transporte y sedimentación sean imposibles". A esta situación se llega con modelos ideales de ríos que se sitúan sobre una superficie plana, o bien "cuesta arriba", lo que implica el manejo de las variables que influyen en el proceso. A continuación, pretendemos ampliar el campo de conocimiento de los agentes erosivos:

5.- *Los ríos son agentes geológicos. ¿Conoces algún otro agente geológico que actúe en la comarca?. Ordénalos de mayor a menor importancia en la formación del relieve.*

Los alumnos sólo conciben otro agente geológico: el viento. Si se les pregunta si este agente es importante, contestan que es uno de los responsables de la formación del relieve. Curiosamente, esta idea no va apoyada en una percepción directa del fenómeno geológico, sino de sus vivencias anteriores: "sí, porque aquí hace días que el viento levanta mucha arena" o bien: "a veces te puede tirar", por lo que suponen que debe ser importante como agente erosivo. Tampoco insisten en el mar como agente geológico, en parte porque no acaban de ver la costa como parte de relieve o porque los efectos erosivos no son tan evidentes. Sin embargo, acaban por aceptarlo cuando se les presenta la imagen de los bloques de "tablazo" despren-

didados en la Balcón de Europa.

6.- *¿Qué requisitos climatológicos deben tener los agentes geológicos para acentuar su acción?. Diseña un modelo que muestre la acción geológica del agua y el viento.*

Para finalizar este bloque exploratorio, planteamos la importancia del clima en el tipo de modelado, en función de su mayor o menor capacidad erosiva. Los alumnos coinciden en la importancia de que el clima sea lluvioso, para la acción del agua, o bien que tenga fuertes y constantes vientos, para la acción del viento. Cuando se les plantea algunos ejemplos contradictorios, como por ejemplo: "en las costas gallegas el viento es muy fuerte y sin embargo, la erosión por el viento es muy pequeña", los alumnos empiezan a considerar otra variable para la acción del viento: la humedad. Estas hipótesis son mostradas mediante modelos interpretativos, como un recipiente con tierra, en el que cae lluvia con una regadera, formando cauces y semimentos, o bien un montón de arena-arcilla-gravas sobre el que actúa un secador, mostrando así la deflacción. El uso de modelos en Geología se ha mostrado como un recurso muy importante, ya que permite al alumno manejar hipótesis y contrastarlas, ante procesos que en la realidad exigen demasiado tiempo y espacio, elementos que son auténticos obstáculos epistemológicos en la construcción de conceptos geológicos, tal como sucede en la historia de la Geología.

Llegados a este punto, los alumnos ya han construido algunos conceptos básicos, si bien de forma desorganizada. Por ello ahora les presentamos estas mismas ideas, de forma estructurada y usando un léxico más riguroso. Es decir: una información: "Los agentes geológicos externos", exhenta de detalles y lo más cercana a las condiciones geológicas del entorno, y en la que normalmente no es preciso intervenir con explicaciones.

Una vez leído el bloque conceptual, iniciamos una serie de actividades de aplicación. En primer lugar, se les suministra un recorte de un artículo extraído de la prensa: "Las riadas agravan la erosión del suelo" y se les pide que lo comenten, estableciéndose un pequeño debate en clase, y en el que los alumnos ya han de manejar conceptos adquiridos.

Para profundizar más en este tema, mostramos una serie de actividades de aplicación que muestran nuevos aspectos de la erosión, pero basados en los conceptos recién adquiridos:

1.- *Observa las siguientes fotografías (se les presenta una fotografía de las "chimeneas de brujas" y otra de unos estratos con erosión diferencial). ¿Cómo explicas la formación de estas estructuras, sabiendo que en A los materiales son más duros que en*

B?

De este modo, el alumno reflexiona acerca del fenómeno de erosión diferencial, en el que unos materiales (A) son más resistentes a la erosión que otros (B). Esto lo han podido comprobar en el diseño de modelos erosivos de la actividad anterior.

2.- *¿En qué lugar será más frecuente la erosión del viento: en Almería o en Santiago de Compostela? Y en ambos casos, ¿dónde será más intensa: sobre rocas compactas o en rocas deleznales?. Diseña un modelo que ponga de manifiesto esta acción diferenciada.*

Se aborda el viento como agente geológico externo. Se presenta el tema de la influencia del clima y la naturaleza de la roca: de este modo la erosión eólica sería más importante en Almería no sólo por tener un clima más seco, sino porque los materiales son más deleznales (algunos alumnos ya apuntan la importancia de la escasez de vegetación, lo que indica que el concepto se ha ido organizando de forma significativa). Entre los modelos que se diseñan figura uno muy ingenioso que consiste en mostrar que un montón de arcilla mojada no se moviliza mediante el aire de un secador, mientras que en otro montón seco sí.

#### ALGUNOS RESULTADOS

De la experiencia acumulada durante el corto espacio en que se viene experimentando estas nuevas estrategias, cabrían destacar algunas consideraciones sobre la eficacia de este modelo didáctico. En este lugar, destacaremos tan sólo, algunas conclusiones sobre uno de los elementos que caracterizan y concretizan dicho modelo, es decir: los Cuadernos-Guía:

- 1.- Constituyen un elemento válido para la enseñanza de las Ciencias Naturales, y de la Geología en particular, para el ciclo 12/16. No hay razón derivada de la epistemología de esta disciplina, que impida su utilización.
- 2.- Representan una concreción metodológica de la enseñanza por descubrimiento dirigido, que se destaca como mecanismo idóneo para la enseñanza de las ciencias, en el ciclo 12/16, tanto por razones filosóficas como psicológicas y didácticas.
- 3.- Vienen a significar el soporte de una enseñanza que persiga el aprendizaje significativo de los conceptos científicos, en un enfoque de tipo constructivista.
- 4.- En su elaboración, suponen la decisión de un conjunto de opciones

didácticas, que por sí solas ya consti-  
tuyen una auténtica reconsideración  
de los procedimientos usuales de  
enseñanza de las Ciencias Naturales,  
y de la Geología en particular.

- 5.- Se revelan como un material idóneo  
para la didáctica de las Ciencias  
Naturales, y de la Geología en parti-  
cular, en ambiente extraescolar,  
especialmente en el trabajo de campo,  
y posibilita la adquisición de un  
espíritu crítico y una actitud ambien-  
talista.

Somos conscientes de los peligros  
que pueden acechar en una metodología como  
la descrita. De hecho, algunas críticas  
han apuntado algunos de estos peligros:  
se habla de que los cuadernos guía otorgan  
rigidez a los procesos de la clase, que  
suponen un excesivo dirigismo, una subversión  
del protagonismo del alumno, o que depende  
demasiado de la actitud favorable del alumno.  
Como afirma GIL (1987), tales peligros son  
reales, y nosotros hemos podido comprobar  
el afloramiento de algunos de ellos.

Sólo la aplicación sistemática de  
una adecuada evaluación formativa que detecte  
los problemas de la clase y por tanto  
permita una continua reelaboración de los  
cuadernos, así como la consideración del  
programa-guía como un instrumento que, aún  
dentro de su carácter pre-establecido, sea  
lo suficientemente flexible, como para permi-  
tir improvisar situaciones nuevas, ante  
sucesos no previstos, puede situar a la  
utilización de los cuadernos guía en unas  
condiciones óptimas, dentro de un panorama  
de enseñanza media comprensiva, como es

la del ciclo 12/16. Por último, tendríamos  
que decir que no se ha de olvidar que en  
materia de educación no hay, ni habrá, rece-  
tas seguras, y lo que menos pretende ser  
un cuaderno-guía, es un elemento que venga  
a sustituir a la responsabilidad del profes-  
sor, ya que se trata de la concreción de  
un estudio particular en un ambiente singu-  
lar, dentro de un esquema de investigación-  
acción.

#### BIBLIOGRAFIA

- \* AUSUBEL, D.P. (1978). "Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo". Ed. Trillas. México.
- \* DRIVER, R. (1986). "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". Rev. Enseñanza de las Ciencias, t. 4(1), pp. 3-15.
- \* GIL, D. (1987). "Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias". Rev. Investigación en la Escuela, nº 3, pp. 3-12.
- \* GIMENO, J. (1985). "Teoría de la enseñanza y desarrollo del currículo". Ed. Anaya. Madrid. 238 pp.
- \* HIERREZUELO, J. et al. (1985). "La ciencia de los alumnos". Ed. CEP de la Axarquía (Vélez), Ser. Monografías, nº 1.
- \* SHAYER, M. et al. (1982). "La ciencia de enseñar ciencias". Ed. Narcea, Madrid, 188 pp.