

RESUMEN

El tratamiento y resolución de problemas es una tarea básica de la actividad intelectual necesaria para el aprendizaje de la Geología. El presente taller introduce los principios básicos y algunos ejemplos para el uso del tratamiento de problemas en el desarrollo de los currículos de Ciencias de la Tierra.

ABSTRACT

Problem solving is shown as a basic job for scientific activity and a intellectual necessary process for learning Geology. The present workshop introduces the basic principles and examples for the use of problem solving in the Earth Sciences curricula development.

INTRODUCCIÓN

Proponer y resolver problemas es una tarea básica de la actividad científica. Proponer y buscar los caminos para resolver problemas es un proceso intelectual también necesario para aprender Ciencias.

Tradicionalmente, resolver problemas ha sido una tarea específica dentro del campo de la Física, la Química y las Matemáticas. El funcionamiento básico propuesto por la Escuela para esta tarea ha sido y sigue siendo muy simple:

1. Se enuncia una cuestión que se trata de resolver
2. Se separan los factores que intervienen en la situación
3. Se aplican fórmulas y algoritmos que relacionan los factores intervinientes
4. Se realizan las operaciones numéricas previstas por dichas fórmulas

Las estrategias intelectuales que se desarrollan en la resolución de problemas se han analizado en numerosas investigaciones. En muchos casos el resultado de las mismas ha coincidido alarmantemente: el alumnado "memoriza" las situaciones en las que debe de aplicar los algoritmos o las fórmulas. Parece, así, que la tarea del profesorado ha seguido una pauta bastante común: enseñar al alumnado a identificar o reconocer las fórmulas o algoritmos que debe aplicar ante un enunciado concreto, facilitándole numerosos ejemplos que le permitan establecer pautas de aplicación ante situaciones comunes (Oñorbe, 1989).

En los últimos diez años han aparecido muchas propuestas para trabajar con problemas desde otro

punto de vista (ver revisión de Perales, 1993, por ejemplo). Esa propuesta alternativa propone formular los problemas de manera que la aplicación del algoritmo o fórmula no se produzca de manera inmediata, que la solución no llegue a partir de la aplicación directa de fórmulas, proporcionando planteamientos para los que no se conoce un camino directo de resolución sino que permitan poner en marcha generalizaciones, interpretaciones, aplicaciones, proposición de hipótesis,... Desde una nueva concepción del aprendizaje, no es la consecución del resultado lo que interesa, sino la búsqueda de las vías de resolución. La búsqueda de "la solución" está inmersa en una idea social en la que impera la productividad, cuando el proceso educativo debería formar personas en habilidades intelectuales y creatividad (Garret, 1988). La resolución de problemas es parte del proceso de "pensar" y éste incluye todas las acciones intelectuales de aplicación de conocimientos, interrelaciones, inferencia, anticipación de resultados esperables y toma de decisiones.

Pero...¿trabajamos con problemas de aplicación de fórmulas en el área de Geología en Enseñanza Media? ¿Podemos plantear problemas que ejerciten capacidades intelectuales de anticipación, investigación y deducción?, en ese caso...¿qué problemas podemos plantear para conseguir un desarrollo analítico y de construcción del propio conocimiento en nuestro alumnado?

Hemos de tener en cuenta que el estudio de la Geología en la Enseñanza Media ha hecho hasta el momento mucho más hincapié en la descripción de fenómenos que en procesos de formación, mucho más incidencia en la catalogación de paisajes (paisajes graníticos, kársticos,...) que en la dinámica que ha dado lugar a su existencia y ese forma de entender la enseñanza de la Geología deja poco espacio para el planteamiento de situaciones de incógnita.

Actualmente se está cambiando esta concepción y, desde las clases, se atienden más a la reflexión sobre los aspectos dinámicos y procesuales, la Ciencia Geológica adquiere una naturaleza que es más especulativa, de racionalización y predicción que de reproducción y experimentación en campo o laboratorio. Esto nos lleva a un tipo de enseñanza que se apoya (a la hora de enseñar en estos niveles) muy poco en datos numéricos y experimentales y mucho más en teorías generales e hipótesis cuya comprobación es muy indirecta y frecuentemente irreproducible.

Por eso el tipo de problemas que podemos plantear a nuestro alumnado deberá basarse mucho

(1) Centro de Profesores de Godella (Valencia)



más en los análisis de factores intervinientes en la dinámica terrestre y en las hipótesis coherentes que permite el estudio crítico de los datos que aporta el planeta Tierra. Frecuentemente serán problemas sin una única solución, serán cuestiones sobre las que se podrán sugerir hipótesis más probables y no contradictorias con lo que ya conocemos y, desde luego, muy poco predictivas a corto plazo.

Podemos analizar algunos ejemplos de aula que ilustran la propuesta de estas líneas:

¿ Dónde es más esperable una mayor acumulación sedimentaria...en una zona de inundación del tramo final de un río o en su desembocadura en el mar ?

Para poder aproximarse al problema será necesario proponer (a título de hipótesis) qué factores intervendrán en los procesos sedimentarios (relieves, vegetación circundante, climatología, capacidad de carga del río, corrientes litorales, sedimentometría conocida o esperada, características del régimen fluvial o aluvial correspondiente,...)

Estaremos potenciando el análisis de los factores que afectan a una dinámica geológica, convirtiendo cada uno de esos factores en una variable sobre la cuál se pueden formular hipótesis (siempre que los demás factores se comporten como constantes), con lo cual el proceso hipotético-deductivo de razonamiento puede establecerse aún en situaciones de lápiz y papel.

Como este tipo de problemas no pueden resolverse de forma inmediata ni automática, son más enriquecedores porque exigen la movilización de recursos intelectuales (coherencia interna de un razonamiento, coherencia con los conocimientos anteriores que se poseen, coherencia con situaciones análogas, elaboración de supuestos o modelos de funcionamiento de la Naturaleza, búsqueda de información adecuada al problema,...)

UNA FORMA DISTINTA DE HACER LO QUE SABEMOS HACER

Dentro de la dinámica de nuestras aulas el planteamiento de incógnitas a resolver puede ser de mucha utilidad: La potencia didáctica de la Ciencia está en la búsqueda de respuestas a interrogantes que nos vamos planteando. por tanto podríamos "reconvertir" los recursos que tenemos: actividades de demostración, de observación, estudio de paisajes,... en búsquedas de respuestas a un "problema", a la resolución de una incógnita planteada.

UTILIZAR PROBLEMAS PARA DAR SENTIDO A ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Por ejemplo, una actividad práctica frecuente en las clases de Geología es la que demuestra la

diferente retención de agua de los suelos según las diferentes proporciones de arcilla, arena y humus de un suelo... La idea es potenciar el aprendizaje mediante una demostración directa en la que se le dice al alumnado que cantidades de arcilla, humus y arena debe de incorporar, cuánta agua debe verter, dónde ha de disponer las muestras, cómo debe de recoger el filtrado y qué se demuestra con esta experiencia de laboratorio.

Ahora bien, ¿qué puede ocurrir si este tipo de actividad se suscita a partir de una "situación-problema" ? Nos puede servir analizar una secuencia de trabajo en un aula (I.B. de Buñol. N=35,1º de BUP):

...uno de los factores que considerábamos importante en los procesos edafológicos era el agua. ¿ todos los suelos del mundo tienen cantidades similares de agua ?

Las hipótesis manejadas por el alumnado suelen ser de dos tipos.

- " No, naturalmente, sabemos que existen zonas pantanosas y zonas muy secas, con suelos muy distintos también en la cantidad de agua que tienen. Esas diferencias se deben al clima del lugar donde se encuentra el suelo y también a la geografía, por ejemplo una zona próxima a un lago tiene un suelo más húmedo..*
- " Aún dentro de un mismo clima y condiciones hay suelos que retienen más agua y otros que la retienen menos, porque en algunos suelos el agua se escapa más deprisa que en otros porque filtra hacia abajo mucho más "*

A partir de estas hipótesis podemos continuar concretando más la tarea:

...Si es así (haciendo referencia a las contestaciones anteriores) , ¿ de qué factores dependerá el que el suelo retenga mayor o menor humedad ?

La discusión general es bastante fructífera, aunque algunos alumnos y alumnas no han encontrado muy interesante estudiar el suelo, a todos y todas les resulta de interés intervenir y dar opinión para estructurar una pequeña investigación. Algunos de los grupos de trabajo aportan una sola hipótesis, pero otros aportan dos e incluso tres hipótesis de trabajo:

- "... dependerá de la disposición de los materiales en el suelo, unos materiales impermeables cerca de la superficie provocan un suelo encharcado cuando llueve.."*
- "... dependerá de la arena que haya en el suelo, porque suelos con mucha arena filtrarán rápidamente hacia abajo el agua y no quedarán muy húmedos "*



c) "... dependerá de la pendiente, un suelo muy inclinado empapará poca agua porque el agua correrá por la superficie y no empapará la tierra tanto como en el caso de un suelo llano..."

A partir de este momento la discusión se puede encaminar a la forma de desarrollar una comprobación de cada una de las hipótesis. Las hipótesis a) y c) condujeron a diseños experimentales con la utilización de maquetas (en horario extralectivo), los modelos diseñados fueron bastante aceptables, aunque después de la simulación se concluyó que no se podían establecer relaciones numéricas entre las variables que se estudiaban, las conclusiones fueron más modestas ya que las maquetas no permitieron extraer datos numéricos de relevancia.

Con la hipótesis b) se pueden generar diseños experimentales perfectamente compatibles con el horario lectivo y fácilmente reproducibles en el laboratorio del centro. en este caso los diseños están realizados por el alumnado que debe de justificar qué hacer, cómo y cuándo hacerlo y qué conclusiones se derivan de los resultados. El papel del profesor en este caso es de mediador: hacer ver la necesidad de un control de variables, contrastar la coherencia de la experimentación con las hipótesis de partida, encarecer la importancia de la precisión en la medida ,....

Al realizar las primeras experiencias, la hipótesis fue comprobada parcialmente ("... la proporción de arena de un suelo influye en la capacidad que tiene ese suelo para retener agua ,...") pero pronto aparecieron nuevos interrogantes:... ¿ sólo influye la cantidad de arena,...influirán las cantidades de otros componentes del suelo? ¿ qué componentes ?...

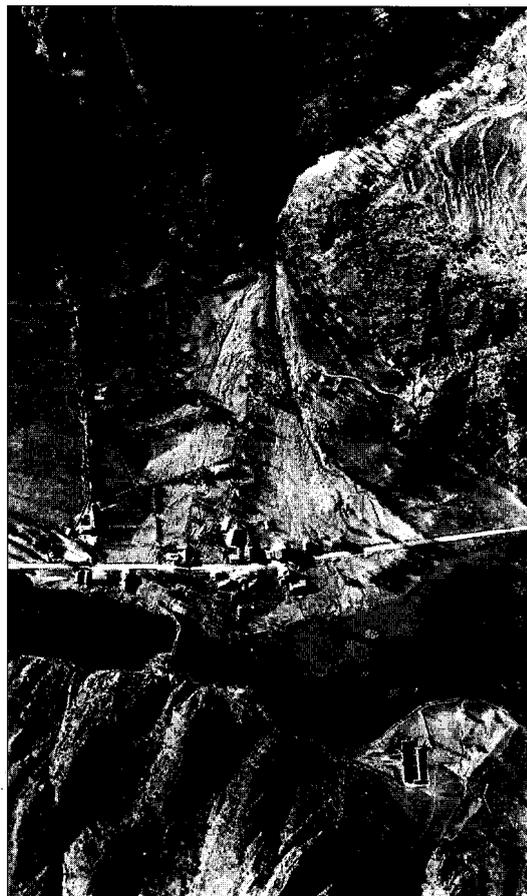
Una situación investigativa que genera nuevos problemas a investigar es la que produce los mejores avances en el conocimiento, los problemas inicialmente planteados por otras personas (profesorado, comunidad científica, situación de clase,...) son en ese momento problemas que uno mismo ha descubierto, se ha planteado, y además se los ha planteado en un contexto de relación entre conceptos conocidos para investigar uno nuevo, es cuando el aprendizaje resulta más eficaz.

UTILIZAR PROBLEMAS PARA DAR SIGNIFICADO A LA OBSERVACIÓN

Es muy frecuente, en nuestro quehacer docente diario, hacer uso de imágenes mediante diapositivas, fotografías o grabaciones, que muestren paisajes, fenómenos geomorfológicos y tectónicos...Este es un recurso de mucha utilidad porque muchos de los conceptos geológicos descriptivos pueden asociarse a una imagen y su comprensión e inserción en las redes conceptuales de la inteligencia es mucho más fácil. Si estas imágenes van asociadas a problemas , se obliga a realizar un examen detallado de las mismas, a dar una interpretación (hipótesis) que tenderá a verificarse al comparar con otras situaciones análogas.

El plantear una observación partiendo de un problema supone dar significado a la misma, supone una orientación en QUÉ observar y PARA QUÉ observarlo.

Esta fotografía muestra la situación de una aldea en el Pirineo. Se prevé hacer una remodelación y pequeñas casitas para desarrollar una zona de turismo ecológico. Comentar su posible ubicación y los riesgos geológicos si los hubiere.



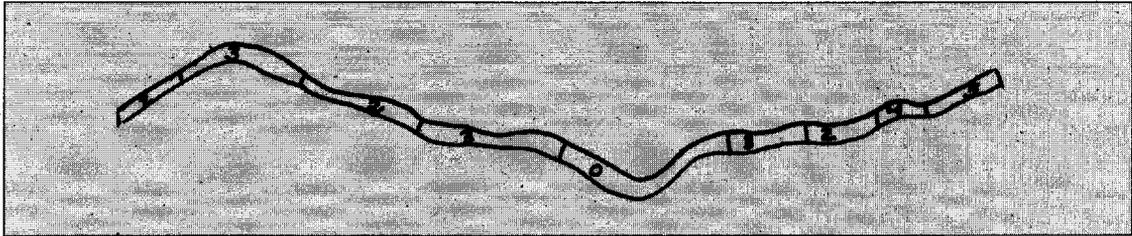
Instituto Cartográfico de Catalunya

PLANTEAR COMO PROBLEMAS LAS INTERPRETACIONES DE PERFILES GEOLOGICOS IMAGINARIOS O REALES

La realización de perfiles geológicos de mapas simplificados (o reales, en los niveles superiores) es una práctica de lápiz y papel bastante utilizada en nuestras clases. Esta es una buena fuente de "situaciones-problema" sobre todo si tenemos cuidado en proponer una situación que no tenga una única solución, donde pueda surgir la discusión y aparezca más de una hipótesis razonablemente aceptable.

En el estudio de una zona se han cartografiado diferentes tipos de rocas siguiendo el perfil dibujado más arriba. Proponer una interpretación geológica compatible con estos datos.





SÍMBOLOS UTILIZADOS: Sedimentos recientes; 1: Caliza dolomítica; 2: Calizas tableadas; 3: Margas; 4: Mármoles; 5: granitos

¿ Qué tipo de estudios debería hacerse haría para comprobar las hipótesis ?

En realidad este tipo de cuestión no puede calificarse como problema en sentido estricto: las soluciones son limitadas, dos soluciones, a lo sumo tres ... pero permite la variabilidad de respuesta, posibilita la iniciativa, en situación de clase permite el juego, la comprobación de la coherencia, el error y la nueva reformulación, e incluso permite la "invención" de nuevos problemas. Por ejemplo, en este caso ¿ podría el alumnado "inventar" nuevos perfiles-problema ?... la invención de perfiles coherentes-posibles ¿constituiría un problema en sí misma ?

UTILIZAR PROBLEMAS QUE HACE TIEMPO SE PLANTEO LA CIENCIA

Para plantear "situaciones-problema" podemos apoyarnos también en los problemas que históricamente han ido apareciendo en el campo de la Geología . No olvidemos que una situación-problema no tiene por qué ser original e inédita, porque una situación se convierte en problema si lo es para quien debe resolverlo.

El utilizar problemas históricos nos brinda la posibilidad de aportar datos reales (aunque necesariamente simplificados) que ayuden a contrastar las hipótesis iniciales.

Pongamos por caso:

Si admitimos (después del trabajo que hemos realizado en clase) que constantemente aparecen materiales por las dorsales oceánicas y que así se amplía el fondo de los océanos ¿ Cómo se explica que la tierra no aumente constantemente de tamaño?

Aunque a partir de esta pregunta aparecen algunas hipótesis peregrinas, las hipótesis consensuadas suelen ser dos:

- a) *La corteza terrestre se contrae y ocupa menos lugar*
- b) *Es preciso que haya lugares donde se produzca una inmersión de materiales hacia el centro de la Tierra*

En este momento podemos aprovechar para lanzar otras preguntas que lleven a hipótesis secundarias:

¿... Y entonces qué fenómenos geológicos cabe esperar en esas zonas de inmersión ? ... pues habrá muchos terremotos y movimientos y volcanes...

¿ ... dónde pueden situarse esas zonas de inmersión, sabiendo donde se localizan las dorsales y cuales son los fragmentos de litosfera terrestre y hacia donde se desplazan unos respecto a los otros ?...seguramente se localizarán en las zonas donde dos trozos de litosfera vayan a chocar, o donde sea el extremo más distante del trozo que se mueve por efecto de la dorsal...."

Estos planteamientos de clase facilitan la interpretación de datos sobre zonas volcánicas y sísmicas, sobre profundidades de focos sísmicos en las zonas Beniof, etc. que podemos encontrar en la bibliografía especializada.

De esta manera podremos fijar la atención en la dificultad de comprobación de una teoría y cómo no resulta suficiente la comprobación de una o más hipótesis derivadas, haciendo ver que la naturaleza de la Ciencia conlleva la necesidad de la coherencia explicativa de todos los fenómenos observables y la anticipación de fenómenos predecibles en virtud de la teoría científica que se sustenta.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de trabajar con este recurso didáctico es el trabajo de grupo y el ambiente de aula. Cuando las opiniones fundamentadas son las protagonistas de las intervenciones del alumnado, la importancia del error desaparece, se produce aprendizaje también equivocándose. El proceso de verbalización y explicitación de los propios argumentos y ejemplos que apoyan las ideas produce un fenómeno de retroalimentación de manera que es frecuente que el alumnado cambie sus argumentaciones a medida que las va encontrando menos consistentes (la mejor manera de cambiar las ideas, cuando las cambia uno mismo !). Generar un clima de aula donde esta explicitación sea posible, donde no exista miedo al ridículo, donde todas las ideas son escuchadas y consideradas si van acompañadas de una explicación y donde la aceptación de unas sobre otras se somete a análisis y validación como si de hipótesis científicas se tratara es la tarea de mediación que nos corresponde como docentes.



BIBLIOGRAFÍA

Anguita, F. (1988). *Origen e historia de la Tierra*. Editorial Rueda. Madrid.

Caballer, M.J. (1993). Planteamiento de problemas como estrategia de aprendizaje en la enseñanza de la geología. En: Aldaba, J. et al. *Aspectos didácticos de las ciencias Naturales (Geología)* (5) Colección Aula Abierta. Universidad de Zaragoza, nº 105, pp.77-110.

Caballer, M.J., Jiménez, I. y Madrid, A. (1993). Utilización de problemas en la Enseñanza de la Geología: dinámica litosférica, primer nivel de acercamiento. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1(1), 33-36.

Garret, R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones en el curriculum de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 224-230.

Giménez, I., Madrid, A. y Caballer, M.J. (1992). *Ecosistemas y cambios. Ciencias de la Naturaleza, 4º curso*. Generalitat Valenciana

Jaen, M. y Bernal, J.M. (1993). Integración del trabajo de campo en el desarrollo de la enseñanza de la geología mediante el planteamiento de situaciones problemáticas. *Enseñ. Ciencias de la Tierra*, 1(3), 153-157.

King, C. (1983). Stillwater. *Geology Teaching*. 8-3

Oñorbe, Ana Mª (1989). Solo ante el problema. *Cuadernos de Pedagogía*. nº 175 p12.

Perales, F.J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178.

Quercus, grupo (1991). *Geología*. Akal editores. Madrid

Rowland, S.M. (1984). A paleobiographic practice. *Journal Geol.* 32 (1)

Watts, M. y West, A. (1992). Progress through problems, not recipes for disaster. *SSR* 73 (265) p. 57.

LA ELABORACIÓN DE MATERIALES CURRICULARES PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA

Manuel Rebollo Bueno (1)

RESUMEN

Se presentan las principales características que tienen los materiales curriculares denominados programas-guía de actividades para la enseñanza de la Geología como una de las vías que permite desarrollar el modelo constructivista del aprendizaje.

El ciclo de aprendizaje que proponemos para cada una de las unidades didácticas esta basada en la realización de actividades que siguiendo un determinado hilo conductor nos encamina a la adquisición de los contenidos de una forma significativa.

ABSTRACT

The principal characteristic of the curricular materials called guide-programme of activities for the teaching of the geology are presented in this issue as one of the ways that allow to develop the constructive model of the learning process.

The cycle of learning that we propose for each of the units of work is based on activities that contain a connection that links them towards the acquisition of the contents in a significant way.

INTRODUCCIÓN

Desde 1987 el Grupo de Ciencias de la Axarquía ha estado inmerso en una línea de investigación que ha tenido como objetivo fundamental la

elaboración de materiales curriculares, entre ellos los de Geología y cuyos primeros resultados, en esta disciplina, se han ido avanzando en sucesivos trabajos (Yus y Rebollo, 1988, 1989 y 1991). Posteriormente, en colaboración con otros grupos de profesores y profesoras de Ciencias de la Comunidad Autónoma Andaluza, como el Grupo Bécquer de Sevilla y el Grupo Terra de Córdoba, y subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia, a través del CIDE, se ha elaborado los materiales curriculares para el área de Ciencias de la Naturaleza de la E.S.O.

PRINCIPIOS DIDÁCTICOS DEL MODELO

Obviamente, los principios didácticos que fundamentan esta propuesta para la enseñanza de la Geología son similares en sus aspectos fundamentales a otros curricula de ciencias experimentales, incorporando aquellos elementos epistemológicos y metodológicos propios de las Ciencias Geológicas o más ampliamente de las ciencias de la Tierra (Anguita, 1994).

Aunque el objetivo de esta comunicación no es presentar el modelo didáctico en que estan enmarcados los materiales curriculares, para lo cual nos remitimos a otros documentos (Gil et al., 1991; Hierrezuelo et al., 1991; etc.), es necesario indicar que para su elaboración se ha partido de los supuestos teóricos, tanto psicológicos como pedagógicos y didácticos presentes en el Diseño Curricular Base y acordes con las nuevas tendencias en la enseñanza de las Ciencias, que se han venido desarrollando en las últimas décadas.

(1) CEP de Málaga

