

y un cierto "rigor científico" en la interpretación de las huellas y en la reconstrucción del yacimiento.

Evaluación del Profesor

Finalmente para proceder a evaluar al profesor se les suministrará un cuestionario (al finalizar la Unidad), que recoga entre otros los siguientes ítems:

¿El profesor ha actuado como moderador respetando el ritmo personal y de los grupos?

¿Nos ha animado a resolver las cuestiones planteadas por nosotros mismos?

¿Ha explicado los conceptos de una manera clara y sencilla, fácilmente comprensible?

Señalar finalmente que en la elaboración de esta propuesta de evaluación se han recogido las aportaciones realizadas por Gaona (1993).

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Leandro Sequeiros por la revisión previa del manuscrito original y a María Dolores Guillén Bejarano por la traducción al inglés del resumen.

BIBLIOGRAFÍA

Fernández-Jalvo, Y. (1990). La extinción de los dinosaurios. *Dinosaurios*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, C.S.I.C. Iberduero. Madrid

Gaona Pérez, A.J. (1993). Los Bosques: conservación y reciclaje de papel. XV Concurso de Experiencias Escolares sobre Educación Ambiental. Premio Santillana.

Gómez, J. y Miralles, R. (1993). La prensa en la escuela: primeros pasos. *Cuadernos de Pedagogía* .213, 72-76.

Gómez, I. , Izquierdo, M. , Mauri, T. y Sanmartí, N. (1989). La selección de contenidos en las ciencias. Monográfico Reforma y Currículum. *Cuadernos de Pedagogía*. 268, 32-37.

Gore, R. (1993). Dinosaur. *National Geographic*. 183 (1), 2-53.

Gould, S.J. (1983). *El pulgar del panda*. Blume. Barcelona, pp 352.

Kielan-Jaworowska, Z. (1969). *Hunting for Dinosaurs*. Cambridge, Mass. Gran Bretaña.

Parker, S. y Fornani, G. (1990). *Cómo vivían los dinosaurios*. Plaza Joven. pp 64.

Seminario Permanente de Didáctica de las Ciencias Naturales (1992). Repercusión de la actualidad científica transmitida por los medios de comunicación social en el currículum. *Libro de Actas.Seminario de Innovación Didáctica. Area de Ciencias Naturales*. 1-9. UNED. Madrid.

Sequeiros, L. (1991) Desarrollo de las representaciones mentales sobre la Evolución. *Alminar*. 20, 39-45.

Wilford, J.N. (1991). *El enigma de los dinosaurios*. Planeta. Barcelona, pp 284. ■

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DEL MAPA GEOLOGICO

Antoni Obrador (1)

RESUMEN

Este artículo quiere incidir en la divulgación de una propuesta metodológica para introducir la enseñanza del mapa geológico en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y en el Bachillerato.

ABSTRACT

In this paper, I emphasize the use of appropriate methodological tool for teaching geological maps in Secondary School.

INTRODUCCION

Los datos geológicos tienen siempre un significado espacial y el mapa geológico constituye una herramienta, la mejor e ineludible, para documentarlos. Constituye una parte esencial de los trabajos prácticos de Geología y es el lugar de coincidencia de todos los que se interesan por las Ciencias de la Tierra. La información que se deriva de los mismos es, según Marcos (1993),

“esencial para enfrentar los problemas que plantea la investigación fundamental, la búsqueda de recursos energéticos, la prevención de los riesgos naturales, el deterioro del medio ambiente o la simple ordenación del territorio”. Su correcta lectura requiere cierta habilidad con el fin de obtener la imagen tridimensional representada en las dos dimensiones del mapa. Para muchos profesionales de la Enseñanza Secundaria adscritos al área de conocimiento de Ciencias Experimentales, representa una dura tarea agravada por la falta de manuales, en nuestra lengua, apropiados a este nivel educativo.

El uso que generalmente hacemos de este mapa, en los general, a la confección de cortes geológicos con la intención de documentar las relaciones existentes entre las diferentes unidades cartografiadas. Es evidente que la combinación mapa-corte geológico constituye una ayuda para conseguir la perspectiva tridimensional de los datos representados en el mapa.

(1) Dpto. de Geología U.A.B.

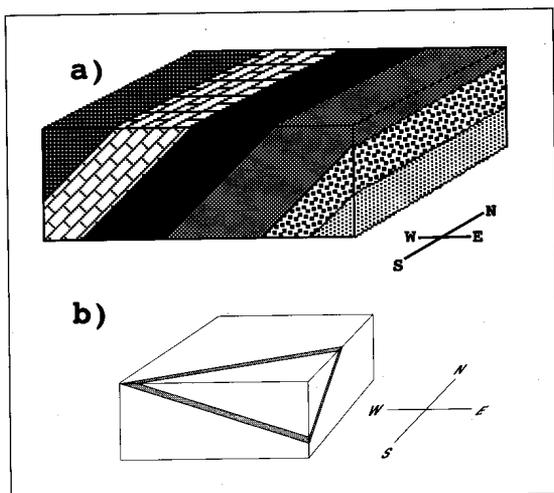


Fig. 1.- a) bloque diagrama de una estructura monoclinal; b) buzamientos aparentes de una unidad geológica (según Freeman, 1992).

Las reflexiones en torno al tratamiento metodológico, para introducir esta temática, son abundantes (Fernández, 1990; Foucault y Raoult, 1975; Martínez-Alvarez, 1979; Simpson 1968; Villanueva y Féliz, 1986 etc.). Pensamos que el error de procedimiento del que a menudo partimos, y que hace ineficaz el proceso, es pretender que los alumnos imaginen una unidad geológica a partir de su representación en el mapa. Resulta obvio que para realizar este salto conceptual previamente deben haber entendido el mapa. Esta reflexión es básicamente la misma que realizan Brusi y Bach (1988) en torno a una metodología didáctica para el aprendizaje del mapa topográfico¹.

CONSIDERACIONES PREVIAS: EL PASO DE TRES DIMENSIONES A DOS.

Nuestra experiencia en diferentes niveles educativos nos permite asegurar que muchos problemas relacionados con el aprendizaje de esta temática tienen su raíz en problemas de representación sobre un plano de estructuras que poseen tres dimensiones. Es evidente que si desconocemos como es una estructura geológica en tres dimensiones nos resultará totalmente imposible su proyección sobre un plano y totalmente incomprensible el trazado de la misma sobre un mapa topográfico. No hemos de olvidar que este trazado representa la intersección de la superficie topográfica, simbolizada mediante curvas de nivel, con los datos geológicos proyectados.

En nuestra opinión la primera dificultad a superar, para un correcto aprendizaje del mapa geológico, es el paso de tres dimensiones a dos. Así pues, la enseñanza de esta temática puede iniciarse modelizando, en tres dimensiones, diferentes tipos de unidades o estructuras geológicas pres-

cindiendo, en una primera fase, de las interferencias provocadas por el relieve. Esta herramienta ha sido utilizada, modelizada y experimentada por numerosos autores (Aguerre et al, 1986; Bolton, 1989; Freeman, 1981; Martínez-Alvarez 1981; Ramón-Lluch y Martínez-Torres, 1989; Simpson, 1968; Skillman, 1981 etc.). Se trata de definitiva de construir bloques tridimensionales, cuya parte superior representará el mapa y los lados del mismo dos cortes en direcciones ortogonales. Bloques diagramas de diversas estructuras geológicas simples (pliegues, fallas, discordancias etc.) pueden encontrarse en la mayoría de los libros de texto de enseñanza secundaria. Convenientemente adaptados -borrando el mapa o una de las secciones estratigráficas, pueden ser utilizados para el fin que aquí proponemos: sugerir al alumno que complete, utilizando técnicas geométricas, las secciones en blanco de los mismos.

Es de fácil comprensión que el afloramiento en un bloque diagrama ("sin relieve") de diferentes unidades estratiformes es una clara e indiscutible evidencia de que las mismas no son horizontales (fig. 1a). El mismo puede ser utilizado para introducir los conceptos de dirección, buzamiento e inclinación de un plano. En este ejemplo las capas poseen una dirección N-S y buzamiento hacia el W con un ángulo de 45°. Esta medida sólo corresponde a la real si se realiza en un corte normal a la dirección de las capas o estructuras geológicas. Tal como se observa en la figura 1b, los cortes E-W y N-S corresponden a buzamientos aparentes (en este caso el ángulo de inclinación real de las capas sólo puede medirse en un corte de dirección NW-SE).

En este tipo de bloques diagramas la horizontalidad queda expresada en el mapa (parte superior del bloque) por el afloramiento de la unidad más reciente de acuerdo con el principio de la horizontalidad inicial y superposición enunciado por Steno (fig. 2).

Siguiendo la nomenclatura propuesta por Skillman (1981) podríamos describir el tipo de afloramiento representado en el mapa de la fig. 1a, como un afloramiento en "bandas consecutivas"². En otras palabras: el afloramiento de dife-

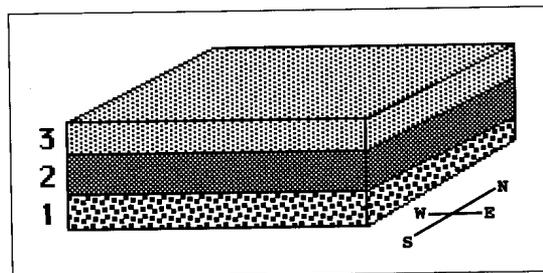


Fig. 2.- Bloque diagrama de unidades horizontales.

(1) "Pensamos que el error metodológico del que a menudo partimos, y que hace ineficaz el proceso, es el pretender que los alumnos imaginen un relieve a partir de su representación en el mapa. Cuando realmente el proceso debería ser inverso, es decir, a partir de un relieve "real" el alumno deberá imaginar y elaborar un mapa."

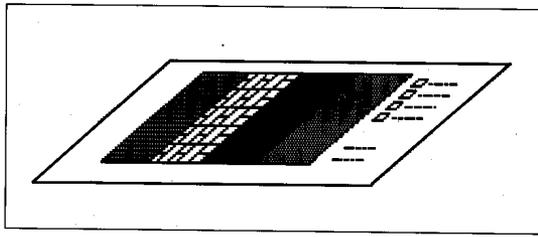


Fig. 3.- Mapa geológico de una estructura monoclinal como la representada en la fig. 1a.

rentes unidades geológicas que presentan, sobre una superficie topográfica horizontal, un trazado más o menos paralelo (fig. 1a y 3) es una prueba de que constituyen un conjunto monoclinal. Estas afirmaciones sólo son válidas para los niveles educativos más inferiores en los que se introduzca esta temática y deberán matizarse de acuerdo con la progresión de los conocimientos geológicos adquiridos por el alumno.

La edad relativa de las distintas unidades queda evidenciada en el corte geológico (fig. 1a) por su superposición. El sentido del buzamiento de los estratos en un mapa (fig. 1a y 3) puede deducirse fácilmente si se conocen las edades relativas de las unidades cartografiadas: se dirige desde la unidad más antigua a la más moderna³ o sea, en este caso, hacia el W.

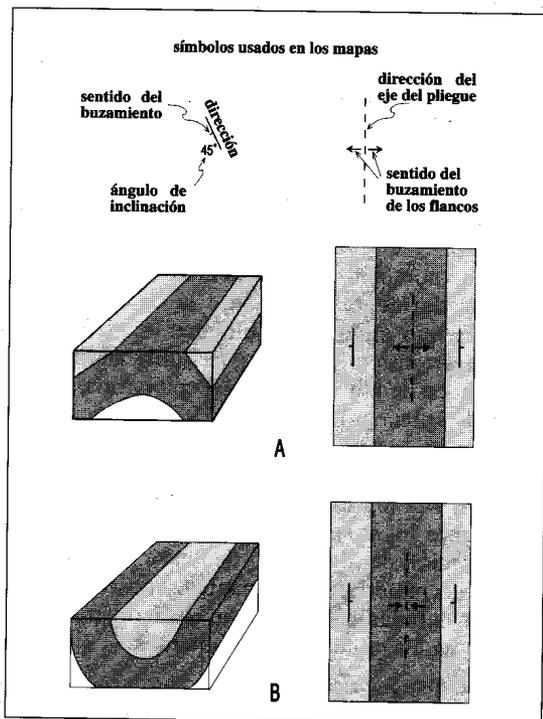


Fig. 4.- Bloques diagramas y mapas de estructuras plegadas (afloramiento en bandas repetidas). A) anticlinal; B) sinclinal. Según Freeman, 1992 modificado.

- (2) Este autor propone introducir la enseñanza de los mapas geológicos partiendo de la definición de una serie de tipos de afloramientos básicos relacionados con estructuras geológicas simples que iremos mostrando a lo largo de este artículo.
- (3) Partimos del supuesto que las unidades cartografiadas no están invertidas, y que se inclinan con un ángulo intermedio entre la horizontal y la vertical.
- (4) Pedimos el ángulo aproximado porque la medida en el corte de la parte delantera del bloque diagrama, no corresponde a la inclinación real del plano de falla.

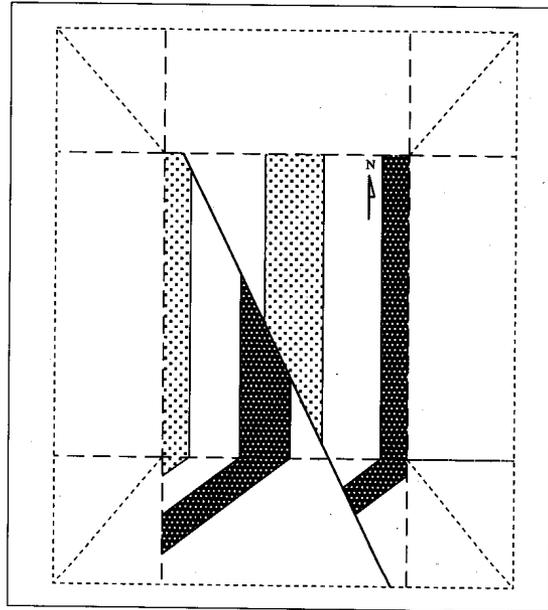


Fig. 5.- Bloque diagrama de una estructura monoclinal afectada por una falla (según Freeman, 1992, modificado).

Si guiendo con este tipo de diagramas es evidente que el afloramiento de "bandas repetidas", según la terminología de Skillman, puede ser consecuencia de una estructura plegada (fig. 4). Bandas repetidas también pueden originarse por efecto de una falla tal como puede observarse en la figura 5.

Ejercicio 1.- Realiza una fotocopia de la fig. 5 y construye un bloque diagrama cortando por la línea de puntos y doblando por la línea discontinua. Completa los lados vacíos del bloque obtenido y contesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la dirección de las capas cartografiadas ?
- ¿Cuál es el sentido del buzamiento de las mismas ?
- ¿Cuál es el ángulo de inclinación de estas capas ?
- ¿Cuál es la dirección de la falla ?
- ¿Cuál es el sentido del buzamiento del plano de falla ?
- ¿Cuál es el ángulo de inclinación (aproximado)⁴ del plano de falla ?
- ¿ Es una falla normal o inversa ?

Una de las críticas que pueden hacerse a la propuesta metodológica de Skillman es que introduce inevitablemente algunos conceptos que, en los niveles educativos que estamos abordando, deben explicarse previamente. Es el caso por ejemplo del afloramiento que define como "ban-

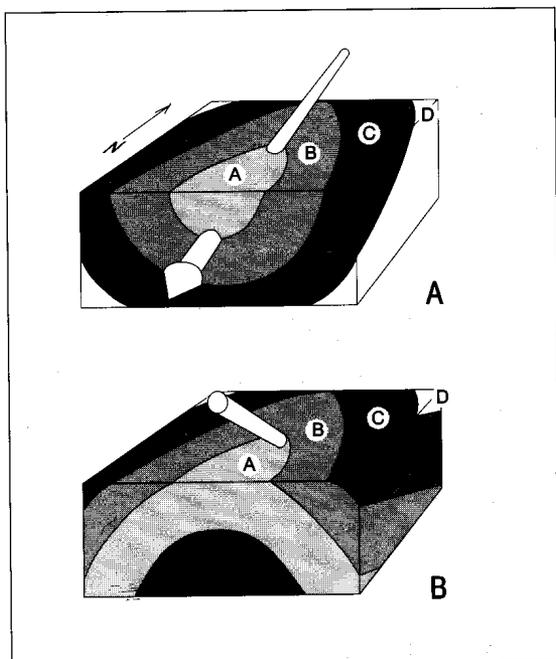


Fig. 6.- Bloque diagrama de una estructura A) sinclinal con terminación periclinal y B) anticlinal.

das en forma de V" (fig. 6) que refleja la terminación periclinal de diferentes unidades geológicas plegadas⁵.

¿Conocen sus alumnos qué es una terminación periclinal?⁶ Si la respuesta es negativa es más práctico presentar al alumno un mapa con este tipo de afloramiento (fig. 7) y explicarle después, a partir de su dibujo, que se trata de un pliegue cuyo eje posee una cierta inclinación (terminación periclinal). No obstante es mucho más didáctico, desde mi punto de vista, construir un pliegue con el eje inclinado y proceder a su proyección⁷.

Ejercicio 2.- Realiza una fotocopia de la fig. 7 y construye un bloque diagrama cortando por la línea de puntos y doblando por la línea discontinua. Completa los lados vacíos del bloque obtenido. ¿La estructura cartografiada es un anticlinal o un sinclinal?

Lo mismo sucede con el tipo de afloramiento en forma de "bandas concéntricas" que refleja la proyección, sobre un plano horizontal, de domos o cubetas estructurales⁸. La pregunta es, inevitablemente, la misma que he realizado hace un momento; ¿conocen sus alumnos qué es un domo y una cubeta estructural?⁸.

Tal como hemos dicho anteriormente, blo-

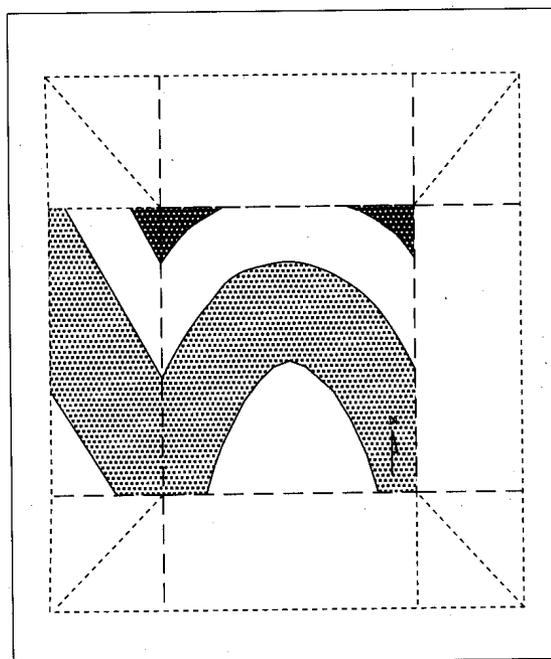


Fig. 7.- Bloque diagrama mostrando afloramiento en forma de "V" (según Freeman, 1992, modificado).

ques diagramas distintos para aplicar esta metodología, pueden encontrarse en la mayoría de los libros de texto de enseñanza secundaria. Una buena serie de ejercicios con bloques diagramas incompletos (y sus soluciones) se puede encontrar en Bolton (1989). Es evidente que estos bloques pueden complicarse tanto como uno desee (Martínez-Alvarez, 1979, Martínez-Alvarez, 1981, Ramón-Lluch y Martínez-Torres, 1989 etc.) siendo la comprensión de los mismos proporcional al bagaje conceptual geológico que posee el alumno.

Como complemento a esta metodología resulta particularmente interesante la construcción, por el propio alumno, de bloques diagramas de diferentes estructuras geológicas utilizando plastilina procediendo después a seccionarlos según diferentes planos. Lillo et al. (1988) proponen la construcción de un modelo de bloques tridimensionales que permite, entre otras cosas, la comprensión y la representación de diferentes estructuras sobre los mapas geológicos. Es instructivo la utilización de algún tipo de "cake", elaborado a base de materiales alternantes, con estructura laminar debidamente plegada, y fácilmente disponible en los grandes supermercados.

Si se dispone de la infraestructura necesaria el paso de tres dimensiones a dos puede ser abor-

- (5) "the plunging end of an anticline or syncline is indicated on a map by a V shaped outcrop pattern" (Skillman, 1951, p. 52).
- (6) La foto de este tipo de estructuras es una ilustración frecuente en algunos libros de divulgación o de texto (p.e. pag. 91 derecha de Anadón et al., 1977).
- 7) Este puede construirse con un conjunto de hojas de diferentes colores, doblandolas en forma de anticlinal e inclinando el eje del pliegue. El corte de esta estructura según un plano horizontal dibujará un afloramiento en forma de V.
- (8) Si utilizamos el mapa como complemento a unas explicaciones teóricas no existe ningún problema. En cambio si utilizamos el mapa sin una adecuada, aunque mínima, base conceptual geológica, es evidente que hemos de explicar todos aquellos conceptos cuya representación queramos identificar o bien prescindir de los mismos.

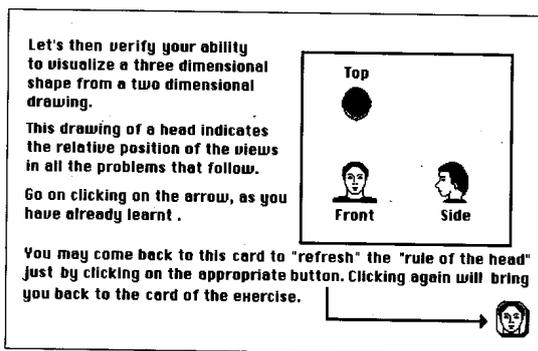


Fig. 8.- Regla de la cabeza según Bezzi, 1991.

do con la ayuda del programa **3-D Perception**⁹ realizado con la aplicación Hypercard para el ordenador Macintosh de la casa Apple. Su autor explica el contenido y funcionamiento del mismo en una reciente publicación (Bezzi, 1991).

El paso de tres dimensiones a dos, que presenta este programa se basa en la "regla de la cabeza" dibujando esta figura desde tres posiciones diferentes: de frente, de lado y desde arriba (fig. 8) y extrapolando esta observación a otras figuras geométricas de dominio común.

Siguiendo esta regla este autor propone, en una primera parte, una serie de ejercicios que permiten afianzar este razonamiento. En la segunda parte se aplica esta regla para interpretar correctamente el paso de tres dimensiones a dos utilizando bloques diagramas incompletos y sugiriendo su resolución escogiendo una de las cuatro propuestas adjuntas que representan el mapa de diferentes unidades geológicas y sus correspondientes secciones estratigráficas (fig. 9).

Por último propone buscar secciones estratigráficas incompatibles con un mapa geológico simple que representa unas unidades de las que conocemos su ordenación temporal (fig. 10).

Ejercicios complementarios a un nivel un poco más avanzado, pueden realizarse con el programa **GeoStructures 1.1** desarrollado por D.

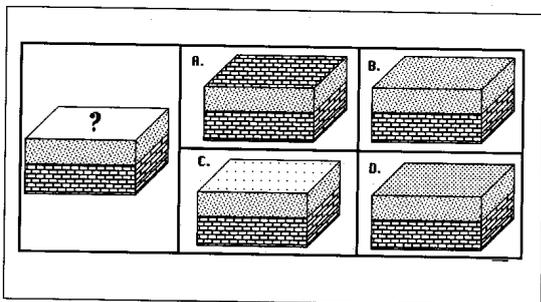


Fig. 9.- En el lado izquierdo aparece el bloque diagrama que debe ser completado escogiendo (haciendo click con el ratón del ordenador sobre la propuesta correcta) una de las cuatro propuestas de la derecha. Solamente una respuesta es correcta (la B). Según Bezzi 1991.

(9) Este programa es suministrado por el autor (A. Bezzi, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova, Palazzo delle Scienze, Corso Europa, 26, 16132 Genova, Italy) enviando un disco de 3,5" de alta densidad y un sobre convenientemente franqueado con la dirección del interesado.

((10) Este programa puede ser usado y copiado para objetivos no comerciales.

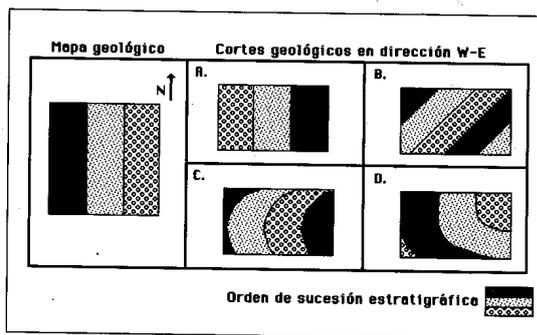


Fig. 10.- En el lado izquierdo se representa la cartografía de una estructura geológica muy simple en la cual la unidad más moderna es la situada al W. En el lado derecho solamente una de las cuatro secciones es incompatible con el mapa geológico. La respuesta correcta es la A. Según Bezzi 1991.

Aspinwall y W. S. Fai del Dartmouth College¹⁰. Aborda principalmente los problemas relacionados con los parámetros que definen la posición de un plano en el espacio (dirección y buzamiento) y la ordenación temporal (Historia Geológica) documentada en los bloques diagramas que puede construir el propio alumno.

EL MAPA GEOLOGICO.

Como ya hemos mencionado un mapa geológico representa el afloramiento de unas determinadas unidades o estructuras geológicas sobre una infraestructura adecuada. Por ello el primer ejercicio que propondría a quienes se interesen por este tema en los niveles preuniversitarios sería la realización de una cartografía geológica a partir de los datos de un sondeo (ver anexo). Es evidente que la realización de este ejercicio precisa el conocimiento elemental del significado del mapa topográfico (Vilarrasa y Colombo, 1987) base sobre el que realizar nuestro ejercicio.

Los resultados presentados por el alumno (fig. 11) pueden ser el punto de partida para introducir los conceptos de afloramiento de una unidad cartografiada, límites de la misma, amplitud de afloramiento, potencia etc. Resulta imprescindible que cualquier símbolo utilizado en nuestro mapa esté convenientemente explicado en una leyenda anexa que haga posible su lectura a otras personas.

Con esta forma de actuar estoy sugiriendo que la lectura de un mapa geológico es tan fácil como si de una simple novela se tratase. Sin embargo para entender lo que se lee hace falta conocer los caracteres tipológicos, poseer un vocabulario mínimo y realizar un esfuerzo complementario de comprensión. Lo mismo ocurre con el mapa geológico: su lectura e interpretación requiere una metodología que permita un aprendizaje escalonado y progresivo.

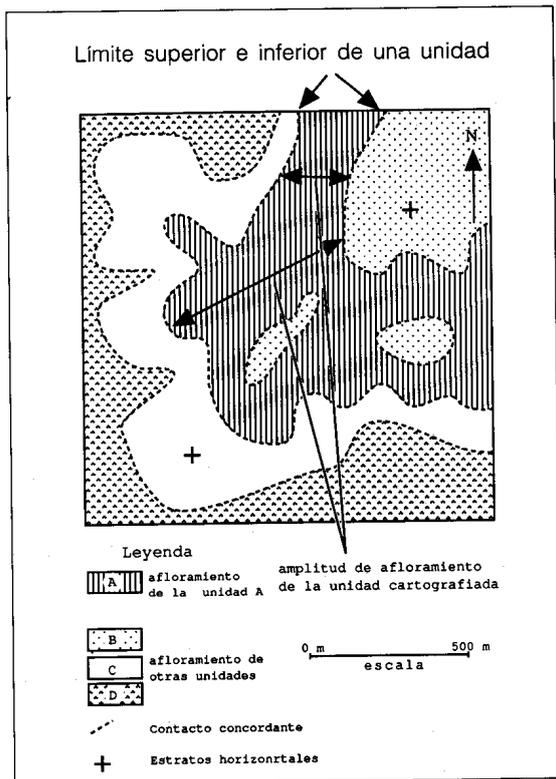


Fig. 11.- Aspectos de un mapa geológico simple.

Es evidente que quienes quieran adentrarse en el mundo de la cartografía geológica precisan conocer algunos detalles de la infraestructura utilizada (escala, distancia real, distancia proyectada, orientación etc.) y deben entender los conceptos geológicos que se deseen interpretar a partir de su representación en el mapa.

Nuestra propuesta para introducir el aprendizaje del mapa geológico es que una vez el alumno haya conseguido cierta habilidad en la comprensión espacial de las estructuras más simples y elementales (estratos horizontales e inclinados, pliegues, fallas, discordancias, contactos intrusivos etc.) confeccione cortes geológicos a partir de la información contenida en un mapa sin datos referentes al relieve. La realización de este ejercicio obliga a facilitar el perfil topográfico (según

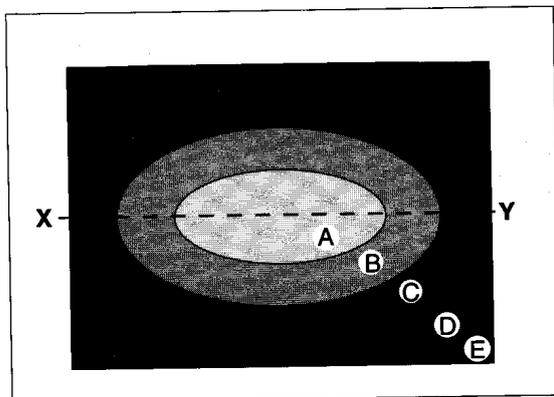


Fig. 12.- Mapa con afloramiento en bandas concéntricas (según Freeman, 1992).

la línea de corte elegido) o bien dibujar el corte considerando el relieve horizontal. Consiste en un simple problema de proyección de los valores cartográficos sobre el perfil topográfico.

El camino a seguir para la confección del corte geológico es similar al que efectuamos para realizar un corte topográfico; a) identificación de todos los valores interceptados por la línea X-Y y b) proyección de los mismos sobre el perfil topográfico. La dificultad añadida reside en que una vez realizada esta operación mecánica es necesario realizar una extrapolación de los datos proyectados en función de la imagen espacial documentada en el mapa.

El tipo de afloramiento representado en el mapa de la figura 12 ("bandas concéntricas" según la terminología de Skillman) es similar a la que obtendría el alumno con el empleo de bloques diagramas, proyectando sobre un plano domos o cubetas estructurales (fig. 13). Por ello, llegados a este nivel de adquisición de conocimientos, es conveniente clarificar que la falta de datos suficientes en un mapa geológico permite interpretaciones diferentes. En el mapa de la figura 12 el desconocimiento de la edad relativa de las distintas formaciones cartografiadas, su buzamiento y la falta de información sobre el relieve permite interpretar esta estructura como un domo estructural, una cubeta estructural o como estratos horizontales que afloran en una depresión o en una montaña. Es suficiente facilitar la edad relativa de las unidades cartografiadas, su buzamiento o simplemente el perfil topográfico para eliminar esta ambigüedad.

Es por ello que resulta indispensable explicar los factores que controlan la amplitud de afloramiento de las formaciones cartografiadas (potencia de la unidad, pendiente topográfica y ángulo de inclinación de los estratos) tal como sugieren la mayoría de autores citados en la bibliografía (Auboin, et al., 1970; Foucault y Raoult, 1975; Skillman, 1951 etc.).

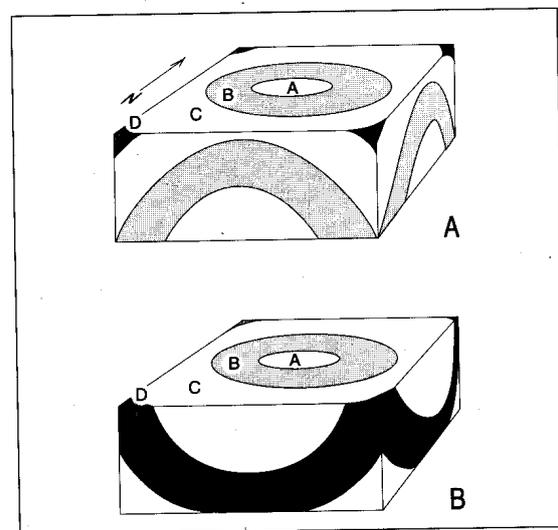


Fig. 13.- Bloques diagramas mostrando afloramientos en bandas concéntricas (según Freeman, 1992).

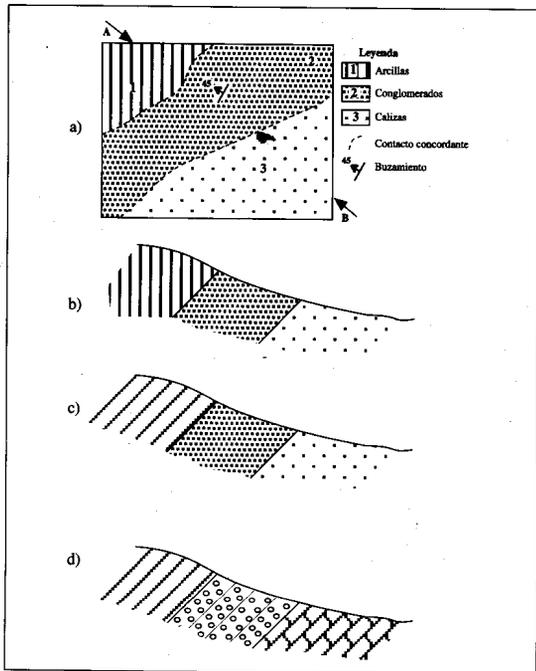


Fig. 14.- Mapa geológico y diferentes maneras de representar la trama en el corte geológico.

Otra cuestión importante es, a mi entender, clarificar el verdadero sentido de las tramas utilizadas en los mapas y en los cortes (fig. 14). La trama utilizada en el mapa es, de hecho, un sucedáneo de un determinado color asignado en función de la edad atribuida a la unidad geológica cartografiada. La utilización de estos colores de acuerdo con una escala cronoestratigráfica globalmente aceptada, hace más fácil la lectura de un mapa geológico debido a que la falta de uno de ellos indica la existencia de una laguna estratigráfica¹¹.

Por el contrario, en los cortes geológicos las tramas deberían dibujarse en función del tipo de materiales que conforman cada unidad cartografiada. Además, es muy conveniente que la trama dibujada en los cortes geológicos sea utilizada con un cierto sentido estético para evitar interpretaciones visuales erróneas.

La utilización en el corte de la misma trama utilizada en el mapa (fig. 14-b) sin la apropiada interpretación "estética" sugiere, visualmente hablando, que la unidad 1 es discordante sobre la 2. Un corte, utilizando la misma trama del mapa más ajustado a la realidad interpretativa del mapa sería el representado en la figura 14-c. El corte de la fig. 14-d sustituye las tramas utilizadas en el mapa (de hecho colores) por las tramas de uso más común para representar diferentes tipos de materiales. Este último corte documenta tanto la litología de cada unidad representada en el mapa, como su disposición estructural. En otras palabras: un correcto levantamiento del corte geológico, a partir de la información contenida en el

mapa, implica la comprensión espacial de la estructura geológica cartografiada.

Es por ello que aconsejamos, antes de confeccionar el corte geológico, realizar un estudio previo del mapa para delimitar el mayor número de agrupaciones estructurales y asimilar cada una de ellas a uno de los tipos básicos de afloramientos que hemos mencionado anteriormente. En este estudio radica, en buena parte, la dificultad de lectura que anteriormente apuntaba y que solamente la práctica puede soslayar.

Una cuestión que muchos alumnos se plantean es el buzamiento de la unidad 1 de la fig. 14 a. El estudio del mapa, siguiendo la propuesta anterior pone de manifiesto que las tres unidades cartografiadas poseen el mismo buzamiento (indicado únicamente en la unidad 2) debido a que el contacto entre ellas es concordante. El corte más apropiado para representar la estructura cartografiada es el de la fig. 14 d debido a que documenta la disposición monoclinial de las tres unidades y

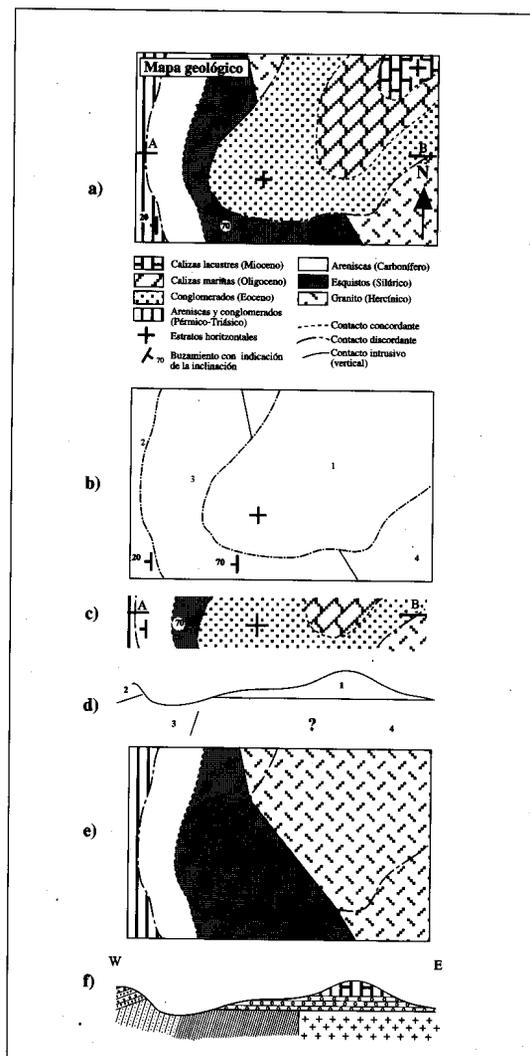


Fig. 15.- Propuesta de los pasos a seguir para una comprensión tridimensional.

(11) Este concepto debe ser conocido por el alumno.

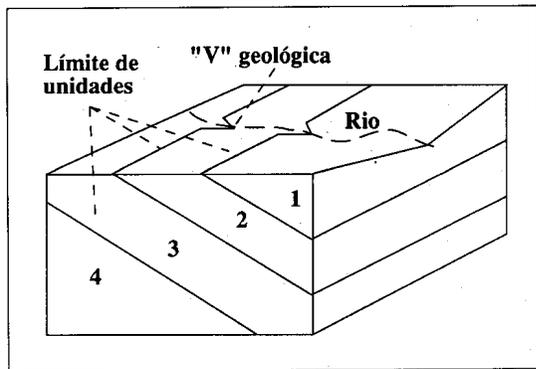


Fig. 16.- Bloque diagrama mostrando la regla de la "V".

da información acerca de la naturaleza de los materiales que las conforman.

En concreto la metodología que proponemos aplicada al mapa de la fig. 15 a implica los siguientes pasos:

a) Identificación de las discontinuidades (estratigráficas y tectónicas). En este caso existen dos superficies de discordancia y un contacto intrusivo (fig. 15 b).

b) Identificación de las agrupaciones de materiales (cuatro en este caso) limitadas o separadas por estas discontinuidades (fig. 15 b).

c) Agrupación de todos los valores que hagan referencia a cada una de estas agrupaciones en las proximidades de la línea escogida para efectuar el corte (fig. 15 c).

d) Proyección de estos valores sobre el perfil topográfico (previamente suministrado) correspondiente a la línea de corte (fig. 15 d).

e) Extrapolación de los datos "ocultos" (fig. 15 e).

f) Dibujo del corte interpretativo con la trama correspondiente a los materiales que conforman cada unidad (fig. 15 f).

No queremos terminar esta propuesta sin hacer referencia a la interpretación de mapas geológicos con base topográfica aunque opinamos que su realización corresponde a un nivel educativo posterior. No obstante los fundamentos pueden y deben abordarse en esta etapa. Para ello es conveniente modelizar en tres dimensiones las variaciones que el relieve puede introducir en los tipos de afloramientos básicos documentados a lo largo de este artículo. Una pequeña hendidura en la parte superior del bloque diagrama correspondiente a una estructura monoclinial, como la documentada en el bloque diagrama de la fig. 1 a, permite enunciar la conocida regla de la "V": "cuando un río cruza o corta el contacto entre dos formaciones geológicas la traza de este contacto dibuja una "V" y el vértice de la misma indica el sentido del buzamiento"¹² (fig. 16).

(12) Esta regla sólo presenta una excepción que corresponde al caso particular en que los estratos buzanan hacia la desembocadura del río con un ángulo menor que la pendiente longitudinal del valle.

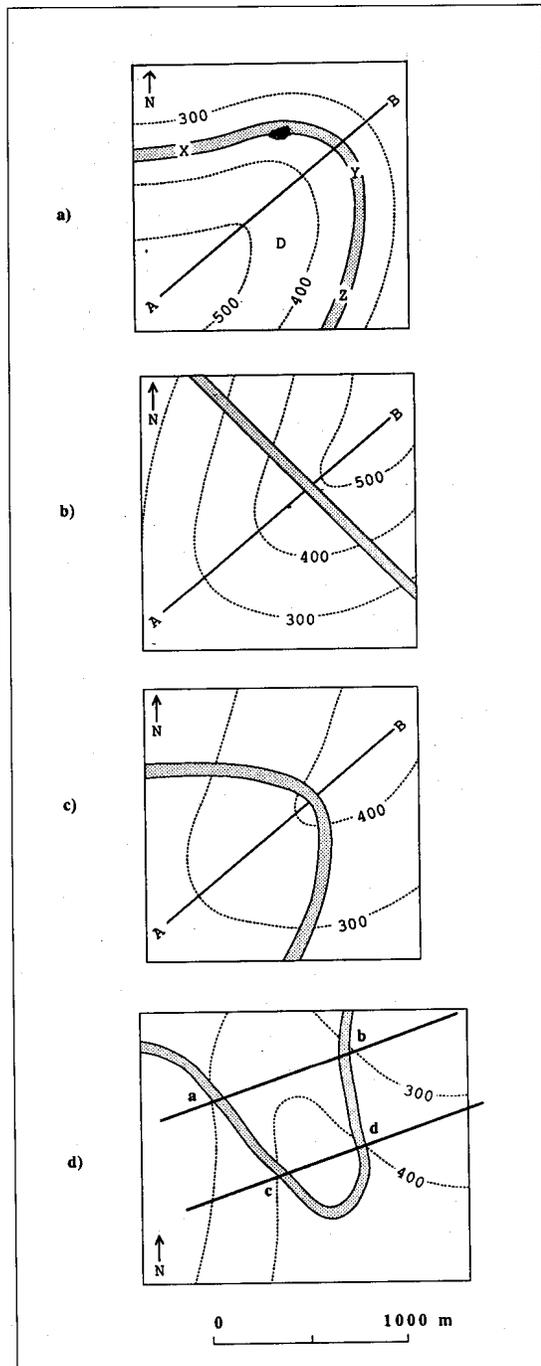


Fig. 17.- Relación del trazado geológico de una capa con las curvas de nivel (según Freeman, 1982, modificado).

En los mapas geológicos con base topográfica se pueden dar, esquemáticamente tres situaciones extremas: a) que la traza de la superficie geológica sea paralela, en todas direcciones, a las curvas de nivel (fig. 17 a); b) que las corte con un trazado rectilíneo (fig. 17 b); c) que las corte con un trazado curvilíneo (fig. 17 c).

La posición espacial de cualquier superficie geológica es fácil de visualizar utilizando técni-

cas geométricas. Es evidente que si la superficie de separación de dos unidades corta en dos puntos a una misma curva de nivel, la línea imaginaria que se obtiene uniendo estos dos puntos es, por definición, la dirección de la superficie considerada (esta línea está contenida en el plano y es horizontal). En la figura 17 d) la línea que une los puntos a y b es una línea de dirección de la superficie cuya traza se dibuja en el mapa. La misma condición la cumple la línea que une los puntos c y d de esta misma superficie. Como se puede comprobar fácilmente esta última línea posee una altitud mayor y está situada al SE de la anterior. Por consiguiente el plano está ascendiendo en este sentido. En otras palabras las unidades cartografiadas buzan hacia el NNW. Cálculos trigonométricos simples permiten calcular, conociendo la escala del mapa, el ángulo de inclinación de esta superficie.

CONCLUSIONES

La correcta interpretación del paso de tres a dos dimensiones es, a mi entender un paso previo e indispensable para un correcto aprendizaje del mapa geológico.

La elaboración de cortes geológicos a partir de mapas sin base topográfica, resueltos por métodos proyectivos es un buen complemento para la visualización espacial de la estructura representada en el mapa. Se recomienda usar, en los cortes geológicos, la trama correspondiente a los materiales que forman cada unidad con un cierto sentido estético con el fin de que el corte documente claramente las relaciones entre las diferentes unidades.

Para un correcto levantamiento de cortes geológicos es aconsejable realizar previamente la lectura tridimensional del mapa.

La correcta interpretación de mapas geológicos, en la enseñanza secundaria hace imprescindible la incorporación de una leyenda cuya lectura ayudará, al alumno, a despejar dudas y ambigüedades que muchas veces el docente tiene "asumidas" por la práctica reiterada de su ministerio docente o por la lectura de la memoria geológica que muchas veces acompaña al mapa y que permite interpretaciones que no pueden realizarse a partir de la simple lectura de la información contenida en el mapa.

BIBLIOGRAFIA.

- Aguerre, M. R., Beltrán, A. y Moreno A. (1986). Uso de bloques-diagrama en la enseñanza de la Geología. *IV Simposio nacional sobre enseñanza de la Geología*. Vitoria-Gasteiz. 35-44.
- Anadón, E., Alvarez, M^a. E. y Simancas, R. (1977). *Ciencias Naturales (3º de BUP)*. Edic. Anaya. Madrid.
- Auboin, J., Dercourt, J. y Laresse, B. (1970). *Manuel de travaux pratiques de Cartographie*. Dunod Université. Paris.
- Bezzi, A. (1991). A Macintosh Program for Improving Three-Dimensional Thinking. *Journal of Geological Education*. 39, 284.-288.
- Bolton, T. (1989). *Geological maps*. Cambridge University Press. New York.

sity Press. New York.

Brusi, D. y Bach, J. (1988). Reflexiones en torno a la didáctica del mapa topográfico. *Henares, Rev. Geol.* 2, 307-313.

Fernández Alonso, M. D. (1990). Propuesta didáctica para la iniciación al estudio del mapa geológico. *VI Simposio sobre enseñanza de la Geología*. Tenerife. 193-201.

Foucault, A. y Raoult, J. F. (1975). *Coupes et cartes géologiques*. Doin Édits. Paris.

Freeman, T. (1992). *Geoscience laboratory*. Friendship Publ. Columbia.

Lillo, J., Redonet, L. F. y Riveiro, J. (1988). El uso de bloques tridimensionales en la comprensión de estructuras afectadas por fallas. *Henares, Rev. Geol.* 2, 479-484.

Marcos, A. (1993). Con barro en las botas. *Rev. Soc. Geol. España*, 6, 177-179.

Martínez-Alvarez, J. A. (1979). *Mapas geológicos (Explicación e interpretación)*. Edit. Paraninfo. Madrid.

Martínez-Alvarez, J. A. (1981). *Geología cartográfica*. Edit. Paraninfo. Madrid.

Ramón-Lluch, R. y Martínez-Torres, L. M. (1989). *Introducción a la cartografía geológica. (prácticas de geología-1-)*.

Skillman, M. W. (1951). *Historical Geology (Laboratory Manual)*. Burgess Publishing Company. Minneapolis.

Vilarrasa, A. y Colombo, F. (1987). *Exercicis d'exploració i representació de l'espai*. Edit. Graó. Barcelona.

Villanueva, R. y Félez, M. C. (1986). El mapa geológico en las enseñanzas medias. *IV Simposio nacional sobre enseñanza de la Geología*. Vitoria-Gasteiz. 23-34.

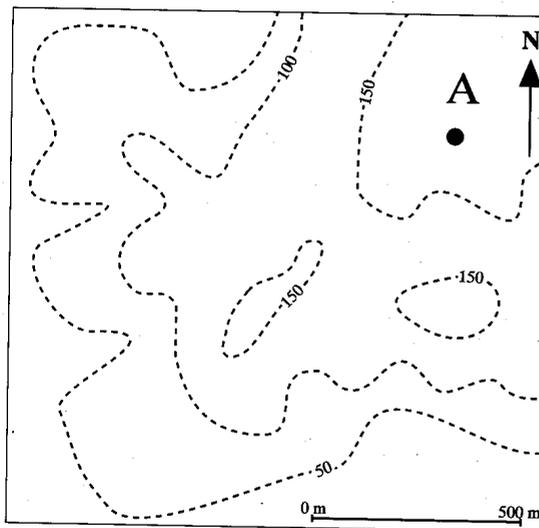


Fig. 18.- Mapa topográfico para realizar el ejercicio de la fig. 11.

Anexo:

Ejercicio 1: un sondeo vertical localizado en el punto A, (cota 180 m) del mapa de la figura 18, corta las siguientes unidades geológicas: entre 0 y 30 m conglomerados de edad pliocena; entre 30 y 80 m calizas coralinas del Mioceno; entre 80 y 130 m arcillas del Oligoceno y a partir de este punto areniscas y conglomerados del Eoceno. Todas las superficies de estratificación cortadas en el sondeo son horizontales.

Dibuja el mapa geológico deducido a partir de los datos del sondeo. ■