

Tema 20. La investigación geológica y sus métodos . Fundamentos y utilidad de la fotografía aérea, el mapa topográfico y el mapa geológico. Importancia de la geología en la búsqueda de recursos y en las obras públicas.

1º Bach. Bloque I. La investigación científica en nuestro planeta.
2º Bach. Ciencias de La Tierra y Medioambientales. Bloque I. Tema 3.

20. 1. Introducción

20.2. La investigación geológica y sus métodos

20.2.1. Trabajo de campo.

20.2.2. Métodos de laboratorio

20.2.3. Prospecciones

20.2.4. Sondeos

20.2.5. Informes geológicos

20.3. La fotografía aérea

20.4. Mapas topográficos

20.5. Mapas geológicos

20.5.1. Estudio sobre el mapa geológico básico

MEDIDA DEL BUZAMIENTO Y DE LA DIRECCIÓN DE LOS ESTRATOS

CORTES GEOLÓGICOS

20.6. Importancia de la geología en la búsqueda de recursos y en las obras públicas.

20.6.1. Prospección de minerales

Minerales en el mar.

20.6.2. Canteras y rocas industriales

20.6.3. Prospección de petróleo

20.6.5. Geología y obras públicas

20. 1. Introducción

La ciencia no puede limitarse al terreno teórico de fenómenos, propiedades y leyes. Toda ciencia experimental conduce a la aplicación de los principios hallados para beneficio del hombre, es decir, a la técnica.

La geología es fundamentalmente una ciencia aplicada. El conocimiento geológico tiene como finalidad primordial la prospección, evaluación y extracción de recursos naturales (agua, minerales, carbón, petróleo, etc.), lo que supone una gran fuente de riqueza para las regiones y países que los poseen.

También son objeto de estudio de la Geología aplicada la prevención y corrección de los procesos geológicos que afectan a las obras públicas y el estudio del suelo vegetal. La explotación de los recursos naturales tiene un impacto directo sobre el medio ambiente, lo que ha permitido el desarrollo de la Geología Ambiental.

La Geología aplicada tiene diversas ramas: la Edafología (estudio del suelo como asiento de las actividades agrícolas del hombre); Geotecnia (estudia la superficie terrestre como asiento de la construcción humana. Se divide en Geología de los materiales de construcción y Geología de las obras públicas); Hidrogeología (búsqueda de aguas subterráneas del subsuelo); Minería, Geología del carbón y del petróleo, etc. Por último la investigación de los planetas de nuestro Sistema Solar nos permitirá un mejor conocimiento del origen del nuestro y de su geología, lo que abre perspectivas a una nueva ciencia, la Geoplanetología.

20.2. La investigación geológica y sus métodos

En los trabajos geológicos se distinguen las siguientes etapas:

20.2.1. Trabajo de campo.

Consiste en la toma de datos y muestras con los que se realizan informes acompañados de mapas. Como instrumentos se utilizan tanto los mapas topográficos como los geológicos, la fotografía aérea y los métodos geofísicos (gravimétricos, magnéticos, eléctricos, sísmicos). Sobre el terreno se pueden realizar muchas observaciones. Se estudian los trazados de los cursos de agua, su régimen, accidentes que presentan, superficies de erosión y otras formas de relieve, materiales transportados y depositados, caracteres y disposición de dichos materiales, etc. Lo mismo respecto a otros agentes externos, como viento, aguas marinas, etc.

Dentro de la Petrología se estudian los tipos de rocas, sus caracteres externos, estratificación de las rocas sedimentarias y metamórficas, fósiles, discordancias, facies, etc.

El estudio de la Tectónica requiere las medidas de buzamientos dirección de estratos, tipos de pliegues, registro y estudio de las fallas y diaclasas, tipo de estructuras plutónicas y volcánicas, etc. Un auxiliar fundamental es la brújula de geólogo.

Las **muestras** deben rotularse cuidadosamente, anotando fecha, lugar exacto de recogida, y otros datos de interés; las muestras de rocas conviene orientarlas, anotando su posición original en el estrato o en la masa de la roca de la cual se han extraído. Conviene fotografiar determinadas estructuras. Todos los datos anotados en el cuaderno de campo deben pasarse después a los mapas.

20.2.2. Métodos de laboratorio

El estudio en laboratorio de minerales, rocas y fósiles se realiza mediante métodos físicos y químicos.

Los **métodos químicos** tienen por objeto el análisis de la composición de los productos, mediante ensayos con reactivos, o por "vía seca" a la llama, calcinando, observando las coloraciones de llama que produce cada elemento, etc. Se utilizan aparatos como espectrofotómetros, y otros. Los resultados de los análisis de rocas se expresan generalmente en óxidos de los distintos elementos.

Los **métodos físicos** incluyen gran variedad de técnicas. Se mide la dureza, densidad, exfoliación, conductividad térmica y eléctrica, compacidad, permeabilidad, resistencia a compresión y tracción, etc.

En las rocas es posible, a veces, separar sus minerales componentes, mediante disgregación mecánica y, posteriormente, por gravedad, centrifugación, etc. En el estudio de la estructura cristalina desempeña un papel fundamental el empleo de los rayos X, como se vio en el Tema 3. El **microscopio petrográfico** es de

uso indispensable en Petrología, sobre todo con las arcillas. También se estudian con él, las pequeñas deformaciones de los materiales (microtectónica), así como para el estudio de microfósiles.

En los sedimentos detríticos sueltos se realizan diversas medidas y observaciones de los clastos, así como la separación de las fracciones de distintos tamaños, mediante tamices con mallas de diferentes \varnothing .

Se realizan también en el laboratorio ensayos, a escala, e los procesos de eodinámica externa e interna, mediante "bancos de pruebas y modelos. Así, puede experimentarse sobre la hidráulica de las corrientes fluviales, el viento, oleaje, el hielo y sus efectos erosivos de transporte y depósito. Ensayos sobre la meteorización de las rocas, en diversas condiciones de humedad y t° , etc.

También, mediante modelos reducidos, se experimenta sobre las deformaciones de las rocas y la consiguiente producción de pliegues y de fallas. para esclarecer la formación de rocas ígneas y metamórficas se reproducen procesos de fusión y cristalización, variando parámetros de presión, t° , agua, etc.

20.2.3. Prospecciones

Se trata de detectar la presencia de recursos, de cuya existencia se sospecha por los trabajos de campo. Los métodos geofísicos se basan en la medida de una serie de propiedades físicas de los materiales de la corteza, que varían con el factor litológico, con la estructura tectónica y con la presencia de masa minerales, agua, gas, petróleo, elementos radiactivos, etc. Los principales métodos geofísicos se expusieron en el Tema 2, aquí basta con enumerarlos y dar una somera descripción de los mismos. La prospección geofísica se aplica, generalmente, tras el reconocimiento de campo y estudios de laboratorio, ya que, al ser más cara, se restringe sólo a aquellas zonas consideradas como favorables por los estudios previos.

- a) Mediante el **método gravimétrico** podemos detectar masas de rocas densas o concentraciones de metales, por anomalías positivas. Las anomalías negativas pueden ayudarnos en la localización de yacimientos salinos, acuíferos, etc. Se utilizan balanzas de torsión, péndulos, gravímetros, etc.
- b) El **método eléctrico** mide la conductividad y resistividad de las rocas, estos valores pueden variar según el tipo de roca, porosidad, presencia de agua dulce o salada, etc.
- c) El **Método sísmico** registra los cambios de velocidad de las ondas sísmicas al propagarse a través de las rocas. Las ondas se producen mediante explosiones controladas en la superficie o en un pozo, y se registran con sismógrafos o geófonos. Así se puede conocer la estructura geológica del subsuelo.
- d) El **método radiométrico**. Registra los valores anormales de la radiactividad natural de una zona mediante contadores Geiger, escintilómetros, etc.

Debe tenerse en cuenta que los métodos de prospección geofísica, por sí solos no proporcionan normalmente datos significativos; su interpretación requiere unos profundos conocimientos geológicos generales y de la región concreta estudiada.

El empleo de sondeos acústicos (**sonar**), sondas mecánicas, dragas, etc. han permitido avanzar en el conocimiento de la morfología y composición de los fondos oceánicos; esto ha sido y es decisivo, en otros aspectos, para el desarrollo de la tectónica de placas.

20.2.4. Sondeos

Mediante los sondeos se pretende confirmar la existencia de estos recursos y para extraerlos en su caso. Los sondeos constituyen un complemento muy importante de la cartografía y estudio superficial del terreno. Los **testigos** o muestras obtenidos deben orientarse y situarse con precisión, respecto a la profundidad y punto exacto de su extracción. Su análisis permite comprobar los cambios de litología en profundidad, la distancia hasta un determinado sustrato, pliegues bajo el terreno, permeabilidades y resistencia de materiales, y otros datos.

Mediante ellos pueden trazarse mapas geológicos a diversas profundidades, así como los mapas que expresen el espesor de diversas formaciones geológicas atravesadas (**mapas de isopacas**) y, por tanto, poner de manifiesto las zonas favorables para el acúmulo de agua subterránea, petróleo, etc. El estudio de

los sondeos requiere una serie de cálculos cuidadosos, para realizar correlaciones entre perforaciones alejadas entre sí.

Los tipos de perforaciones son muy variados, siendo los principales los de **percusión** y los de rotación. El primero se basa en el golpeteo del terreno por la sonda que, arrancando fragmentos se va abriendo paso. En los de **rotación**, la sonda va excavando el pozo al girar. En todos los casos, hay que contar con mecanismos para extraer el material arrancado, lubricar las sondas, etc. Las cabezas de las sondas van provistas de barrenas y coronas dentadas de materiales muy duros, como aceros especiales, diamantes y otros.

20.2.5. Informes geológicos

Los resultados finales de un trabajo geológico de cualquier índole, se sintetizan y expresan en un informe geológico, acompañando al mismo cuantos mapas, cortes geológicos, diagramas, gráficas y fotografías sean necesarias. Los datos del informe suelen ordenarse según los siguientes epígrafes, según los objetivos a los que se encamine la investigación:

- a) **Resumen.** Sintetiza en pocas líneas el trabajo, con vistas a su publicación.
- b) **Introducción.** Se incluye aquí la situación geográfica y la extensión de la zona estudiada, objeto de la investigación y métodos de estudio empleados.
- c) **Descripción geográfica.** Tipo de relieve, altitud el mismo, principales formas topográficas; descripción de la red hidrográfica y la vegetación; factores climáticos, etc.
- d) **Litología y Estratigrafía.** Descripción de afloramientos rocosos, tipo y caracteres de las rocas, etc. Series estratigráficas, variaciones, edad de los materiales, fósiles, discordancias, etc. Todo esto referido a la región en conjunto y a zonas más concretas en detalle.
- e) **Tectónica.** Posición de las rocas, pliegues, fallas, intrusiones ígneas y demás aspectos de la estructura geológica. Las descripciones también se hacen para toda la región y, en detalle, para puntos concretos.
- f) **Historia geológica.** Narración de los acontecimientos geológicos que han tenido lugar en la zona, según el orden en que han ocurrido.
- g) **Conclusiones.** Nuevos hechos aportados, consideraciones de tipo económico y recomendaciones para la explotación de los recursos investigados, así como para nuevos trabajos en la región.
- h) **Bibliografía** sobre el tema o la región.

20.3. La fotografía aérea

Pocas ciencias han adquirido un desarrollo tan importante en estos últimos años como la interpretación de las fotografías aéreas, favorecida por el desarrollo de técnicas especiales como imágenes por infrarrojos, de radar, fotografías en color, etc., que tomadas desde aviones, satélites o naves espaciales (Skylab) proporcionan una completa documentación sobre la superficie terrestre, los materiales que la integran y las huellas que han dejado sobre ellos la serie de procesos a que han estado sometidos a lo largo de los tiempos geológicos.

La recogida de información de la superficie terrestre por cámaras aéreas tuvo su principal aplicación, hasta fecha reciente, en el terreno de la cartografía. La **fotogrametría** consiguió rápidamente dar un notable impulso a la creciente necesidad de planos y de mapas, así como de programar revisiones y actualizaciones periódicas. Por otra parte, el interés de estos sensores para las ciencias de la Tierra, dio origen tanto al desarrollo de las técnicas de fotointerpretación, como a la aplicación de distintos tipos de análisis de la fotografía aérea. Al ampliarse, por un lado, las posibilidades del vehículo aéreo desde el avión al satélite y por otra parte las zonas del espectro electromagnético, posibilitando la captación de información tanto fotográfica como digital en zonas más amplias que las visibles para el ojo humano, estas técnicas pasaron a denominarse **teledetección** o percepción remota. La evolución del tipo de sensor coincide con el

desarrollo de diferentes métodos de explotación: la fotogrametría pierde su carácter analógico y aparecen los sistemas analíticos (complejos sistemas informáticos), hasta el punto de que ya se habla de la **geoinformática**. Las cámaras que se utilizan pueden ser:

- ❑ **Panorámicas**. Barren el terreno de lado a lado en dirección perpendicular al avance del avión, cubriendo un campo muy amplio en cada exposición. Tienen alto poder de resolución.
- ❑ **Multibandas**. Están constituidas por una serie de cámaras acopladas y con disparos sincronizados, a fin de conseguir información de la misma escena del terreno por medio de distintas combinaciones de películas y filtros.

Dado que, en la fotografía aérea, los rayos recorren grandes distancias entre el objeto y la cámara, y como existen materiales en suspensión en la atmósfera, los rayos se difractan, refractan y reflejan (dependiendo de la hora del día y del estado de la atmósfera); todo esto motiva que el paisaje quede atenuado por un velo de luz falsa (luz aérea) de color azulado. Para corregirla se utilizan distintos tipos de emulsiones fotográficas: Pancromáticas, infrarrojo blanco y negro, emulsiones de color (tres capas de azul, verde y rojo), Infrarrojos, etc. El revelado de estas últimas produce imágenes cuyo color es falso para la mayoría de los objetos, por lo que también se le conoce como emulsión de falso color.

Nosotros nos limitaremos solamente al desarrollo de algunos de los aspectos más sencillos de la fotografía aérea, en función de lo que podemos practicar con nuestros alumnos en los centros de secundaria, utilizando el material que, sobre este aspecto, suministra al M.E.C. la empresa E.N.O.S.A.

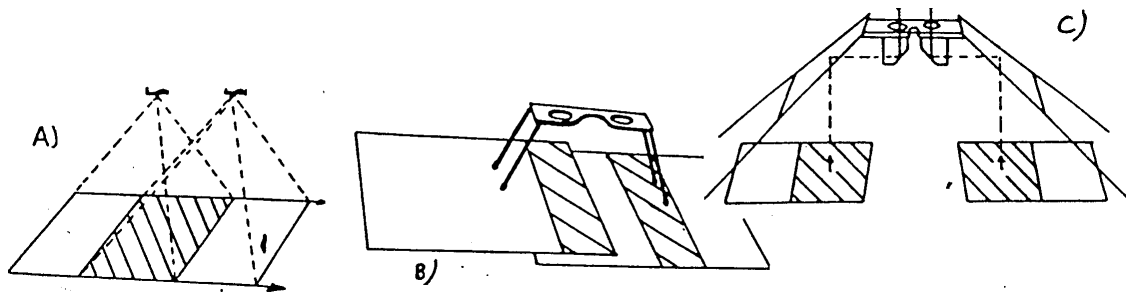
Las fotografías aéreas son imprescindibles para conseguir una visión conjunta del terreno, que permite seguir con facilidad estructuras, fallas, diferenciar materiales, marcar contactos, realizar estudios geomorfológicos y, en general, todos aquellos estudios geológicos que admitan una escala macroscópica. También se emplean en silvicultura, obras públicas (trazados de carreteras, canales, embalses), arqueología, etc.

La misión del vuelo fotográfico tienen por objeto sobrevolar la zona a altura y velocidad constantes, describiendo una serie de trayectorias paralelas entre sí, solapándose las fotografías en sentido longitudinal y transversal. Con tal criterio, cualquier porción de terreno deberá estar impresionada al menos en dos fotografías tomadas desde distintos puntos de vista. Las fotografías empleadas se realizan mediante cámaras instaladas en aviones que se disparan automáticamente cada pocos segundos mientras que el avión sigue un trayecto recto y paralelo a la superficie.

Mediante las fotografías obtenidas desde avión es posible observar el relieve, así como bastantes rasgos geológicos de la zona. El procedimiento se basa en los mismos principios de la visión en relieve; los dos ojos recogen la imagen del mismo objeto, pero desde ángulos diferentes y su superposición en el cerebro produce el efecto de "**relieve**" o profundidad. Del mismo modo que dos fotografías de una misma zona, obtenidas desde distintos puntos de observación pueden dar en el cerebro una sensación de relieve si cada una de ellas es observada con uno de los dos ojos (ver fig. A). La observación se lleva a cabo con un sencillo instrumento llamado **estereoscopio**. El más simple es el de lentes; es un sistema de dos oculares, uno para cada ojo, separados convenientemente de las fotografías por unos soportes; la distancia entre los dos oculares se puede regular según la distancia interpupilar que haya entre los dos ojos del observador (aproximadamente 65 cm.). (Ver fig. B).

Para **observar una fotografía aérea**, se sitúa debajo del estereoscopio dos fotografías consecutivas, solapadas de modo que, aproximadamente, los detalles iguales en una y otra disten lo mismo que la separación entre los dos ojos. Con uno de los ojos, y a través de un ocular del estereoscopio, se localiza un detalle de la fotografía situada enfrente de él. Sin perder de vista este detalle se busca el mismo detalle en la otra foto, utilizando el otro ojo y a través del ocular correspondiente.

Cuando cada ojo observe un mismo punto pero en fotografías distintas se consigue ver en relieve el paisaje fotografiado. Mediante este procedimiento se pueden localizar estratos, observar pliegues y fallas, etc.

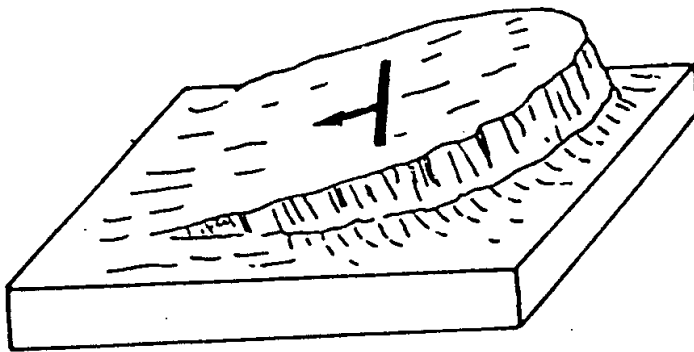


El **estereoscopio de lentes** posee, además de las lentes antedichas, unos prismas de reflexión que transmiten el haz luminoso, transmitido a su vez por unos espejos laterales que reflejan toda o casi toda la parte de las fotografías que admite visión estereoscópica (Fig. C). En este caso, la separación efectiva de los ojos es la distancia que hay entre los espejos, medida a la altura del centro de los prismas ópticos. La trayectoria final de los rayos ópticos es paralela, por lo que el enfoque del observador se realiza a infinito, con lo que la visión con este aparato resulta muy cómoda. Su gran tamaño y peso solo lo hacen apto para los laboratorios.

Los geólogos, en sus trabajos de **fotogeología**, tratan de descubrir en las fotografías aéreas los principales rasgos geológicos de una región, antes de realizar su estudio en el propio terreno. Superponiendo a la fotografía una lámina de acetato, pueden marcarse en ella las estructuras detectadas.

Las observaciones más frecuentes son:

- ☐ **Relieves diferenciales.** El cambio de unidades litológicas suele venir indicado por un escarpe, dada su distinta resistencia a la erosión.
- ☐ **Obras públicas.** Se ponen de manifiesto por sus tonos más claros, ya que sus materiales están menos alterados. Los ferrocarriles se distinguen porque siguen menor pendiente y mayor curvatura en el trazado, que las carreteras, no existiendo en él curvas pequeñas y cerradas.
- ☐ **Estratos.** El afloramiento de estratos horizontales es siempre paralelo a las curvas de nivel, su aspecto en la fotografía es de tipo mesa. Los estratos inclinados cuando cortan a la superficie topográfica forma una curva, con su parte cóncava mirando en sentido del buzamiento, y de amplitud mayor cuanto mayor sea éste.



- ☐ **Pliegues.** Los anticlinales con charnela intacta originan montes alargados, de cima redondeada. Si presentan ángulo de inmersión el monte se va estrechando y decreciendo en altura en sentido del buzamiento del eje. Los sinclinales suelen formar dos sierras paralelas, con buzamiento hacia el eje del sinclinal. Si tienen ángulo de inmersión, las sierras convergen en sentido contrario al buzamiento del eje. En los domos los estratos dispuestos circularmente buzan hacia el exterior de la estructura, en las cubetas hacia el interior.
- ☐ **Fracturas.** El grado de fracturación de una roca puede servir como guía para su identificación fotogeológica. Los principales criterios de reconocimiento de las fracturas en fotogeología son:

Alineación de varios arroyos, Tramo de río o arroyo que corre un cierto trecho en línea recta, angularidad de la red fluvial, alineación de la vegetación, alineación de formas de disolución, franjas estrechas y alargadas con una humedad superior a la del resto del terreno (más oscuras); Línea recta y neta que atraviesa la roca, etc.

- ❑ **Fallas.** Si no hay vegetación su identificación es más sencilla, así como en rocas sedimentarias, no tanto en rocas plutónicas o metamórficas. Los principales criterios para el reconocimiento de fallas son: Discontinuidad de estructuras; discontinuidad en la alineación de cerros, colinas, etc.; desplazamiento de estratos o diques; Cambio acusado de buzamiento, marcado por una línea neta. Contacto brusco lineal y anormal entre dos materiales distintos; alineación anormal de una costa; contacto neto entre un macizo antiguo y su borde sedimentario.
- ❑ **Depósitos fluviales.** Los aluviones forman bandas continuas en el lecho mayor del río, de superficie plana, suelen estar cultivadas, formando un enrejado de tonos variados (gris claro a gris oscuro). Las terrazas presentan una morfología parecida, distinguiéndose por el pequeño resalte que forman. Los conos de deyección se detectan por su forma de abanico. Los depósitos litorales se distinguen por su peculiar morfología y sus tonos claros que contrastan con los tonos oscuros del resto de los materiales.
- ❑ **Morfología glaciar.** La morfología glaciar es fácilmente identificable. Los circos por su forma circular más o menos redondeada, si son compuestos tienen forma lobulada. El perfil del valle en U es igualmente fácil de detectar. Los restos de morrenas indican sucesivas etapas de retroceso.
- ❑ **Terrenos arcillosos.** En terrenos áridos, a falta de cobertura vegetal evolucionan hacia el abarrancamiento; forman barrancos muy ramificados e interfluvios en cresta. Las margas tienen un drenaje menos tupido e interfluvios más redondeados.
- ❑ **Terrenos de areniscas y/o conglomerados.** Suelen presentar una estratificación clara, fácil de ver en la fotografía. Los bordes de los estratos suelen ser algo dentados (erosión mecánica) y, en algunos casos, con un ligero escarpe. Pobre drenaje, adaptado a fallas y fracturas. Resulta difícil separar los conglomerados de las areniscas en la fotografía aérea.
- ❑ **Terrenos calizos.** Son las rocas sedimentarias que presentan relieves más variados y originales. Pueden haber sufrido grandes plegamientos (Alpino), dando fuertes relieves. Siempre el borde de los estratos es suave y redondeado debido a los fenómenos de disolución que erosionan la roca.. El drenaje da lugar a fenómenos kársticos; presentan alto índice de fracturación, presentan tonos claros, con traza continua, pudiéndose seguir el mismo estrato a través de kilómetros.
- ❑ **Terrenos plutónicos.** Tomamos al granito como referencia. Siempre aparece formando masas homogéneas y uniformes, sin dirección predominante. Relieve muy variables (macizos montañosos, grandes superficies llanas) ofreciendo un aspecto granulado y rugoso. Presentan alto grado de fracturación (línea neta más oscura que atraviesa la roca). Red de drenaje dendrítica con arroyos acabados en forma de pinza, dando la típica red hidrográfica angular. Tono gris medio.
- ❑ **Terrenos metamórficos.** El gneis da relieves semejantes a los del granito, menos fracturación que el granito; tono bandeado discontinuo, alternan bandas claras (roca desnuda) y oscuras (suelos de alteración, húmedos y con vegetación). En conjunto tiene un aspecto hojoso y discontinuo. Las **cuarcitas** dan relieves muy fuertes, formando sierras alargadas que resaltan sobre zonas colindantes, generalmente formadas por esquistos y pizarras. Gran densidad de fallas y fracturas (líneas oscuras), su red hidrográfica suele estar formada por arroyos de ladera casi rectos y de fuerte pendiente, desembocan en ríos mayores que discurren al pie de la sierra. Tonos claros.

20.4. Mapas topográficos

La **Topografía** estudia el relieve y lo representa en forma de mapas (mapas topográficos). El manejo de mapas topográficos resulta de gran utilidad en cualquier trabajo relacionado con el relieve físico de un territorio. Son indispensables en casi todos los trabajos de geología.

La mayoría de estos mapas están confeccionados por organismos estatales; en España el mapa base es el **Mapa Topográfico Nacional** a escala 1:50.000, está realizado por el Instituto Geográfico y Catastral y el Servicio Geográfico del Ejército. Consta de 1130 hojas que cubren un área de 20 x 40 Km. cada una (variable según la latitud considerada).

La **Planimetría** es la representación de la distribución de los accidentes topográficos, geológicos, geográficos, humanos, etc., de una región sobre una superficie, mapa, proyectándola con el punto de vista en la vertical. Cuando en un mapa hay que indicar detalles de dimensiones de 0'2 mm o menores (una carretera de 10 m. de ancho, a escala 1:50.000, sería una línea de 0'2 mm), se utilizan símbolos que no siempre guardan la debida proporción (la cita carretera se indicaría por dos líneas paralelas de 0'5 mm). Como norma general, para la representación de estos signos se sigue el siguiente criterio: Altimetría (color sepia), aguas (color azul), obras y construcciones (color rojo o negro), vegetación (color verde). En la fotocopia adjunta se señalan algunos de los signos convencionales empleados en la cartografía española. En los bordes de los mapas topográficos se indican los símbolos empleados y su significado.

Altimetría. El mapa topográfico no es más que una proyección de una región determinada sobre un plano, de tal forma que las irregularidades del terreno (altura) se representan en forma de **curvas de nivel** (isohipsas). Son éstas, líneas cerradas que unen puntos de igual altura o cota sobre el nivel del mar medido en Alicante. Representan las intersecciones del relieve con unos imaginarios planos horizontales equidistantes. La mayoría de los mapas topográficos mantienen la equidistancia entre dos curvas de nivel sucesivas (en el mapa topográfico nacional de escala 1:50.000 esta **equidistancia** es de 20 m., las curvas que presentan notación centesimal o múltiplos se les llama **curvas maestras** y se elaboran con un trazo más grueso); con lo que para calcular la cota de una curva basta con conocer la de otra curva y la equidistancia.

Las curvas de nivel siempre son cerradas y aproximadamente concéntricas unas con otras, teniendo las internas mayor cota que las externas. También resulta evidente la imposibilidad de que se corten entre sí. En ocasiones para marcar el relieve se utilizan además sombreados y tintas de distintos colores (hipsométricas).

La diversidad de formas topográficas que presenta la superficie terrestre es tan grande que sería interminable tratar de representar todos los tipos posibles. Sin embargo, todas esas formas se pueden referir a dos tipos principales: cerros o superficies convexas y valles o superficies cóncavas. El cerro viene representado por una sucesión de curvas de nivel cerradas y concéntricas, según el espaciado de éstas la pendiente será mayor o menor. El valle aparece con una inflexión de las curvas en V, el vértice de ésta siempre señala la cabecera del valle.

Entre las posibilidades que ofrece el mapa topográfico están las siguientes:

a) **Calcular la distancia entre dos puntos.** Conocida la distancia en el mapa (un cateto) y la altitud (otro cateto), calculamos la hipotenusa (distancia real) por el teorema de Pitágoras. Así también podemos determinar la **pendiente** del terreno. Conocido el valor de los dos catetos calculamos la tangente del ángulo α (altitud / distancia en el mapa). El valor de la pendiente se puede expresar en valor angular, o en %; en este caso basta multiplicar por cien el valor de la tangente obtenido.

b) **Realización de perfiles topográficos.** El levantamiento de un perfil nos permite reconstruir el relieve, en una dirección determinada, mediante su proyección en un plano vertical. Hay distintas maneras, indicaremos una de las que creemos que se puede aplicar con los alumnos.

Lo primero es trazar un segmento que una los dos puntos elegidos (A y B), sobre el segmento señalamos, con lápiz, las cotas de las curvas de nivel que corta el segmento.

Sobre papel milimetrado trazamos un eje de coordenadas, poniendo en ordenadas las cotas de las curvas de nivel que aparecen en el mapa y que afectan al perfil realizado. Se coloca la hoja de papel milimetrado, o una simple hoja en blanco, según la dirección AB. Se marcan con lápiz los puntos de intersección de cada curva con el papel milimetrado, o folio en blanco, y se prolongan hasta la cota que tengan, obteniendo distintos puntos que, cuando se unen procurando suavizar el trazado, nos dan el perfil. Cuando nos encontramos con que hay que unir dos puntos con la misma cota, se unen no mediante una recta sino por una línea que muestre una pequeña elevación.

Es frecuente que, en mapas con escala 1:50.000, otra similar, se utilice una escala mayor en el eje de ordenadas, con el fin de exagerar el relieve (**perfil realzado**). Para un mejor acabado del perfil

topográfico: se pueden indicar sobre él los lugares por donde pasa algún curso de agua, o alguna carretera, y se puede indicar los nombres de las principales elevaciones; en la línea lateral se indican las altitudes entre las que se desarrolla el corte y en la línea horizontal inferior la distancia en Km.; por último debe indicarse la escala horizontal y vertical empleadas.

- c) **Construcción de maquetas tridimensionales.** Se coloca el mapa topográfico sobre una lámina de cartón, colocando entre ellas una hoja de papel carbón; se recorre, con un lápiz, dos curvas consecutivas del mapa, de modo que quede la marca de ambas sobre el carbón; se recorta la curva exterior, dejando la otra impresa sobre la plantilla. Así se van obteniendo las plantillas de todas las curvas de nivel de modo que, en cada una de ellas, está dibujada la curva inmediatamente superior. Se pegan las plantillas, una encima de otra, de menor a mayor cota, reproduciendo el mapa topográfico en tres dimensiones
- d) **Trazado de las curvas de nivel** de un mapa topográfico por el método de la interpolación, conocidos las cotas de algunos de los puntos.
- e) **Cálculo de un itinerario** sobre el mapa topográfico. Diseñar un itinerario sobre un mapa supone: Calcular las coordenadas geográficas de las estaciones; calcular la distancia que las separa; calcular el rumbo geográfico a seguir de una estación a otra; convertir el rumbo geográfico en magnético, si se quiere realizar después el itinerario en el terreno usando la brújula.
Para **calcular las coordenadas geográficas** (longitud y latitud), se trazan las paralelas desde cada estación (A, B, C,...) a los bordes del mapa y se ven los valores que determinan (los segundos viene marcados por seis segmentos, blancos y rayados, que equivalen a un minuto). En el mapa topográfico español, la longitud aumenta hacia la izquierda del mapa y la latitud aumenta hacia arriba.
Para el cálculo **rumbo geográfico** de una estación a otra, se prolonga las líneas paralelas desde cada estación al borde lateral del mapa. Estas líneas marcan la dirección del Norte geográfico de cada estación. Se coloca un círculo graduado en cada estación, de forma que el cero coincida con la línea que señala el Norte geográfico. La lectura del rumbo geográfico de una estación a otra, se hace sobre el círculo graduado, en el sentido de las agujas del reloj, desde la línea del rumbo geográfico a la línea que une las dos estaciones.
Para calcular el **rumbo magnético** de una estación a la siguiente. Con los datos que figuran en la parte baja del mapa topográfico se calcula la declinación magnética para el momento, y este valor se suma a cada uno de los rumbos geográficos para transformarlos en magnéticos.
Sobre un determinado itinerario se pueden reflejar, mediante los signos correspondientes, las estructuras geológicas y los cambios litológicos detectados. (Ver mapa geológico)
- f) **Estudio completo del mapa.** Hacer una descripción del relieve, señalando su altura media, dirección de las sierras, profundidad de los valles, etc. Igualmente respecto a la red hidrográfica: densidad de corrientes, si son rectilíneas o con meandros, etc. Existencia de glaciares, depresiones, lagos y demás accidentes anómalos.

20.5. Mapas geológicos

Son mapas temáticos que representan las características geológicas del territorio; dichas características suelen responder a tres tipos básicos:

- a) **Configuracionales**, se refieren a la disposición espacial de los elementos geológicos como resultado de procesos: suelos, litología, estructura, etc.
- b) **Cronológicos**, que reflejan la disposición de estos resultados según la escala de tiempos geológicos.
- c) **Dinámicos**, refieren los tipos de agentes, zonas afectadas, acciones características, etc.

El concepto tradicional de mapa geológico se refiere a los que contienen los dos primeros tipos de datos, es decir configuracionales y cronológicos. A veces se trata sólo de mapas lito-cronológicos, otras lito-estructurales y cronológicos, que son los más frecuentes y, en ocasiones, pueden dar información de tipo

geomorfológico, sobre todo en formaciones litológicas del cuaternario. Hoy existe una gran variedad de mapas geológicos.

Una de las últimas aportaciones en este campo son los **atlas geológicos** o mapas geocientíficos. Se trata de un conjunto de mapas elaborados con fines didácticos o de planificación territorial que, en general, guardan un orden jerárquico ya que cada grupo de mapas es la base de referencia a partir de la cual se elaboran los otros de orden inferior. Se pueden resumir en los siguientes:

- I) **MAPA GEOLÓGICO BÁSICO.** Incluye una síntesis de los datos geológicos básicos del terreno. Se refiere sobre todo a la litología, cronoestratigrafía o cronología, y estructura; únicamente en casos excepcionales se incluyen otros parámetros referentes a dinámica, geomorfología, recursos geológicos, etc.
- II) **MAPAS GEOLÓGICOS MONOGRÁFICOS.** Incluyen la cartografía de una característica geológica como contenido básico, y según sea se denominan: mapas litológicos, morfológicos, estructurales, de procesos geológicos, etc.
- III) **MAPAS DE APLICACIÓN INMEDIATA, NO MONOGRÁFICA.** Contienen información de la distribución, potencia, usos, riesgos, etc. de los recursos, procesos y del territorio. Caso de mapas como los geotécnicos, de riesgos naturales, recursos, procesos actuales.
- IV) **MAPAS DE APLICACIÓN INMEDIATA, MONOGRÁFICOS.** Contiene la misma información que los anteriores, pero con mayor grado de precisión y definición, dado que se refiere, básicamente, a un elemento o a un tema. Es el caso de los mapas metalogenéticos; de reservas, rocas industriales, geotérmicos, sismotectónicos, de riesgos de avenidas, etc.
Todos estos tipos de mapas basan su sistema de representación en el manejo de los colores y símbolos, que suelen combinar según los objetivos pretendidos, los niveles de definición en base a la escala y los parámetros a representar. Todo ello queda especificado en la correspondiente leyenda.

20.5.1. Estudio sobre el mapa geológico básico

Como ya se ha indicado en este mapa se pueden representar por regla general tres tipos de hechos geológicos: **cronológicos** (edad de los materiales), **litológicos** (rocas que afloran a la superficie) y **tectónicos** o **estructurales** (estructura y disposición relativa de los materiales).

- a) **Edad de los materiales.** Se representa mediante colores convencionales para cada período de la historia de la Tierra. A veces también se emplean letras o tonalidades distintas de un mismo color para separar diversas épocas dentro de un período.
- b) **Litología.** Se representa mediante símbolos convencionales para cada tipo de roca, que se superponen a los colores; también pueden utilizarse letras adicionales.
- c) **Tectónica.** Se emplean determinados símbolos para las diversas estructuras. Los rasgos estructurales más comunes son:
 - Posición de los estratos, es decir, dirección o rumbo, y buzamiento o inclinación. El buzamiento se representa mediante una flecha en la dirección de máxima inclinación de los estratos y un número que indica el valor del ángulo de inclinación de las capas respecto al plano horizontal.
 - Pliegues y fallas de diversos tipos. También pueden indicarse las diaclasas. En una falla normal; el bloque más hundido es el situado en la zona del símbolo que tiene rayitas perpendiculares. En los cabalgamientos, el bloque que cabalga es el de la parte "dentada" del símbolo.
 - Concordancias y discordancias entre estratos.

Los símbolos y colores generalmente empleados han sido objeto de acuerdos internacionales, con el fin de uniformar los mapas geológicos de los distintos países. Todos los símbolos referidos viene, normalmente, representados en la "leyenda" del mapa.

Los mapas geológicos, como los topográficos, existen a muy diversas escalas. En España, el Instituto Geológico y Minero realiza la confección del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, en 1130 hojas, sobre el Mapa Topográfico Nacional, a la misma escala.

MEDIDA DEL BUZAMIENTO Y DE LA DIRECCIÓN DE LOS ESTRATOS

Para ello se utiliza una brújula que contenga un clinómetro (péndulo que permite medir la inclinación de las capas en un determinado lugar). La brújula también permite calcular, además, la dirección de la línea de máxima inclinación. Se procede de la siguiente manera:

- Determinar la línea de máxima pendiente del pliegue (la que seguiría una gota de agua o una bola al deslizarse sobre la superficie del estrato).
- Con la brújula en posición horizontal se mide la dirección de dicha línea. Previamente se debe localizar en el mapa topográfico el lugar donde se realiza la medida.
- El costado de la brújula sobre el que va dibujado la escala del clinómetro se apoya sobre la superficie del estrato, según la dirección de máxima pendiente o inclinación. El péndulo nos indicará, en la escala, el valor de ángulo de buzamiento.

CORTES GEOLÓGICOS

A partir del mapa geológico, pueden trazarse secciones del terreno, según una dirección determinada, que representan los rasgos geológicos del subsuelo. Una vez realizado el perfil topográfico correspondiente, se van marcando sobre él las diversas capas o estratos de rocas, con su buzamiento correspondiente. Se sitúan, igualmente, las rocas ígneas, las fallas, etc. Posteriormente se dibuja sobre cada tipo de roca el símbolo litológico correspondiente.

Uno de los fines del mapa geológico y de los cortes sobre él realizados, es la **reconstrucción de la historia geológica** de la zona. Es decir, enumerar los diversos procesos que allí han tenido lugar y el orden en que han ocurrido. Esta labor se basa en dos principios fundamentales: el de la superposición de los estratos (ya visto en el tema 18) y el **principio de la edad relativa de los fenómenos geológicos**: cualquier fenómeno geológico es posterior en el tiempo a los estratos o fenómenos afectados por él, y anterior a los no afectados. Así, una falla es posterior a las capas que ha roto, o a una intrusión de roca plutónica es posterior a las rocas en las cuales se ha introducido.

Si en el campo vamos recorriendo una serie de estratos perpendicularmente a su dirección observamos que los buzamientos van disminuyendo progresivamente hasta llegar a la horizontal, y a continuación cambian de sentido sus valores y se hacen crecientes, estamos ante un anticlinal. Si los valores del buzamiento son decrecientes, hasta llegar a la horizontal, y nuevamente se produce una inversión de sentido y un aumento progresivo del ángulo estamos ante un sinclinal.

20.6. Importancia de la geología en la búsqueda de recursos y en las obras públicas.

La Geología, especialmente el conocimiento de los minerales, ha sido aprovechado desde antiguo, como demuestran las siguientes observaciones:

1. Los instrumentos de sílex fueron de los primeros que utilizó el hombre.
2. Después vino el uso de la cerámica.
3. La primera descripción de minerales y de canteras es de un discípulo de Aristóteles (Teofastro).
4. Plinio el Viejo, en su Historia Natural, narra los minerales y técnicas de extracción aplicadas por los romanos.
5. La primera clasificación mineralógica es la de Avicena (los clasifica según su composición).
6. San Alberto Magno lleva a cabo una recopilación y los clasifica en minerales metalíferos y los que tenían poderes mágicos.
7. A finales de la edad Media, Agrícola los separa en cuerpos simples y compuestos. Los clasifica según su composición química limitándose, casi exclusivamente, a los metalíferos. Etc.

20.6.1. Prospección de minerales

La prospección y localización de yacimientos minerales es uno de los aspectos fundamentales de la Geología aplicada. Según los diversos tipos de minerales (metálicos, carbón, radiactivos, etc.), variaran los métodos geológicos y geofísicos utilizados.

La **investigación de los indicios superficiales** de todo tipo que hagan pensar en la posibilidad de un yacimiento, es un primer paso fundamental. En esto tiene gran importancia la **prospección geoquímica**, es decir, el análisis de los elementos presentes en las aguas superficiales y subterráneas, en los suelos, depósitos fluviales, e incluso en la vegetación del terreno, ya que existen plantas que crecen preferentemente en suelos que contengan determinadas sustancias no muy comunes. Las fuertes concentraciones o simples anomalías positivas de algunos elementos, pueden ser indicios de minerales en zonas próximas.

Para algunos minerales, el estudio de los caracteres geológicos de una región, tipo de rocas, edad de las mismas, disposición, estratigrafía, etc. pueden indicar casi la seguridad de su localización. Tal es el caso de los fosfatos sedimentarios del Sahara occidental.

Dentro de la prospección geofísica, los métodos gravimétricos y magnéticos son los más usados en la detección de menas metálicas; asimismo, el método radiométrico es la base de la prospección de minerales radiactivos.

Localizado un yacimiento, y antes de su explotación, se realizan sondeos, calicatas y pozos confirmatorios que ayudan a definir la magnitud e importancia del yacimiento. Se procede luego a la evaluación de las reservas: riqueza del mineral, volumen y extensión de las mineralizaciones, minerales asociados y relaciones con los yacimientos vecinos. Estas consideraciones influirán en la elección del método de explotación de la mina, así como de concentración y tratamiento del mineral en superficie.

Una vez iniciada la extracción del mineral, se debe continuar el **estudio geológico de la mina**, siguiendo el trazado de los filones o estratos, a veces desplazados por fallas, mediante una cuidadosa cartografía de detalle; hay que investigar su prolongación en área y en profundidad. En los yacimientos de impregnación hay que determinar la extensión de la misma; en los detríticos, evaluar el volumen accesible, etc. Estudiando todos estos rasgos, se puede deducir la continuidad del yacimiento a otras zonas o, por el contrario, un cambio de características, que determinarían nuevas técnicas de extracción.

Minerales en el mar.

Las investigaciones de los fondos marinos han puesto en evidencia que existe una gran concentración de pequeños **nódulos de manganeso** depositados en los suelos oceánicos. También existen concentraciones de otros metales especialmente sobre las plataformas continentales, aunque el mayor interés se centra sobre el manganeso.

El origen de estos nódulos no se conoce bien. El agua marina está más o menos saturada en iones de Mn aportados por los ríos y volcanes, que precipitan en los fondos alrededor de cuerpos extraños, formando capas concéntricas. Por eso algunos nódulos también contienen Cu, Ni y Co. Mediante fotografías de los fondos marinos se han conseguido detectar los lugares de concentración (abundan en el Pacífico y en el mar Caribe), y mediante dragados se han extraído muestras. Los sistemas propuestos para la extracción de los nódulos proponen dos etapas: acopio de nódulos en el fondo y después su traslado a la superficie. Una posibilidad para el acopio del Mn, además del dragado, es la de usar máquinas autopropulsadas que barren el fondo marino y apilan los nódulos para su recogida. Unas estaciones intermedias suministrarían la energía para aspirar los nódulos y los tratarían antes de que salieran a la superficie.

20.6.2. Canteras y rocas industriales

Dada la variedad de usos de las rocas (Ver tema 7) tanto directos como indirectos (construcción, pavimentación, ornamentación, como áridos, calizas para fundentes de altos hornos, calizas para la obtención del cal, yeso, escayola, cementos, cerámica, porcelana, fabricación de dinamita, etc.); la localización de canteras es una etapa importante para los trabajos de obras públicas o el establecimiento de ciertas industrias. Sin embargo, antes de comenzar la explotación es preciso efectuar una serie de pruebas y cálculos referentes a las rocas y a la cantera en sí:

- a) **Ensayo de las rocas.** Según el uso a que se destinen hay que realizar el estudio de una serie de caracteres físicos y químicos: composición química y grado de pureza de ésta; es decir, si existen proporciones de otros compuestos que puedan alterar las propiedades deseadas. Ensayos físicos sobre la dureza, resistencia mecánica a la tracción y compresión, densidad, porosidad y compacidad (relación entre los huecos de la roca y la masa real), propiedades térmicas, permeabilidad, etc.

- b) **Estudio de la cantera.** Se debe investigar el volumen explotable de roca, la homogeneidad de la misma, y disposición de la estructura, a fin de que los trabajos de excavación y la eliminación de los derrubios situados sobre la roca sean lo menos costoso posible. También debe estudiarse las posibilidades de inundación de la cantera.

Para la extracción de la roca resulta importante el estudio de los planos de estratificación de las diaclasas, que permiten arrancar los bloques con más facilidad.

20.6.3. Prospección de petróleo

Como en los casos de búsqueda de minerales o agua subterránea, la prospección de petróleo y gas natural en un área, requiere una serie de fases escalonadas:

- a. **Reconocimiento geológico.** Comienza por una delimitación de áreas posiblemente petrolíferas, frente a zonas claramente negativas (las regiones de rocas ígneas y metamórficas, que han sufrido sucesivas y fuertes orogenias, son descartables). Se centra la atención en zonas sedimentarias cuyas deformaciones orogénicas no hayan sido excesivamente intensas.

Dentro de estas áreas, tiene gran interés una investigación sobre los indicios indirectos de la presencia de hidrocarburos en el subsuelo. Tales son las filtraciones de petróleo o gases hasta la superficie, así como el afloramiento de rocas impregnadas de hidrocarburos (**volcanes de lodo**), lagos de asfalto (Trinidad en Centroamérica), aguas con películas superficiales de petróleo, etc.

El **estudio estratigráfico** de la región es fundamental. En el análisis de la serie sedimentaria, hay que tratar de comprobar la existencia de los tres tipos de formaciones relacionadas con la producción de petróleo: las posibles **roca madre**, donde se formó el petróleo; las **rocas almacén** donde pudo acumularse, tras su migración; y las **rocas de cobertura** que impidieron su pérdida. Es importante comparar la serie estratigráfica de la zona, con otras series petrolíferas, de regiones más o menos próximas, donde ya se hayan localizado yacimientos. Para determinar la edad de las rocas y compararlas con las de otras regiones se acude a la **Micropaleontología**, especialmente localizando caparazones de foraminíferos que, al ser abundantes en muchas rocas de origen marino, dan una gran precisión en los cálculos.

Por último, en el estudio de la **estructura y tectónica de la zona**, se trata de localizar estructuras favorables al acúmulo de petróleo (**trampas petrolíferas**). En Kuwait, la roca almacén está formada por areniscas del Cretácico medio dispuestas en pliegue anticlinal y la trampa son arcillas impermeables.

- b. **Estudio geofísico.** Se utilizan fundamentalmente los métodos gravimétricos, magnéticos y sísmicos. Las medidas de los dos primeros se suelen hacer desde el aire. El método gravimétrico resulta muy eficaz en la localización de domos salinos (una de las trampas más frecuentes), debido a la diferente densidad entre las rocas encajantes y las sales. El método sísmico, al revelar la estructura del subsuelo, es el más exacto. La prospección geofísica es prácticamente la única posible para la exploración de la plataforma continental y otras zonas extensas cubiertas por las aguas.
- c. **Sondeos.** Es la última etapa de la exploración, se concentran y restringen (por ser la fase más cara), a las zonas consideradas como favorables, por los estudios previos. Con los sondeos se confirman los datos estratigráficos, se obtienen muestras para analizar el contenido de hidrocarburos, etc. Pueden alcanzarse profundidades de siete u ocho mil metros; se usan tanto los métodos de percusión como los de rotación, aunque se emplea más este último.

20.6.4. Prospección de aguas subterráneas

La **Hidrogeología** es el conjunto de estudios y técnicas encaminados a la localización, extracción y uso de las aguas subterráneas. La demanda, siempre creciente, de agua unida a la fuerte contaminación de las aguas superficiales ha desarrollado esta rama de la Geología. En un trabajo de hidrogeología se debe seguir una serie de etapas para el descubrimiento y explotación de los acuíferos:

- a. Hay que **determinar las posibilidades de que exista agua** acumulada en el subsuelo en una determinada región. Para ello se debe establecer el **balance hídrico** de la zona, es decir, la proporción entre los aportes y las pérdidas de agua (Ver tema 16). La diferencia entre el valor de las

precipitaciones y el agua descargada por los ríos y evaporada, nos da la cantidad de agua infiltrada, la cual se puede suponer almacenada en el subsuelo.

- b. Se procede después al **estudio geológico de la región**: tipo de rocas, formaciones permeables e impermeables, disposición estratigráfica, etc. El estudio de la tectónica indicará la posibilidad de fallas y otras estructuras favorables a la acumulación de agua.
- c. **Prospección geofísica**, se aplican fundamentalmente los sondeos eléctricos, ya que la presencia de agua empapando las rocas, y la cantidad y tipo de sales que lleve disueltas altera mucho la conductividad eléctrica de las rocas.
- d. Una vez decidida la explotación del agua subterránea, hay que proceder a un control inicial mediante **pozos-testigo**; en ellas se estudia el caudal que, de un modo constante, puede suministrar el acuífero, así como el radio de influencia del pozo (**conoide de depresión**), es decir, los efectos que un pozo puede tener en otros vecinos, ya en funcionamiento o previstos para el futuro. Esto permite programar el número y separación de los pozos, para no empobrecer el acuífero.
En esta fase también debe realizarse un análisis químico y bacteriológico del agua. Por la misma razón hay que evitar posibles focos contaminantes de los acuíferos. La captación definitiva se realiza mediante pozos verticales o artesianos, pero la captación también se puede realizar mediante galerías horizontales o poco inclinadas, sobre todo en terrenos aluviales y volcánicos.
Un problema especial se presenta en las regiones costeras, donde la excesiva extracción de agua dulce puede provocar la invasión del terreno por el agua marina, por lo que hay que planificar cuidadosamente la explotación; en ocasiones, es incluso necesario realizar periódicamente inyección de agua dulce en pozos especiales, para contener el avance del agua salada.

20.6.5. Geología y obras públicas

La **Geotecnia**, en el caso de las obras públicas se ocupa de localizar los lugares más idóneos para situar las distintas construcciones.

En el caso de las **vías de comunicación** difíciles (a través de altas montañas), trata de localizar los sitios de mayor estabilidad o los trabajos necesarios para evitar derrumbamientos o deslizamientos. La información geológica es necesaria, tanto sobre la zona que va a discurrir la carretera como sobre las zonas de las que se extraerán las materias primas para la misma. Es fundamental la información geológica en la perforación de los túneles, en los que se debe disponer la información, metro a metro, de la zona a perforar, con detalles de estructura, permeabilidad, niveles de acuíferos, dureza de las distintas unidades rocosas, etc., para contar previamente con la solución a los problemas que se van a encontrar, antes de que la perforación alcance las zonas donde existan estos posibles problemas.

En la **construcción de Embalses**, la construcción de las presas hidráulicas requiere un estudio geológico detallado que cubra tres aspectos fundamentales: Geología del cierre de la presa, que ha de soportar la presión y el peso del agua embalsada; geología, sobre todo la permeabilidad, del vaso o embalse propiamente dicho y geología de la roca madre o cuenca hidrográfica que vierte sus aguas a este embalse. El conocimiento geológico del cierre es imprescindible ya que la presa se asienta sobre rocas con distintas características de resistencia que han de formar un cuerpo con la pared de la presa y soportar el empuje y el peso de toda el agua embalsada. Es fundamental, pues, el conocer sus propiedades elásticas, su posible fracturación (puede presentar diaclasas imperceptibles) que provocaría el desmoronamiento. De poco serviría un embalse con filtraciones y que, por tanto, circulase el agua por debajo del **cierre**, perdiéndose y poniendo en peligro la propia estabilidad de la presa al debilitarse el terreno por debajo de ella a causa de filtraciones.

La presa tiene una vida limitada por los aportes detríticos que pueden producir su **colmatación**, lo que obliga a una limpieza periódica. La solución más eficaz está en impedir, o por lo menos disminuir, la erosión de la zona, por ejemplo mediante una adecuada política de repoblación forestal que fije el suelo.

En los **puertos marinos** debe estudiarse el régimen de mareas, olas y corrientes litorales. En ocasiones, la construcción de un malecón en lugar inadecuado puede alterar el régimen de corrientes, provocando una fuerte erosión costera con desaparición de playas y relleno de muelles.

En la **construcción de edificios**, se tratan de determinar las condiciones de asentamiento para comprobar la necesidad de trabajos especiales de cimentación. En zonas consideradas sísmicas habrá que tener muy en cuenta esta circunstancia a la hora de las cimentaciones, de las estructuras empleadas en la construcción, los materiales, las alturas de los edificios, etc.

En todos estos casos el trabajo consiste en la elaboración de un **proyecto**. A título de ejemplo señalamos los trabajos básicos de un geólogo dentro de un proyecto global de estudios técnicos que deben realizarse para preparar el anteproyecto de una autopista:

- A. Levantamiento del mapa geológico a la escala de la obra que se va a realizar. Ello supone a su vez:
 - A₁. Estudiar las rocas y estructuras superficiales de la zona de la obra.
 - A₂. Tomar muestras para hacer ensayos de laboratorio, especialmente, porosidad, permeabilidad, resistencia a las presiones y cargas que van a soportar, etc.
- B. Realizar estudios geofísicos para determinar la estructura del subsuelo.
- C. Realizar sondeos mecánicos y toma de muestras a mayor profundidad, para confirmar los datos de la superficie.
- D. Estudiar los efectos que pueden tener las aguas superficiales y las subterráneas sobre las obras construidas (Hidrogeología).
- E. Prestar especial atención al fenómeno de reptación de suelos, es decir al corrimiento de tierras y suelos por inestabilidad de los taludes o trincheras que se excavan en regiones montañosas cuando son atravesadas por las vías de comunicación o las obras públicas en general.

Un tema que merece especial atención por el impacto sobre las obras ya construidas es el de los efectos que causan sobre las obras públicas las avenidas, torrentes desbordados y avalanchas de barro, fenómeno ligado a las aguas torrenciales. Consultar el tema 8. En España, los desbordamientos de los ríos y torrentes son un fenómeno regular, especialmente en el Sureste, y la construcción de vías de comunicación a distinto nivel para atravesar las autopistas ha hecho que estas vías elevadas se conviertan en barreras para el agua desbordada, que de esta manera queda embalsada más tiempo y amplía la superficie de tierras anegadas por el agua. La gravedad de ese fenómeno se ha comprobado con el trazado de la actual red de autovías. Cuando se construye una vía elevada con relación a otra, hay que poner gruesas tuberías de drenaje que permitan el paso del agua.

En los torrentes de fuerte pendiente la labor erosiva del agua se frena construyendo diques escalonados en el curso del torrente, y colocando montones de cantos rodados de los ríos envueltos en una malla de alambre de acero, los cuales frenan la fuerza del agua que después del choque se va infiltrando por entre los cantos.

En resumen, la especialización e independización de las Ciencias Geológicas se produce a partir de la segunda Guerra Mundial.

Alrededor de la **Geodinámica** se hacen dos grandes grupos:

- Grupo I: Petrología, Mineralogía, tectónica y Geología estructural.
- Grupo II: Geomorfología, Sedimentología, Estratigrafía y Paleontología.

Se pueden considerar como **nuevas Ciencias Geológicas** a: Geología marina, Volcanología, Cartografía geológica-Fotogeología, Sismología-Gravimetría; geocronología-Geología isotópica.

Ante los avances tecnológicos y los intereses económicos, surgen nuevas especialidades en lo que podríamos denominar como **Geología Económica**, y que son: Hidrogeología, Geología del petróleo, Geología de los yacimientos minerales, Geomancia (estudios para Obras Públicas), Geotermia y Geología medioambiental.

Programación para el Bloque: Geología, tecnología y sociedad, de la Geología (optativa) de 2º de Bachillerato.

- ❑ **Advertencia importante: a partir del curso 2003-04 entra en vigor el nuevo currículo de CTMA por lo que, si se quiere programar para esta asignatura, han de tenerse en cuenta los nuevos objetivos, contenidos y criterios de evaluación.**

❑ **1. Objetivos**

1. Utilización de técnicas para resolver problemas seleccionando y aplicando los conocimientos geológicos relevantes.
2. Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etc.) y los procedimientos propios de la geología, para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para ellos.
3. Valorar la información provenientes de diferentes fuentes para formarse una opinión propia, que permita a los alumnos expresarse críticamente sobre problemas actuales relacionados con la geología.
4. Comprender que el desarrollo de la geología supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actitud flexible y abierta frente a opiniones diversas.

❑ **2. Contenidos**

❑ **2.1. Conceptos**

- Fundamento de los diferentes métodos de investigación geofísicos.
- Fundamento de las distintas técnicas que se aplican
- Análisis de la naturaleza de la Geología: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.
- Relaciones de la Geología con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad. Valoración crítica.
- Influencias mutuas entre la sociedad, la geología y la tecnología. Valoración crítica.

❑ **2.2. Procedimientos**

- Manejo de aparatos: Brújula, clinómetro, etc.
- Reconocer sobre mapas topográficos rasgos notorios del relieve a diferentes escalas.
- Reconocer en mapas topográficos los rasgos del sistema de erosión actuante e influencia de la litología y estructura.
- Idem. con bloques de diagrama.
- Introducción al mapa geológico.
- Profundización en el manejo e interpretación de mapas y cortes topográficos y geológicos. Resolución de distintos problemas
- Interpretación de la historia geológica de un terreno
- Somero conocimiento de la tectónica regional. Conocer las fuentes de información sobre la geología de España:
- Localización de los embalses de la zona.
- Conocer algunas de las diferentes clases de yacimientos en función de su origen.
- Interés económico de alguna de las rocas. Localización de canteras.

❑ **2.3. Actitudes**

- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia.
- Valorar la mayor autonomía en el trabajo y estudio, como motor de nuevos aprendizajes.
- Valorar positivamente la colaboración en el estudio de la unidad con el resto de compañeros del grupo y de la clase.
- Valorar la influencia de los procesos geológicos externos en el desarrollo de nuestra civilización así como en nuestra vida diaria.

❑ 3. Actividad

- Motivación. Estudio del entorno.
- Exploración mina abandonada: localización mapa topográfico, instalaciones, escombreras, etc.
- Visitas a instalaciones mineras de la región o próximas:
 - a) Tipos de explotación: Minerales metálicos, industriales (fertilizantes, construcción, arcillas,...)
 - b) Características medio-ambientales de los recursos mineros: Dependencia / Evolución del consumo/ Renovable o no/ Uniformidad de la distribución/ leyes minerales (% mineral obtenido)/Consumo energético /Impacto (cielo abierto, escombreras, contaminación,...)
 - c) Modalidades de extracción (subterránea, cielo abierto, graveras, placeres, sondeos, etc.
 - d) Estimación de las reservas. Explotabilidad futura; necesidad de recuperación de las zonas sobreexplotadas.
- Mapas de producción y/o ubicación.
- Gráficas de producción (diagramas sectores, barras, etc.) producción de la región y/o española (ojo tema 24), mundiales, etc.
- Visita a una cantera.
- Visitas en itinerarios rurales y/o urbanos: Tipo de rocas de los monumentos públicos, edificios, revestimiento. Bordillos de las aceras, adoquines, cercas, excavaciones para cimientos.
- Visita a una fabrica de cemento (caliza + arcilla).
- Todas las visitas se preparan con el mapa topográfico.
- Realización de cortes y rutas sobre el mapa topográfico.
- Manejo de aparatos: Brújula, clinómetro.
- Mapa geológico (interpretación de símbolos).
- Ejercicios sobre mapas geológicos sencillos. Cortes. Hª geológica.
- Analizar alguna discordancia de estratos y su justificación.
- Sobre un mapa topográfico dibujar los límites de diferentes unidades geológicas de una región o España.
- Interpretación de la historia geológica, tras la realización de cortes geológicos, sobre mapas reales o fingidos.
- Cuestionario de actividades.
- Fotografías aéreas. Fotogeología. Observación.
- Interpretación de fotografías aéreas.
- Estudio de la colmatación de un pantano: Mapas topográficos (extensión cuenca). Toma de muestras de agua. $A = \text{sedimentos gr./l.}$; $B = \text{extensión cuenca en km}^2$; $C = \text{Precipitación (pluviometría)}$. Volumen de agua precipitada en la cuenca $D = B \times C \times 10^6$. Sedimentos $E = D \times A$ (gr)
- Observación y/o elaboración de maquetas de cuencas hidrográficas.
- Comparar los procesos erosivos entre ríos y/o torrentes o ramblas en fotografías aéreas o mapas topográficos.
- Visita y/o conocimiento de grandes obras públicas (pantanos, trasvases, etc.). Depuradoras. etc.
- Hidrología subterránea de la región: Confederación hidrográfica.
- Localización e importancia de acuíferos. Consecuencias de la sobreexplotación. Localizar el agua subterránea de infiltración para regadíos y abastecimientos (donde faltan aguas superficiales)
- Zonas rurales: Pozos, tipos de pozos.

Estudio geológico general de una zona:

- a) Recopilación bibliográfica y cartográfica
- b) Localización previa de puntos de interés
- c) Visita de reconocimiento
- d) Levantamiento de columnas estratigráficas:
 - 1) Datos (espesor que no siempre coincide con la medida del afloramiento)
 - 2) Características: color, textura, rocas detríticas, tamaño del grano, superficie de contacto, etc.
 - 3) Contenido paleontológico.

- 4) Clasificación de los materiales de cada capa.
- 5) Representación de los datos en una columna.
- 6) Interpretación: Transgresión, regresión, etc.
- e) Recogida de muestras.
- f) Fotointerpretación geológica. Vídeo.
- g) Cartografía geológica de campo.
- h) Análisis de laboratorio y/o gabinete de los datos.
- i) Correlación e interpretación de columnas.
- j) Interpretación del mapa geológico
- k) Historia geológica

Material A.V.: T.V. Enciclopedia Británica: Explorando el planeta Tierra.

Fuentes de información sobre la Geología de España:

- Publicaciones y trabajos: Boletín Geológico y Minero, C.S.I.C., Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural.
- Mapas geológicos. Diferentes tipos de mapas publicados por el Instituto Geológico y Minero de España.
- Trabajos de Geología Aplicada.

Proveedores de mapas:

Además de los señalados en el Tema:

- Servicio de publicaciones del ministerio de Industria.
- Instituto geográfico nacional
- Servicio Geográfico del ejército
- Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército de Aire. Ministerio de Defensa.
- Phoebe S. A. Mapas.
- Atlas geomorfológico: Mtnez. Pisón. Alianza. (bueno para cortes y paisajes).
- Introducción a las Ciencias de la Tierra. Ed. Reverté (traducción de la Open University).

Bibliografía de interés regional:

- Lugares de interés geológico de la provincia de Murcia. Agencia Regional para el Medio Ambiente y la Naturaleza. 1992

❑ Criterios de evaluación

1. Deducir a partir de mapas topográficos y geológicos sencillos de una determinada zona la existencia de estructuras geológicas concretas, así como la relación entre dichas estructuras y el relieve.
Se pretende comprobar que el alumno sabe analizar mapas sencillos, aplicando para ello las reglas básicas de interpretación cartográfica en geología: identificación de los tipos de contacto entre rocas, disposición de las capas, etc.
2. Identificar en cortes geológicos sencillos las distintas formaciones litológicas presentes y aplicar criterios cronológicos diversos para datar cada una de las formaciones.
Este criterio permite averiguar si los estudiantes relacionan los diferentes tipos de procesos geológicos (fosilización, intrusiones magmáticas, transgresiones y regresiones marinas, etc.) con las huellas que de ellos encontramos en el subsuelo de una región en particular. Al mismo tiempo sirve para comprobar si saben aplicar los principios de la cronología relativa correctamente.
3. Utilizar satisfactoriamente diversos instrumentos y técnicas como son: Brújula, y bloques de diagrama.
Es necesario comprobar si el alumno sabe utilizar adecuadamente este instrumento básico en el quehacer geológico.
5. Relacionar la investigación geológica con actividades de nuestra civilización, tales como la prospección y explotación minera (carbón, petróleo, metales, combustibles radiactivos, áridos, etc.), la

búsqueda de emplazamientos para los residuos radiactivos, la localización y explotación de aguas subterráneas, la construcción de edificios y vías públicas, etc.

Se trata de averiguar si los alumnos conocen que detrás de todas estas actividades existe un conjunto de conocimientos y técnicas de trabajo específicas. Se requiere saber en qué consiste la investigación geológica y en qué ámbitos del desarrollo social incide.

NUEVO CURRÍCULO

- ❑ **Advertencia importante: a partir del curso 2003-04 entra en vigor el nuevo currículo de CTMA por lo que, si se quiere programar para esta asignatura, han de tenerse en cuenta los nuevos objetivos, contenidos y criterios de evaluación.**

1º DE BACHILLERATO. BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

OBJETIVOS

1. Desarrollar actitudes y hábitos de trabajo asociados al método científico, tales como: búsqueda exhaustiva de información, capacidad crítica, cuestionamiento de lo obvio, apertura a nuevas ideas y necesidad de verificación de los hechos.
2. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Biología y la Geología, que les permitan tener una visión global y una formación científica básica para desarrollar estudios posteriores y aplicarlos a situaciones reales y cotidianas.
3. Analizar hipótesis y teorías contrapuestas que permitan desarrollar el pensamiento crítico y valorar sus aportaciones al desarrollo de la Biología y la Geología.
4. Desarrollar hábitos de observación y descripción esenciales para el trabajo del naturalista.
5. Interpretar globalmente los fenómenos de la geodinámica interna a la luz de la Tectónica de placas.
6. Comprender el funcionamiento de los seres vivos como diferentes estrategias adaptativas al medio ambiente.

CONTENIDOS

Bloque 1: La investigación científica en nuestro planeta: Métodos tradicionales. Reconocimiento “in situ”. Recolección de muestras. Precauciones. Análisis físico-químicos. Las nuevas tecnologías en la investigación del entorno: GPS y teledetección.

CIENCIAS DE LA TIERRA Y MEDIOAMBIENTALES

OBJETIVOS

1. Comprender el funcionamiento de los sistemas terrestres, las interacciones que se dan entre ellos y sus repercusiones sobre el sistema humano.
2. Conocer las medidas preventivas y correctoras que se deben adoptar para contrarrestar las repercusiones negativas que sobre el sistema humano provocan las manifestaciones energéticas del planeta.
3. Conocer las posibilidades de renovación de los recursos naturales y adaptar su uso y límite de explotación a dichas posibilidades.
4. Evaluar los beneficios económicos obtenidos de la utilización de recursos naturales, teniendo en cuenta sus características, así como los impactos provocados por su explotación.

5. Investigar los problemas ambientales desde una perspectiva globalizadora, que integre a todos los puntos de vista, recogiendo datos, elaborando conclusiones y proponiendo alternativas.
6. Tomar conciencia de que la naturaleza tiene sus límites y que para asegurar la supervivencia no hay que dominarla sino aprovecharla respetando sus leyes.
7. Saber utilizar ciertas técnicas de tipo químico, biológico, geológico, estadístico, económico y de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación para abordar problemas ambientales.
8. Mostar actitudes para proteger el medioambiente escolar, familiar y local, criticando razonadamente medidas que sean inadecuadas y apoyando las propuestas que ayuden a mejorarlo.

CONTENIDOS

Bloque I: Introducción a las Ciencias Ambientales. Tema 3: Las nuevas tecnologías en la investigación del medio ambiente: GPS. Fundamentos, tipos y aplicaciones. Teledetección: fotografías aéreas, satélites meteorológicos y de información medioambiental. Radiometría. Programas informáticos de simulaciones medioambientales. Programas telemáticos de cooperación internacional en la investigación ambiental.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Utilizar modernas técnicas de investigación (GPS, fotografías de satélites, radiometrías, etc.) basadas en nuevas tecnologías de la información y la comunicación, en pequeñas investigaciones medioambientales.

Preguntas tema 20.

1. Cita los principales campos de interés de la Geología aplicada.
2. ¿De qué factores depende que la explotación de un yacimiento mineral sea rentable?
3. El agua subterránea es un recurso importante ¿cómo se localiza y explota?
4. En España hay yacimientos de hulla y de lignito, ¿aparecen en el mismo tipo de terrenos?
5. ¿Por qué puede crear problemas la presencia de agua en una obra de ingeniería?
6. ¿Por qué se inyectan lodos en los sondeos de rotación?
7. ¿Qué parámetros se necesita estudiar para establecer el balance hídrico de una región cualquiera?
8. En un mapa topográfico de escala 1:50.000, el punto A está a 1800 m. de altitud y el B 300. Los separa una distancia de 9 cm. Calcular la pendiente.
9. Realizar perfiles topográficos. Leer el mapa topográfico.
10. Cálculo de pendientes.

Respuestas tema 20.

1. Recursos mineros, fuentes de energía, hidrología, ingeniería y obras públicas, conservación del medio, etc.
2. De la concentración del producto que se extrae, tamaño de yacimiento, método de explotación, localidad donde encuentra (fácil transporte), valor del producto, demanda del mercado, etc.
3. Se estudia el balance hídrico de la zona, la naturaleza litológica y tectónica del subsuelo (sondeos, prospección geofísica, etc.). Si los resultados son favorables se hacen pozos testigo y análisis químicos y bacteriológicos, según el destino final del agua.
4. No, los yacimientos de hulla se localizan en terrenos paleozoicos, los de lignito casi siempre en terciarios.
5. Puede provocar importantes deslizamientos que hagan que se destruya la obra con las consiguientes pérdidas materiales o incluso humanas.
6. El papel del lodo es múltiple: lubricar y refrigerar las herramientas, mantener las paredes del yacimiento no entubadas y transportar, durante su ascenso por la parte exterior, la roca triturada por los sondeos.
7. Del conocimiento del ciclo hidrológico. Lo podemos calcular, para una región dada, aplicando el principio de la conservación de Lavoisier:
8.
$$\text{entradas} = \text{salidas} + \text{variaciones de almacenamiento (Ver tema de los ríos)}$$
$$\text{tangente de } \alpha = \frac{1500}{4.500} \times 100 = 33'33 \%$$