

# 1

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA TIERRA

### 1.3. EL TRABAJO CIENTÍFICO EN BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

El aspecto más importante del trabajo científico en las disciplinas de la geología y de la biología es la observación de la naturaleza. La observación puede ser de dos tipos en función de la forma en la que se lleva a cabo: la observación *in situ* y la experimentación. Para la observación *in situ* los investigadores aplican los sentidos, ya sea de forma directa o a través de instrumentos adecuados, sobre objetos y fenómenos tal y como se encuentran en la naturaleza. Uno de los instrumentos más utilizados son los **microscopios**, por eso es conveniente que conozcas los tipos de microscopios y su utilidad.

Uno de los mayores avances para la observación científica ha sido el desarrollo de sistemas para obtener información a distancia: es el caso que has estudiado de la **teledetección**. Te proponemos que analices de forma interactiva una serie de fotografías aéreas.

Cuando la observación de los fenómenos se lleva a cabo en el laboratorio y bajo condiciones controladas, se denomina experimentación. Este tipo de trabajo científico necesita una recogida de muestras, una preparación de las mismas, realización de ensayos en condiciones **experimentales**. Con las técnicas de separación y la preparación de muestras para su observación te acercamos a esta forma de trabajar de los científicos.

## Métodos de observación *in situ*: los microscopios

El microscopio es un instrumento óptico que amplifica la imagen de objetos pequeños. Existen varios tipos de microscopios, de ellos los más utilizados actualmente son: el microscopio óptico y el electrónico.

### El microscopio óptico

Es el tipo de microscopio más utilizado; se sirve de la luz visible para crear la imagen aumentada del objeto. La muestra es atravesada por los rayos de luz y captada directamente por el ojo. Estos microscopios están compuestos por dos sistemas de lentes: el objetivo y el ocular, y pueden conseguir aumentos de la muestra por encima de las 2000 veces. Una de las ventajas de este microscopio es que permite ver, mediante algunas técnicas, células vivas.

Existen microscopios ópticos especiales, como el **estereoscópico**, el microscopio **de luz ultravioleta** y el microscopio **petrográfico** o de **polarización**.



*Microscopio óptico.*

El **estereoscópico** consiste en un par de microscopios de baja potencia que convergen sobre la muestra produciendo dos imágenes ligeramente distintas que llegan a cada ojo, lo que permite percibir una imagen tridimensional.

El **microscopio de luz ultravioleta** (UV) utiliza la luz ultravioleta del espectro visible en lugar de la luz visible. La luz UV tiene una longitud de onda menor, lo que permite aumentar su poder de resolución. Se tienen que utilizar cristales de cuarzo o de fluorita, para conseguir la transmisión de la luz y, como el UV no es visible, la imagen tiene que ser vista en pantallas fosforescentes o en película fotográfica sensible al ultravioleta.

El microscopio **petrográfico** se utiliza para estudiar las preparaciones microscópicas de suelos y los componentes minerales de las rocas. Se trata de un microscopio que utiliza la luz polarizada plana ya que los minerales presentan propiedades ópticas que se ponen de manifiesto al atravesarles a luz polarizada. Tiene un prisma de nícol u otro dispositivo que permite polarizar la luz que atraviesa la muestra. Las preparaciones se colocan entre dos láminas polaroides. La inferior se denomina polarizador, y la superior, analizador porque analiza los efectos de la luz polarizada sobre la preparación. Con el polarizador la visión es parecida a la que se obtiene trabajando con la luz normal, en cambio con el analizador se observan los minerales con colores artificiales, llamados colores de interferencia, que se producen debido a la doble refracción que sufren las ondas al chocar con el mineral. Estos colores de interferencia ayudan a diferenciar los distintos cristales de un mineral (monocristalinos o policristalinos) y el grado de deterioro que presentan.

Otros microscopios también utilizados en investigación son los de **campo oscuro** y **de fase**. El microscopio de campo oscuro se utiliza para estudiar especímenes transparentes, que no se pueden ver al microscopio normal. Utiliza una luz intensa en forma de cono hueco, estando la zona de visión en el centro que es en principio oscuro. Se percibe únicamente la luz que choca contra el espécimen y es reflejada. El microscopio de fase se basa en el mismo principio de iluminación que el de campo oscuro, pero además presenta un dispositivo en forma de anillo que produce un cambio de fase en la longitud de la onda luminosa que se percibe. De esta manera se pueden observar células o individuos prácticamente transparentes; por ello puede utilizarse para realizar observaciones de tejidos o células vivas.

## **El microscopio electrónico**

La resolución de un microscopio óptico está limitada por la longitud de onda de la luz visible, esto ha podido ser superado utilizando como fuente de iluminación los electrones, que tienen una longitud de onda mucho menor; de esta forma se consigue aumentar enormemente la resolución.

- **Elementos de un M.E.**

Todos los microscopios electrónicos tienen un cañón de electrones que funciona como fuente de iluminación, unas lentes magnéticas que dirigen y enfocan el haz de electrones, el sistema de vacío, ya que los electrones pueden ser desviados por las moléculas que forman el aire, y un sistema de registra la imagen que producen los

electrones, fundamentalmente un monitor fosforescente en donde se registran los electrones que no han sido absorbidos por la muestra.

- **Tipos de M.E.**

Existen dos tipos básicos de microscopios electrónicos: el microscopio electrónico de transmisión (MET) y el microscopio electrónico de barrido (MEB).

Un MET dirige el haz de electrones sobre la muestra que se quiere aumentar y parte del haz de electrones atraviesa el objeto a aumentar. Para utilizar un MET es necesario cortar la muestra en capas muy finas, no mayores de un par de angstroms.

Un MEB crea una imagen ampliada de la superficie de un objeto y no es necesario cortar la muestra para poder observarla. en este caso el haz de electrones se refleja sobre la muestra en vez de atravesarla.

## **Teledetección: análisis de fotografías aéreas**

La teledetección es una técnica basada en el análisis de imágenes obtenidas desde aeronaves y satélites que llevan sensores capaces de obtener información a distancia. Este sistema se emplea habitualmente para la confección de mapas, análisis de la erosión del suelo, etc. Una muestra la tienes en esta fotografía aérea que de forma interactiva tienes a continuación.



## Técnicas de separación

### La cromatografía

La **cromatografía** fue descubierta por **Mikhail Tswett** que separó los pigmentos de las plantas disueltos en éter de petróleo sobre una columna de carbonato de calcio. a medida que se va filtrando, cada componente de la mezcla precipita a diferente velocidad, obteniéndose unas bandas de colores denominadas cromatogramas. Cada banda corresponde a un pigmento.

En una cromatografía se distinguen los adsorbentes y el solvente, o fase móvil. Los adsorbentes más utilizados son: sílice gel (el más usado), la alúmina, la celulosa o las poliamidas. Los solventes son muy variados y permiten elegir el tipo de sustancia (polar/apolar) que van a transportar.

La muestra se aplica sobre la placa como una banda o en un punto o mancha. A continuación se suelen colocar las placas en cámaras que preservan de la evaporación al solvente y permiten que la cromatografía se desarrolle. Según va avanzando la fase móvil, los distintos solutos se van quedando adsorbidos en diferentes puntos en función de su solubilidad y de la interacción con el adsorbente.

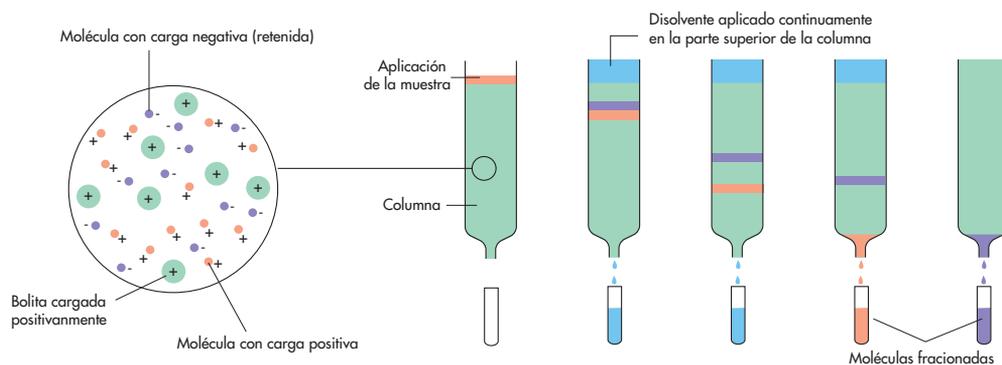
En muchos casos la cromatografía no es visible, por lo que hay que proceder a revelarla. Este proceso puede realizarse mediante reacciones químicas, consiguiendo compuestos coloreados o fluorescentes mediante reactivos, o bien mediante un revelado óptico, utilizando radiación ultravioleta.

El uso de la cromatografía se utiliza para el análisis de alimentos, medicinas o productos petrolíferos y permite realizar análisis cualitativos (de tipo presencia/ausencia) o incluso análisis cuantitativos, que establezcan la cantidad de un determinado compuesto que existía en la muestra.

### Tipos de cromatografía

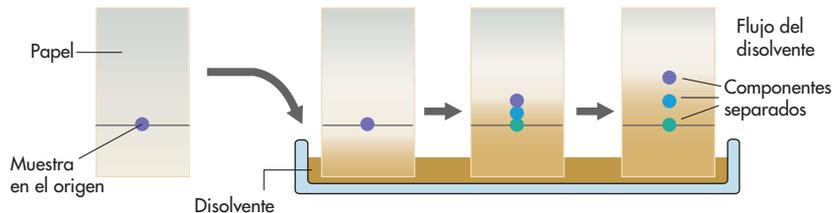
#### *Cromatografía en columna*

Utiliza como adsorbentes sólidos la sílice, la alúmina y la sílice gelatinosa. También los líquidos pueden ser adsorbidos por estos sólidos. La cromatografía de capas finas es una variante de la cromatografía en columna, el material adsorbente reposa en un cristal o en una película de plástico.



## Cromatografía en papel

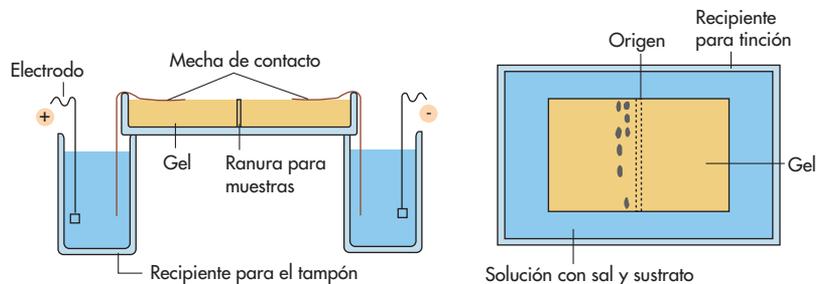
Una muestra líquida fluye por una tira de papel adsorbente sobre la que se depositan los componentes en lugares específicos.



Hay otros tipos de cromatografías que son utilizadas fundamentalmente en química. Podemos citar como ejemplo la cromatografía de gases, en donde la fase móvil es un gas inerte.

## Electroforesis

Es una técnica derivada de la cromatografía. Utiliza el mismo fundamento físico pero en presencia de un campo eléctrico para que las sustancias se separen en función de sus cargas (grupos ionizados). Se usa principalmente para separar proteínas que se desplazan a través de un gel de poliacrilamida.



La separación depende de factores como:

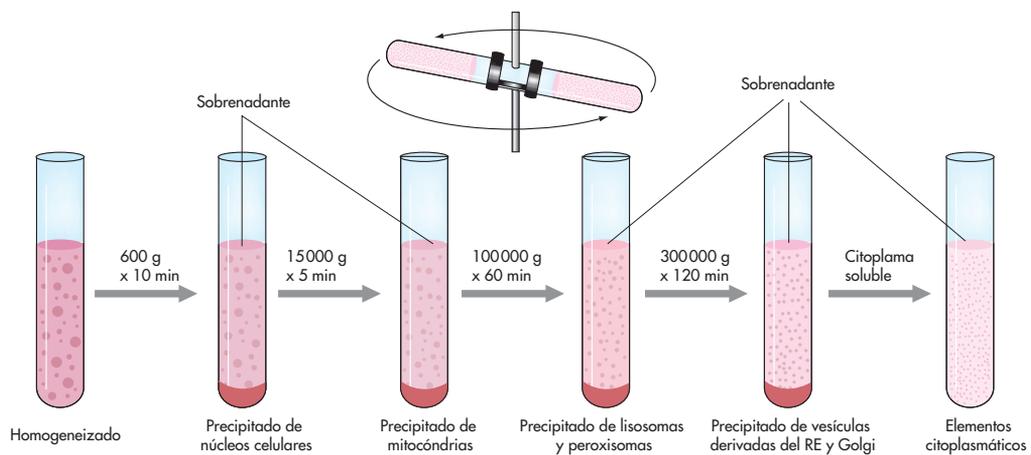
- El pH. Determina la carga neta de la molécula y por consiguiente su velocidad de migración.
- La fuerza iónica, que mide la cantidad de iones de la disolución.
- La temperatura, porque hace variar la viscosidad y de esta forma facilita o no la migración.
- Otros aditivos que pueden añadirse a la electroforesis, como surfactantes (reducen la tensión superficial), etc.

## Ultracentrifugación

La ultracentrifugación consiste en someter una mezcla homogeneizada a una velocidad de rotación muy alta, de forma que a velocidades más lentas sedimentan los componentes más grandes, y a velocidades mayores, los componentes más pequeños. Es decir, que aunque las masas de diferentes partículas sean muy similares, sedimentan en tiempos distintos. El instrumento utilizado es la ultracentrífuga.



Esta técnica se utiliza para separar fracciones celulares en las que se pueden distinguir núcleos de orgánulos citoplasmáticos, de membranas y de citosol. El proceso se esquematiza en el siguiente gráfico:



## Preparación de muestras para su observación

Para aprovechar al máximo las posibilidades de observación con el microscopio se deben realizar preparaciones previas en las muestras que van a ser observadas. Para el microscopio óptico y para el electrónico estas preparaciones son: fijación, obtención de cortes finos y tinción. Existen otras más específicas para la microscopía electrónica, como son las técnicas de sombreado metálico y la criofractura.

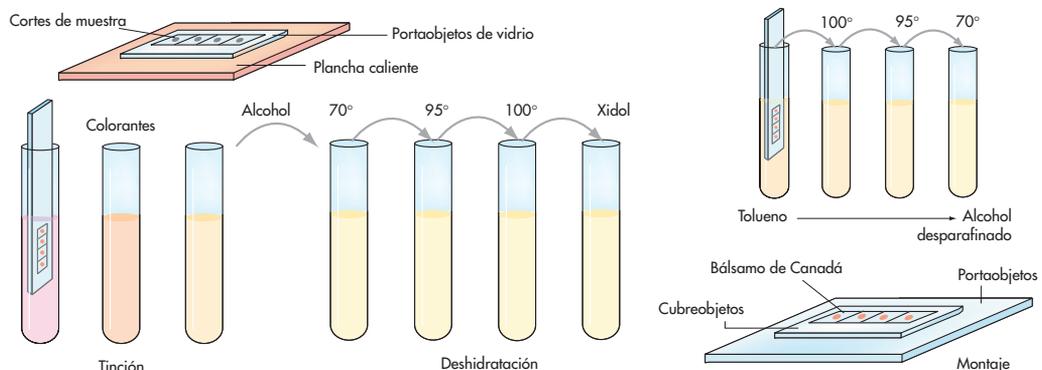
### Fijación

Consiste en la inmovilización de las estructuras celulares para evitar que tratamientos posteriores las distorsionen. Existen dos tipos de fijación: la fijación física (congelación) y la fijación química, que consiste en sumergir la muestra en solución fijadora como etanol, aldehídos, etc. A veces no es preciso fijarla y basta para nuestros propósitos con suspenderla en una gota de agua y proceder a observarla. Un sistema para fijar las células al soporte de forma sencilla es hacerlo mediante calor, a la llama suave del mechero de alcohol, y la muestra se queda pegada al soporte (porta) por desecación.

### Obtención de cortes finos

La muestra que ha de ser observada al microscopio, y por tanto, atravesada por la luz debe ser muy fina. Para conseguir cortes muy finos de la muestra es preciso que tenga suficiente rigidez como para permitir que sea cortada. Como técnica general la muestra se deshidrata y se rellena de parafina.

La deshidratación se consigue sumergiéndola en distintas soluciones alcohólicas de 70, 95 y 100% (alcohol absoluto), y por último se introduce en una solución de tolueno, para eliminar todo el agua. Posteriormente se la baña con una solución de parafina fundida en un horno, dejándola solidificar a temperatura ambiente. De esta forma se consigue tener una muestra que es susceptible de ser cortada por el microtomo.



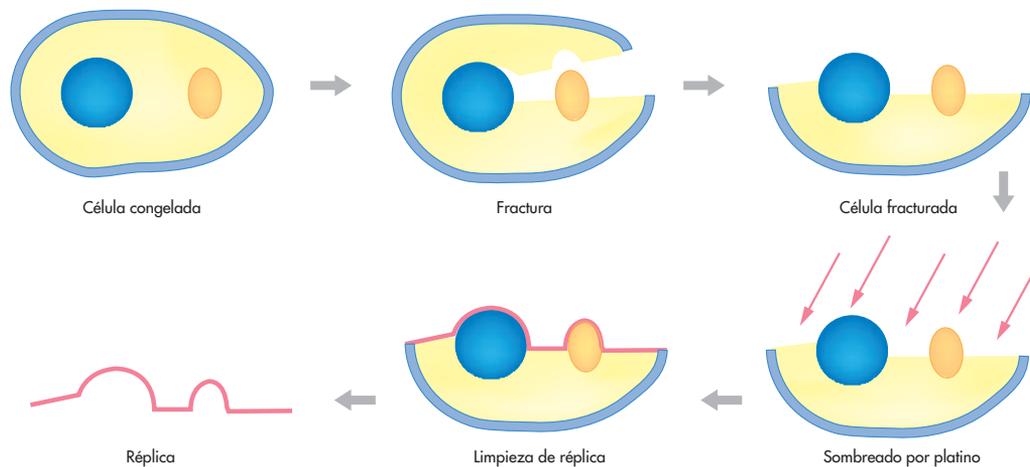
## Tinción

El microscopio nos da información sobre las zonas que absorben más o menos luz que otras. Para potenciar estas zonas se utilizan colorantes selectivos que tiñen zonas específicas de la célula; por ejemplo, el lugol tiñe de azul los granos de almidón. En preparaciones histológicas se utiliza frecuentemente la tinción diferencial. Básicamente consiste en teñir con un colorante de amplio espectro y posteriormente tratar la preparación con algún reactivo que decolore selectivamente algunos tipos celulares; al final se tiñe con un segundo colorante que se fija donde el reactivo actuó. Este sistema permite diferenciar distintos tejidos.

En el caso del microscopio electrónico de transmisión (MET) se utilizan sustancias que poseen átomos pesados, como el oro o el uranio, que resaltan las zonas sobre las que se depositan.

## Crio fractura

Consiste en congelar rápidamente la muestra para evitar la formación de cristales de hielo. La congelación se hace con nitrógeno líquido. Esta técnica se utiliza con tejidos o células enteras de forma que una vez congeladas se fracturan quedando en saliente los sistemas de membrana que existen en el interior. Una vez fracturadas se depositan vapores de platino sobre la muestra para destruir los restos de materia orgánica. Estas réplicas metálicas se observan al microscopio que permite ver el interior de las membranas celulares.



## **Experimento: realización de una clave de rocas ornamentales**

### **Rocas ornamentales**

Actualmente numerosas rocas son cortadas en placas y pulimentadas. En nuestras ciudades estas losas pulidas se pueden ver en las fachadas e interiores de edificios, locales o viviendas.

La roca pulida tiene la ventaja de no presentar cavidades o huecos y es más difícil de alterar y descomponer; por tanto, su duración es mayor.

Las muestras de rocas pulidas permiten reconocer de una manera clara la disposición de los minerales, la relación que hay entre ellos, las distintas fases de crecimiento de los cristales, las alteraciones, etc.

### **Claves dicotómicas**

Las claves dicotómicas son muy útiles para clasificar cualquier elemento del mundo orgánico o inorgánico.

Las claves dicotómicas se basan en la acotación de las distintas especies partiendo de un conjunto donde están representadas todas. Las especies se deben ir separando en subconjuntos más pequeños hasta llegar a individualizar todas y cada una de las especies que se vayan a clasificar.

Las instrucciones utilizadas para separar los subconjuntos deben ser muy claras, inteligibles, simples y que no induzcan a confusión.

Las claves deben ser realizadas por los alumnos para, de esta manera, comprobar diversas características y propiedades utilizadas en la clasificación. De esta manera el alumno puede entender mejor claves más completas y complicadas ya elaboradas.

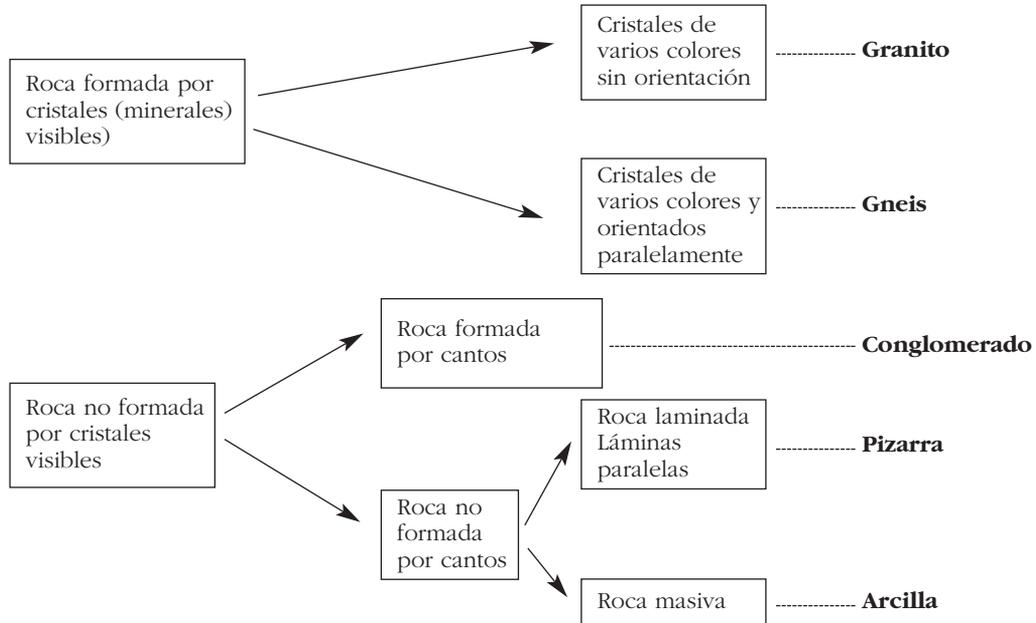
Es importante también comparar las distintas claves confeccionadas en el laboratorio por los alumnos; ver los criterios con los que se han elaborado y señalar cuál de ellos es más inteligible y fácil de manejar.

### **Sugerencias de procedimiento**

Los criterios para realizar una clave pueden ser muy variados y dar como resultado una clave igualmente válida. Comenzarán a separarse las rocas por aquellas propiedades o características que ayuden a fijar los criterios en el estudio de las rocas.

**Ejemplo:**

**Clave realizada con granito, gneis, arcilla, pizarra y conglomerado.**



**CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES ROCAS ORNAMENTALES**

- 1 Roca formada por cristales de uno o varios minerales trabados en forma de mosaico y de aspecto similar al granito .....2  
 Roca que no está formada por un mosaico de cristales. Color homogéneo o con algunas variaciones. A veces puede tener aspecto brechoide (roca rota o triturada, con fragmentos angulosos).....13
- 2 La roca tiene mucho cuarzo (cristales grisáceos de aspecto vítreo) .....3  
 La roca no tiene cuarzo o tiene muy poco (menos del 15%).....9
- 3 Hay grandes cristales de feldespatos que destacan sobre los demás. A veces están orientados .....4  
 Los cristales de feldespato no destacan sobre los de cuarzo .....6
- 4 Cristales de mica y feldespatos en bandas paralelas que a veces pueden estar plegadas: **Gneis Glandular**.  
 Sin estas características.....5
- 5 Cristales de feldespatos redondeados y zonados (hay bandas concéntricas en su interior): **Granito Ocular (Granito de Rapakivi)**.  
 Cristales alargados de feldespatos geoméricamente bien delimitados. También pueden estar zonados: **Granito Porfídico**.
- 6 Cristales de feldespatos de color blanco o gris .....7  
 Cristales de feldespatos rosados: **Granito rosa**.

- 7 Sin mica blanca. Con cristales de mica negra (biotita): **Granito Biotítico.**  
Con mica blanca (moscovita) .....8
- 8 Con cristales de mica blanca y mica negra (moscovita y biotita): **Granito de dos Micas.**  
Sin mica negra: **Granito Mosaovítico.**
- 9 Roca de color gris oscuro y aspecto moteado. Grano fino. Con algún cristal de cuarzo, pero muy escaso (menos del 15 %):  
Roca sin cuarzo. Color negruzco, verdoso, azulado, rosado o gris claro .....10
- 10 Cristales muy oscuros, roca de aspecto negruzco con cristales de color negro o gris oscuro: **Gabro.**  
Sin estas características.....11
- 11 Grandes cristales de colores azulados o verdosos entre otros de pequeño tamaño: **Sienita Augítica (Labrador).**  
Sin estas características.....12
- 12 Cristales pequeños. Aspecto moteado con color gris claro o también cristales grandes en tonos rosados junto con otros negros o verdosos: **Sienita.**  
Roca de color verde y cristales pequeños. Frecuentes cristales amarillentos de pirita: **Anfibolita.**
- 13 Roca de aspecto cristalino con grano grueso. Sin cavidades ni fósiles. A veces se encuentran numerosas bandas coloreadas y plegadas. También puede haber algún filón con límites poco marcados .....14  
Sin estas características.....15
- 14 Color blanco muy puro: **Mármol blanco** (tipo Carrara).  
Otros colores: **Mármol** (rosa, gris, etc.).
- 15 Roca con aspecto de estar triturada. Bloques de roca con colores bien definidos rodeadas de materiales de distinto tono. Aspecto de brecha .....16  
Sin estas características.....17
- 16 Roca de color verdoso, con zonas claras y oscuras: **Serpentinita.**  
Roca en tonos claros, cremas, rojos, etc.: **Caliza Brechoidea, Brecha Calcárea.**
- 17 Rocas con grano fino o sin grano apreciable a simple vista. Pueden presentar fósiles o cavidades. Aspecto homogéneo. Si hay filones, estos suelen ser blancos y bien definidos. Pueden tener cavidades .....18  
Roca con tonos claros, cremas o amarillentos. Dispuesta en bandas paralelas finas, claras y oscuras. Las bandas presentan aspecto rizado y numerosas cavidades: **Caliza Travertínica (Travertino).**
- 18 Sin fósiles abundantes .....19  
Con fósiles abundantes .....21
- 19 Muy blanca. Con oquedades. Puede haber concreciones redondeadas (oolitos) o moldes de caracoles (gasterópodos): **Caliza del Páramo.**

- Colores diversos: crema, rojo, etc.....20
- 20 Grano muy fino perceptible: **Caliza Esparítica.**  
 Grano muy fino no perceptible: **Caliza Micrítica.**
- 21 Color rojizo con abundantes secciones circulares grandes más o menos cerradas, estas secciones destacan en tonos más claros: **Caliza con Rudistas.**  
 Otras secciones de fósiles .....22
- 22 Color claro, crema, marrón, con secciones circulares pequeñas tabicadas o secciones alargadas:  
**Caliza con Foraminíferos.**  
 Otras secciones de fósiles
- 23 Color negro. Secciones de conchas de caracoles o parecidas a los mejillones, madreporas o corales: **Caliza negra Fosilífera.**  
 Con secciones poligonales, cilíndricas. A veces con un pequeño círculo o punto. También puede haber pequeñas secciones rectangulares: **Caliza de Crinoides (Encrinita)**

## Modelo para un trabajo de investigación bibliográfica

Para la elaboración de trabajos de investigación bibliográfica o de recopilación relacionados con esta asignatura se puede seguir este esquema de trabajo.

FASES		
1	BÚSQUEDA DE LA INFORMACIÓN	Bibliografía recomendada por el profesor.
		Obras generales (enciclopedias, diccionarios, atlas).
		Información en Internet. Uso de buscadores.
		Bibliografía específica.
		Artículos de revista y prensa.
2	TOMA DE DATOS	Lectura y toma de datos de los contenidos de cada fuente.
		Elaboración de una ficha de cada fuente seleccionada.
3	ESTRUCTURA DEL TRABAJO	Introducción general. (Puede incluir referencias históricas, alusiones a otras zonas o a las repercusiones sociales del hecho científico).
		Descripción del fenómeno científico.
		Hipótesis que pueden explicar estos hechos. Pruebas que se pueden utilizar para verificarlas o no.
		Conclusión. Exposición de los resultados.
		Valoración e interpretación personal.
4	BÚSQUEDA Y RECOPIACIÓN DE DATOS QUE FALTAN	Revisión de las fases 1 y 2 por si los datos recabados fueran insuficientes.
5	REDACCIÓN DEL TRABAJO	Elección de un título para el trabajo (preciso, apropiado y preferiblemente corto).
		Índice.
		Introducción.
		Cuerpo del trabajo, separado en diferentes secciones según la naturaleza del trabajo. Puede incluir dibujos, diagramas, gráficos, fotografías, mapas, fórmulas y citas a pie de página.

FASES		
5	REDACCIÓN DEL TRABAJO	Conclusiones finales (preferiblemente breves y evitando repeticiones).
		Valoración e interpretación personal (relacionándola con temas sociales y de actualidad).
		Palabras-clave definidas que permitan una búsqueda directa por ficha bibliográfica o en la red.
		Bibliografía consultada.
6	REVISIÓN DEL TRABAJO	Ortografía, puntuación correcta. Estructuras gramaticales claras y precisas. (Puede ser de ayuda el corrector ortográfico de los procesadores de textos).
		Cuidado en la presentación del trabajo. Establecimiento de márgenes y paginación del trabajo. Claridad y calidad de las ilustraciones, de la letra o de la impresión que se realice.

## Modelo para la elaboración de una memoria sobre un trabajo de campo

A continuación aparece un esquema para la realización de este tipo de trabajos. Se propone que la recogida de datos sea individual pero la redacción de la memoria se haga de forma colectiva en grupos de 3 a 5 alumnos.

FASES		
1	PREPARACIÓN DE LA SALIDA	Lectura y análisis del guion y/o explicación del profesor.
		Preparación de los materiales necesarios para recoger la información en el campo.
2	TOMA DE DATOS EN EL CAMPO (individual)	Respuesta a las preguntas del guion proporcionado por el profesor.
		Realización de dibujos, croquis o fotografías sobre el tema del trabajo.
		Recogida de muestras.
3	REALIZACIÓN DE LA MEMORIA (en grupo)	Puesta en común de los datos recogidos por cada uno de los integrantes del equipo.
		Ampliación si es necesario basándose en fuentes bibliográficas relativas al trabajo (mapas, guías de plantas, etc.)
		Discusión de los resultados obtenidos y elección de los mejores dibujos, croquis o muestras. Reelaboración si se considera necesario.
		Redacción de la memoria siguiendo las indicaciones del profesor en el guion o en sus explicaciones.
		Elaboración de las conclusiones.
		Valoración del grupo sobre la actividad realizada.
4	REVISIÓN DEL TRABAJO	Ortografía, puntuación correcta. Estructuras gramaticales claras y precisas. (Puede ser de ayuda el corrector ortográfico de los procesadores de textos).
		Cuidado en la presentación del trabajo. Establecimiento de márgenes y paginación del trabajo. Claridad y calidad de las ilustraciones, de la letra o de la impresión que se realice.

## Modelo para la elaboración de un informe de prácticas de laboratorio

Los informes de laboratorio pueden ser realizados sobre el mismo guion de prácticas, en el cuaderno de clase o de laboratorio o bien como un trabajo aparte que agrupe una práctica o un grupo de prácticas. Como guía sugerimos el siguiente esquema propuesto para un trabajo individual del alumno.

FASES		
1	PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA	Lectura y análisis del guion y/o explicación del profesor.
2	TOMA DE DATOS EN EL LABORATORIO	Seguimiento del guion de actividades propuesto por el profesor.
		Apuntar los resultados en forma de tabla de datos, dibujos o bien observaciones que se han ido haciendo.
3	REDACCIÓN DEL INFORME	Recopilación de la información que se tiene sobre el tema.
		Ampliación, si se cree necesario, con información externa al guion y a la explicación del profesor (datos del libro de texto, etc.).
		Redacción del informe. Si el guion es cerrado, ir contestando a los distintos apartados; si es abierto, estructurarlo en apartados como: Título de la práctica. Material utilizado. Reactivos empleados. Método o procedimientos seguidos. Observaciones que han sido tomadas, estructuradas en tablas de datos, croquis, dibujos (poniendo aumentos si se usa lupa o microscopio), etc. Conclusiones de la práctica.
4	REVISIÓN DEL TRABAJO	Ortografía, puntuación correcta. Estructuras gramaticales claras y precisas.
		Cuidado en la presentación del trabajo. Establecimiento de márgenes y paginación del trabajo. Claridad y calidad de las ilustraciones, de la letra y de la impresión que se realice.