

711718
PUBLICACIONES DE LA JUNTA DE CIÊNCIAS
NATURALES DE BARCELONA - 1918

Musei Barcinonensis
Scientiarum Naturalium Opera

SERIES GEOLÓGICA

I

Instrucciones a los recolectores de rocas
y a los aficionados a Geología y Petrografía

POR EL

Dr. Maximino San Miguel de la Cámara

Catedrático de Geología en la Universidad de Barcelona,
Miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona y Auxiliar Técnico
de la Junta de Ciencias Naturales de Barcelona



MUSEO MARTORELL
PASEO DE LA INDUSTRIA
BARCELONA

Junta de Ciències Naturals de Barcelona

(1918-1919)

La JUNTA DE CIÈNCIES NATURALS DE BARCELONA, sota el patronat de l'Excm. Ajuntament i de l'Excma. Diputació provincial, té a son càrrec els serveis referents a Història Natural pertanyents a una i altra corporació. Entre ells hi ha el *Museu de Ciències Naturals*, que comprèn els de Mineralogia i Geologia, Zoologia general (Museu Martorell), i Museu de Catalunya amb laboratoris i instal·lacions auxiliars. En nom d'ell es publiquen aquests treballs, dividits en les *series Geològica, Botànica, Zoològica i Oceanogràfica*.

La Junta publica ademés anyalment un *Anuari*, on se dona compte en general del moviment científic, organització i desenrotlló de la mateixa, així com lleugers resums dels *Cursos del Museu*, i prepara una col·lecció de *Manuals* amb l'*Història Natural de Catalunya*.

Actualment, formen la Junta els senyors següents:

Presidents honoraris

EXCM. SR. ALCALDE DE BARCELONA

EXCM. SR. PRESIDENT DE LA DIPUTACIÓ PROVINCIAL

President efectiu

CASSIMIR GIRALT

Vicepresident

MANUEL CAZURRO

Tresorer, ANTONI MONTANER — *Bibliotecari*, JOSEP M.^a BOFILL

Vocals

Regidors: NAVIER CALDERÓ. — RAFAEL GUERRA DEL RÍO. — LLUÍS NICOLAU D'OLWER.

Diputats: JOSEP PUIG I CADAFALCH. — DOMINGO PALET I BARBA.

Tècnics: JAUME BOFILL I MATAS. — JOAQUIM FOLCH I GIRONA. — MARQUÈS DE CAMPS.

Secretari general

JOSEP MALUQUER

720

INSTRUCCIONES A LOS RECOLECTORES DE
ROCAS Y A LOS AFICIONADOS A GEOLOGÍA
Y PETROGRAFÍA

IMPRESA DE HENRICH Y C., EN COMANDITA.—CÓRCEGA, 348, BARCELONA

PUBLICACIONES DE LA JUNTA DE CIÈNCIES
NATURALS DE BARCELONA - 1918

Musei Barcinonensis
Scientiarum Naturalium Opera

SERIES GEOLÓGICA

I

Instrucciones a los recolectores de rocas
y a los aficionados a Geología y Petrografía

POR EL

Dr. Maximino San Miguel de la Cámara

Catedrático de Geología en la Universidad de Barcelona.
Miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona y Auxiliar técnico
de la Junta de Ciencias Naturales de Barcelona.



MUSEO MARTORELL
PASEO DE LA INDUSTRIA
BARCELONA

El Museu de Ciències Naturals de Barcelona espera poder enriquir ses coleccions amb la valiosa col·laboració d'aquelles persones que residint en diversos indrets de nostra terra o viatjant per fòra en contacte directe amb la naturalesa vulguin contribuir a la nostra obra científica i de cultura. A elles, doncs, endressem aquestes instruccions, que els serviràn d'iniciació i guia i faràn que sa tasca resulti profitosa.

INSTRUCCIONES A LOS RECOLECTORES DE ROCAS Y A LOS AFICIONADOS A GEOLOGÍA Y PETROGRAFÍA

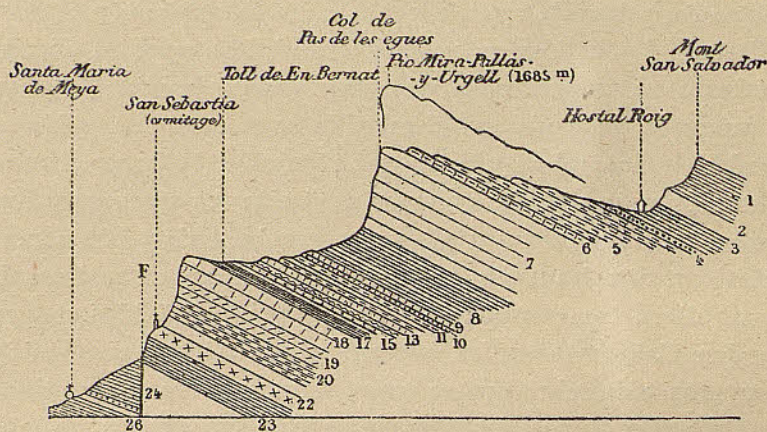
Recoger y seleccionar en el campo las rocas que hayan de servir para la investigación petrográfica y para la formación de un museo de petrografía, es empresa que requiere, por parte del recolector, cierta práctica y algunos conocimientos geológicos. Difícil es dar reglas que sean aplicables y de verdadera eficacia para los recolectores y que comprendan los muchos casos diferentes que puedan presentarse; creemos, no obstante, que es de gran valor indicar a los aficionados a las ciencias naturales, los datos y observaciones que pueden apuntar al recoger las rocas, para que el producto que entreguen a los museos o a los especialistas pueda ser de verdadera utilidad. Si el que recoge el material es persona bien instruída para este fin, y lo hace con detenimiento e interés, puede su cosecha servir a un especialista para hacer una memoria geognóstica completa, sin necesidad de que haya de recorrer y visitar la región de donde procede; y en un museo son de utilidad mayor aquellos ejemplares de rocas que acompañan a su nombre específico un conjunto de datos sobre sus condiciones de yacimiento y relaciones con otras rocas del país. Por otra parte educar en este sentido algunos colectores y guías o a los aficionados y principian-

tes, es de una extraordinaria importancia para los museos y el personal especialista, y más particularmente para los individuos que componen las comisiones encargadas de hacer el mapa geológico del país; estos recolectores en general ahorran muchas excursiones y paseos y son un elemento valiosísimo para la pronta resolución de dudas al ultimar los detalles del trazado del mapa y para la comprobación de ciertos fenómenos anotados sin gran detalle y seguridad.

Todos los geólogos que han vivido mucho tiempo en una región y que se han visto obligados a recorrérla para sus estudios, han procurado crear un grupo de recolectores y guías y les han educado a su modo, no siendo caso raro que estos aficionados hayan hecho después trabajos importantísimos en una ciencia que apenas podían creerse iniciados, y que hayan descubierto hechos y fenómenos nuevos, capaces de hacer cambiar las ideas que se tenían antes sobre aquel terreno y sobre algún problema de geología general.

Parece a primera vista que cualquiera persona puede recoger rocas para una colección o un estudio geognóstico, y en realidad no es así; de hacer la recolección un inteligente en la materia o un profano, depende muchas veces el conocer o desconocer multitud de datos interesantísimos y hasta absolutamente necesarios para la investigación petrográfica. El geólogo no se limita a coger rocas y llenar un saco o una mochila; antes estudia bien las condiciones de yacimiento y la tectónica geológica de la región; la relación que tienen entre sí las diversas rocas de la comarca, la manera de dividirse naturalmente y las alteraciones que experimentan en las superficies expuestas a la intemperie. Este último carácter es muy importante para el recolector; quien conoce bien los distintos aspectos, color y estructura de las diversas especies de rocas en la superficie alterada, encuentra pronto la roca que busca y distingue en seguida

las especies diferentes: por el contrario, sufren frecuentemente lamentables equivocaciones los que no tienen costumbre de ver y estudiar las rocas en el terreno; andando por el campo, es fácil confundir las areniscas y conglomerados, desde cierta distancia, y aun de cerca a veces si no se golpea con el martillo, con las calizas, a causa de recubrirse aquéllos de una pátina o costra grisácea que les da el color y aspecto de éstas; arrancando un trozo con el martillo se conoce en seguida su verdadera naturaleza y es lo que siempre debe hacer el recolector. Aun se prestan a mayor confusión las rocas eruptivas expuestas a la intemperie, que se recubren de pátinas muy semejantes en las rocas de la misma familia y en regiones de igual clima; los granitos, sienitas, dioritas y pórfidos se confunden fácilmente en los afloramientos antiguos; en cambio, por poca costumbre que se tenga en recoger rocas eruptivas, se distinguen como cosa diferente en los afloramientos recientes o canteras; los basaltos y diabasas se recubren de una capa arcillosa de color rojo que les oculta a la vista del recolector cuando han estado mucho tiempo expuestos a la intemperie. Otros muchos ejemplos podríamos citar, pero nos limitaremos a recomendar que se observe bien el macizo eruptivo antes de dar por terminada la recolección de ejemplares, pues una misma masa eruptiva presenta distinta estructura, y aun composición, en la zona externa que en la central; además, todo macizo eruptivo, y las formaciones edimentarias también, se ofrecen atravesados por filones o diques de rocas eruptivas, cuyo estudio es de un gran interés geológico.



Corte de la montaña de Montsech. Longitud, 4 km.; alturas libres. *Eoceno Numulítico*: 1, margas azuladas con *Ostrea multicostata*. — 2, caliza con alveolina. — 3, margas rojas del *Garunniense*. — 4 y 5, *Maestrichtiense*. — 6 y 7, *Campaniense*. — 8, margas amarillas y azuladas. — 9, caliza. — 10, areniscas rojizas. — 11, margas verdes del *Santoniense*. — 12, calizas con hippurites. — 13, caliza blanca con foraminíferos microscópicos. — 14, caliza margosa con gasterópodos y zoófitos del *Coniaciense*. — 15, caliza arcillosa. — 16, banco de ostras. — 17, margas con gasterópodos. — 18, caliza con equienia. — 19, caliza compacta del *urgoaptiense*. — 20, caliza litográfica del *Jurásico*. — 20, caliza compacta de igual edad. — 22, dolomías. — 23, margas rojizas con ostra del *Lias*. — 24 y 25, *Numulítico* rico en fósiles. — 26, banco de *Ostrea multicostata*. — 27, margas sabulosas también del *eoceno*. Según D. Luis M.º Vidal.

I. EQUIPO DEL PETRÓGRAFO

El material necesario para la recolección de rocas no es costoso, ni difícil de adquirir: en detalle este material varía según las regiones y naturaleza de las rocas objeto de estudio, y difiere algo de unos a otros geólogos.

Si no en absoluto, sí en gran parte, depende el éxito de una expedición geológica del material utilizado; para que nuestros primeros pasos no sean infructuosos, y no nos desaliente el fracaso de nuestro primer trabajo, debemos antes de empezar las excursiones proveernos de cuantos medios y aparatos consideremos necesarios para llevar a feliz término nuestra empresa; éstos, en general, son los siguientes:

Una *mochila de cuero*, un *maletín* y un *saco* o red; en el maletín se guardan los mapas, objetos y aparatos delicados; en la mochila colocamos las rocas recogidas, ya anotadas y numeradas y en el saco o red colocamos las rocas que vamos recogiendo, hasta que terminada la recolección en un punto dado, las seleccionamos, envolvemos y numeramos, para poderlas pasar a la mochila. No es absolutamente necesaria esta labor, pero la experiencia nos ha enseñado que es muy conveniente. El tamaño de la mochila debe ser de 40 × 50 cm. o de 50 × 60 cm.

Los *martillos* son compañeros inseparables del geólogo en el campo. Deben escogerse dos martillos, uno grande con pico (fig. 1), de unos dos kilos, con mango de 0,50 m. de longitud, para arrancar los bloques y fragmentar las grandes piedras, y

otro pequeño (fig. 2) de 200 grs., para modelar los ejemplares y romper los picos y bordes cortantes. Cuando acompaña guía y caballería al excursionista, debe llevar además una maza de 4 kilos e incluso una pequeña barra para hacer algún barreno.

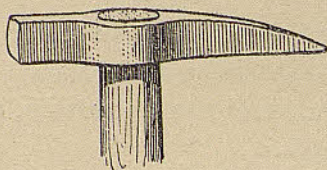


Fig. 1

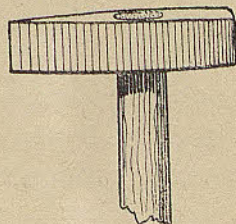


Fig. 2

Dos *cinceles* (fig. 3), uno de pico y otro cortante, de buen acero y bastante gruesos. Los martillos y cinceles suelen llevarse en un estuche de cuero, unido a una correa que se coloca el excursionista a manera de cinto (fig. 4), y debe adquirir la costumbre de dejar el martillo y cincel siempre que acaba

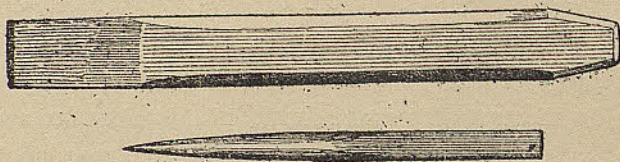


Fig. 3

de usarse en el estuche, pues de lo contrario se pierden muchas veces y no es poco el pesar que causa al geólogo la pérdida de su martillo en el campo.

Una *brújula* de pínulas con clinómetro para determinar la dirección de las capas, filones y grietas de las rocas y su inclinación; esta brújula (fig. 5) permite además levantar itine-

rarios y planos sencillos, sin gran aproximación, por rumbos.

Un buen *barómetro* aneroide para medir alturas.

Un *frasco* cuenta-gotas de tapón de vidrio con ácido clorhídrico diluido en agua destilada, que quepa 15 ó 20 gramos;

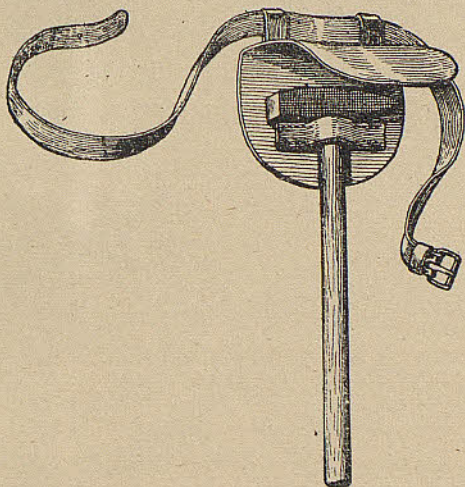


Fig. 4

para evitar que el líquido pueda derramarse y atacar los objetos próximos al frasco, se coloca éste en una caja cilíndrica de madera que cierra por medio de una tapa con paso de rosca (fig. 6).

Una lupa que aumente de 6 a 8 veces.

Un cortaplumas de buen acero.

Una libreta de apuntaciones con tapas fuertes y otra análoga para croquis, perfiles y cortes geológicos. Papel dividido en milímetros cuadrados, lápices de colores, una cinta métrica, cuerda, cajitas de madera y hojalata y tubitos de vidrio.

Una máquina fotográfica; las más usadas son las de placas de 9 × 12 cm. y las estereoscópicas; ambas deben tener buenos objetivos; las máquinas Goerz y el modelo de la casa Richard

llamado Veráscopo son de las más recomendables, pero hay otros modelos más económicos de buen resultado.

Anteojos prismáticos, de 6 a 8 ds.; deben ser muy luminosos; los de 6 ds. de la casa Zeis y los de 8 ds. de la casa Leit son los más convenientes.

Un compás de bolsillo para medir distancias en los mapas.

Una sonda de mano con maza (fig. 7). Rara vez utilizan los recolectores, los aficionados, ni los geólogos este aparato

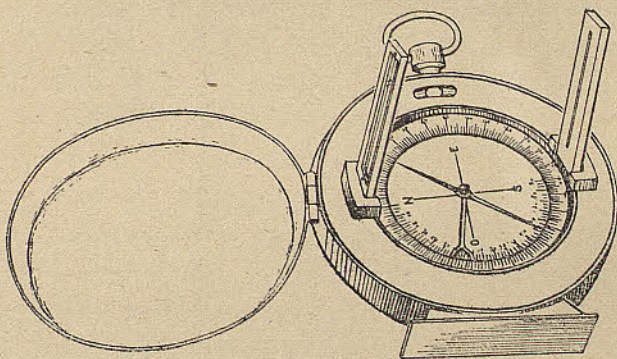


Fig. 5

y sin embargo es de gran utilidad. Sirve para determinar el espesor y la naturaleza de la capa de descomposición de las rocas, de los aluviones, arenas, etc.; el material se recoge en el hueco que se ve en la figura, y la sonda se clava en el suelo golpeando con el martillo; para sacarla se coloca un palo en el anillo que hay debajo de la cabeza de la sonda y se tira de los dos extremos; esta sonda es de hierro, con cabeza y punta de buen acero. En el comercio se encuentran sondas de esta clase, de uno, dos y tres metros; las substancias recogidas por la sonda se guardan, en cajas de madera o de hojalata con una etiqueta, en la que se anota el número del sondeo; en la libreta de apuntaciones debe anotarse inmediatamente el lugar que

corresponde a este número y todas las observaciones hechas en el lugar del sondeo, así como los datos suministrados por el sondeo mismo.

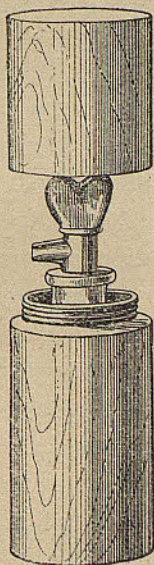


Fig. 6. — Cajita de madera para el frasco de ácido clorhídrico. — *Geologie für jedermann*, von Dr. A. Berg.

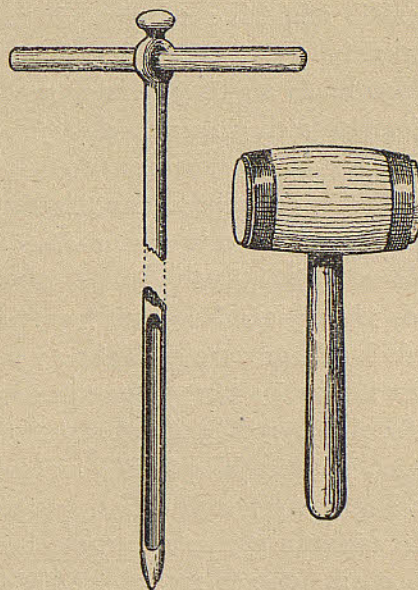


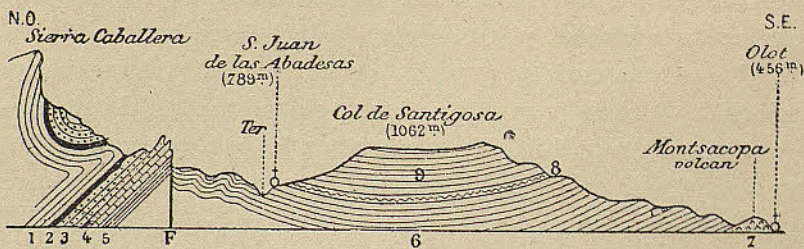
Fig. 7
Sonda de mano. — Dr. A. Berg, obra citada

Siempre debe proveerse el excursionista de los mejores mapas topográficos y geológicos de la región, pues de ellos puede sacarse mucho partido, evitar rodeos y lamentables pérdidas de tiempo, mucho más en nuestra nación, donde desgraciadamente es difícilísimo encontrar buenos guías; de todos modos y hasta en el caso de contar con un buen guía, el geólogo no abandona nunca sus mapas.

Si las excursiones han de ser largas, conviene llevar cepillos fuertes para limpiar el barro adherido a los ejemplares; cajones para almacenar el material recogido y enviarlos al Museo o

laboratorio; etiquetas engomadas y gran cantidad de papel fuerte para envolver.

Para iniciarse en la investigación geológica es absolutamente necesario adquirir costumbre de andar mucho y tener cierta resistencia, que ordinariamente es penoso el camino que el geólogo ha de seguir y siempre soportando el peso de aparatos y ejemplares en general pesados; se consigue fácilmente empezando por hacer excursiones en la comarca que residimos y ampliando poco a poco éstas hasta llegar a efectuar sin fatiga viajes largos durante varios días seguidos. A la vez que se rodea el principiante de las condiciones físicas necesarias, puede ir preparándose para investigar por su cuenta, y conociendo los fenómenos geológicos y sus leyes; para ello conviene seguir itinerarios bien preparados con el mapa geológico o con publicaciones geológicas de la región, si no disponemos de persona autorizada que nos indique el camino más práctico para llegar a conocerla bien, que esto es siempre lo mejor; y es de advertir que estas primeras excursiones son tanto más provechosas cuanto mejor estudiada está la comarca y cuanto más detallados y numerosos son los cortes geológicos. La geología no puede estudiarse más que en el campo.



Corte de Olot a las minas de San Juan de las Abadesas. Longitud, 27 km.; alturas libres. 1, caliza griotte. — 2, hulla y arenisca carbonífera. — 3, pudinga y arenisca roja, triásicas. — 4, caliza del *Muschelkalk*. — 5, margas del *Lias medio*. — 6, margas y calizas margosas del *Numulítico*. — 7, lava volcánica (basalto). — 8, yeso. — 9, pudingas y margas oligocénicas. Según D. Luis M.º Vidal.

II. CLASES DE ROCAS

No puede decirse buen recolector de rocas, ni se concibe tampoco un aficionado a estudios geológicos que no conozca las principales rocas; por esta razón, antes de dar instrucciones para recoger y coleccionarlas, nos creemos obligados a definir las rocas y a distinguir los principales grupos en que las dividen los petrógrafos.

Las *rocas* son asociaciones de minerales distintos, en número de dos por lo menos; a veces también denominamos rocas a grandes masas de un solo mineral, caliza, sal gema, yeso, etc., y en este caso se denominan *rocas simples*. Según esta definición, sea cualesquiera la estructura y su estado, las mezclas de minerales y las grandes masas de un mineral son rocas, aunque no haya íntima unión y gran coherencia entre los componentes; para el geólogo es roca, lo mismo un granito, un mármol, etc., que la arena de las dunas, de los ríos y de la playa, los guijos de los aluviones, la arcilla de las tierras de labor, etc.

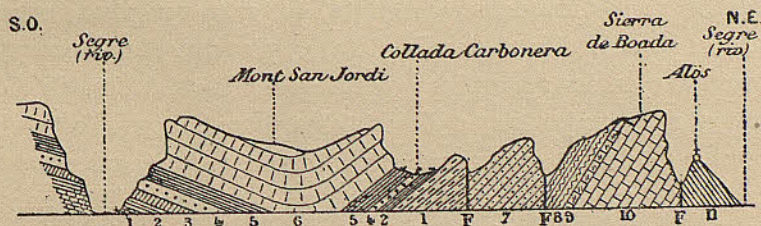
Las rocas que componen la corteza terrestres se nos ofrecen en el campo distribuidas sin orden aparente, confusamente mezcladas y penetradas entre sí; sin embargo en medio de este caos, el geólogo distingue en seguida tres grandes grupos de rocas, tanto por su estructura, como por su modo de presentarse y por su origen; en un ligero paseo observamos una serie de rocas cuya regular disposición salta a la vista y otras que parece se han creado para romper esta regularidad; se ofrecen aquéllas en capas o estratos de espesor variable, horizontales, inclinados o

plegados, y siempre de mayor extensión según la horizontal que en la vertical; estas capas tienen ordinariamente forma de lente muy aplanada, pues siguiéndolas en sentido horizontal se las ve adelgazarse en sus bordes hasta que desaparecen y nos encontramos con otras de naturaleza distinta; el material que constituye estas rocas es clástico, detrítico, y procede de la disgregación de rocas preexistentes, que acarreado por arroyos y ríos se ha reunido en el mar, lagos y llanuras; estas rocas se originan según esto por sedimentación, por lo cual se llaman *sedimentarias*.

Las otras aparecen en masas redondeadas, cupulares, cilíndricas o irregulares de muy variables dimensiones. Pocas veces podemos conocer las masas que las sustentan, por prolongarse en el interior de la corteza terrestre mucho más de lo que el hombre puede penetrar; todas ellas proceden de regiones profundas y han roto la continuidad de los estratos para salir a la superficie, penetrándose unas a otras y a las rocas sedimentarias; por esto las llamamos *eruptivas*. Sus componentes no proceden de rocas preexistentes, sino que nacieron, a la vez que la roca donde se encuentran, de un caldo o magma a gran temperatura, por lo que también se las llama *ígneas*. Su composición, mineralógica y química, obedece a leyes fijas determinadas; se presentan en masas compactas entre otras rocas y su estructura es maciza.

Hay otras rocas que muestran a la vez caracteres de rocas eruptivas y de sedimentarias: en efecto, tienen estructura, disposición y aspecto de las primeras de quienes difícilmente las distinguiríamos si no fuera por su estructura pizarrosa, que a veces también falta y su disposición estratificada no siempre visible; y ofrecen condiciones de yacimiento y forma análoga a las segundas. Proceden estas rocas de otras, eruptivas o sedimentarias, que han experimentado fuertes presiones y elevada

temperatura, o que han estado expuestas a la influencia del calor y gases que desprendían grandes masas de magma eruptivo que las atravesaron o que se pusieron en contacto con las formaciones sedimentarias. Estas rocas se denominan *meta-mórficas* y también *pizarras cristalinas*.



Corte de la región del Segre, desde Alós a la confluencia del Noguera Pallaresa. Longitud, 12 km.; alturas libres. 1, 2 y 3, calizas, margas y dolomía del *Lias*. — 4 y 5, areniscas y margas del *Santonense*. — 6 y 7, calizas y areniscas rojizas del *Campaniense*. — 8, calizas del *Numulítico*. — 10, caliza del *Campaniense*. — 11, calizas del *Muschelkalk*. Según D. Luis M.^o Vidal.

III. ROCAS ERUPTIVAS, YACIMIENTO Y CLASIFICACIÓN

Por su estructura reconocemos inmediatamente tres grandes grupos de rocas eruptivas; unas se ven constituídas por granos cristalinos, en inmediato contacto, próximamente del mismo tamaño; otras ofrecen cristales grandes, bien individualizados, cementados por una masa compacta, que rara vez puede conocerse su constitución a simple vista, y que con el microscopio se resuelve en un agregado o pasta granudo-cristalina de elementos muy pequeños, o de cristales pequeños y substancia vítrea o de vidrio solamente; otras, por fin, son homogéneas, completamente amorfas, sin granos ni cristales individualizados. Las primeras se denominan rocas *granitoideas*, y se han formado en las regiones profundas de la corteza terrestre, donde el magma ha ido cristalizando lentamente. Las segundas se llaman *porfídicas*, y se han formado en dos períodos, uno en profundidad, que dió lugar a los cristales grandes, y otro en grietas o en la superficie de la Tierra, que la rapidez del enfriamiento no permitió la separación de cristales, sino que se solidificaron rápidamente en granos pequeños o en substancia amorfa. Las últimas son las rocas *vitreas* o vidrios volcánicos, que proceden de un magma solidificado bruscamente, antes de haber empezado a cristalizar.

Atendiendo a esta diferente estructura y origen, se dividen todas las rocas eruptivas en tres grupos. Las granitoideas se llaman *intrusivas*, porque proceden de magmas introducidos

por las presiones entre las rocas sedimentarias y solidificadas bajo espeso manto de sedimentos. Las porfídicas holocristalinas que rellenan grietas se denominan *flonianas*, y las porfídicas y vítreas que se han solidificado en la superficie de la

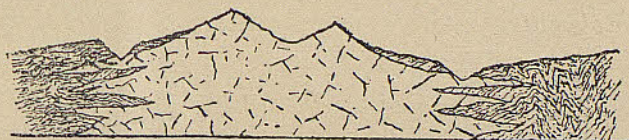


Fig. 8. — Batolito granítico con apósisis, según James Geikie.
Traité Pratique de Géologie

tierra, análogamente a como hoy lo hacen las lavas que salen de los volcanes, se dicen *efusivas* o *volcánicas*.

Las rocas eruptivas se encuentran siempre en regiones de estratos plegados y rotos, como si los fenómenos de plegamiento y rotura hubieran abierto el camino que debían seguir los magmas para aproximarse o alcanzar la superficie terrestre.



Fig. 9. — Lacolito. — Dr. A. Berg, obra citada

Las zonas de hundimiento y las montañas contienen constantemente rocas eruptivas; mientras que sería inútil buscarlas en regiones llanas con sedimentos horizontales, continuos, sin roturas importantes.

En el campo las observamos en masas circulares o elípticas

de mayor o menor diámetro, en grandes formaciones irregulares, en diques (filones) o venas, atravesando las capas sedimentarias desde grandes profundidades o cubriendo los estratos a modo de capas o mantas superpuestas a ellas. Las grandes masas de rocas intrusivas, granitoideas, se denominan *batolitos* (fig. 8); la cadena costera catalana es un enorme batolito; cuando son más pequeñas se llaman *lacolitos* (fig. 9); las rocas filonianas aparecen siempre como diques, que parten de un batolito o lacolito, a modo de apófisis emitidas por éstos y que atraviesan la envoltura sedimentaria y también la roca intrusiva misma;



Fig. 10. — Dique granítico, según J. Geikie, obra citada

las volcánicas se nos ofrecen en grandes mantas o corrientes, como las de basalto de Olot en forma de cúpulas, pitones o agujas y en diques (fig. 10).

El conocimiento de las condiciones de yacimiento de estas rocas es de gran valor para la geognosia de una región, puesto que, como hemos indicado, el modo de yacer es consecuencia inmediata del origen y de la manera de consolidarse el magma que las formó, pudiendo por lo tanto deducir de la forma con que se presenta el macizo rocoso, las condiciones de su formación.

En los libros elementales de geología puede encontrar el aficionado la clasificación de las rocas y la descripción de las especies más comunes e importantes; el recolector no necesita un estudio especial; basta con que tenga los conocimientos generales aquí expuestos y que colecciona todo aquello que



Fig. 1. — Granito porfídico, Teyá; tamaño natural. — Colección San Miguel, cliché de D. Luis M.º Vidal

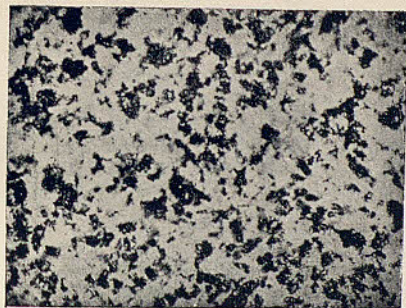


Fig. 2. — Granito normal, Pedralbes; superficie pulimentada; tamaño natural. Colección San Miguel

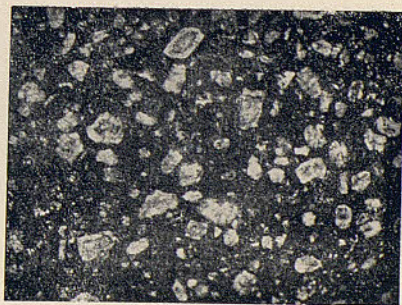


Fig. 3. — Pórfido cuarcífero, Alella; superficie pulimentada; tamaño natural. Colección San Miguel



Fig. 1. — Granito porfídico de Palamós, con dos gabarros grandes. — Colección petrográfica de grandes bloques. Museo Martorell.



Fig. 2. — Pegmatita gráfica, Tibidabo; tamaño natural. — Colección San Miguel, cliché de D. Luis M.º Vidal.

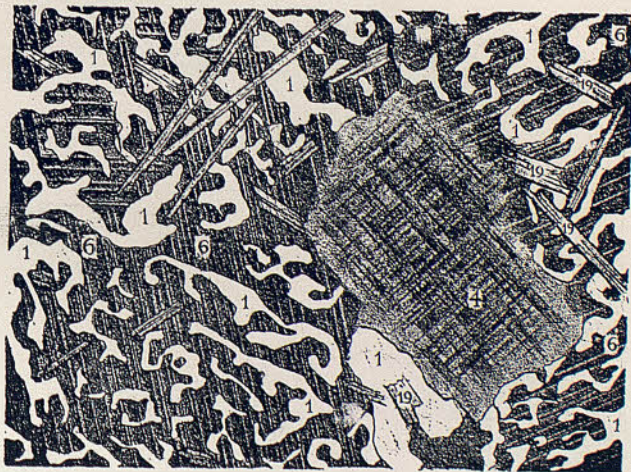


Fig. 3. — Pegmatita gráfica, microfotografía de Lacroix. — F. Rinne, *Étude pratique des roches*.
1, cuarzo; 4, microclina; 6, oligoclasa 19, mita blanca

por su aspecto y modo de presentarse le parezca diferente, y aun rocas que crea idénticas si corresponden a otro afloramiento o dique, para así poder fijar sobre los mapas la repartición de cada especie.



Microfotografía de una ofita. — F. Rinne, *Etude pratique des roches*

Clasificación de las rocas eruptivas por

ROCAS CON FELDESPATO Y SIN FELDESPATOIDE

Con feldespato ortosa dominante		Con feldespato plagioclasa dominante	
Con cuarzo	Sin cuarzo	Con cuarzo	Sin cuarzo
Granitos, cuarzo, ortosa, oligoclasa y mica. Estructura granitoidea.	Sienitas, ortosa, oligoclasa, mica o anfíbol. Estructura granitoidea.	Dioritas cuarcíferas, plagioclasa, cuarzo, mica, anfíbol o augita; estructura granitoidea.	Dioritas, plagioclasa, mica, anfíbol o augita. Gabros, plagioclasa básica y dialaga. Estructura granitoidea.
Pórfidos graníticos y cuarcíferos; igual composición y estructura porfídica.	Pórfidos sieníticos; igual composición y estructura porfídica.	Pórfidos dioríticos; igual composición y estructura porfídica.	Pórfidos dioríticos. Ofitas, plagioclasa y piróxeno. Estructura ofítica.
Riolitas y obsidiana; igual composición y estructura pórfido - semicristalina y vítrea.	Traquitas; igual composición y estructura pórfido-semicristalina o microlítica fluidal sin vidrio.	Dacitas; igual composición y estructura porfídica microlítica.	Diabasas, plagioclasa y augita; estructura microlítica, ofítica o microgranuda. Andesitas, plagioclasa, mica, anfíbol o piróxeno; estructura traquítica. Basaltos, plagioclasa básica, augita y olivino; estructura ofítica, traquítica o microgranuda con o sin vidrio.

su composición mineralógica y estructura

ROCAS CON FELDESPATO Y FELDESPATOIDE		ROCAS SIN FELDESPATO	
Con ortosa	Con plagioclasa	Con feldespatoides	Sin feldespatoides
Sienitas nefelínicas, leucíticas y sodalíticas; estructura granitoidea.	Gabros nefelínicos, leucíticos y sodalíticos.	Ljolita, piróxeno y nefelina. Misourita, piróxeno, leucita y olivino. Estructura granitoidea.	Peridotitas, olivino, piróxeno, anfíbol o mica. Piroxenitas, varios piróxenos, anfíbol y espinela.
Pórfidos sieníticos alcalinos.	Gabro-pórfidos nefelínicos.	Basaltos nefelínicos y leucíticos; nefelina o leucita, piróxeno y olivino.	Hornblenditas, anfíbol, algo piróxeno y mica. Estructura granitoidea.
Fonolitas-traquitas con nefelina y leucita.	Tefritas, plagioclasa, augita y nefelina o leucita. Estructura microclítica fluidal generalmente rica en vidrio.	Nefelinita, piróxeno y nefelina. Leucitita, piróxeno y leucita. Limburgita; piróxeno, olivino y nefelina; mucho vidrio. Estructura y aspecto de basaltos.	Picritas, olivino, piróxenos, anfíbol y mica. Augititas; piróxeno, vidrio, algo anfíbol y mica.

IV. ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias, como ya hemos indicado, se forman con los productos resultantes de la disgregación y disolución de las rocas eruptivas, arrastrados por las aguas corrientes, y depositados en las llanuras, los lagos y los océanos; y por los glaciares y por el viento, que aunque en menor escala también arrastran materiales detríticos y los depositan para formar rocas. Estos materiales, primero sueltos, se consolidan después por medio de un cemento o pasta que puede ser producto de disolución, como el cemento calizo, o detrítico, como el arcilloso.

Estas rocas se dividen, según su estructura, en *Psefitas*, *Psammitas* y *Pelitas*. Las primeras, cuando sueltas, comprenden los *cascajos* y *guijares* si sus elementos son gruesos y redondeados y *aglomerados* si angulares; las cementadas se llaman *conglomerados*; *brechas* si los elementos son angulosos y *pudivingas* si redondeados. Las segundas comprenden las *arenas* y *areniscas*. Las últimas son las *arcillosas* y *margas*; en éstas es muy frecuente la estructura hojosa o pizarrosa y se la suele llamar entonces pizarras o esquistos arcillosos. Distinguimos además las rocas originadas por cristalización de substancias disueltas en el agua, como son la Sal, Yeso, Anhidrita y Caliza cristalina; las debidas a la actividad de los organismos, como la creta, el trípoli o tierra de diatomeas, las calizas coralinas, etc., y las debidas a erupciones volcánicas, como las grederas o lapilli y las tobas volcánicas.

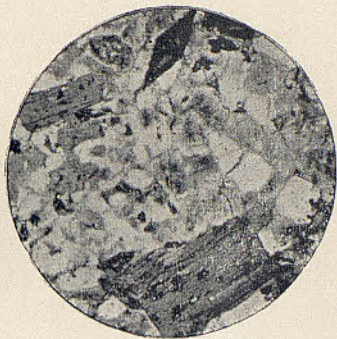


Fig. 1. — Granito normal, microfotografía.
J. Geikie, *Traité Pratique de Géologie*

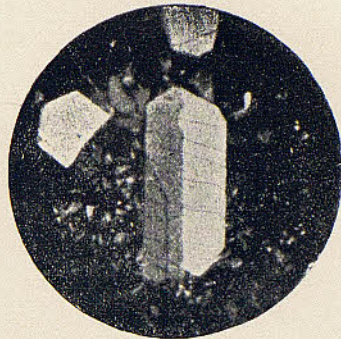


Fig. 2. — Pórfido riolítico, microfotografía
en luz polarizada N+. — J. Geikie, obra citada

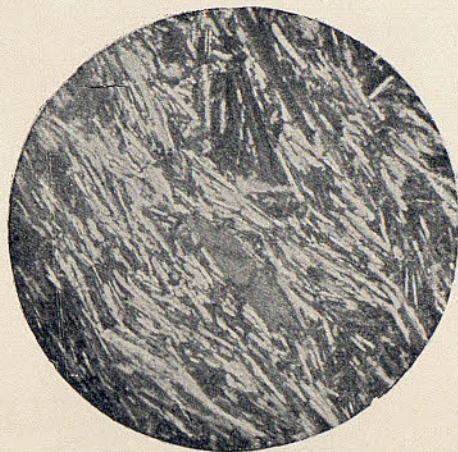


Fig. 3.—Traquita, microfotografía en luz polarizada N+.— F. Rinne, obra citada

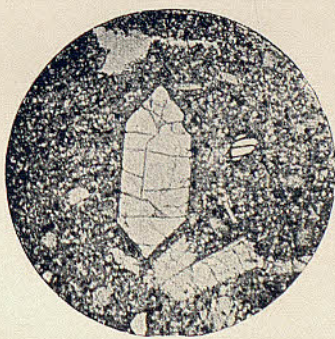


Fig. 4. — Basalto, microfotografía.
J. Geikie, obra citada

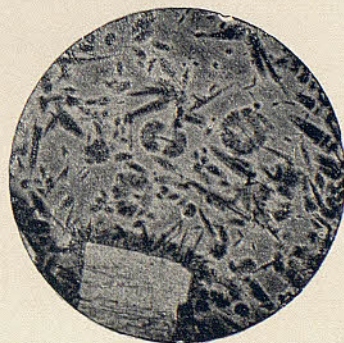


Fig. 5. — Pechstein (vidrio volcánico),
microfotografía. — J. Geikie, obra citada

Se presentan descansando en toda su extensión sobre otras rocas, en capas superpuestas denominadas estratos, por lo cual también se llaman *estratificadas*; los estratos cuando se forman son siempre horizontales, pero en el terreno los encontramos unas veces con este carácter, y otras inclinados, doblados y aun levantados hasta la vertical; esta disposición es posterior a la formación de la roca y se debe a fenómenos geológicos internos llamados *orogénicos*.

El modo de presentarse los estratos es asunto de gran interés en geología y debe siempre anotar el recolector este dato; para ello indicaremos algunas formas que adoptan los estratos y las medidas que debe hacer el colector.

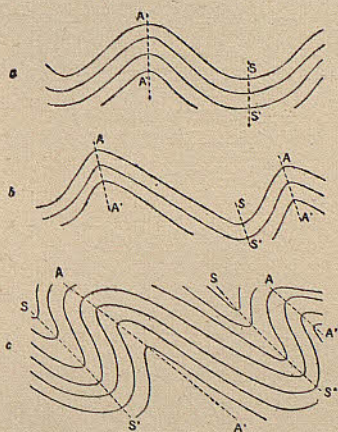


Fig. 11. — *a*, pliegue recto; *b* y *c*, pliegues inclinados; *AA'*, plano axial anticlinal; *SS'*, plano axial sinclinal. — E. Haug, *Traité de Géologie*

En cortes naturales, como valles, barrancos, desfiladeros, acantilados, etc., y en los artificiales como trincheras, túneles, galerías de minas, canteras, etc., vemos con mucha frecuencia que los estratos aparecen levantados, doblados y replegados de mil modos y rota su continuidad por fracturas importantes.

Los pliegues se componen de dos partes (fig. 11); una cóncava o *sinclinal* y otra convexa o *anticlinal*; las líneas de mayor y menor altura en el pliegue se llaman *charnelas*, *anticlinal* y

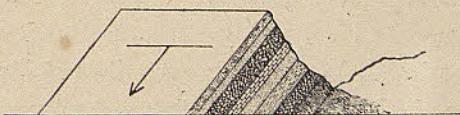


Fig. 12. — Esquema que muestra cómo se mide la dirección (línea horizontal) y el buzamiento de las capas (flecha diagonal)

sinclinal, respectivamente; los planos inclinados que unen las charnelas son los *flancos*; plano *axial* es el que une las charnelas de todas las capas de que consta el pliegue; *eje del pliegue* es la línea determinada por la intersección del plano axial con una su-

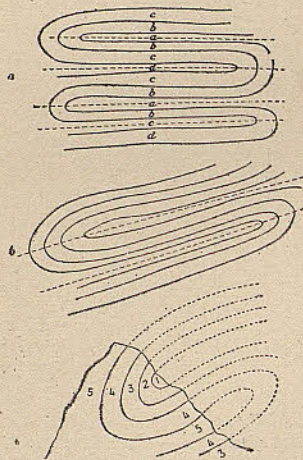


Fig. 13. — a, pliegue acostado; b, pliegue invertido; c, falso anticlinal y sinclinal en un pliegue invertido, cortado por erosión. E. Haug, obra citada

perficie horizontal que se toma como base; *dirección del pliegue* es la de su eje o la de su plano axial, pero ésta no siempre puede medirse en relación a estos dos elementos del pliegue, sino



Fig. 1. — Pliegue completo, en la zona metamórfica de la montaña del Tibidabo, cerca del funicular de Vallvidrera. — Cliché M. San Miguel

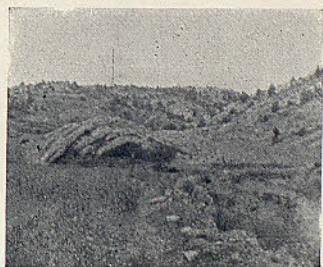


Fig. 2. — Anticlinal en las calizas cretácicas de Santo Domingo de Silos (Burgos). — Cliché M. San Miguel.

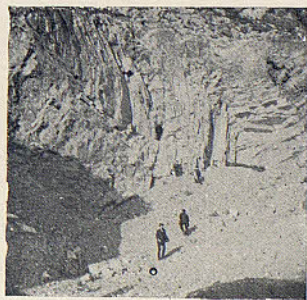


Fig. 3. — Calizas triásicas plegadas. Canteras de la estación de Olesa (Barcelona). — Cliché M. San Miguel.

que en la práctica se hace determinando con la brújula la dirección de las capas del pliegue, que es igual a la de una línea horizontal trazada sobre la capa (fig. 12). Cuando no

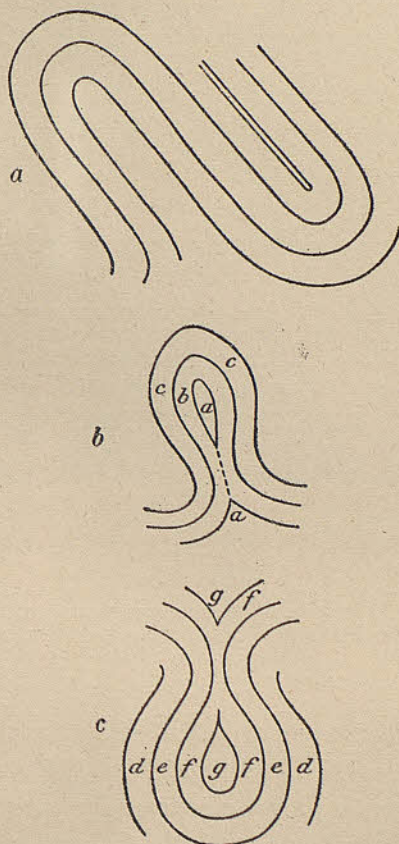


Fig. 14. — *a*, pliegue isoclinal; *b* y *c*, pliegues en abanico.
E. Haug, obra citada

aparecen los pliegues completos, o son tan grandes que no los abarca nuestra vista, puede reconocerse su existencia, midiendo además de la dirección de las capas, su inclinación o *buzamiento*, que es igual al ángulo que forma la línea de máxima pendiente,

normal a la dirección de las capas, con el plano horizontal (fig. 12). La brújula que hemos descrito lleva un pendulito que sirve para medir este ángulo. El buzamiento de las capas se señala sobre los mapas y croquis por el signo $\frac{43^{\circ} S}{\downarrow}$, que indica que las capas buzan 43° al Sur y la dirección será E. a O. Para señalar la posición del anticlinal se marcan líneas de cruces + + + + + y para la de un sinclinal $\times \times \times \times \times \times$.

Los *pliegues* son de formas muy diversas (figs. 11, 13, 14 y 15): cuando son pequeños, el colector puede hacer un dibujo



Fig. 15. — Pliegues complicados a consecuencia de la superposición de plegamientos. E. Haug, obra citada

de ellos, anotando siempre su orientación; si son grandes y fragmentados por la erosión, debe seguirles próximamente en sentido normal a su dirección y anotar de trecho en trecho los buzamientos, hasta encontrar un buzamiento en sentido opuesto, y conocidos ya los dos flancos puede reconstituirse el pliegue (fig. 16).

No siempre las rocas han gozado de suficiente plasticidad para dejarse doblar y replegar, sino que muchas veces se producen en ellas, a causa de las presiones orogénicas, roturas importantes o planos de discontinuidad, grietas a veces micros-



Fig. 1. — Pliegue muy inclinado en los esquistos carboníferos de las minas de San Juan de las Abadesas (Gerona). — Cliché M. San Miguel



Fig. 2. — Pliegue inclinado, en las pizarras silíceas de la carretera de Gavá al Castell del Aramprunyá. — Cliché M. San Miguel.



Fig. 3. — Pizarras muy replegadas, en la carretera de Gavá al Castell del Aramprunyá. — Cliché M. San Miguel.

cópicas, según las cuales se rompe fácil y regularmente la roca; son éstas las *diaclasas*, denominadas planos de juntura por los canteros y mineros, de las cuales trataremos después.

En muchos casos a la vez que se rompen los estratos, una de las partes rotas se levanta o descende quedando la otra a



Fig. 16. — Anticinal excavado por erosión, según A. Geikie, obra citada

distinto nivel y sin que haya exacta correspondencia entre las capas de uno y otro lado de la rotura; en este caso decimos que se ha producido una *falla* (fig. 17). Así como los pliegues se producen por presiones en sentido tangencial, o presiones laterales, las fallas se deben a fuerzas que obran según la vertical y que determinan el hundimiento de ciertas regiones de la superficie terrestre.

En algunos casos el hundimiento se verifica de modo lento y no llegan a romperse las capas, sino que se ve la parte hundida

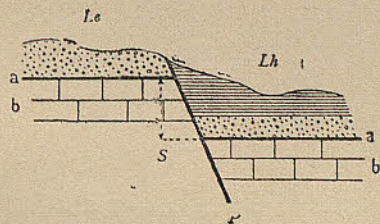


Fig. 17. — Falla normal. — P, plano de falla; Le, labio elevado; Lh, labio hundido; S, salto o altura de falla.



Fig. 18

Pliegue monoclinal o flexión

soldada a la que ha quedado *in situ*, por medio de un plano inclinado; tal forma de dislocación se llama *flexión* o *pliegue monoclinal* (fig. 18).

En una falla podemos distinguir las siguientes partes (fig. 17); el *plano de falla*, que es el plano según el cual se ha producido la rotura y el hundimiento de una de las partes; la *línea de falla*, que es la intersección de este plano con la superficie topográfica;

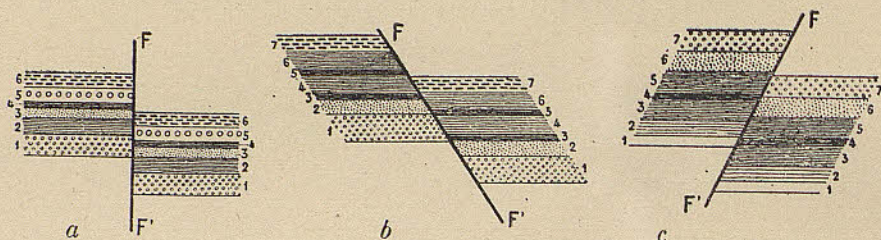


Fig. 19. — a, falla vertical; b, falla normal; c, falla inversa. — E. Haug, obra citada

los *bordes o labios de la falla*, uno elevado y otro hundido. Se llama *altura o salto de falla* a la distancia vertical entre dos capas idénticas a uno y otro lado del plano de falla. Todos estos elementos de las fallas deben determinarse y anotarse en el campo, a la vez que la disposición de los estratos en relación al

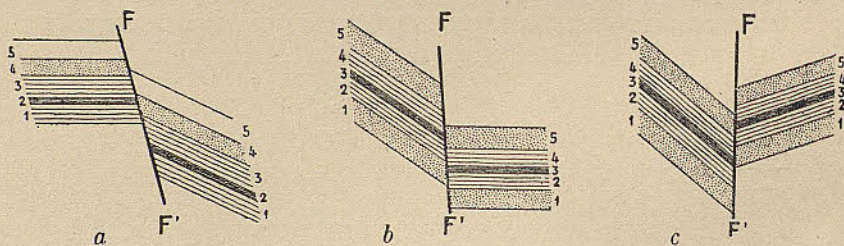


Fig. 20. — Fallas con capas de inclinación diferente en dos labios. — E. Haug

plano horizontal y al de falla; de esta diversa disposición y relación resultan muchas clases de fallas (figs. 19, 20 y 21).

El hundimiento de una región tiene a veces lugar por una sola falla, Montjuich, Gibraltar, etc., pero otras se hace según una serie de ellas que se disponen a modo de los tramos

de una escalera (fig. 22), como en Despeñaperros y en la Sierra Morena. En algunas regiones se observan grupos de fallas, sin que sea importante el desnivel total, a causa de que los saltos se hacen en diferentes sentidos y sus valores se compensan

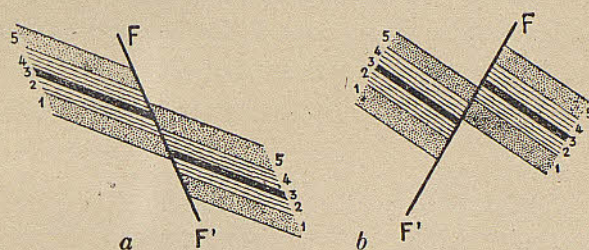


Fig. 21. — a, falla conforme; b, falla contraria. — E. Haug, obra citada.

(fig. 22). Ciertas depresiones se ofrecen limitadas por dos fallas o dos sistemas de fallas en escalera que se hacen frente, se llaman fosas tectónicas (fig. 23), la del Rhin, Mar Rojo, quizá la depresión del Ebro y el llano de Olot, etc. Los mazizos o mesetas limitados por fallas o grupos de fallas en escalera se

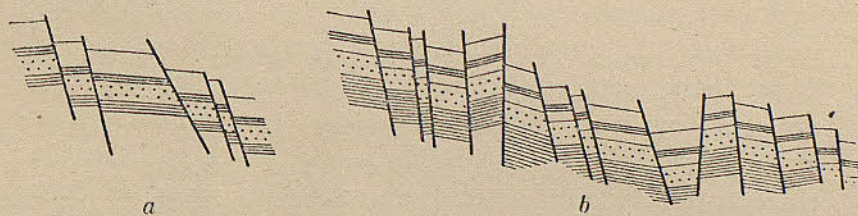


Fig. 22. — Grupos de fallas; a, en escalera; b, compensada. — E. Haug, obra citada.

denominan *Horst* (fig. 23); la meseta central Española, la Francesa, la del Sahara, etc., pueden servir de ejemplos.

Según estén los bordes de la falla unidos o separados por una grieta más o menos ancha, se dicen las fallas *cerradas* o *abiertas*. En todas ellas pueden observarse huellas del movimiento

vertical que las ha producido. Así, en las cerradas, vemos las caras del plano de falla estriadas y pulimentadas, siendo a veces el pulimento tan perfecto, que muy justamente se llaman tales caras *espejos de falla*. En las abiertas se encuentran rocas especiales, verdaderas brechas producidas por la rotura y tritución de las piedras arrancadas de los bordes de la falla y cementados los materiales resultantes por substancia mineral (caliza o sílice) depositada por las aguas termales que han bro-

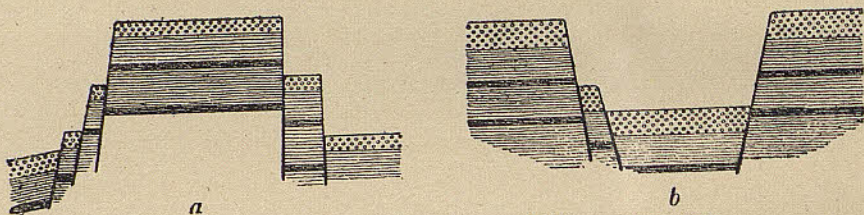


Fig. 23. — a, Horst; b, fosa tectónica. — E. Haug, obra citada

tado por la grieta; estas rocas se llaman *brechas de falla*. Muchas veces se rellenan de rocas eruptivas o de minerales, formando diques o filones.

Para reconocer una falla sobre el terreno, no basta guiarse por el desnivel o rotura de pendiente, pues no todas las roturas de pendiente, escarpas, desfiladeros, acantilados, etc., son fallas, sino que la mayor parte dependen de la obra de los agentes externos (lluvia y aguas corrientes y las olas del mar). Es preciso observar si hay contacto anormal entre las capas, es decir, si hacen frente y al mismo nivel dos estratos de edad diferente. Si seguimos un estrato y bruscamente termina, sucediéndole otro más antiguo o más moderno, de manera que tengamos que ascender o descender para encontrar la continuación de aquél, podemos asegurar que nos encontramos en presencia de una falla, aunque el terreno esté nivelado. Frecuentemente nos encontramos ante un aparente contacto anormal que pudiera con-

siderarse como falla sin serlo; tal ocurre, por ejemplo, cuando sobre una cuenca compuesta de estratos paleozoicos o primarios, se han depositado sedimentos de edad secundaria o terciaria; en este caso, siguiendo las laderas de los cerros o montañas paleozoicas, vemos cesar los terrenos primarios y empezar los secundarios o terciarios sin que haya falla, rotura o discontinuidad de las capas primarias, sino sencilla superposición de terrenos modernos sobre otros antiguos. En Cataluña se ve descansar el triás sobre el devónico o el silúrico, en la cuenca del Llobregat y en muchas otras comarcas; otras veces es el mioceno y otras el plioceno (Papiol, Barcelona) y, sin embargo, nadie confundiría con las fallas estos contactos.

Ya hemos indicado más de una vez que las rocas sedimentarias se presentan en capas o estratos superpuestos; el examen

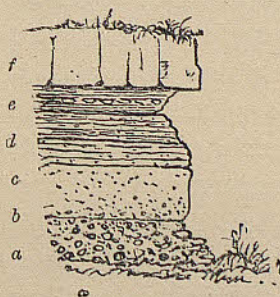


Fig. 24.—Estratificación normal; *a* conglomerado; *b*, arenisca de elementos gruesos; *c*, arenisca de grano fino; *e*, pizarra arcillosa con nódulos de limonita; *f*, caliza.
A. Geikie, *Geología*, traducción del Prof. S. Calderón

detenido de una serie de estratos es por demás instructivo; la naturaleza y forma de éstos nos permite conocer el estado geográfico de los lugares en que se encuentran, cuando se formaron; si estaba emergido o cubierto por las aguas marinas; si había un lago desaparecido; si por allí corría un río que hoy no existe, etc. Si una serie empieza por conglomerados, sobre los cuales des-

cansan areniscas, que a su vez soportan arcillas cubiertas por un estrato calizo, podemos afirmar que, mientras la serie se formó, el régimen hidrográfico del lago, o si era en el mar, la proximidad a la costa y la profundidad, sufrieron importantes variaciones; al principio corrientes impetuosas arrastraban hasta aquel lugar gruesos bloques y guijas; después, o por disminución de la velocidad de las corrientes, o por haberse alejado de la costa, no llegaron a él más que arenas, posteriormente sólo las arcillas que pueden permanecer más tiempo en suspensión, hasta que la tranquilidad de las aguas fué tanta, que dejaron de acudir partículas de arcilla y bajo las aguas limpias del mar pudieron asentar sus colonias los corales que separaron el calcio del agua para formar la masa caliza que corona la formación; o se depositó el carbonato cálcico por saturación formando caliza cristalina, o caliza basta, si el agua no era muy pura y tranquila (fig. 24); un ejemplo de esto tenemos en el triás de Olesa y Gavá-Begas con conglomerados, arenisca y calizas, y en el mioceno de Castilla con conglomerados, areniscas, arcillas y calizas.

Con mucha frecuencia encontramos interpuestos materiales gruesos entre otros finos, conglomerados entre areniscas, areniscas entre arcillas, etc., que nos indican cambios en las condiciones de sedimentación, correspondiendo siempre los materiales más finos al período de calma y los conglomerados a grandes e impetuosas corrientes, o a períodos de régimen litoral.

El espesor de los estratos nos dice cuánto han durado las condiciones de sedimentación en que se formaron, siendo escasa para los de poco espesor (para igual clase de roca) y grande para los muy potentes.

Cuando en una serie se suceden regularmente varias veces los mismos grupos de estratos, por ejemplo, conglomerados, areniscas, arcillas, margas, calizas, conglomerados... etc., podemos asegurar que hubo repetición periódica de idénticas condiciones;

si los detritus que forman los sedimentos reconocen igual procedencia, la dirección de las corrientes que alimentaban la cuenca en que se depositaron, no ha variado; en el caso contrario hay que admitir variaciones en el régimen hidrográfico y en la red fluvial.

Frecuentemente la estratificación — sucesión en sentido vertical de los estratos — es muy regular y perfectamente marcada; indica esto una sedimentación intermitente de gran regularidad (fig. 24); pero no es raro que series de capas paralelas entre sí, formen ángulos diversos y se inclinen en direcciones distintas con



Fig. 25. — Falsa estratificación; estratificación cruzada. — A. Geikie, obra citada.



Fig. 26. — Capa de caliza entre dos de arcilla; *sh*, arcilla; *l*, caliza. — J. Geikie, obra citada.

relación a la estratificación general, dando el conjunto tal confusión, que a veces se hace imperceptible la estratificación; esto se debe a una sedimentación rápida, al régimen torrencial y a cambios frecuentes en la dirección de las corrientes. Se llama *estratificación cruzada* (fig. 25) a esta manera de presentarse los estratos y en ella es ley general la forma lenticular de las capas; un hermoso ejemplo en miniatura puede observarse en el bloque de arenisca gruesa de la colección petrográfica del Museo Martorell (Lámina VI, fig. 1).

En Geología se llaman *alternancias*, a las interposiciones de un estrato de distinta naturaleza entre otros dos; uno de caliza entre dos de arcilla, por ejemplo (fig. 26).

Además de las diferencias de composición y disposición de

las estratos en serie vertical, se observan cambios de naturaleza y espesor en una sola capa o en un grupo de ellas cuando se las sigue en sentido horizontal (fig. 27). No todos los estratos de una formación son igualmente extensos y gruesos; es regla general que los menos extensos, más variados e irregulares son los de elementos gruesos y los más constantes y uniformes, que pueden alcanzar extensiones de muchos kilómetros cuadrados, corresponden a calizas y arcillas. Una misma formación presenta rocas de distinto caracter en sus distintas partes; así

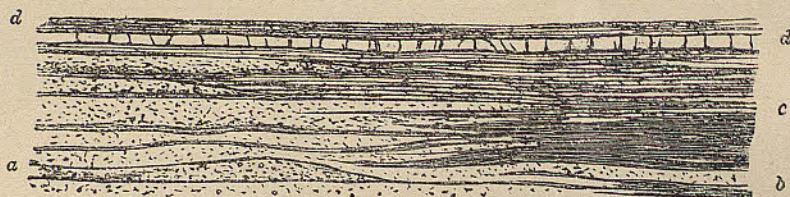


Fig. 27. — Sección que muestra las grandes diferencias litológicas de depósitos contemporáneos que ocupan el mismo horizonte; a, conglomerado; b, arenisca; c, pizarra; d, caliza. — A. Geikie, obra citada.

una capa caliza en un punto pasa, cuando la seguimos a lo largo, a arcillosa, después a arenisca y a conglomerados, por ejemplo. Siguiendo la formación lacustre oligocénica de Cataluña puede comprobarse este hecho; conglomerados en los bordes, areniscas después y arcillas y calizas en la región central.

En la superficie de los estratos, principalmente de las arcillas y margas hojosas se observan con alguna frecuencia señales muy curiosas, que se clasifican como huellas de diversos animales (fig. 28), gotas de lluvia, etc. Indican éstas que después de formadas las capas en que se hallan, quedaron en seco; más tarde se depositaron sobre ella nuevos sedimentos y en el plano o contacto de los dos estratos, quedan perfectamente conservadas



Fig. 1. — Pudinga de Montserrat. — Colección petrográfica del Museo Martorell, grandes bloques



Fig. 2. — Arenisca de Castellví de Rosanes. Hermoso ejemplo de estratificación cruzada. Colección petrográfica del Museo Martorell, grandes bloques

estas huellas superficiales, impresiones de hojas y otras, que aparecen cuando con el martillo se rompe la roca, según el plano de estratificación. La superficie de los barros arcillosos, cuando

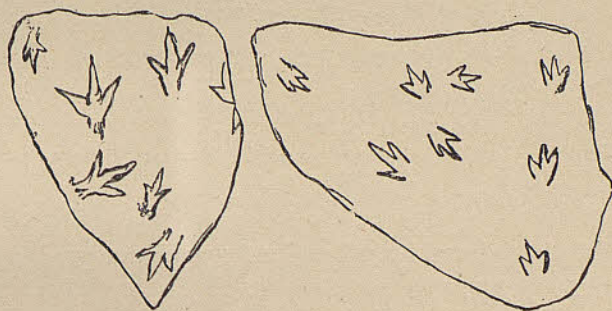


Fig. 28. — Huellas del paso de reptiles en la arenisca triásica de Connecticut (Hitch cock). — A. Geikie, obra citada

se deseca, presenta una serie de grietas que se cruzan más o menos regularmente y que se suelen conservar a través de los períodos geológicos, si nuevos sedimentos las ponen a cubierto

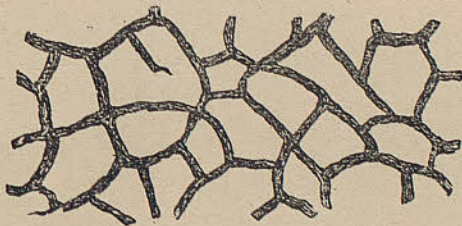


Fig. 29. — Superficie cuarteada de arcilla o arenisca arcillosa. A. Geikie, obra citada

de los agentes destructores (fig. 29). Algunas areniscas, desde las formaciones más antiguas hasta las recientes, presentan superficies o planos de juntura con rizaduras análogas a las que

se observan en la playa y fondos marinos de poca profundidad y en las pendientes suaves de los médanos o dunas; se llaman *ripple-marks* y se deben a movimientos del agua y del viento,

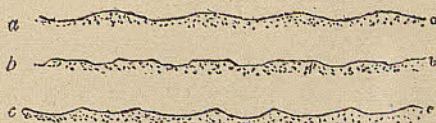


Fig. 30. — Sección de huellas superficiales llamadas *Ripple-marks*.
A. Geikie, obra citada

denotando un régimen litoral en las formaciones que las presentan (figs. 30 y 31).

Si los estratos formando series verticales de mayor o menor

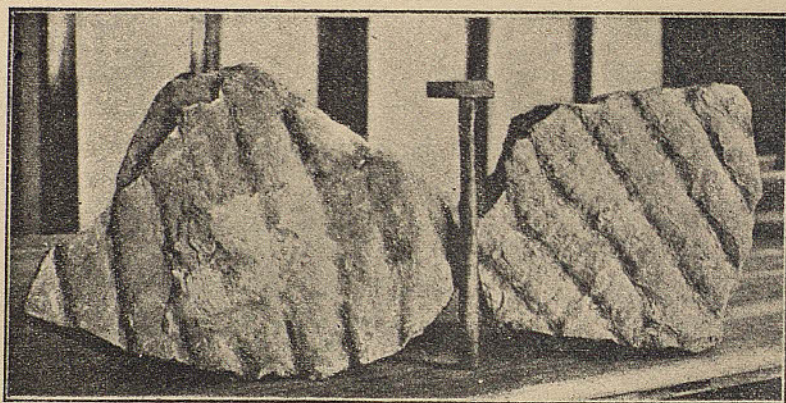


Fig. 31. — Señales de oleaje (*Ripple-marks*)
en la molosa fosilífera del paleógeno de Toledo. — E. H. Pacheco.
Trabajos del Museo de Ciencias Naturales, n.º I, Madrid

espesor son todos paralelos, decimos que hay *concordancia* o que son *concordantes* (fig. 24); en el caso de formar un grupo de ellos, paralelos entre sí, un cierto ángulo con los que se encuen-

tran encima o debajo, hay *discordancia*, o se dice que las series o formaciones son discordantes (fig. 32). En Martorell, subiendo a la sierra de Alaix, en Caldas de Montbuy en la base del Castell de Aramprunyá y en otros muchos puntos de Cataluña y del resto de España, la base de los terrenos secundarios (triásico)

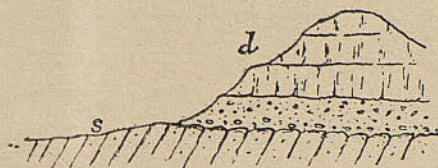


Fig. 32. — Discordancia angular; s, capas muy inclinadas; d, capas horizontales.
J. Geikie, obra citada

descansa discordantemente sobre los primarios, silúrico y devónico; en Papiol es discordante el terciario sobre el silúrico, y análogamente podríamos citar miles de ejemplos en Cataluña.

Ningún estrato ni formación geológica se continúa envolviendo completamente el Globo; sino que por el contrario, es ley general la discontinuidad; tampoco hay ninguna región de



Fig. 33. — Serie transgresiva. — J. Geikie, obra citada

la Tierra donde se encuentren superpuestas todas las formaciones geológicas, sino que en cada país faltan siempre varios términos de algunas formaciones y hasta terrenos enteros, y éstos se encuentran en puntos donde faltan otros, de tal manera que sólo reuniendo las distintas formaciones encontradas y superponiéndolas en un corte o serie vertical, podremos com-

prender el orden de sucesión de los estratos en el tiempo, y aun esto entraña muchas veces dificultades insuperables.

Cuando una formación se encuentra constituida por varios términos, por ejemplo 10, en una región dada, y nosotros encontramos en otra, que la misma formación consta sólo de 7 de tal manera que son, por ejemplo, idénticos los 1, 2 y 3 y los 7, 8, 9 y 10 diremos que faltan los términos 4, 5 y 6, y expresamos el hecho diciendo que hay *una laguna estratigráfica*, lo que nos indica que el mar, si la formación es marina, abandonó la región después de depositado el grupo n.º 3, la cual quedó

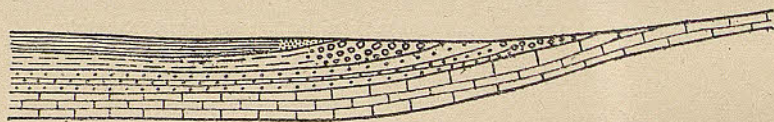


Fig. 34. — Serie regresiva. — E. Haug, obra citada

emergida hasta terminar la época correspondiente al n.º 6, entonces invadió de nuevo el mar el país y sobre el término n.º 3 depositó los 7, 8, 9 y 10.

El avance del mar sobre los continentes se llama *transgresión marina* y su retirada, *regresión marina*; en los períodos geológicos estos fenómenos se han repetido muchas veces y los estratos nos permiten reconocerlos y seguirlos. Cuando el mar está en transgresión una capa de sedimentos cubre en seguida la superficie de la parte recientemente sumergida; si el mar continúa avanzando, los estratos que se van formando descansan en parte sobre los anteriormente formados y en parte sobre la superficie recientemente invadida; se ve, pues, bien claro que en una formación geológica debida a una transgresión marina las capas más recientes son las de mayor extensión superficial (fig. 33). Cuando el mar se retira, la porción que queda emer-

gida no recibe nuevos sedimentos, los estratos que se van formando descansan sobre los ya formados, pero sin llegar a cubrirlos totalmente, por ser menor la superficie de sedimentación; según esto, en las formaciones regresivas, la capa más reciente es la de menor extensión superficial (fig. 34).

En el terreno no siempre se puede apreciar atendiendo a este carácter si una serie estratigráfica es transgresiva o regresiva, porque la erosión reduce la verdadera extensión de las capas, borra unas veces y enmascara siempre su continuidad, cuando no hace desaparecer grupos enteros de estratos; pero el geólogo

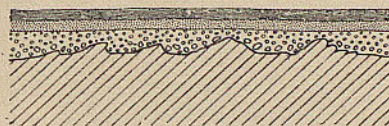
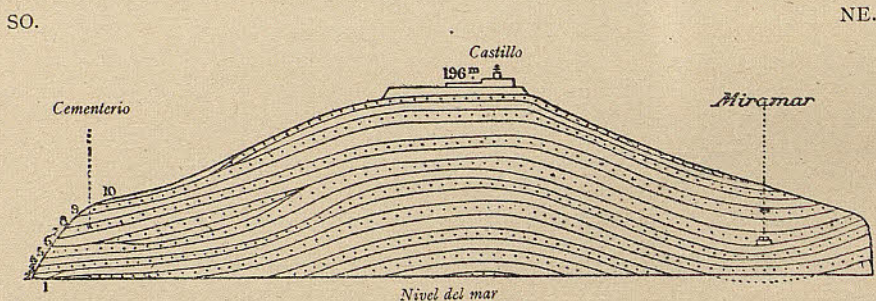


Fig. 35. — Conglomerado de base en una serie transgresiva.
E. Haug, obra citada

puede aún utilizar otros caracteres que le aseguran la existencia de períodos de avance y retirada del mar en los tiempos geológicos; uno de ellos es la existencia de discordancias; otro es la falta de términos en la serie o sea las lagunas estratigráficas. Las huellas superficiales son prueba indudable del régimen continental o litoral; si encontramos una capa con huellas de esta clase entre dos grupos de estratos de aguas profundas, podemos asegurar que primero el mar entró en regresión hasta llevar aquel punto a ser de la costa, después el mar avanzó y pasó de nuevo a región de profundidad. El hallazgo de formaciones continentales entre marinas; de restos de la vida continental y de rocas de formación continental entre otras francamente marinas nos indican igualmente que el mar ha avanzado y se ha retirado. Cuando el mar invade una porción continental, como en ésta la erosión

por las aguas corrientes ha creado desigualdades, al avanzar las olas atacan y deshacen los relieves y terraplanan con sus escombros los huecos; por este proceso se origina un banco de depósitos gruesos que descansan sobre la porción emergida y que reciben el nombre de *conglomerados de base* (fig. 35).



Corte del cerro de Montjuich. Longitud, 2 km.; 10, cuaternario. — 9, arenisca silicea. — 8, margas blancas. — 7, depósito de aglomerado. — 6, capa con *Turritella bicarinata*. — 5, capa con *Proto rotifera*. — 4, capa con *Ostrea crasisima*. — 3, capa de arcilla azulada. — 2, banco de arenisca dura. — 1, arenas inferiores. — a, capa con *Turritella turris*. Según D. Jaime Almera.

V. ROCAS METAMÓRFICAS.—PIZARRAS CRISTALINAS

Todas las rocas que componen la corteza terrestre, experimentan profundas modificaciones, que afectan a su estructura, composición mineralógica, y aun química en determinados casos, por efecto de los fenómenos orogénicos y eruptivos; el conjunto de fenómenos mecánicos, físicos y químicos que determinan estas modificaciones se denomina *Metamorfismo* de las rocas. Son, pues, las rocas metamórficas, rocas eruptivas o sedimentarias tan profundamente modificadas que se hace difícil, cuando no imposible, reconocer su estado anterior.

En las regiones muy plegadas vemos a las rocas eruptivas tomar muchas veces estructura hojosa, adquiriendo el aspecto de las rocas arcaicas; lo mismo ocurre a muchas rocas sedimentarias de la Era primaria y aun de la secundaria, que se transforman en pizarras cristalinas en unos puntos, mientras en otros se conservan sin modificación alguna, como sedimentarias normales. Siempre puede comprobarse, en el campo, la existencia de una serie de términos transitorios, entre las pizarras cristalinas y los sedimentos normales, siendo de gran interés científico el recoger, para cada zona metamórfica, toda la serie completa, desde las más cristalinas hasta las que no han experimentado metamorfismo. En las regiones de rocas metamórficas un estudio minucioso nos enseña que las rocas, por un lado, adquieren caracteres que las aproximan más y más a las rocas eruptivas y por el opuesto se separan poco a poco hasta confundirse con los sedimentos ordinarios. Así en la montaña del Tibidabo (Barcelona) vemos pasar, sin límites precisos, los sedimentos silúricos, poco o nada modificados a filitas, micacitas y por fin, a cornubianitas en el contacto mismo con el granito; en el Pi-

rinea la serie comprende filitas, micacitas, cornubianitas y gneis.

En un mismo estrato se presentan partes más metamorfoseadas que otras, y hasta zonas normales, debido a que no en toda su extensión han sido igualmente enérgicos los agentes que determinan el metamorfismo.

Si se estudia una zona metamórfica en sección vertical, o siguiendo desde la región externa hasta la central, se ve que a distintos niveles o profundidades, corresponden asociaciones minerales o rocas diferentes. Aunque en la naturaleza es difícil limitar bien las zonas, por ser muchísimos los términos de tránsito, no puede menos de reconocerse tres zonas en toda región metamórfica completa. I, zona superior o externa. II, zona intermedia, y III, zona inferior o interna; cada una tiene rocas y minerales especiales, cuyo estudio detallado puede encontrarse en las obras especiales.

Al estudiar diversas regiones metamórficas, se ve pronto que están relacionadas unas veces con masas de rocas eruptivas, de las cuales proceden el calor y los gases mineralizadores que determinaron el metamorfismo, mientras en otras no aparecen pruebas de que las masas ígneas hayan intervenido en las modificaciones experimentadas por las rocas. Por esta razón se divide el metamorfismo en dos clases, de *contacto* y *regional* o *general*, respectivamente.

Las clasificaciones modernas de estas rocas se basan en sus condiciones de formación y en su composición química, haciendo intervenir para las subdivisiones la composición mineralógica y la estructura; pero para un principiante estas clasificaciones tienen el grave inconveniente de no permitirle, por su propio esfuerzo, clasificar los ejemplares que recoge, siquiera sea provisionalmente. Nosotros exponemos aquí la agrupación en familias del profesor Rosenbusch, que para la enseñanza elemental es muy apropiada.

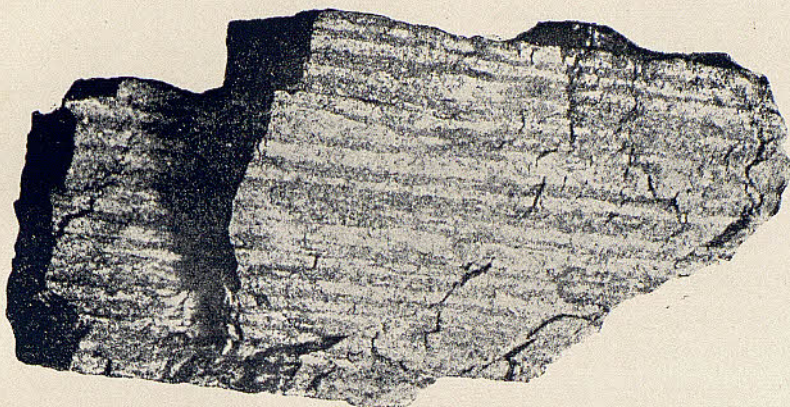


Fig. 1. — Anfibolita granatita del Turó Castañer, Tibidabo; tamaño natural.
Colección M. San Miguel, cliché de D. Luis M.º Vidal



Fig. 2. — Gneis glandular de Ull de Ter. — Colección petrográfica
del Museo Martorell, grandes bloques

I. *Gneis*, rocas pizarrosas, más o menos claramente, o compactas, zonales, listadas, de la misma composición mineralógica que el granito. Comprende los *Gneis*, de igual composición que el granito pero pizarrosos, las *Granulitas* hojosas o compactas, de color claro, compuestas esencialmente de feldespato y cuarzo, en granos pequeños, cataclásticos y con estructura macroscópica sacaroidea y algo de mica; las *Halleflintas*, compactas, zonares, con fractura astillosa, que al microscopio dejan distinguir una finísima asociación de cuarzo y feldespato con algunos minerales accesorios y los *Porfroides*, análogas a las halleflintas, con cristales grandes de feldespato y cuarzo que destacan sobre una pasta muy compacta de cuarzo y sericita alternando con finas bandas de sericita. Se encuentran en el Pirineo, y en el Montseny rocas de esta familia.

II. *Micacitas*, rocas pizarrosas compuestas de cuarzo y mica y gran variedad de minerales accesorios. Se encuentran en el Pirineo, Montseny y Tibidabo.

III. *Talcocitas*, rocas untuosas al tacto compuestas esencialmente de talco y cuarzo, a las cuales se asocian diferentes minerales. Pirineos.

IV. *Cloritocitas*, pizarras de color verde puerro o negras con cuarzo y clorita como elementos esenciales. Pirineos, Tibidabo.

V. *Pizarras cuarcíticas y cuarcitas*, rocas ligadas por numerosos tránsitos a las micacitas cuarzosas, por disminución progresiva de la mica, hasta desaparecer en las cuarcitas. Tibidabo, Montseny, Pirineos.

VI. *Pizarras anfibólicas y piroxénicas*. Es una familia muy rica en especies, con estructura pizarrosa o compacta, muy cristalinas, cuyo elemento esencial es el anfíbol o el piroxeno, asociados al feldespato o al cuarzo y con gran riqueza de minerales accesorios. En este grupo se incluyen también las *eclogitas* compuestas de granate y onfacita.

VII. *Serpentinas*, rocas verdosas o amarillentas compactas, de estructura reticular, compuestas esencialmente de serpentina.

VIII. *Rocas de silicatos cálcicos*. Familia muy compleja que comprende los mármoles, *Ofalcias*, *Epidotitas*, *Granatitas*, etc.

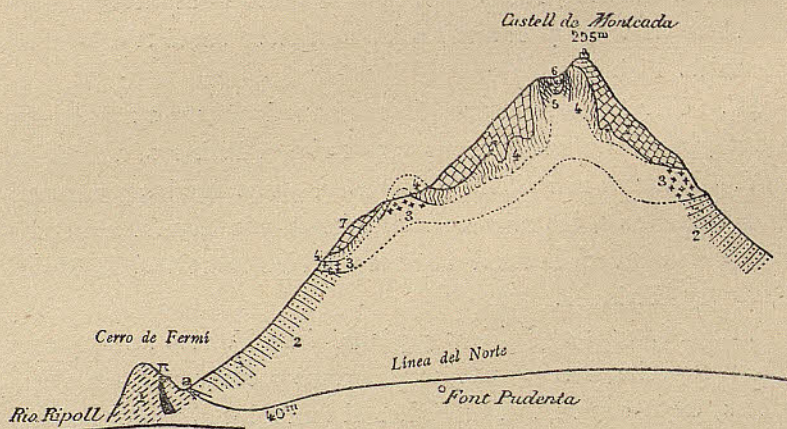
IX. *Rocas de silicatos magnésicos*. Dolomías cristalinas y varias rocas más raras, mezcla de magnesita y talco y calcita o dolomía; o de serpentina, clorita y dolomía, etc.

X. *Rocas ferruginosas*. Magnetita.

XI. *Esmeril*.

Aunque las rocas metamórficas de contacto pueden incluirse en los grupos citados, indicaremos las más importantes.

Filitas, *pizarras quiastolíticas (maclíferas)*, *micacitas nodulosas*; *andalucíticas* y *cordieríticas*; *cornubianitas micáceas*, *andalucíticas* y *cordieríticas*, *feldespáticas*, *piroxénicas*. *Anfibolitas*, *Granatitas*, *Vesuvianitas*, *Diopsiditas*, *Epidotitas*, etc. De todas las rocas que hemos indicado pueden recogerse en el suelo catalán: Pirineos, Montseny y Tibidabo principalmente.



Corte de la vertiente norte del turó de Moncada. 1, pizarras maclíferas. — 2, pizarras satinadas. — 3, Grauwacka del Silúrico inferior. — 4, pizarras con *Graptolites*. — 5, esquistos con *Leptaena corrugata*. — 6, caliza con *Orthoceras*. — 7, caliza griotte y dolomítica con *Enerinus*. — π, Filón de pórfido cuarcífero. — a, estación del ferrocarril. Según D. Jaime Almera.

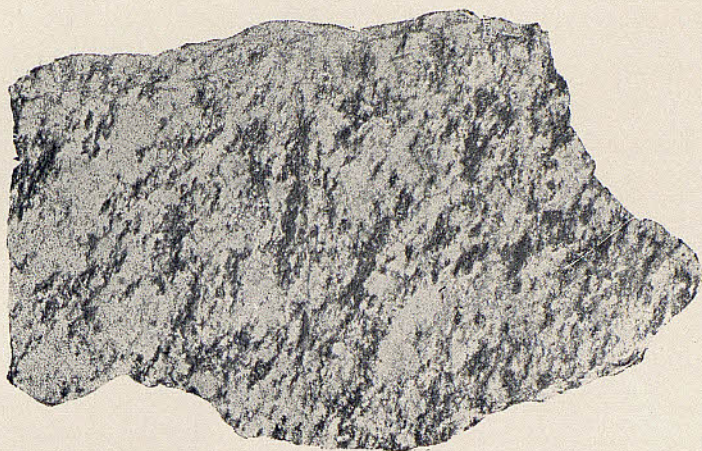


Fig. 1. — Gneis micáceo de Rosas, tamaño natural. — Colección Museo Martorell, cliché de D. Luis M.º Vidal

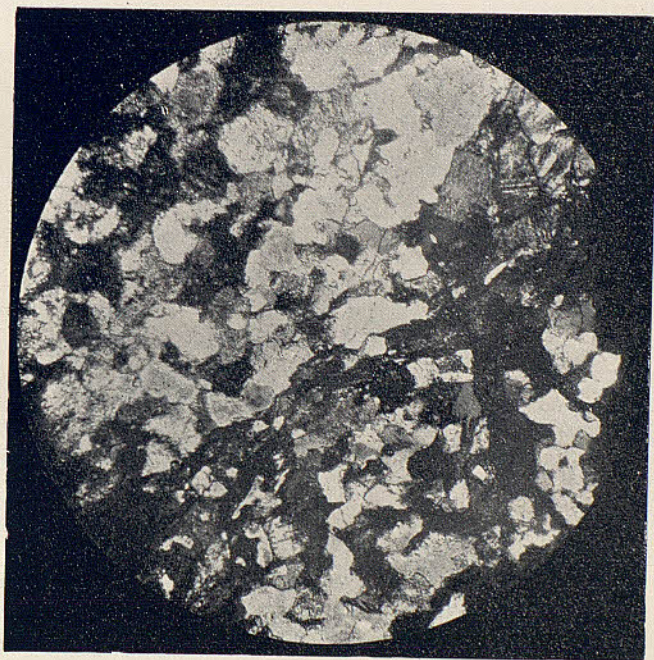


Fig. 2. — Gneis clorítico Pasteral. — Colección M. San Miguel, microfotografía en luz polarizada N+. — M. San Migue

VI. DISYUNCIÓN DE LAS ROCAS

En las canteras, gargantas, escarpas y acantilados, observamos que las grandes masas de rocas, incluso las eruptivas, no forman nunca una masa continua, sino que se ofrecen atravesadas por grietas más o menos numerosas, llamadas juntas por los canteros, de posición y dirección variables, regulares o irregulares, planas, curvas, quebradas o sinuosas, y cortándose según ángulos diversos. El estudio de estas juntas que los geólogos llaman *diaclasas* tiene una importancia extraordinaria para la extracción de las rocas y su aprovechamiento.

Todas las rocas, excepto las incoherentes (arenas, guijares, barros arcillosos, etc.) presentan estos planos de junta, que son bien visibles en las superficies expuestas a la intemperie, y menos en las rocas frescas; hasta el punto de hacerse en muchos casos invisibles, por lo que pudiéramos creerlas desprovistas de diaclasas; sin embargo, un golpe de martillo y la mano práctica del cantero permiten demostrar su existencia por la regularidad con que se rompen. No todas las diaclasas o juntas tienen igual importancia; las principales son casi siempre visibles, las secundarias no lo suelen ser más que en las rocas alteradas, pero es de anotar que todas ellas se van borrando a medida que la observación se hace a mayor profundidad.

Con muchísima frecuencia vemos las masas rocosas expuestas a la intemperie, divididas por grietas, mayores o menores,

en bloques más o menos regulares que se desprenden fácilmente de la masa y quedan al pie de los desfiladeros donde pronto pierden su forma primitiva; esta propiedad de dividirse naturalmente las rocas en bloques de forma determinada se denomina *disyunción* y es dato que debe anotar el recolector y el que hace estudios geológicos en el campo, porque no sólo tiene interés científico sino también industrial. Cuando la división natural no aparece, se revela la posibilidad de dividirse en bloques de igual forma que los naturales, golpeando con el martillo, o por cualquiera otro procedimiento mecánico; la propiedad de romperse artificialmente según planos de juntura, indudablemente existentes, pero no visibles, se llama *divisibilidad*.

Como por los planos de juntura circulan fácilmente las aguas y los gases mineralizadores, se ve siempre sus caras recubiertas por óxidos de hierro o de manganeso, por calcita, dolomía, cuarzo, calcedonia, baritina, sulfuros metálicos, etc., y si la grieta es de alguna anchura se forman venas de diversos minerales; además, la roca en el contacto de las diaclasas bien manifiestas está más alterada.

Ya hemos indicado que los planos de juntura o diaclasas se presentan en todas las rocas, sean sedimentarias, metamórficas o eruptivas. Unos de estos planos nacen por intervalos en la sedimentación o por cambiar la naturaleza del sedimento; éstos se llaman planos de estratificación; se encuentran sólo en las rocas estratificadas y rigurosamente hablando no son planos que se encuentren en la roca, sino entre ella. Los otros se encuentran en la roca misma, son grietas, hendiduras o planos de división, según los cuales una roca puede, natural o artificialmente, dividirse en bloques de forma determinada. Se producen estas diaclasas por dos grupos de causas: I, la contracción de la masa durante y después de su formación por

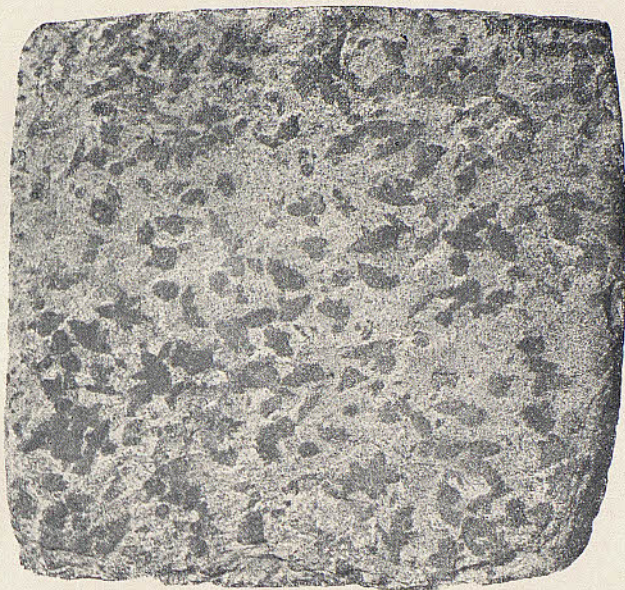


Fig. 1. — Pizarra mosqueada del Tibidabo, tamaño natural. — Colección M. San Miguel, cliché de D. Luis M.º Vidal



Fig. 2. — Micacita plegada del Tibidabo, tamaño natural. — Colección M. San Miguel, cliché de D. Luis M.º Vidal

enfriamiento (rocas eruptivas) o por desecación (rocas sedimentarias); II, acciones mecánicas; por enérgicas presiones, torsiones, estiramientos, deslizamientos y plegamientos que las rocas sufren después de su formación, a consecuencia de los fenómenos orogénicos y seguramente también de los sísmicos en íntima relación con ellos.

Daubré ha demostrado, sometiendo a la torsión bloques rectangulares de vidrio o de hielo, que por esta causa se pro-

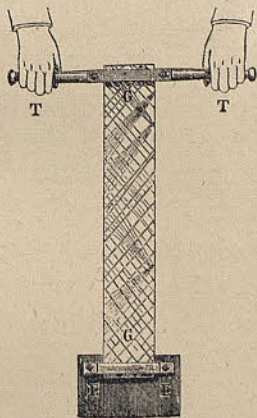


Fig. 36. — Formación de grietas (diaclasas) en una placa de hielo sometida a un esfuerzo de torsión. — Daubré, *Études synthétiques de Géologie expérimentale*.



Fig. 37. — Bloque de cera, sometido a la acción de la prensa hidráulica. — Daubré, obra citada.

ducen dos sistemas conjugados de juntas, equivalentes a los que en las rocas se llaman *diaclasas de rumbo*, por coincidir con la dirección de las capas, y *de buzamiento* (normal a éste) y un tercer sistema oblicuo con relación a los anteriores (fig. 36).

Por presión, se producen las estructuras hojosa y pizarrosa, caracterizadas por un solo sistema de planos de junta, paralelos entre sí; pero la presión, cuando las rocas son de elementos gruesos o poco plásticas obra de manera análoga a la indicada

para la torsión; Daubré sometía bloques de cera fría a la acción de la prensa hidráulica y obtenía en ellos un sistema de diaclasas que se cruzaban en ángulo recto y grietas mayores e irregulares, comparables a las que rellenas de calcita espática blanca, adornan muchas calizas conocidas en el comercio con el nombre de mármoles (en geología esta palabra tiene una acepción distinta) (fig. 37).

En las rocas eruptivas, granitos, basaltos, pórfidos, etc., los planos de juntura son sólo diaclasas, nunca planos de estratificación. En todas ellas existe un sistema más o menos complejo de diaclasas, que son las que determinan las diversas formas de disyunción. En ciertos casos dominan una serie de planos paralelos sobre sus normales y se produce una disyunción hojosa o en losas como en las rocas volcánicas (basaltos, fonolitas y audesitas). Siempre que los sistemas de planos de juntura son paralelos dos a dos se originan disyunciones poliédricas, y si dos planos son muy extensos con relación a los otros dos pares del sistema, que adquieren poco desarrollo, se forman *losas*; si el espesor de todos ellos es relativamente grande dan lugar a la disyunción en *bancos*, muy frecuente en los granitos, como puede verse en las canteras de Caldas de Montbuý y de Pedralbes (Lám. XI, fig. 1.^a). En estas formas los planos de mayor extensión o principales son siempre paralelos a la superficie de enfriamiento, por consiguiente horizontales en las corrientes, verticales o muy inclinados en los diques o filones; en los batolitos varía bastante la posición, pero rara vez son los horizontales más extensos que los verticales; ver las dos canteras citadas.

La disyunción *prismática*, llamada también columnar, aunque impropia, se caracteriza por la existencia de varios planos principales, de igual desarrollo, que se cortan limitando prismas largos y relativamente delgados, y dos planos



Fig. 1. — Anfibolita cuarcítica, Gualba (Barcelona). — Colección M. San Miguel, microfotografía M. San Miguel

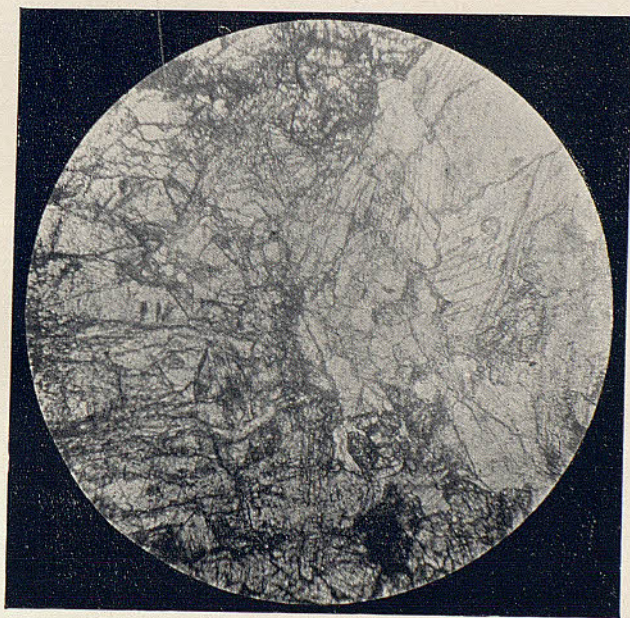


Fig. 2. — Mármol con granate e idocrasa, Gualba (Barcelona). — Colección M. San Miguel, microfotografía M. San Miguel

paralelos de poco desarrollo que forman la base del prisma; es frecuente esta forma en el basalto y en las andesitas básicas (de color obscuro); hermosos ejemplos son las canteras de Amer y el acantilado de Castellfullit (Gerona) (Lám. XII). El eje del prisma se dispone siempre perpendicularmente a la superficie de enfriamiento, esto es, vertical en las corrientes y horizontal en los diques.

Cuando los planos del sistema son normales entre sí y de igual desarrollo se origina la disyunción *cúbica*, propia de las rocas granitoideas.

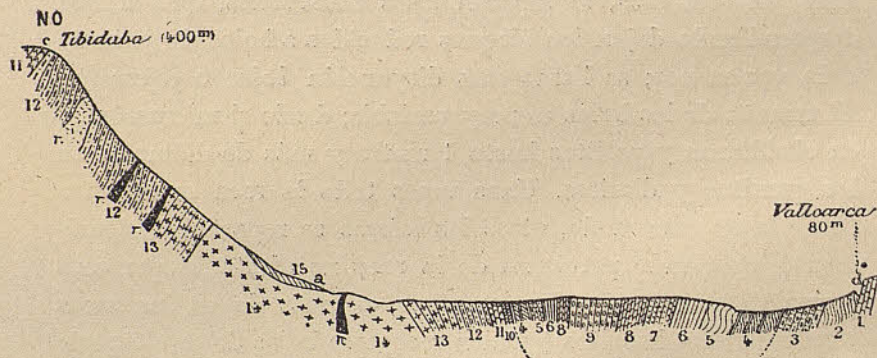
Si los planos se cruzan según ángulos diversos, la disyunción es irregular y la presentan todas las rocas, sobre todo reducidas a pequeños fragmentos.

No es raro que los planos de juntura sean superficies esféricas; en este caso, se separan losas encorvadas, que al irse desprendiendo dejan los bloques reducidos a bolas de tamaño cada vez menor; se llama esta disyunción *bolar* o *esferoidal*. El tamaño de las bolas es muy variable; desde el microscópico en obsidias y perlitas hasta 1 metro y más de diámetro en los granitos y dioritas. Unas veces toda la roca se muestra dividida de este modo, otras las esferas se reparten desigualmente, quedando porciones de la roca no afectadas por esta forma de disyunción. Es frecuente, además de en las rocas citadas, en los basaltos (pueden recogerse bolas de esta especie en los volcanes de Gerona; bolas que no hay que confundir con las bombas volcánicas) en las diabasas (Papiol, San Feliu, Montseny, etc.), en las ofitas del Pirineo, etc.

Las formas de disyunción en las rocas sedimentarias, dependen de la asociación de los sistemas de diaclasas y de los planos de estratificación. Se rompen en hojas, láminas, losas, bancos, cubos y bolas; las dos primeras son propias de arcillas y margas, la tercera de arcillas arenosas, areniscas, molasas y calizas

bastas; las tres siguientes de areniscas, molasas, maciños, calizas, etc. (Montjuich); y la última se presenta en algunas areniscas y grauwackas. Los conglomerados producen siempre disyunción irregular.

En las rocas metamórficas se encuentran todas las formas citadas, excepto la bolar. La forma típica es la pizarrosa, en hojas, placas y losas, siendo también frecuente la poliédrica y cúbica. Para ver formas de disyunción en estas rocas deben recorrerse las carreteras y torrentes del Tibidabo.



Corte de Valldorca al Tibidabo. π , pórfido. — 14, granito. — 15, limo cuaternario. — 11 y 13, dolomía. — 3, caliza con orthóceras. — 6, 7, 8, 9, 10 y 12, pizarras, esquistos y grauwackas. Según D. Jaime Almera.

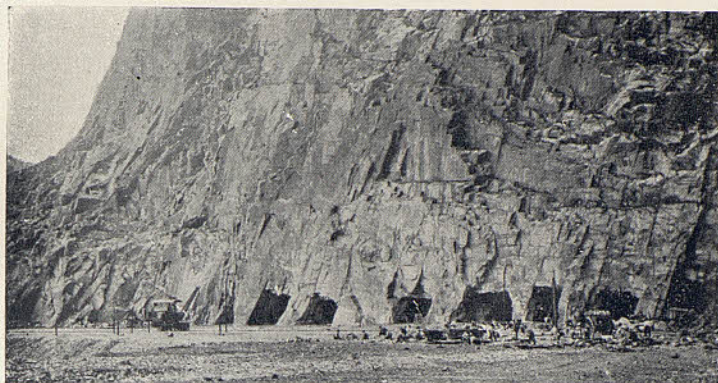


Fig. 1. — Cantera del Remey. Caldas de Montbuy

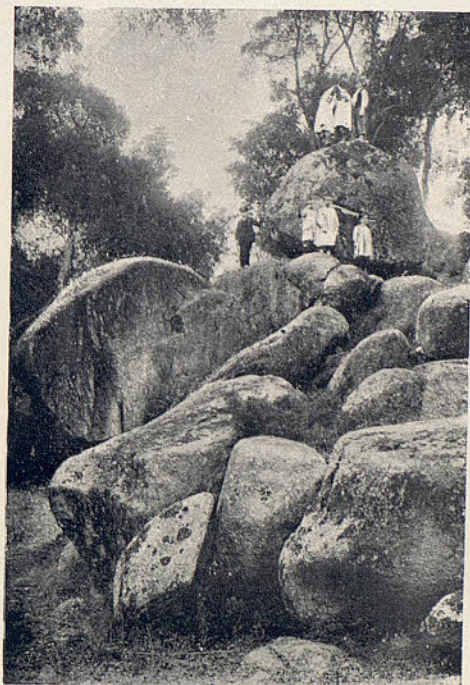


Fig. 2. — Bloques de granito, que permiten conocer el efecto de la disyunción natural y el fenómeno de la descomposición en bolas por la acción del agua y la atmósfera; estos montones de bloques son frecuentes en las laderas, donde el derrubio de la arenilla de descomposición del granito les deja al descubierto. San Andrés de Llavaneras. — Cliché L. Roisin.

VII. DETERMINACIÓN DE LA EDAD RELATIVA
DE LAS ROCAS
Y DE LOS FENÓMENOS OROGÉNICOS

La cronología geológica, la edad de los acontecimientos geológicos importantes y la de los fenómenos físicos y biológicos que con aquéllos constituyen la Historia geológica de la Tierra o la *Geología Histórica*, se basa siempre en la estratigrafía, en la sucesión y orden de formación de los estratos; necesitamos pues, para poder determinar la edad relativa de las rocas, conocer primero la de las formaciones sedimentarias; después no es difícil llegar a fijar la de las demás rocas y la de otros muchos fenómenos geológicos. Ciertamente no es asunto del aficionado, guía o recolector, determinar la edad de las rocas; pero puede suministrar buenos datos al especialista, y de todos modos, aunque en algunos casos sea imprescindible la intervención de un especialista, hay muchos, tan claros y sencillos, que con ligeras nociones y un poco de costumbre, no es nada difícil fijar la edad relativa de varias rocas, reunidas en un macizo montañoso. Sentaremos algunos principios y reglas que permitan al lector hacerse cargo del problema y hasta resolverlo el mismo en el campo.

El principio fundamental de la geología histórica, en cuanto al conocimiento de la edad de los acontecimientos geológicos y de las rocas se refiere, es el de la *superposición de los estratos*, que puede expresarse del modo siguiente: En una formación sedimentaria la capa más antigua es la inferior y la más moderna la superficial; toda capa es más antigua que la que está encima.

Hay bastantes excepciones, pero lejos de modificar en lo más mínimo el principio, le dan más fuerza y son argumentos que defienden su universalidad; porque realmente no son excepciones, pues las capas que actualmente encontramos dispuestas en orden inverso al que debieran presentar según el principio enunciado, se depositaron y formaron en posición conforme con él y después sufrieron enérgicas presiones, que las doblaron, desplazaron e invirtieron o las empujaron a veces lejos de la región donde se habían formado, para dejarlas sobre rocas de edad más reciente, como ocurre en los cabalgamientos, corrimientos o cobijaduras. Un curioso ejemplo de disposición anormal nos suministran los pliegues acostados, cuyo flanco normal presenta las capas dispuestas de abajo a arriba según el orden de formación, mientras en el inverso se disponen inversamente a como se formaron, es decir, la capa más antigua arriba y la más moderna abajo (fig. 13).

Admitida la universalidad del principio de la superposición, es evidente que si la sucesión de capas superpuestas no hubiera sufrido la menor interrupción, en un corte todo lo profundo que fuera preciso, encontraríamos reunida la Historia geológica; desgraciadamente, no hay una sola región donde se conozca una sucesión completa; por el contrario, es ley general la discontinuidad y la falta de muchos términos de la serie estratigráfica; ahora bien, los términos que faltan en unas regiones se encuentran en otras, de modo que conociendo bien la estratigrafía de toda la Tierra, podríamos reconstituir el libro cuyas hojas encuentra el geólogo dispersas, la Historia geológica.

Para esto, fácilmente se comprende que es necesario poder relacionar cronológicamente los estratos y las formaciones de los distintos puntos del globo. Aplicando el principio de la superposición, bastaría conocer el horizonte o nivel a que se



Fig. 1. — Corriente de basalto, Castellfullit de la Roca.
Las formaciones volcánicas de la provincia, de Gerona. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, t. IV, por Calderón, F. Navarro y Cazorro



Fig. 2. — Columneta basáltica de las canteras de Santa Margarita, entre Amer y las Planas.
Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, t. IV, obra citada

encuentran, siendo sincrónicas las capas en que éste es igual y de edad distinta las de horizonte diferente. Este método es muchísimas veces inaplicable; en tal caso discurrimos del siguiente modo: una capa, por ejemplo, de una región no encontrada en otra en que la formación a que suponemos puede pertenecer ha sido perfectamente estudiada, podría considerarse como tal si estuviera comprendida entre otras dos sincrónicas de capas existentes en la formación que pudiéramos llamar tipo; y el no existir dicha capa en esta formación indica un período de emersión sincrónico de la capa de que tratamos.

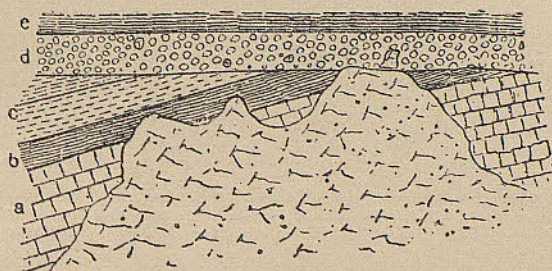


Fig. 38. — Esquema que enseña cómo puede determinarse la edad de un batolito; el granito es más moderno que las capas *a* y *b* que atraviesa; probablemente también son más antiguas que el granito las capas *c*, aunque en el esquema no aparecen atravesadas; en cambio, la capa *d* que contiene cantos de granito y que descansa directamente sobre el batolito es indudablemente más moderna; la edad del granito está comprendida entre la de las capas *b* y *d*. — J. Geikie, obra citada.

Más positivos resultados dan la reunión de este método con el paleontológico y el más moderno de *las facies*; de éstas trataremos en la parte correspondiente a Paleontología y Geología histórica, de las Instrucciones a los recolectores de fósiles y aficionados a Geología que estamos preparando.

Determinación de la edad relativa de las rocas eruptivas. — Es evidente que toda roca eruptiva es más moderna que aquella a quien engloba, penetra, atraviesa o cubre y más antigua que aquella que encierra fragmentos o productos de su destrucción (figs. 38 y 39). Así muchos pórfidos atraviesan las

rocas cámbricas y silúricas del Tibidabo, luego, son más modernos que ellas; en cambio, en los conglomerados de la base de Montjuich se encuentran productos detríticos del granito y pórfido del Tibidabo, luego, éstos son más antiguos que dichos conglomerados.

Según este principio, la edad de una roca eruptiva queda determinada, cuando conocemos la de las rocas que están en relación con ella; por ejemplo, un dique (o filón) de un basalto que atraviesa rocas miocénicas es evidentemente más moderno que éstas, y si siguiéndole en sentido horizontal le viéramos

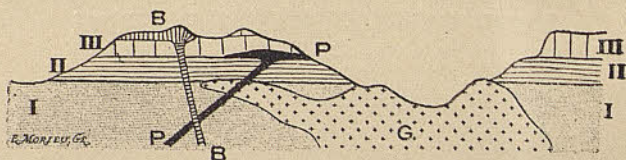


Fig. 39. — Esquema que enseña cómo se determina la edad relativa de las rocas eruptivas; el granito *G* es más antiguo que el pórfido *P* que le atraviesa, y ambos más antiguos que el basalto *B* que atraviesa el dique *P*.—M. Boule, *Conférences de Géologie*.

cubierto por materiales pliocénicos a los cuales no penetra, su edad estaría comprendida entre la de la última capa miocénica atravesada y la primera pliocénica no penetrada por el basalto. Otro ejemplo: en Martorell, subiendo a la Sierra de Alaix vemos las pizarras cámbricas o silúricas atravesadas por filones de pórfido; pero estos filones se detienen en el contacto discordante con los conglomerados rojos de la base del triás, sin afectarlos ni atravesarlos: luego la edad de estos pórfidos es posterior al silúrico y anterior al triás; pero como estos pórfidos son posteriores a la formación granítica y ésta es carbonífera, deducimos que sus erupciones tuvieron lugar en el pérmico o al final del carbonífero.

Si una roca eruptiva atraviesa a otra también eruptiva, su edad relativa se determina como en el caso anterior. Así

el pórfido cuarcífero atraviesa en toda la cadena costera catalana al granito. luego éste es más antiguo; si sabemos la edad del granito podemos conocer la del pórfido, pero sin gran precisión, a no ser que el dique porfídico rompa una formación sedimentaria y después siga otra no afectada por él, entonces estaríamos en el caso anteriormente explicado y puede muy bien observarse en Caldas de Montbuy, donde hay granito, pórfido que le atraviesa, cámbrico o silúrico atravesado por ambos y el triás sin penetración de rocas eruptivas.

Por último, no puede siempre asegurarse que una roca sedimentaria sea más moderna que una eruptiva solamente porque aquélla descansa sobre ésta; pues la lava o magma, si no encuentra paso a la superficie, se introduce entre las rocas, levantando a veces las superiores y formando lacolitos, en los cuales es evidente que las capas que cubren la roca eruptiva son más antiguas que ella; otras penetra en gran extensión las formaciones sedimentarias formando como el núcleo de los accidentes montañosos; tal ocurre con el granito en el Pirineo, Cadena Costera Catalana, etc., y las rocas que hay inmediatamente encima de él son indudablemente más antiguas, puesto que han sido afectadas, penetradas y metamorfoseadas por él.

Determinación de la edad de las rocas metamórficas. — En realidad no debíamos hacer párrafo aparte para estas rocas, que, como ya hemos indicado, son sedimentarias o eruptivas profundamente modificadas por presiones y elevadas temperaturas y, por lo tanto, la determinación de su edad se hará según los métodos empleados para las sedimentarias o para las eruptivas, según procedan de una u otra clase de rocas. Tratándose de formaciones sedimentarias extensas que han sufrido enérgico metamorfismo, como es el caso para el paleozoico en Cataluña, lo mejor es emplear el método estratigráfico, siguiendo la formación en sentido horizontal hasta alcanzar las zonas normales

que ya pueden encerrar fósiles (las rocas metamórficas no presentan fósiles o muy excepcionalmente y mal definidas), y entonces definiremos su edad por la de los sedimentos normales que se encuentran en el mismo horizonte estratigráfico y que son, por lo tanto, sincrónicos; así basándose en relaciones estratigráficas, pues fósiles no hay, se ha llegado a asignar a las capas inferiores del paleozoico que entran en contacto con el granito en la Cadena Costera Catalana, una edad cámbrica, ya que el silúrico inferior bien definido está estratigráficamente encima de ellas. Con todo esto tenemos la edad del material, conocemos la época en que se formaron los sedimentos, pero no tenemos idea de la edad de la roca como metamórfica; es decir, que no conocemos en qué época se transformaron los sedimentos normales en pizarras cristalinas y el geólogo debe determinar también la edad del metamorfismo. Como hemos visto, el metamorfismo se debe unas veces a fenómenos orogénicos y entonces, claro está, que es sincrónico de ellos; otras lo determinan fenómenos eruptivos, intrusión de grandes masas de lava o magma entre las formaciones sedimentarias, y en este caso la edad del metamorfismo es la de la roca eruptiva que le produce. En cuanto al primer caso, veremos en seguida cómo se conoce la edad de los fenómenos orogénicos; en cuanto al segundo, un sencillo ejemplo aclarará lo expuesto. En la montaña del Tibidabo y vertiente que mira a Barcelona encontramos el granito en la base, pizarras muy cristalinas en el contacto, después disminuye lentamente la cristalinidad, pero ni siquiera en la cima aparecen los sedimentos normales, es necesario avanzar más al O. y N. para encontrarlos; es evidente que los sedimentos de que se han formado las rocas metamórficas del Tibidabo son anteriores al granito de su base, a cuya influencia se debe el metamorfismo, y que, como ya hemos dicho, tiene que ser de edad posterior al silúrico; en efecto, su edad es car-

bonífera y los sedimentos se formaron en el cámbrico y silúrico, pero estos sedimentos no se transformaron en roca metamórfica hasta que tuvo lugar la intrusión del gran batolito de granito; luego, el metamorfismo es también carbonífero.

La edad de los fenómenos orogénicos se determina por la de las dislocaciones tectónicas, plegamientos y fallas. La edad

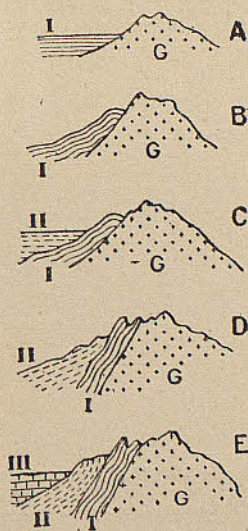


Fig. 40. — Serie de esquemas para mostrar cómo se determina la edad relativa de una montaña; la formación de la montaña *E*, ha tenido lugar después de depositadas las capas *II* y antes de formarse la serie *III*; si la *III* fuera triásica y la *II* carbonífera, diríamos que se formó en el carbonífero superior o en el Pérmico.—M. Boule, obra citada.

de los plegamientos es posterior a la de los estratos plegados y anterior a la de los estratos que las cubren discordantemente no afectados por el plegamiento (fig. 40); en el ejemplo tantas veces tomado de Martorell y Caldas de Montbuy, vemos las pizarras cámbricas y silúricas enérgicamente plegadas; luego son anteriores al plegamiento, mientras que el triásico descansa discordantemente y horizontal, siendo, por lo tanto, el plega-

miento anterior al depósito del triás; en efecto, la edad del plegamiento de los estratos paleozoicos de Cataluña es carbonífera y corresponden a los movimientos orogénicos llamados hercinianos. Desde Gavá a Brugués vemos el silúrico, devónico y carbonífero inferior plegados, encima el triás horizontal; la edad del plegamiento es del carbonífero superior seguramente. De Manresa a Cardona se nos presenta plegado el oligoceno con un hermoso anticlinal en Suria y otro en Cardona; la edad

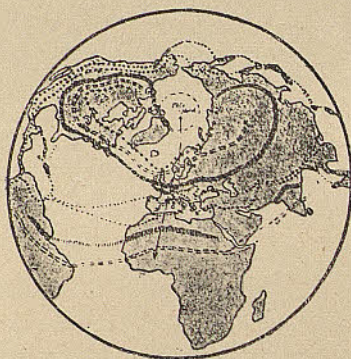


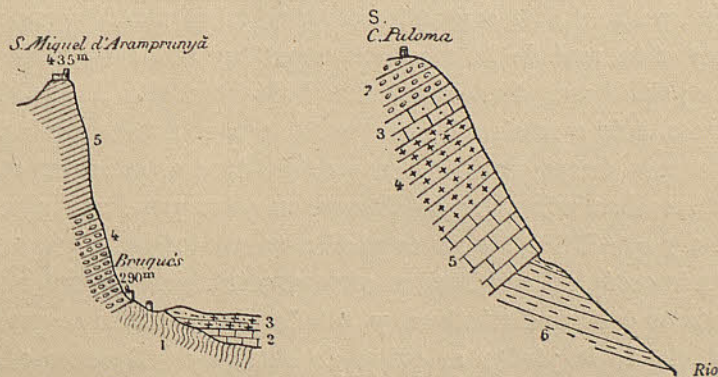
Fig. 41. — Esquema para indicar la distribución geográfica de las cadenas de montañas que han existido en los períodos geológicos; + + + cadenas Huronianas; = = = id. Caledonianas; ||||| id. Hercinianas; • • • • id. Alpinas. — M. Chevalier, *Les Cataclysmes Terrestres*. París, 1911.

de este plegamiento es miocénica o del final del oligoceno. Podríamos poner muchos más ejemplos, pero creemos suficientemente aclarada la cuestión.

En la Historia geológica se conocen cuatro períodos orogénicos principales, y algunos secundarios; aquéllos son el Huro-niano, que tuvo lugar en la Era Arcaica; el Caledoniano, entre el Silúrico y Devónico; el Herciniano, en el Carbonífero, y el Alpino, en el Mioceno. Cada uno de ellos ha dado lugar a un sistema de montañas — conocido con el mismo nombre que el período correspondiente. — Con la figura 41 tratamos de ilus-

trar al lector sobre la distribución geográfica de los cuatro grandes períodos orogénicos y los sistemas de montañas correspondientes.

La edad de las fallas se determina con arreglo al mismo criterio; es posterior a la de las rocas rotas por ella y anterior a las que la cubren y no la afecta; ejemplo: la mitad de Montjuich está sepultada en el mar; el braquianticlinal completo se rompió por falla según uno de sus ejes, y mientras la mitad N. y O. quedó elevada se hundió la E. y S. Como los sedimentos de Montjuich son miocénicos, la falla es posterior; seguramente del plioceno.



Corte del cerro de San Miguel d'Aramprunyà. Altura, 155 mts. 1, pizarras con *Graptolites*. — 2, caliza con *Eucrinus*. — 3, pizarras con *Phacops* y calizas margosas. — 4, pudinga de la base del *Trias*. — 5, arenisca abigarrada. Según D. Jaime Almera.

Corte de la ribera derecha del Llobregat, en el camino del Cairat a la Puda de Montserrat, tomado según una línea vertical, desde C. Paloma al río. Longitud, 180 metros; altura, 100 mts. 3, caliza del *Muschelkalk*. — 4, arenisca arcillosa yesífera. — 5, caliza con *Fucoides*. — 6, arcillas del *Eoceno*. — 7, pudinga *Pontiense*. Según D. Jaime Almera.

VIII. ELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS EJEMPLARES

Todo el que quiera formar una colección útil de rocas, o recoja para los museos o los especialistas, debe, como ya hemos indicado, anotar cuidadosamente las condiciones geológicas de cada roca. Las muestras deben recogerse frescas; a ser posible, se arrancarán a algunos centímetros de la superficie del afloramiento, pues en caso contrario recogemos una muestra que no es expresión real de la roca que constituye la capa, filón o macizo; sino un producto resultante de la alteración de aquélla; una roca más o menos descompuesta, con minerales distintos que la roca fresca; con diferente color, dureza, etc.; por otra parte, muchos minerales se alteran en estas porciones superficiales y son difíciles o no se pueden reconocer en la preparación microscópica, por hacerse opacos, mancharse o perder los caracteres ópticos distintivos, y a todo ello se añade el que la superficie de la piedra se cubre de costras de líquenes o de substancia mineral. La experiencia nos ha enseñado que es muy difícil clasificar con certeza las rocas alteradas, y que se llega, aun procediendo con esmero y teniendo práctica en estos estudios, a interpretaciones falsas sobre la verdadera naturaleza de la roca.

La profundidad a que deben recogerse las muestras para evitar estos inconvenientes varía con la naturaleza de las rocas y con el clima; las rocas ácidas en países secos se alteran sola-

mente en la superficie, pero en los climas húmedos la alteración penetra tanto en la masa rocosa que a veces es preciso renunciar a obtener ejemplares frescos; como prueba de lo que decimos compárese rocas graníticas de afloramiento natural procedentes de la Sierra de Guadarrama y de la Cadena Costera Catalana.

En general las rocas básicas, o mejor dicho sus elementos, se alteran más fácilmente que las ácidas; compárense los filones de aplita y de porfiritas y de diabasas en el Tibidabo.

Los mejores ejemplares se recogen en los afloramientos artificiales, canteras, trincheras, desmontes, túneles, etc.; pero, a falta de éstos, no es difícil tomar ejemplares de una profundidad suficiente para que no sea muy sensible la influencia de la atmósfera; para ello debe empezarse por quitar, con un martillo grande, trozos de la superficie hasta que la roca se vea dura y con minerales límpidos; suele aconsejarse quitar unos 20 cm., pero esto no puede darse como ley, pues en muchos casos con mucho menos basta y en otros hay que alcanzar mayores profundidades.

Orueta, tratando de este asunto (1), dice: «Aleccionados por nuestra experiencia, hemos llevado en nuestras excursiones un martillo de maza grande, de 4 kilogramos, y nos hemos valido de él para destruir los crestones hasta encontrar la roca inalterada... En los casos de duda hemos apelado a un barreno pequeño cargado con medio cartucho de dinamita.»

No obstante, el petrógrafo no debe desdeñar los ejemplares superficiales y alterados, y el recolector que colecciona material para la investigación petrográfica, debe tomar muestras con caras expuestas a la intemperie, y ejemplares alterados, aunque en pequeña cantidad; pues con ellos pueden conocerse propie-

(1) Estudio Geológico y Petrográfico de la Serranía de Ronda. Memorias del Instituto Geológico de España 1917.

dades muy importantes de las rocas: su modo de alteración, productos que origina y el color, naturaleza y propiedades de la pátina o costra superficial.

Las rocas que han de servir para formar colecciones de museos, se deben modelar según forma y tamaño lo más iguales posible; para ello se elige un bloque del tamaño aproximado al que nosotros deseamos, se sujeta con la mano izquierda y con el martillo pequeño en la derecha, golpeamos poco a poco el bloque; hacemos saltar esquirlas de las partes salientes y matamos los bordes cortantes, hasta que hayamos modelado un lado; se repite esto con los otros tres y, por fin, procedemos por el mismo procedimiento a igualar las dos caras más extensas, de manera que quede un bloque de forma análoga a la que tiene el ejemplar de la Lám. I, fig. 1.^a Ciertas muestras no deben tocarse con el martillo, pues de ellas interesa más su forma natural que su naturaleza; tal ocurre con los cantos rodados, los cantos de morrenas glaciares, los de regiones de dunas, las bombas volcánicas, etc.

El tamaño de los bloques varía según el objeto que persigue el que colecciona; para el Museo recomendamos que los ejemplares tengan de 9 a 10 cm. de largo, de 7 a 8 de ancho y de 2 a 4 de grueso.

Obtenido el modelado, o inmediatamente después de recoger las muestras, en el caso de haber suprimido la operación de modelar, que, dicho sea de paso, no tiene más que valor decorativo para la colección; debe pegarse un número y envolverla en un papel que lleve escrito o contenga en una etiqueta el número del ejemplar y la procedencia; en seguida, en la libreta de notas, se apunta el número, localidad, nombre provisional de la roca y algunas observaciones sobre las condiciones de yacimiento y naturaleza de la roca.

Los materiales recogidos con la sonda, las arenas y las rocas

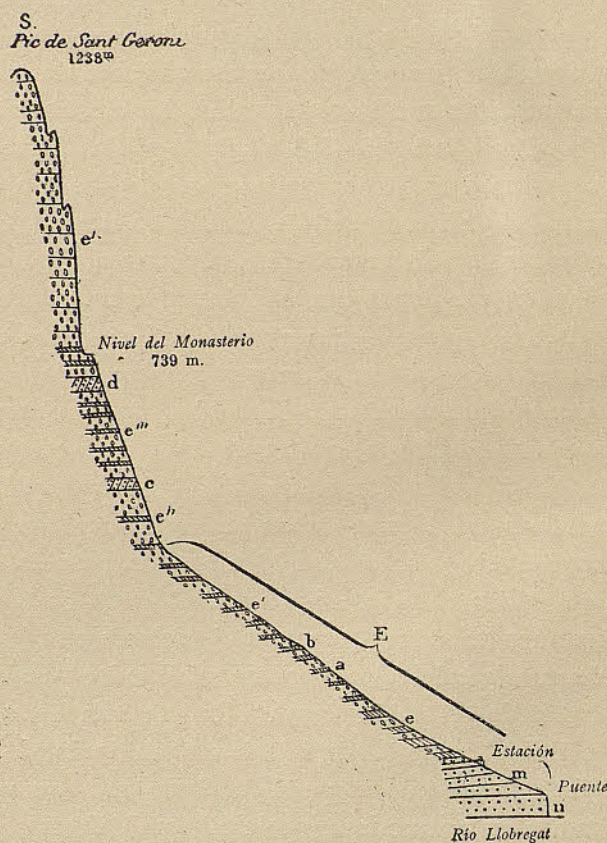
sueltas en general, se guardan en tubos o cajas de madera o latón, con su número y etiqueta y se anotan en la libreta las consideraciones que sugiera la observación del yacimiento.

Al romper las rocas para arrancar muestras y al modelar éstas, saltan multitud de esquirlas, de las cuales debe elegirse aquellas que, por su tamaño, forma y poco espesor, sean más a propósito para hacer después preparaciones microscópicas; además, observando todas con cuidado pueden escogerse las más frescas y aquellas que presenten mayor variedad de caracteres estructurales y mayor número de minerales característicos de la roca. Haciendo esto es fácil elegir esquirlas interesantes, cada una por un detalle o carácter especial y del conjunto de preparaciones obtenidas con material tan bien escogido difícil es que no salga un estudio completísimo de la roca. Cada esquirla se envuelve en un papel con el número correspondiente al ejemplar de donde procede y se guardan todas en una caja que contenga una etiqueta con el mismo número y la localidad.

Una vez que ha terminado la recolección, si el recolector vuelve a casa o al Museo, no ha de hacer más preparación; pero si la excursión ha de continuarse o quien recoge las rocas desea mandarlas al Museo, deben empaquetarse con cuidado y con papel fuerte y colocarlas bien en una caja de madera; después se envían al Museo o a casa.

Ya tenemos en nuestra casa los ejemplares, nos resta proceder a formar la colección, si somos aficionados a coleccionar rocas; como toda colección tiene un fin que cumplir, a él debe atender principalmente el propietario o conservador de la colección. Es éste asunto que no puede tratarse en pocas palabras; sólo visitando buenos museos y colecciones de ilustres geólogos y la práctica que con el tiempo se adquiere, pueden obtenerse los conocimientos y experiencia necesarios para dar a cada colección la instalación más adecuada a su fin.

Los ejemplares se colocan en cajas de cartón, generalmente blancas; cada ejemplar debe llevar pegado el número que le corresponde en la colección; en la caja, además del ejemplar, se coloca una etiqueta, con el nombre específico, localidad y algún detalle importante y con el mismo número que el ejemplar.



Corte de Monistrol a Sant Geroni (Montserrat). Longitud, 500 mts.; altura, 1,062 metros. *n*, capas rojas lacustres. — *m*, capas marinas y salobres. — *b*, capa con *Annélidos*. — *c*, capa marina superior. — *c*, *c'*, *c''*, *c'''*, *c''''*, capas fluvio-lacustres. Según D. Jaime Almera.

IX. CÓMO SE ESTUDIAN LAS ROCAS

El estudio y clasificación de las rocas, y particularmente el de las eruptivas y metamórficas, es empresa delicada y que exige por parte del que ha de efectuarlo, conocimientos bastante profundos de cristalografía, óptica, física, química y mineralogía, además de los geológicos. No pretendemos dar a conocer en este capítulo los diversos métodos ideados para clasificar las rocas, ni entrar en los detalles de la técnica de tales estudios: sólo indicaremos algunos trabajos y estudios elementales, que pueden efectuar los aficionados, quienes podrán completar su preparación en las obras especiales.

Para clasificar una roca es preciso examinar atentamente sus caracteres externos, su composición mineralógica y su estructura. Todos los procedimientos para clasificar las rocas podemos agruparlos en tres secciones: examen macroscópico, investigación microscópica y análisis químico. Prescindiremos en absoluto de este último por ser más propio de químicos que de geólogos.

Examen macroscópico es el que hacemos a simple vista o a lo sumo empleando una lente; podemos de este modo conocer el color, estructura, sensación al tacto, sabor, olor, apegamiento a los labios, etc.; si los elementos que forman la roca son grandes y bien diferenciados, la observación macroscópica da buena idea de la composición mineralógica. Así, en el granito se distinguen bien a simple vista sus tres elementos esenciales, feldespatos, cuarzo y mica. En esta sección incluimos también

los estudios físicos que no requieren preparación especial de la roca y los ensayos químicos por vía seca y húmeda; la determinación de la densidad, dureza, tenacidad, cohesión, magnetismo, fusibilidad; de las variaciones de las propiedades físicas por el calor; el reconocimiento de ciertos minerales petrográficos por ensayos al soplete, la solubilidad en los ácidos y el reconocimiento por vía húmeda de algunos minerales, etc., pueden estudiarse en las obras elementales de mineralogía, pues en nada difieren los métodos y la técnica empleados para los minerales aislados que los usados para los petrográficos.

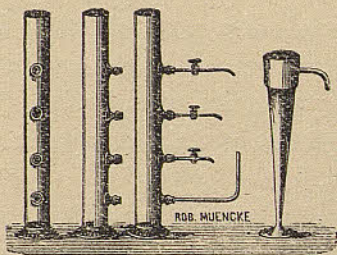


Fig. 42. — Probetas para levigación

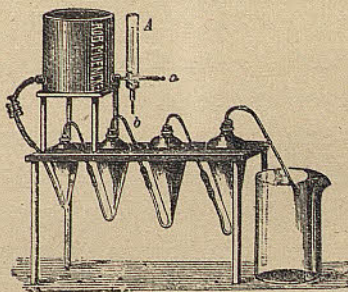


Fig. 43. — Aparato de levigación

El estudio de la composición mineralógica de las rocas, empleando los métodos físico-químicos que enseña la Mineralogía, requieren una labor preliminar; es preciso aislar las diversas especies para hacer independientemente su estudio; para ello se pulveriza la roca y se pasa por un tamiz fino; con el polvo del grano uniforme así obtenido se opera según diversos métodos y con distintos aparatos; la levigación sencilla, o con aparatos complicados (figs. 42 y 43), puede dar resultados satisfactorios, pero si queremos aislar las especies y conocer además la proporción en que entran a constituir la roca, el método más eficaz es el de los líquidos pesados; de estos líquidos el más común-

mente usado entre los petrógrafos es el líquido de Toulet, yoduro mercúrico potásico de densidad máxima 3'19. El método es fácil de comprender; después de triturada y tamizada la roca se echa en un tubo ancho, estrechado en su parte inferior y cerrado con una llave de ancho paso (fig. 44); los minerales de densidad superior a 3'19 irán al fondo y saldrán en cuanto se abra la llave; si añadimos agua la densidad del líquido des-



Fig. 44. — Embudo de Harada

ciende, por ejemplo, a 3, y todos los minerales más pesados se depositan en el fondo del tubo, los cuales se separan abriendo de nuevo la llave; añadiendo agua repetidas veces y separando el material que cae al fondo, tendremos una serie de tomas de densidad conocida; observando el material de cada toma, se ve si consta de una sola especie o hay varias; en este caso se procede de nuevo a separarlas echando el material en el líquido de Toulet con densidad superior a la en que se depositaron; por ejemplo, si cayeron a 3, se pone en líquido 3'19, todas las especies flotan; se diluye con cuidado el líquido hasta que algunos

granos empiecen a caer; sea esto cuando el líquido tiene 3'10; recogemos el producto depositado y seguimos diluyendo con cuidado hasta que veamos caer algún grano y así continuamos operando hasta llegar a 3.

Puede saberse en cada momento la densidad del líquido, conociendo la inicial y el volumen de éste y el agua destilada

añadida, por la fórmula $D = \frac{Vd + V'}{V + V'}$; donde D = densidad

de la mezcla d = densidad inicial, V = volumen del líquido inicial y V' = volumen del agua añadida. Más práctico y seguro es el método de los indicadores Gold-Smit, colección de cuerpos de densidad conocida; para operar con ellos tomamos un poco del líquido cuya densidad deseamos conocer y echamos indicadores hasta encontrar uno que permanezca en suspensión; la densidad de éste será la del líquido; si no hubiera ninguno que quedase en suspensión, la densidad del líquido está comprendida entre la del último indicador que va al fondo y la del primero que flota; así, el indicador de 2'75 cae al fondo y flota el de 2'65, la densidad del líquido es próximamente de 2'70.

Este método, tiene graves inconvenientes para el modesto aficionado, es largo, difícil y caro. Si lo que se desea es poseer minerales aislados de la roca que investigamos, es más práctico recoger arena de los arroyos que corren sobre el afloramiento de la roca en cuestión, examinarla con una lente y separar los minerales, si son grandecitos, con una pinza o con una aguja encebada; cuando este procedimiento no sea aplicable se puede utilizar una batea como la usada por los lavadores de oro (fig. 45).

La investigación microscópica es imprescindible en Petrografía y el complemento necesario de los demás estudios citados; para poder efectuarla es preciso ante todo preparar las rocas en láminas tan delgadas que los minerales sean transparentes. En un trozo cualquiera de una roca colocado sobre la

platina del microscopio no descubrimos nada; es necesario pulimentar una cara si queremos hacer un sencillo estudio con luz reflejada o preparar una lámina transparente si deseamos un completo análisis microscópico.

No es nada difícil obtener estas láminas delgadas o preparaciones microscópicas de las rocas; para ello se procede del modo siguiente: Se hace saltar una esquirla de la roca que queremos

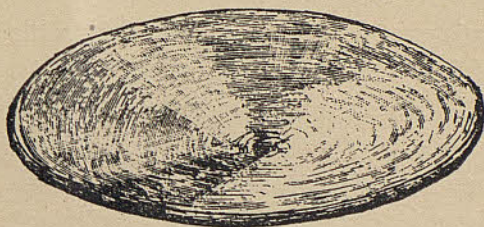


Fig. 45. — Batea

preparar, o se escoge alguna de las que recogimos con el ejemplar en el campo, procurando sea lo más delgada posible y bastante grande, de 2 a 3 cm. en cuadro; en seguida empezamos a aplanar una de sus dos caras frotando sobre una placa gruesa de cristal que contenga polvo de carborundum grueso (n.º 90) y agua; cuando han desaparecido las desigualdades grandes frotamos sobre otra placa con polvo algo más fino (n.º 120), después de bien plana con polvo aun más fino (n.º 180) y finalmente se pasa por el O. para que desaparezcan las estrías y quede completamente lisa (1); entonces suspendemos esta operación y ponemos a calentar un vidrio de 0·05 × 0·05 × 0·005 milímetros y colocamos sobre él un poco de bálsamo del Canadá disuelto en xilol; el calor debe ser moderado, pues si bien con ello la operación de resinificar el bálsamo se hace más

(1) Las placas de cristal deben colocarse en cubeta de cinc de 20. cm. en cuadro y 3 de fondo.

larga, el resultado obtenido es mucho mejor, por poder sorprender fácilmente el momento más a propósito y por no producirse burbujas en el líquido; los primeros humos blancos que escapan de la capa de bálsamo avisan al operador que la resinificación empieza: se toma con una aguja de disección una gotita de bálsamo y se lleva, después de enfriarla un poco, sobre la uña; si se adhiere a ella hay que seguir calentando, pero si no se adhiere y la bola es dura y quebradiza, la operación ha terminado; rápidamente se traslada el vidrio sobre una superficie no muy fría y tomando, con una pinza de punta fina, el fragmento que ha de servir para hacer la preparación, se le seca a la llama del mechero o lamparilla y en seguida se coloca sobre el bálsamo aún caliente, de manera que quede pegado por su cara lisa; después, durante un minuto o algo más, debe ejercerse presión suave sobre el trozo de roca, para que la capa de bálsamo que queda entre él y el vidrio sea lo más fina posible y para expulsar las pequeñas burbujas de aire que pudieran haberse formado; si al volver el vidrio y mirar por debajo vemos que han quedado muchas burbujas pequeñas o alguna grande es preciso desmontar y repetir la operación; para ello se calienta de nuevo hasta que se funda el bálsamo, se despega el bloque, se lava con aguarrás y se pega de nuevo en bálsamo resinificado. Si después de frío el bálsamo, y al hacer presión sobre él con la uña no se deja penetrar ni se agrietea o salta, la operación se ha hecho bien.

Pasado que haya una hora por lo menos, tomamos el vidrio y frotamos el bloque sobre la placa con polvo grueso hasta que empiecen a transparentarse algunos minerales; pasamos entonces al polvo del 120; cuando casi todos son transparentes los trasladamos al del n.º 180 hasta que la lámina delgada tenga unas 5 centésimas de milímetro de espesor; adelgazamos después con el 0 a la vez que alisamos bien hasta que el espesor sea de

3 centésimas de milímetro; conseguido esto, colocamos de nuevo el vidrio al fuego para que se funda el bálsamo y con una aguja de disección empujamos la lámina y la sacamos adherida a su punta para llevarla sobre un porta-objetos en el que ya

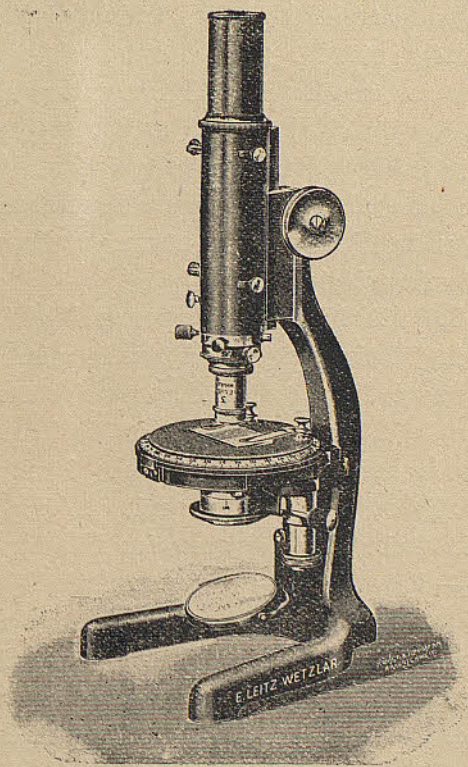


Fig. 46. — Microscopio petrográfico, modelo VIM. E. Leitz Wetzlar, catálogo n.º 43 P.

habíamos puesto bálsamo del Canadá; colocamos después encima el cubre-objetos y comprimiendo suavemente hacemos que el bálsamo se extienda uniformemente y no queden burbujas. Por fin se ponen dos etiquetas una a la derecha y otra a

la izquierda de la preparación, con el mismo número y localidad que el ejemplar de donde procede la preparación, dejando en blanco la otra para poner, cuando se conozca, el nombre específico.

Lo más práctico y breve para conocer si la preparación tiene el espesor conveniente, es llevarla al microscopio y observar con luz polarizada entre N. +; si el cuarzo da tonos grises y blancos, a lo sumo amarillo de paja muy claro, se debe dar por terminada la operación; cuando no hay cuarzo puede utilizarse como indicador el feldespato que también debe dar tonos grises y blancos; las preparaciones en que estos minerales dan vivos colores de polarización no sirven para la investigación petrográfica ni mineralógica.

El estudio de las láminas delgadas por medio del microscopio es por demás instructivo; permite determinar los caracteres y estructura interna de la roca, fijar su composición mineralógica, y conocer el modo de asociación y orden de formación de los elementos que la componen. El microscopio necesario para este estudio se llama petrográfico o mineralógico (fig. 46); es un microscopio ordinario que posee dos Nicoles; uno debajo de la platina — *Polarizador* — y otro enchufado en el tubo o colocado sobre el ocular — *Analizador*. — Estos microscopios, con ligeras variaciones correspondientes a las diversas casas constructoras, se caracterizan por su platina grande, circular y giratoria, con borde graduado que desliza frente a un Nonius y que sirve para medir ángulos planos y de extinción de los minerales; encima del polarizador suele ir un condensador y sobre éste una lente muy convergente que puede a voluntad desviarse lateralmente o colocarse encima del condensador, según se quiera investigar con luz polarizada paralela o convergente; encima del objetivo hay una ranura en la que se colocan la cuña de cuarzo, el yeso y la mica $\frac{1}{4}\lambda$; un poco más arriba se

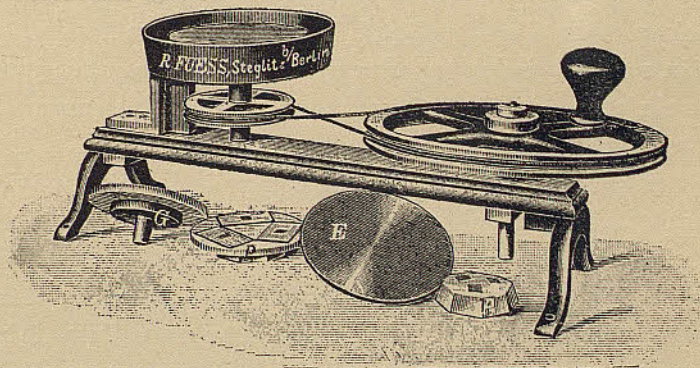
encuentra el analizador que puede quedar dentro del tubo o separado a un lado según se quiera luz polarizada u ordinaria; hacia la mitad del tubo hay otra ranura en la que se introduce la lente de Bertrand para investigación con luz polarizada convergente; por fin el microscopio termina con un ocular que se diferencia de los ordinarios por llevar dos finos hilos dispuestos en cruz, que deben ser paralelos a los planos de vibración de los dos Nícoles cuando éstos están cruzados.

En la investigación micropetrográfica, se sigue para cada mineral de la preparación los métodos ópticos y de determinación de caracteres, que enseñan la Cristalografía y Mineralogía; el estudio de las estructuras es en cambio peculiar de la Petrografía.

Colocada una preparación sobre la platina del microscopio petrográfico, debe empezarse por observar con luz ordinaria, es decir quitado el analizador, la forma de los minerales, proporción relativa de las especies que se pueden separar y reconocer sin otro estudio; si hay minerales pequeños empastando a otros grandes; si hay o no parte sin individualización cristalina, etc.; así se va conociendo la composición mineralógica y estructura. Después observamos detenidamente cuántas especies minerales diferentes hay a juzgar por la forma, aspecto, color, etc. y procedemos en seguida a ir determinando qué especies son, valiéndonos primero de la existencia o falta de policromismo en los minerales coloreados; después de sus propiedades ópticas en luz polarizada paralela y entre Nícoles cruzados; si son isótropos o anisótropos; extinciones y birrefringencia en este último caso y al carácter positivo o negativo; si todos estos datos no son suficientes para determinar la especie mineral, podemos aplicar a la sección luz convergente, pudiendo con ella conocer si es un cristal uniáxico o biáxico, positivo o negativo; la posición y el ángulo entre sí de los dos ejes ópticos, plano

de los ejes ópticos, dirección de las bisectrices, aguda y obtusa.

De esta breve exposición se deduce que no es empresa muy fácil estudiar bien una roca; necesitanse buenos aparatos y gran paciencia por parte del investigador y en algunos casos no se saca todo el provecho que debiera por no poder fijar la orientación de las secciones, ni hacer medidas de los ángulos de extinción y de los ejes ópticos. Para estos casos puede acudirse al análisis microquímico y a la coloración y aislamiento de los minerales por procedimientos químicos que sería largo enumerar aquí.



Máquina para hacer preparaciones microscópicas de rocas

X. EL LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

Aunque la investigación petrográfica exige aparatos diversos, algunos de ellos muy caros, es fácil al aficionado disponer de un modesto laboratorio que llene todas sus primeras necesidades; no olvidando nunca que puede y debe acudir a los especialistas cuando sus medios no le permitan llevar más adelante la investigación.

La luz ha de ser abundante, para lo cual conviene una habitación con grande ventana o balcón a ser posible orientado al N., pues en caso contrario los rayos del sol molestan mucho y es necesario poner una cortina blanca; la luz artificial puede emplearse si es muy blanca o si es monocromática, pero siempre que sea posible debe trabajarse con luz del día y en caso contrario utilizar siempre el mismo foco luminoso.

La mesa para el trabajo microscópico puede ser de cualquier clase, con tal que asiente bien en el suelo; un modelo muy conveniente es el de las mesas en \square , poniendo en la de en frente el microscopio, en la de la derecha, las cuartillas o libreta de anotar las observaciones y en la de la izquierda las obras de consulta.

La mesa para hacer preparaciones y ensayos químicos, puede prepararse tomando una mesa ordinaria, de madera de pino, con uno o dos cajones y recubriéndolo con Uralita, producto que cuesta 2 ptas. el metro cuadrado; si es posible se pone agua y gas en la pared sobre que se apoya la mesa.

Aparatos y utensilios:

Un martillo pequeño en forma de lente para hacer saltar esquirlas.

4 placas de vidrio.

4 cubetas de zinc.

4 kilos de carborundum de 4 números.

12 cristales pequeños para montar las esquirlas.

Cubres y porta-objetos, que puede cortarlos uno mismo de placas fotográficas ya gastadas.

Bálsamo del Canadá disuelto en xilol.

Alcohol o aguarrás.

Una lamparilla de alcohol o un mechero de gas y un soporte de alambre de hierro con tela metálica.

Una aguja de disección y pinzas de hierro y de madera.

Con este material hay para hacer multitud de preparaciones microscópicas.

Un soplete.

Carbón de pino.

Hilo de platino.

Borax, sal de fósforo y nitrato de cobalto.

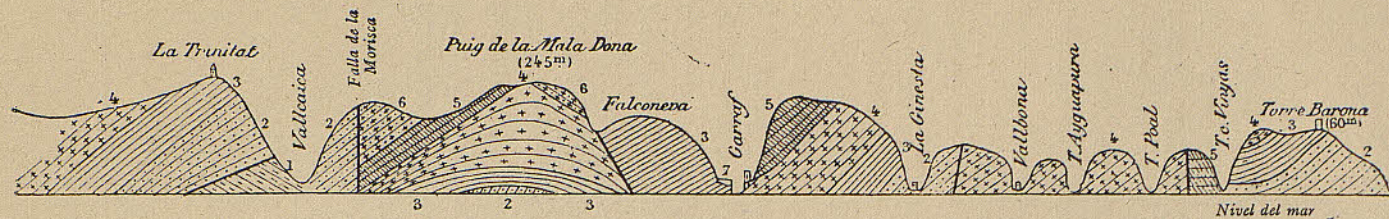
Una gradilla con 12 tubos de ensayo.

Un embudo de cristal y papel de filtro.

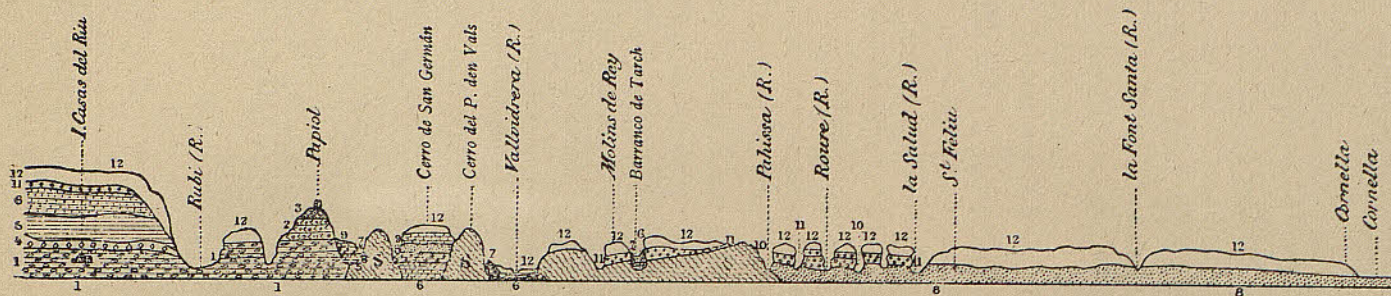
Acidos nítrico, clorhídrico y sulfúrico; agua sulfhídrica; amoníaco, sosa, agua de cal, oxalato amónico, y algunos más reactivos todos muy económicos.

Un microscopio petrográfico; en tiempos normales se podían obtener de la casa Leitz y Reichert por unas 300 ptas. muy completos.

Cajas para guardar las preparaciones; la casa Rabaseda de Barcelona nos ha hecho modelos para 25, 50 y 100 preparaciones desde 1'50 a 2'50 ptas. cada una.



Corte general de los acantilados de Garraf. 1, calizas (*Lias?*). — 2, dolomia negra. — 3, caliza con *Bithynia*. — 4, caliza con *Matheronia*. — 5, margas y calizas con *Astarte*. — 6, margas y calizas con *Orbitolina lenticulata*. — 7, limo cuaternario. Según D. Jaime Almera.



Corte general, sobre la ribera izquierda del Llobregat. *S.* Esquistos silúricos con *Graptolites*. — 1, pudingas *aquitanienses*. — 2, brecha *infra-helvética*. — 3, caliza *helvética*. — 4, pudinga *tortoniana*. — 5, capas con *Congerias*. — 6, arcillas *plaisancienses* con *Nassa semistriata*. — 7, arcillas grises fosilíferas. — 8, arenas amarillas *astienses* con *Ostrea cochlear*. — 9, arenas sin fósiles, con limonita. — 10, conglomerados. — 11, aluviones y brechas. — 12, limo y arcillas *cuaternarias*. Según D. Jaime Almera (1).

(1) Todos los cortes geológicos han sido tomados directamente del *Bull. Soc. Géol. de Fr.* n.º 43. Réunion extraordinaire à Barcelone, du 28 Septembre au 8 Octobre 1898.

XI. FOTOGRAFÍAS

También es material geológico útil para el Museo y de interés grande para la sección de Geología, las fotografías de canteras, valles, montañas y de todas las formas geográficas y de fenómenos geológicos; pero para que estas fotografías puedan servir al geólogo y lo mismo al Museo es preciso tomarlas con ciertas precauciones, atendiendo más que al efecto artístico al fin que se destinan. Es en primer lugar muy conveniente que la fotografía esté orientada; una precaución muy recomendable es la de colocar en el campo de la fotografía algún objeto cuyo tamaño es conocido aproximadamente; un reloj de bolsillo, el barómetro, la brújula, el cincel o una moneda, sirven muy bien para formas de detalle como las debidas a disolución y corrosión y las litoclasas y venas, los pequeños pliegues y fallas, etc.; en los demás casos es costumbre casi universal poner como objeto de medida el martillo, cuya longitud debe anotarse en la fotografía.

Cuando las pruebas se toman a distancia, el martillo, no se ve o se distingue mal; en este caso debe ponerse el guía o la persona que acompañe al excursionista.

Agradeceremos mucho que se nos envíen negativas y positivas de formas geológicas y geográficas, anotando cuidadosamente cuantos datos puedan y el nombre, domicilio y profesión del remitente. Si las fotografías que se nos manden han sido publicadas en algún trabajo, rogamos lo hagan constar.

BIBLIOGRAFÍA

Algunas obras de Geología general y de Petrografía que puede consultar o estudiar el aficionado a la Geología:

GEOLOGÍA

- Geologie*, por el PROF. DR. C. FRAAS. Sammlung Göschen. Leipzig, 1912. — Muy elemental.
- Geologia*, por ARCHIBALDO GEIKIE, traducción del inglés por D. SALVADOR CALDERÓN. Barcelona, 1896. — Obra muy completa y útil para los principiantes.
- Geologie für Jedermann*, por el DR. A. BERG. Leipzig, 1912. — Nociones de geología práctica muy interesantes.
- Geologia*, por J. MACPHERSON. «Manuales Soler», n.º 14. — Nociones; obra de lectura fácil y amena.
- Géologie*, por COLOMB ET HOULBER, dos tomos. París, 1909 y 1911. — Obras muy elementales, pero utilísimas para los aficionados sin preparación suficiente.
- Conférences de Géologie*, por M. BOULE. París. — Muy elemental, y tan recomendable como la anterior.
- Curs de Geologia*, por MOSSÈN NORBERT FONT Y SAGUÉ. Barcelona, 1905. — Obra elemental, muy bien presentada, que resume los conocimientos sobre la Geología de Cataluña que se tenía en la época que la escribió su malogrado autor.
- La Géologie et ses phénomènes*, por G. EISSENMENGER. París, 1911. — Obra muy amena y elemental.
- Traité pratique de Géologie*, por JAMES GEIKIE. París, 1910. — Elementos de Geología práctica que recomendamos a quien quiera aprender geología en el campo, después de tener la preparación teórica conveniente.
- Traité de Géologie*, por EMILE HAUG. Primer tomo: «Les phénomènes géologiques». París, 1907. — Precioso tratado de Geología dinámica.
- Traité de Géologie* por A. DE LAPPARENT. Tres tomos. París, 1906. — Es una de las obras clásicas de la Geología del siglo pasado.
- Lehrbuch der Geologie u. Mineralogie*, por P. WAGNER. Leipzig y Berlín, 1910. — Elemental.
- Apuntes de Geografía y Geología dinámica*, por MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA. Barcelona, 1917.

PETROGRAFÍA

- Apparate und Arbeitsmethoden zur mikroskopischen Untersuchung kristallisierte Körper*, por C. LAISZ y DR. H. SCHNEIDERHÖHEN. Stuttgart, 1914. — Muy útil, aunque elemental, para conocer la técnica micropetrográfica.
- Traité de technique minéralogique et pétrographique*, por el DR. L. DUPARC y el DR. F. PEARCE. Leipzig, 1913. — Dos tomos.
- Petrographisches practicum*, por el DR. REINHOLD REIMSCH. Berlín, 1907. — Dos tomos.
- Les minéraux des roches*, por A. MICHEL-LEVY y ALFR. LACROIX. París, 1888.
- Détermination des roches*, por L. M. GRANDERGE. — Obra elemental muy útil a los aficionados.
- Petrographie*, por el DR. W. BRUHNS. Sammlung Göschen. — Nociones.
- Etude pratique des roches*, por F. RINNE. París, 1912. — Obra completísima que recomendamos muy especialmente a quien desee aprender petrografía teórica y prácticamente.
- Apuntes de Geología geognóstica y estratigráfica*, por MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA. Barcelona, 1915. — La primera parte es un tratado elemental de petrografía general y descriptiva aplicada a España.
- Elemente der Geiteinslehre*, por H. ROSENBUSCH. Stuttgart, 1910. — Hermosa obra de petrografía, pero útil solamente a los que dominan la técnica investigadora y tienen buena preparación de Geología, pues en ella no encontrará el lector más que Petrografía.
- Estudio geológico y petrográfico de la serranía de Ronda*, por D. DOMINGO DE ORUETA. «Memorias del Instituto Geológico de España», Madrid. 1917. — Contiene multitud de datos de Petrografía general y de técnica petrográfica.

Barcelona, 9 de Septiembre de 1917.

M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA.

ÍNDICE

	Págs.
Introducción	5
I. Equipo del petrógrafo	9
II. Clases de rocas	15
III. Rocas eruptivas, yacimiento y clasificación	18
IV. Rocas sedimentarias	24
V. Rocas metamórficas. — Pizarras cristalinas	43
VI. Disyunción de las rocas	47
VII. Determinación de la edad relativa de las rocas y de los fenóme- nos orogénicos	53
VIII. Elección y preparación de los ejemplares	62
IX. Cómo se estudian las rocas	67
X. El Laboratorio de Petrografía	77
XI. Fotografías	80
Bibliografía	81

CORTES GEOLÓGICOS

I. Corte de la montaña del Montsech (Lérida), según D. Luis M. ^o Vidal	8
II. Corte de Olot a San Juan de las Abadesas (Gerona), según D. Luis M. ^o Vidal	14
III. Corte de la región del Segre, desde Alós a la confluencia del Noguera Pallaresa, según D. Luis M. ^o Vidal	17
IV. Corte del cerro de Montjuich (Barcelona), según D. Jaime Almera.	42
V. Corte de la vertiente N. del turó de Moncada (Barcelona), según D. Jaime Almera	46
VI. Corte de Valldaroca al Tibidabo (Barcelona), según D. Jaime Almera	52
VII. Corte del cerro de San Miguel d'Aramprunyà (Barcelona), según D. Jaime Almera	61
VIII. Corte de la ribera derecha del Llobregat, en el camino del Cairat a la Puda de Montserrat (Barcelona), según D. Jaime Almera	61
IX. Corte de Monistrol a Sant Geroni (Montserrat, Barcelona), según D. Jaime Almera	66
X. Corte general de los acantilados de Garraf (Barcelona), según D. Jaime Almera	79
XI. Corte general, sobre la ribera izquierda del Llobregat, de Cornellá a Rubí (Barcelona), según D. Jaime Almera	79

LÁMINAS

I.	Fig. 1. Granito porfídico, Teyá. — Fig. 2. Granito normal, Pedralbes. — Fig. 3. Pórfido cuarcífero, Alella.....	20-21
II.	Fig. 1. Granito porfídico con gabarros, Palamós. — Fig. 2. Pegmatita gráfica, Tibidabo. — Fig. 3. Pegmatita gráfica, microfotografía.....	20-21
III.	Fig. 1. Granito normal, microfotografía. — Fig. 2. Pórfido riolítico, microfotografía. — Fig. 3. Traquita, microfotografía. — Fig. 4. Basalto, microfotografía. — Fig. 5. Pechstein (vidrio volcánico), microfotografía.....	24-25
IV.	Fig. 1. Pliegue completo, cerca del Funicular de Vallvidrera. — Fig. 2. Anticlinal, Santo Domingo de Silos (Burgos). — Fig. 3. Calizas triásicas plegadas, Olesa (Barcelona).....	26-27
V.	Fig. 1. Pliegue inclinado carbonífero de San Juan de las Abadesas (Gerona). — Fig. 2. Pliegue inclinado, pizarras silúricas de Gavá. — Fig. 3. Pizarras silúricas muy replegadas, Gavá.....	28-29
VI.	Fig. 1. Pudinga de Montserrat. — Fig. 2. Arenisca de Castellví de Rosanes; estratificación cruzada.....	36-37
VII.	Fig. 1. Anfibolita granatita del Tibidabo. — Fig. 2. Gneis glandular de Ull de Ter.....	44-45
VIII.	Fig. 1. Gneis micáceo de Rosas. — Fig. 2. Gneis clorítico del Pasteral, microfotografía.....	46-47
IX.	Fig. 1. Pizarra mosqueada del Tibidabo. — Fig. 2. Micacita plegada del Tibidabo.....	48-49
X.	Fig. 1. Anfibolita cuarcífera de Gualba, microfotografía. — Fig. 2. Mármol con granate e idocrasa de Gualba.....	50-51
XI.	Fig. 1. Cantera de granito, Caldas de Montbuy. — Fig. 2. Amon-tonamiento de bloques graníticos en San Andrés de Llavaneras...	52-53
XII.	Fig. 1. Corriente de basalto, Castellfullit de la Roca. — Fig. 2. Canteras de basalto de Santa Margarita, Amer.....	54-55



ANUARI 1916	10 ptes. (agolat)
Id. 1917	(en premsa)

TREBALLS DEL MUSEU

Serie Zoològica

I. Instruccions per a la preparació i tramesa de Mamífers amb destí al Museu, per J. B. D'AGUILAR-AMAT	1 pta
II. Id. id. d'Aus, per I. DE SAGARRA	1 *
III. Id. id. de Reptils i Batracis, per JOAQUIM MALQUER I NICOLAU,	1 *
V. Id. id. de Moluscs terrestres i d'aigua dolça, per A. BOFILL.	1 *
VI. Consideraciones sobre los medios y fines de la investigación zoogeográfica, por el Dr. F. HAAS	2'50 *
VII. Les Serps de Catalunya, per J. MALQUER I NICOLAU	5 *
XI. Nota sobre la familia de los Osmíflidos (Ins. Neur.), por L. NAVAS S. J.	1 *

Serie Botànica

I. Recol·lecció, preparació i conservació de plantes, per el Dr. P. FONT QUER	1 pta.
II. Introducción al estudio de la flórua de micromicetos de Cataluña, por el Dr. R. G. FRAGOSO	7'50 *

Serie Geològica

I. Instrucciones a los recolectores de rocas y fósiles y a los aficionados a estos estudios, por el Dr. M. SAN MIGUEL	2 pts.
---	--------

Serie Biològico-Oceanogràfica

I. Instruccions per a la recol·lecció, preparació i conservació d'animals marins, per JOSEP MALQUER	1 pta.
---	--------

LA JUNTA DE CIÈNCIES NATURALS DE BARCELONA

ofereix al públic un conjunt de instal·lacions on pot estudiar-se fàcilment la vida, costums i organització dels animals, el conreu i determinació de vegetals i caràcters, propietats i aplicacions dels minerals. En els laboratoris de la Junta pot treballar-hi qui ho desitgi i tingui la imprescindible preparació, demanant-ho tan solament a la Direcció. Les escoles i naturalistes poden obtenir duplicats per a llurs col·leccions, doncs la Junta no es proposa més que la extensió i propagació del conreu de les Ciències Naturals.

El personal tècnic de la Junta està de bon grat a disposició dels aficionats, conreusadors i investigadors, sigui per a guiar-los, sigui per a col·laborar en tota obra o treball profitós.

La Biblioteca de la Junta està a disposició del públic amb molt limitades restriccions.

La Junta emprèn l'estudi sistemàtic de la Naturalesa catalana, i extenent el seu radi d'acció anirà fora de Catalunya, per a fer conèixer en nostres Museus la fauna d'altres regions i països de la Terra.

