

LAS
CIENCIAS NATURALES

EN LA
ÉPOCA MODERNA
POR
ODÓN DE BUEN

III

Pequeña Historia Natural

MINERALOGIA

BARCELONA
CASA EDITORIAL MAUCCI

LAS CIENCIAS NATURALES

III

MINERALOGIA

LA

Docto

Gran

LAS CIENCIAS NATURALES

EN LA ÉPOCA MODERNA

POR

Odón de Buen

Doctor en Ciencias Naturales, catedrático de las asignaturas de Historia
Natural en la Universidad de Barcelona



PEQUEÑA HISTORIA NATURAL

(TERCERA PARTE)

MINERALOGIA



CASA EDITORIAL MAUCCI

Gran medalla de oro en las Exposiciones de Viena de 1903, Madrid
1907, Budapest 1907, Londres 1913, París 1913, y gran premio
en la de Buenos Aires 1910

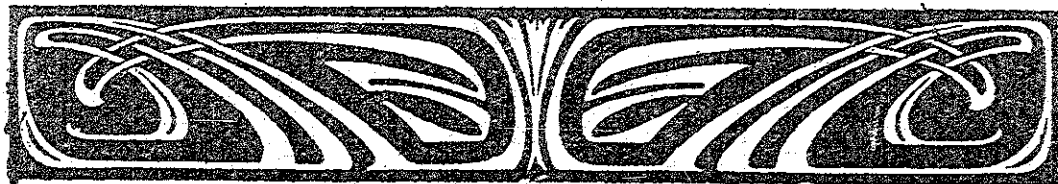
Calle de Mallorca, núm. 166



dia
exa
dia
est
por
se
des

dis
la

de



MINERALOGIA



I.—PRELIMINARES

1. **División de la Geología.**—Para estudiar un ser, lo más lógico parece comenzar por examinarle exteriormente; después se le estudia por dentro, viendo los materiales de que está construido; luego se ve si cambia, cómo y por qué se verifican sus cambios y, por último, se averigua su historia pasada, nacimiento, edades por que ha pasado, etc.

Nacen de este razonamiento cuatro partes distintas de la Geología, suponiendo que sea la Tierra el ser que estudiamos.

La primera parte estudia el aspecto externo de la Tierra, su figura, los continentes, los ma-

res, las montañas, los ríos, etc. ; esa parte se llama *Geografía Física* (1) y suele tratarse separadamente de la Geología.

La descripción de los materiales de que está formada la Tierra (*minerales* y sus asociaciones las *rocas*), y de los conjuntos que forman las rocas depositadas en un mismo tiempo o por las mismas causas (*terrenos*), constituye la segunda parte de la Geología, denominada *Geognosia*.

En capítulos distintos suele tratarse de los minerales (*Mineralogía*), de las rocas (*Petrografía*) y de los terrenos (*Arquitectura terrestre*).

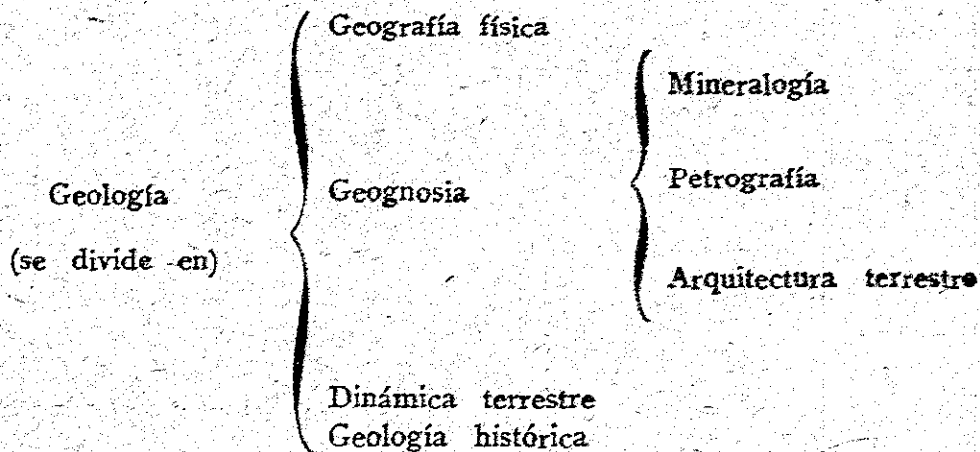
Los elementos que constituyen nuestro planeta no están muy tranquilos ; el aire azota las rocas, descompone sus elementos y arrastra los restos convertidos en polvo ; el agua corre por los terrenos y abre surcos y barrancos, o cae sobre las peñas y las desgasta ; el fuego funde minerales en los volcanes ; en una palabra, hay gran actividad en las fuerzas diversas que modifican la Tierra. De todo esto trata una tercera parte de la Geología a que se da el nombre de *Dinámica terrestre*.

Nació en tiempo muy remoto el Globo terráqueo ; pasó su primera edad en situación bien distinta de hoy, ha ido evolucionando hasta

(1) A ella hemos dedicado ya un volumen.

nuestros días y continuará hasta desaparecer. Ha pasado diversas edades cuya descripción es el objeto de la llamada *Geología histórica*.

En resumen



Este librito tratará de las cuestiones más elementales, de lo más importante que interesa dar a conocer a los niños en las clases superiores de la primera enseñanza, relativamente a la Mineralogía.

2. **Minerales y cuerpos químicos.** — Lo que llamamos minerales, como la caliza, el pedernal, la galena, el carbón de piedra, se estudian en la Química por su composición, y por la Química sabemos que la caliza está formada de carbono, oxígeno y calcio; el pedernal, de ácido silícico; la galena, de azufre y plomo; el carbón de piedra, de carbono, algo de hidrógeno y vestigios de otros cuerpos.

Pero el químico estudia los minerales de di-

versa manera que nosotros: para él lo importante es saber los cuerpos químicos de que están formados, sus proporciones y los caracteres que la combinación de tales cuerpos ofrece. Para nosotros, el dato químico es importante, pero nos interesa mucho más saber el origen del mineral, la forma que presenta, la estructura interna, las rocas de que forma parte, los cambios que sufre o ha sufrido. Nosotros estudiamos los minerales como seres de la Naturaleza, que se formaron por virtud de las circunstancias, se transforman siempre que el medio externo les ataca e interviene en la vida de la Tierra como elementos de su evolución. Para el naturalista un mineral es un ser más o menos activo que, según las circunstancias en que se formó y los cambios que ha sufrido, se presenta en formas diferentes y asociado a distintos seres. Para el químico, el cuerpo llamado ácido silícico es igual en todas las partes del Globo y en todos los tiempos; porque es una combinación de silicio y oxígeno en cantidades fijas, invariables. Para el mineralogista, el mineral llamado *cuarzo* es sí ácido silícico, pero presenta aspectos bien diferentes según los terrenos en que se halla, su antigüedad mayor o menor, las causas que intervinieron en su formación; bien distinto es el cuarzo llamado cristal de roca, del pederual o piedra de chispa; el ágata de colores bri-

llantes, de la tierra formada por cáscaras de radiolarios, y, sin embargo, todos son químicamente ácido silícico.

También los químicos estudian la materia de que están formados los vegetales, y hallan en la madera una combinación de carbono, oxígeno e hidrógeno; los botánicos estudian el ser vegetal, teniendo en cuenta y como dato importante la composición química, pero atendiendo preferentemente a la organización y la vida del ser.

En menor escala que los llamados seres vivos, los minerales tienen su organización interna y sufren sus evoluciones, interviniendo en las grandes transformaciones de la Naturaleza. Tienen, pues, derecho a que se les conceda un lugar, aunque sea el más modesto, entre los seres naturales y a que el naturalista les estudie bajo tal concepto.

3. Evolución del mundo mineral. — En conjunto, la evolución del mundo mineral aparece con claridad suma, el detalle es demasiado complicado para exponerlo en esta obra. Recuérdese que la Tierra, antes de llegar a la situación actual, antes de enfriarse, fué una estrella que brillaba en el espacio con luz propia; mucho antes fué una nebulosa tenue, como las que existen hoy, sin diferenciación de su materia. En aquella nebulosa no aparecían,

ni podían aparecer, minerales distintos ; la materia se encontraba en una difusión tal que no daba carácter alguno concreto capaz de definir un cuerpo químico.

Podéis formar idea clara de lo que sería una nebulosa así con el siguiente razonamiento.

Un cuerpo mineral cualquiera puede hallarse en tres estados: sólido, líquido y gaseoso, dependientes del grado de calor ; así el agua, según la temperatura, se halla en estado líquido (agua propiamente), sólido (hielo), gaseoso (vapor); lo mismo el hierro, que es sólido ordinariamente, pero puede fundirse y correr líquido y si aumenta el calor se forman vapores de hierro. No hay cuerpo al cual no se pueda hacer pasar por los tres estados ; depende todo del calor y presiones de que dispongamos. Concibe cualquiera que si se elevara la temperatura unos cuantos miles de grados, no habría ningún mineral en estado sólido, todos se convertirían en gases más o menos difusos.

Si pudiéramos someter los materiales de la Tierra a temperaturas tan elevadas, como las que debieron producirse en los primeros tiempos, nuestro planeta brillaría como un sol, y si todos los materiales se encontraran en estado gaseoso, difundidos por el espacio, ocuparían extensión enormemente mayor que hoy, formando una nube más o menos densa, una nebulosa.

No podría reconocerse en ésta ni la sílice, ni la cal, ni el hierro, ni la magnesia, ni el cobre, ni el carbón, ni nada ; llegados a un estado tal de enrarecimiento, todos los cuerpos dan idénticos caracteres.

La Tierra se ha encontrado en la situación de una nebulosa, formada de materia uniforme, homogénea, no diferenciada. De aquella materia derivan todos los minerales, todas las rocas, todos los terrenos de hoy. Han ido apareciendo sucesivamente a medida que la Tierra se ha enfriado, primero los que necesitan más calor para liquidarse y vaporizarse, después los que exigen menos.

Nuestro planeta, cuanto más antiguo, ha estado constituido de materia menos variada, cuanto más moderno contiene mayor variedad de minerales. Todos los que hoy existen proceden, pues, de la diferenciación de una materia primitiva, la nebulosa, y han aparecido en el transcurso del tiempo.

La evolución no ha terminado. Todavía los volcanes arrojan lavas incandescentes, homogéneas, que se diferencian en minerales varios al enfriarse ; todavía los agentes atmosféricos descomponen los materiales viejos y forman nuevos, aún hay actividad, vitalidad mineral en la Naturaleza, pudiendo afirmarse que se formarán en lo sucesivo nuevas especies minerales como se han formado hasta hoy.

Es necesario insistir una y mil veces en que el mundo de los minerales no es inerte, la materia mineral no está muerta ; sus cambios no son tan aparentes, tan visibles, como los de una planta o un animal ; pero existen, la ciencia los sigue paso a paso, sorprendiendo aún a aquellos que sin aparatos de precisión pasarían inadvertidos.

Un renombrado naturalista ha dicho que el mundo mineral *está vivo y evoluciona* ; la frase es exacta ; para la materia no existe la muerte.

4. **Clasificación de los minerales.** — Por su antigüedad y por la misión que desempeñan en el Globo, los minerales pueden reunirse en cuatro grupos principales. En el primero, se incluyen los que forman las rocas primitivas y las volcánicas, los que podemos llamar fundamentales: son las *piedras silíceas* y análogas. En el grupo segundo, están incluídas las tierras solubles, las sales, los óxidos, productos de descomposición que a veces forman en el Globo grandes masas, como las piedras del primer grupo, pero generalmente se hallan en sedimentos, en eflorescencias ; podemos reunirlos bajo la denominación de *tierras y piedras no silíceas*. El tercer grupo abarca todos los *metales* que, tengan brillo metálico o no, por el calor, al soplete, producen un metal. En el

cuarto grupo se hallan los *combustibles*, de origen orgánico, que arden fácilmente.

Tipo de los minerales del grupo primero es el pedernal, que no sufre variación en el agua ni en los ácidos; aunque le sometáis a la acción del fuego empleando temperaturas elevadas, no lograréis extraer de él metal alguno; los químicos os dirán que se compone de sílice; es, pues, una piedra silícea.

Tipo del grupo segundo es la caliza o piedra de cal; con mucha lentitud y en pequeña cantidad, el agua la disuelve; el ácido clorhídrico la ataca produciendo efervescencia; por el fuego, da cal viva, pero no deja un metal como residuo; químicamente es el carbonato de cal. Tipo también de este grupo es la sal común, el mejor ejemplo de mineral soluble, difusible, puesto que se le encuentra por todas partes, principalmente en las aguas.

Entre los *metales* hay algunos que aparentemente se ve su calidad, pues tienen brillo metálico, como la galena; pero hay minerales metálicos que exteriormente parecen piedras o tierras ordinarias; ya denuncia su peso que encierran metal, y basta someterlos a temperaturas elevadas o a ciertos procedimientos para que el metal se aísle. Los minerales de que se extrae el hierro son tierras que por su aspecto nadie creería metálicas.

Buen ejemplo de combustible es el carbón

de piedra, depósito de la vegetación de criptógamas que pobló la Tierra en remotas edades. Hay minerales combustibles que son líquidos, como el petróleo que se extrae de ciertos estratos del terreno, en determinadas localidades.

La clasificación de los minerales que acabo de indicar puede resumirse del modo siguiente:

Tierras y piedras silíceas.—Minerales de aspecto de vidrios, de piedras o de tierras, en general duros, de los cuales no se saca metal por el fuego; químicamente son ácido silícico o silicatos.

Tierras y piedras no silíceas. — Minerales vítreos, pétreos o terrosos, en general blandos o de poca dureza, solubles la mayor parte en el agua o en los ácidos, de los cuales no se saca metal por la acción del fuego.

Metales.—Minerales sólidos, excepto el mercurio, muchos de lustre metálico, reductibles a metal por el fuego.

Combustibles.—Sólidos, excepto el petróleo, inflamables y que pierden de peso cuando arden.

5. **Circulación de la materia mineral.**—

Si no toda, una parte de la materia mineral que constituye la Tierra se halla en circulación continua. Y conste que no me refiero ahora a los gases, cuyo movimiento es bien palpable, sino a los minerales sólidos. La disolución en el agua es el gran factor de este movimiento incesante; el resultado, un cambio continuo de formas que motiva el que sin cesar aparezcan minerales nuevos y se destruyan los antiguos.

Ríos y torrentes envían a lagos y mares cantidad inmensa de materia mineral; si el agua desaparece, los minerales quedan y se depositan en forma bien definida. Así, muchas tierras y piedras no silíceas aparecen cada día en ciertas regiones del Globo.

El mar es almacén inagotable de ciertas sales. Como cubren las aguas aún la mayor parte de la Tierra y llenan valles extensísimos y profundas simas, la cantidad de materiales que contienen disueltos es fabulosa. Se ha calculado que sólo la sal común disuelta en los mares, si se extrajera, cubriría toda la Tierra de un manto de diez metros de espesor. Acumulada, calcular la enorme montaña que formaría. Pues, aparte la sal, encierra el agua del mar caliza y yeso capaz de formar montañas. Plata, y eso que su solubilidad es imperceptible, contienen los mares más de dos millones de toneladas.

Las fuentes, sobre todo las que proceden de ciertos terrenos, sacan a la superficie materiales de las entrañas de la tierra, y el agua que se filtra, después de correr por el suelo, abandona al filtrarse, por las grietas, los materiales que lleva disueltos.

La materia mineral circula sin cesar, ni está tranquila ni es permanente ; se halla sujeta a la ley de la evolución, que todo lo altera, que remueve todo, que presenta con nuevas formas lo que el tiempo destruye.

Tened bien arraigada esta idea general para formar juicio exacto de lo que son las especies minerales: en las aguas se hallan diseminadas moléculas de materia, que el agua misma ha disociado al pasar por los terrenos y que, al concentrarse, si el líquido desaparece, dan nacimiento a formas minerales nuevas.

No todos los minerales contribuyen en igual medida a la circulación de la materia ; hay grados distintos: las piedras silíceas son poco difusibles ; las piedras no silíceas y las metálicas lo son en grado mayor, pero muy variable ; las más difusibles son las sales, y a la cabeza de ellas puede ponerse la vulgar sal de cocina (el cloruro de sodio), que en tanta cantidad contienen los mares y que se encuentra por todas partes, desempeñando en las metamorfosis del Globo y en la vida de los seres misiones de gran importancia. El hierro es tam-

bién de los minerales que más circulan por el Globo.

II.—LOS MINERALES POR FUERA

6. **Minerales cristalizados.** — Exteriormen-
te, ya sabemos que las piedras pueden tener
formas geométricas bien definidas o pueden no
tenerlas ; en el primer caso se denominan *cris-
tales*, no porque sean vítreos, pues los hay pé-
treos y metálicos, sino por su regularidad y
porque los más frecuentes (el cuarzo y la ca-
liza) parecen vidrios. A veces los cristales son
diminutos o deformes, y el mineral no tiene
forma geométrica, pero sí cristalización ; enton-
ces no se dice que está cristalizado, pero sí
que es *cristalino*. Muchos minerales no tienen
forma regular ni apariencia cristalina ; se les
llama *amorfos*.

Sorprende hallar en los terrenos cristales
con formas tan perfectas ; verdad es que no es
el caso demasiado frecuente, salvo el cristal
de roca y la caliza, que tanto abundan, las pie-
dras suelen presentarse en estado amorfo.

No obstante su poca frecuencia, los crista-
les tienen importancia científica, y los sabios

se han dedicado a estudiarlos con una minuciosidad extraordinaria, formándose una rama de la Mineralogía, la *Cristalografía*, que participa mucho de la Geometría y de la Física. En efecto, de todas las rocas que forman la Tierra, las más antiguas, las cristalinas, son importantísimas y están formadas de cristalitos agregados ; para el estudio de las rocas es indispensable el conocimiento de la Cristalografía. Además, los cristales que se encuentran en la Naturaleza son casos de Geometría natural que dan a las Matemáticas visos de realidad. Verdad es que (ya lo hemos dicho en el primer volumen de esta serie) los cristales son resultado de la disposición simétrica de las moléculas, por efecto de fuerzas que marcan sus posiciones y que dan al conjunto una regularidad matemática. Un cristal, pues, significa, no sólo la simetría externa, sino la interna de las moléculas, obedeciendo a ciertas leyes (leyes de simetría) en su crecimiento, en su fragmentación, hasta en sus corrosiones, en las estrías que surcan sus caras, en la conductibilidad del calor y de la electricidad, en las modificaciones que a su través sufre la luz, etcétera, etc.

Vosotros, cuando estudiáis Geometría y os hablan de prismas, de pirámides y de paralelepípedos, podéis creer que son combinaciones humanas, convencionales, que toman cuer-

po real cuando un artífice las fabrica en piedra, en vidrio, en madera o en cartón, y no es así, existen en la Naturaleza con regularidad admirable, pero son casos geométricos producidos por la acción de ciertas fuerzas físicas.

7. Elementos de un cristal. — Para saber el valor de las palabras, conviene que vuestro maestro os haga ver los elementos que en un cristal se reconocen.

Son éstos:

Caras, planos que limitan exteriormente el cristal.

Aristas, líneas que limitan las caras. Señalan además la intersección de dos caras que entre sí forman ángulos llamados *diedros* y que pueden ser rectos, agudos u obtusos.

Ángulos sólidos, que resultan de la unión de tres o más caras entre sí.

Centro del cristal es un punto hipotético que divide en dos partes iguales a toda recta que pase por él y termine en la superficie del cristal.

Ejes, líneas hipotéticas que pasan por el centro del cristal y van del centro de cada cara, o de cada arista, al centro de la opuesta, o también, de un ángulo sólido al opuesto.

Plano de simetría; es todo aquel que divide el cristal en dos partes rigurosamente iguales

y que tienen todos los elementos dispuestos de la misma manera. Un ejemplo, para aclarar esto. Si suponéis que se corta el cristal por un plano de simetría y colocáis la mitad sobre un espejo horizontal, la imagen del espejo completará exactamente el cristal (fig. 1), si no la



Fig. 1.—A B, representa la superficie de un espejo; el medio cristal C, con su imagen, completa el sólido porque se le ha cortado por un plano de simetría; no sucede lo mismo con el medio cristal D.

completa no era el plano del corte un plano de simetría.

Caras hay de tres clases: de *pirámide*, de *prisma* (las laterales de todo prisma) y *básicas*.

Ejes, de dos clases: *cristalográficos*, que van del centro de cada cara al centro de la opuesta; son tres en todos los prismas, menos en el exagonal, que son cuatro. De *simetría*, que van del centro de cada cara o arista al centro de la opuesta y de cada ángulo sólido al opuesto, siempre que estén dispuestos simétricamente a ellos los elementos del cristal.

Un ejemplo: tomad un paralelepípedo regular o cubo geométrico (fig. 2); hallaréis en él los elementos siguientes:

6 caras, que todas son iguales, cuadradas.
12 aristas iguales también.

8 ángulos sólidos, iguales entre sí.

3 ejes cristalográficos iguales y perpendiculares entre sí.

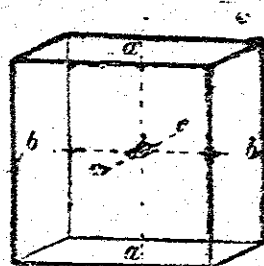


Fig. 2.—Cubo o paralelepípedo regular, con los tres ejes cristalográficos aa , bb y cc , iguales y perpendiculares entre sí.

13 ejes de simetría: Como hay 6 caras y los ejes van del centro de cada una a la opuesta, se podrán trazar 3 ejes (son los cristalográficos). Como hay 12 aristas, resultarán 6 ejes del centro de cada una a la opuesta, y habiendo 8 ángulos, otros 4 ejes. En total: $3+6+4=13$.

Tomad ahora un prisma exagonal regular. Se compondrá de (fig. 3):

8 caras: 2 básicas exagonales y 6 laterales rectangulares.

18 aristas: 12 básicas iguales entre sí y 6 laterales más largas que las de las bases pero iguales entre sí.



Fig. 3.—Prisma exagonal regular.

12 ángulos sólidos.

4 ejes cristalográficos: uno mayor, que va del centro de una base al centro de la opuesta, y 3 laterales (del centro de cada cara lateral a la opuesta) iguales entre sí.

7 ejes de simetría: los 4 cristalográficos y 3 más que van del centro de cada arista lateral al centro de su opuesta.

No son ejes de simetría los que pueden trazarse de cada ángulo sólido al opuesto y de cada arista básica a la opuesta de la otra base, porque respecto a estas líneas no están simétricamente dispuestos los elementos del cristal.

8. **Constancia del ángulo diedro.** — No siempre los cristales en la Naturaleza presentan, dentro de una forma determinada, regularidad completa. El cristal de roca, por ejem-

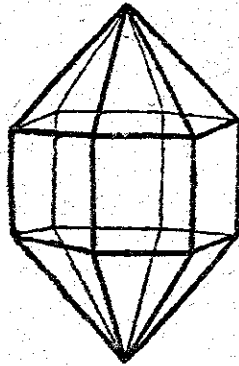


Fig. 4.—Forma perfecta del cristal de roca.

plo, es un prisma exagonal en cuyas bases se apoyan pirámides exagonales (fig. 4): hay veces que se encuentran en los terrenos ejemplares perfectos (fig. 5), pero son más abundantes los imperfectos, en. que unas caras de las pirámides bajan más que las otras y unas caras

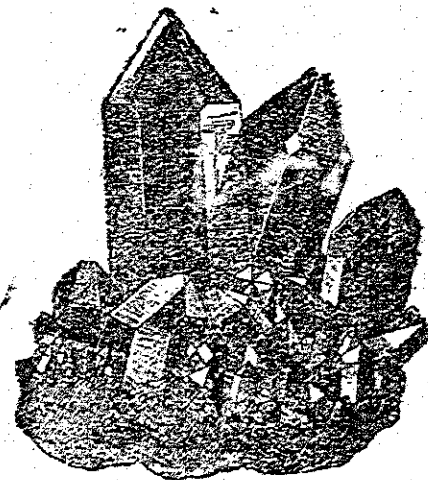


Fig. 5.—Cristales de roca naturales bastante perfectos.

laterales son más anchas o más largas que las demás (fig. 6). Estas deformaciones harían imposible la definición del cristal si no existiera

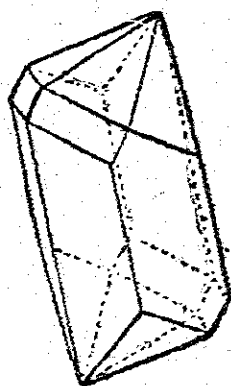


Fig. 6.—Forma de un cristal de roca muy deformado.

un elemento invariable, fijo, inalterable ; éste es el valor de los ángulos diedros. Por ser este valor constante, tiene excepcional interés determinarle, y para ello se construyen aparatos que se llaman goniómetros.

El más sencillo es el de aplicación (fig. 7), que consta de una regla fija, sobre ella un círculo graduado y en el centro otra regla móvil ; la fija se aplica a una cara de las que for-

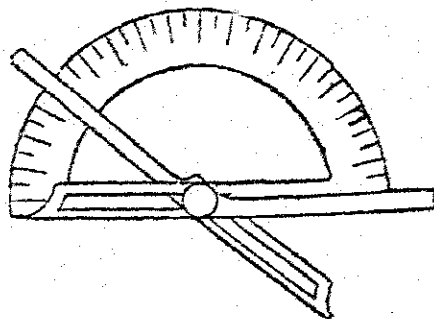


Fig. 7.—Goniómetro de aplicación.

man el ángulo que se quiere medir, y luego se aplica la regla móvil a la otra cara; en el círculo graduado puede leerse el valor del ángulo opuesto al que se mide. Hay que aplicar las reglas con toda exactitud, de modo que el ángulo que formen sea justamente el del cristal; claro que esto sólo es posible en cristales grandes y perfectamente lisos.

Para evitar los inconvenientes de este goniómetro, se construyen otros en que se emplean rayos luminosos enviados simultáneamente al centro de las dos caras del ángulo diedro que se mide; para que estos rayos reflejen primero en una cara y después en otra, tiene que describir el cristal un arco por el cual se deduce el valor del diedro. Estos goniómetros, llamados de reflexión, son muy complicados, pero muy exactos.

9. **Sistemas cristalinos.** — Los mineralogistas toman como tipo seis formas geométricas naturales de diferente simetría; en derredor de ellas pueden agruparse todos los cristales que se conocen y aun todos los posibles. Cada grupo, compuesto por la forma típica y todas cuantas tienen su misma simetría, se llama un sistema cristalino.

Son, pues, seis estos sistemas.

El *Sistema cúbico*, o regular, tiene por tipo el cubo o paralelepípedo regular (fig. 8); for-

ma en la que pueden trazarse trece ejes de simetría en que los ejes cristalográficos son tres, iguales y perpendiculares, y en que reconocen los cristalógrafos nueve planos de simetría.

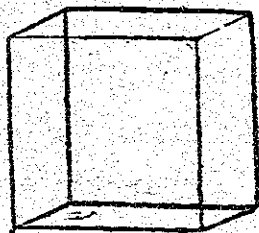


Fig. 8.—Paralelepípedo regular o cubo.

En cubos cristalizan: la sal común, la piritita de hierro, la galena.

Además del cubo, pertenecen a este sistema: el *octaedro* (fig. 9), que tiene ocho caras de

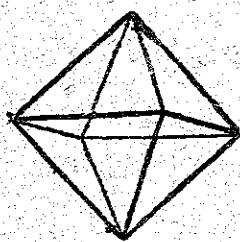


Fig. 9.—Octaedro regular (forma del sistema cúbico).

pirámide iguales, triángulos equiláteros, forma que presentan el oro, el alumbre, el hierro magnético; el *dodecaedro romboidal* (figura 10), formado por doce caras rómbicas, en el que

cristalizan los granates ; el *trapezoedro* (fig. 11); que tiene veinticuatro caras trapezoidales, en el que cristalizan también algunos granates.

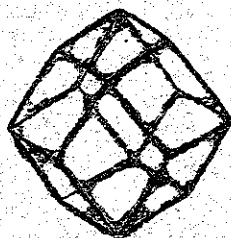


Fig. 10.—Dodecaedro romboidal (forma del sistema cúbico).

Sistema exagonal. Su tipo es el prisma exagonal regular (fig. 3), que tiene cuatro ejes cristalográficos, tres iguales horizontales y uno más largo, vertical, de base a base ; los ejes de simetría son siete y están comprendidos en siete planos de simetría.

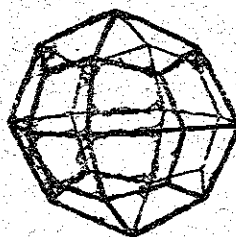


Fig. 11.—Trapezoedro (forma del sistema cúbico).

Formas de este sistema son: la *pirámide die-
xagonal*, que, combinada con el prisma, pre-
senta el cristal de roca (figura 4) ; el *rom-
boedro* (fig. 12), que es la forma típica de
la caliza ; el *escalenoedro*, de doce caras trián-

gulos escalenos con seis aristas centrales en zigzag (figura 13), frecuente asimismo en la caliza.

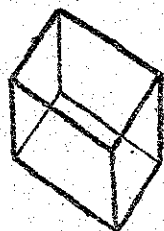


Fig. 12.—Romboedro (forma del sistema exagonal).

Sistema tetragonal: tipo, el prisma recto de bases cuadradas (fig. 14), cinco ejes de simetría; uno mayor vertical; cuatro iguales horizontales; tres

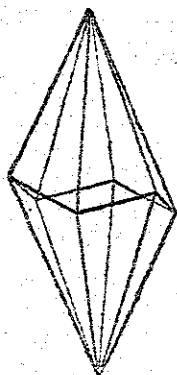


Fig. 13.—Escalenoedro (forma del sistema exagonal).

ejes cristalográficos, dos iguales y el vertical mayor; cinco planos de simetría.

Hay de este sistema varios prismas y pirámides; en él cristalizan los minerales llamados zircón (fi-

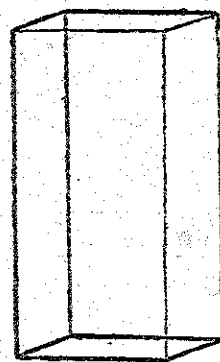


Fig. 14.—Prisma recto de base cuadrada (tipo del sistema tetragonal).

gura 15), rutilo, casiterita (mineral de estaño) y calcopirita (pirita de cobre o bronce amarillo).

Sistema rómbico, que tiene por tipo el pris-

ma recto, cuyas bases son rombos (fig. 16), en el cual pueden trazarse sólo tres ejes y tres planos de simetría ; los tres ejes (que son también cristalográficos) son desiguales pero se cruzan en ángulo recto. A este sistema pertenecen ciertos cristales de azufre (fig. 17), la baritina o espato pesado, y el topacio.

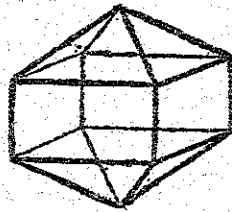


Fig. 15.—Prisma de base cuadrada combinado con la pirámide (pertenecer al sistema tetragonal).

Sistema monoclinico: tipo, el prisma romboi-
dal oblicuo (figura 18), que sólo tiene un plano

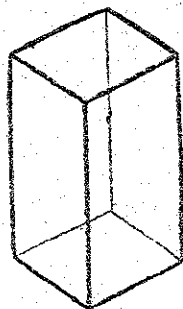


Fig. 16.—Prisma recto de base rómbica (tipo del sistema rómbico).

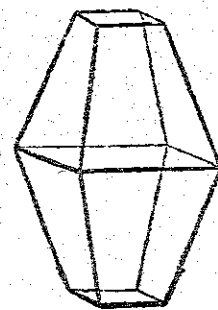


Fig. 17.—Forma del azufre, perteneciente al sistema rómbico.

de simetría y un eje, cuyos ejes cristalográficos

son oblicuos, uno mayor y dos horizontales iguales.

En este sistema cristalizan dos minerales muy comunes: el yeso y el feldespato ortosa; son las formas muy complicadas.

Sistema triclínico: asimétrico por completo, sin posibilidad de trazar en sus formas ni un eje, ni un plano de simetría. Presentan cristales de este sistema, complicadísimos algunos, ciertos feldespatos y el sulfato de cobre.

10. **Formas simples, compuestas y hemiédricas.** — Prismas, pirámides, romboedros,

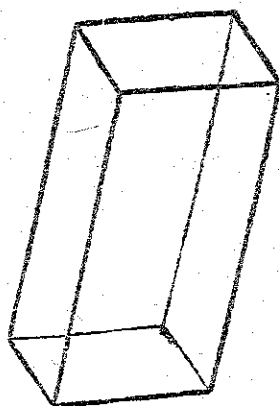


Fig. 18.—Prisma romboidal oblicuo (tipo del sistema monoclinico).

escalenoedros y formas geométricas completas simples, se encuentran en la Naturaleza, pero no son frecuentes; lo son más las llamadas *formas compuestas*, en las que hay a la vez caras de diferentes clases; preséntanse en ca-

da sistema combinaciones muy numerosas; no es raro ver, por ejemplo, el cubo que está combinado con el octaedro o en el cual aparecen caras del dodecaedro romboidal, y el número de combinaciones posibles aumenta a medida que disminuye la simetría; así, en el sistema regular, hay muchas formas simples y en el triclínico ninguna.

Cuando las caras de una forma que se combina son pequeñas, se les llama *facetas*, y para saber a qué cuerpo geométrico pertenecen, basta fijarse en lo que resultaría si fueran aumentando de tamaño hasta cortarse las unas con las otras y desaparecer las que están con ellas combinadas.

Hay ocasiones en que sólo aparecen la mitad de las caras de una forma geométrica combinadas con las de otra; las facetas se llaman entonces *hemiédricas*, y si se extienden haciendo desaparecer el cuerpo geométrico en que aparecen, resulta una forma cerrada que es mitad de otra; estas medias formas se llaman *hemiedros*.

Ejemplo: cubos hay que tienen a veces substituídos sus ángulos sólidos por facetas (fig. 19) triangulares; son éstas ocho, y suponiendo que se extendieran hasta desaparecer las caras cúbicas, resultaría una forma geométrica de ocho caras triangulares, que es el octaedro.

Si en vez de las ocho facetas (que es lo or-

dinario) substituyendo a los ángulos, hay sólo cuatro alternadas (hemiédricas), y éstas, extendiéndose cada vez más, llegan a lograr que des-

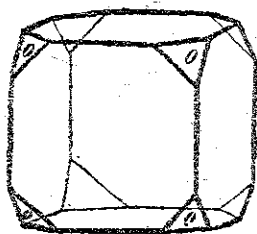


Fig. 19.—Forma compuesta de las seis caras del cubo y ocho facetas triangulares representando las caras del octaedro.

aparezcan las caras cúbicas, se habrá formado un cuerpo geométrico de cuatro caras triangulares, que se llama tetraedro (fig. 20); es una media forma (hemiedro) del octaedro.

II. **Isomorfismo y dimorfismo.** — Minerales distintos pueden tener las mismas formas cristalinas, en cuyo caso se llaman *isomorfos*.

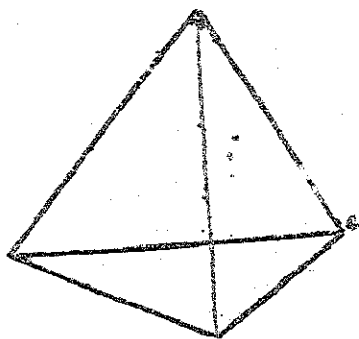


Fig. 20.—Tetraedro: hemiedro del octaedro.

Vice-versa, un mineral puede cristalizar en dos

formas diferentes y aun en tres ; el caso se llama *dimorfismo* o *trimorfismo*.

Los minerales isomorfos suelen formar grupos muy naturales, que tienen otros caracteres comunes aparte la cristalización, y en realidad sólo los del primer sistema son por completo isomorfos, puesto que en los demás sistemas no suele ser igual el valor del ángulo diedro, aunque la forma sea la misma. Así pasa en los carbonatos análogos a la caliza, que cristalizan en romboedros, pero de ángulo diedro muy distinto.

Un mineral dimorfo bien conocido es la caliza, cuyos cristales son del sistema exagonal (romboedros principalmente) ; el llamado aragonito es también, como la caliza, carbonato de cal, y, sin embargo, cristaliza en el sistema rómbico. El cuarzo es sílice y tiene tres formas diferentes ; la más común del cristal de roca, la del mineral llamado tridimita y la de otro mineral encontrado en un meteorito que se llama asmanita.

Estos ejemplos prueban palpablemente que los minerales son cosa distinta de los cuerpos químicos ; que el estado molecular de las combinaciones químicas depende de las condiciones en que se formaron y de la influencia que sobre ellos ejercen los seres que les rodean. La composición es un dato fundamental, pero

el estado físico, las impurezas, las asociaciones de otros cuerpos, son datos esenciales, igualmente, para conocer la historia de la Tierra y las vicisitudes que ha sufrido.

12. Individuos y asociaciones minerales.

—En verdad que es bien difícil limitar los individuos minerales cuando son amorfos. Un individuo ¿es un gramo, un kilogramo, una tonelada? ; ¿cuál es el límite entre mineral y roca? Los seres que no tienen organización no se individualizan.

En cambio, nadie puede dudar de la individualidad de los cristales ; son seres bien limitados, perfectamente definidos. Verdad es que tienen un principio de organización, hay en ellos asociación de moléculas que obedece a leyes fijas ; una regularidad interna que, si se altera, desorganiza la materia, y ésta va errante hasta que la fuerza cristalogénica vuelve a organizar las huestes moleculares dispersas. Y no es el organismo molecular cosa muerta ; las partículas de la materia están sometidas a fuerzas que las mantienen unidas, tienen movilidad continua que se activa si el calor o la electricidad vienen a aumentar la energía.

En ciertas condiciones, en vez de un cristal aislado se forman dos cristales *gemelos*. Esta asociación natural de dos cristales se llama *geminación*, y, cuando tienen ángulos entrantes muy

marcados o aparece un cristal inclinado o cruzado sobre el otro, se denominan *maclas*.

La unión de los cristales obedece siempre a leyes fijas ; se relaciona íntimamente con la simetría. Claro está que no es unión de cristales primeramente sueltos, sino efecto de nacer juntos, y por esto se le llama propiamente geminación, siendo los cristales iguales y del mismo mineral, es decir, hermanos gemelos.

Hay maclas de todos los sistemas cristalinos: citaré, entre ellas, la llamada *pico del estaño*

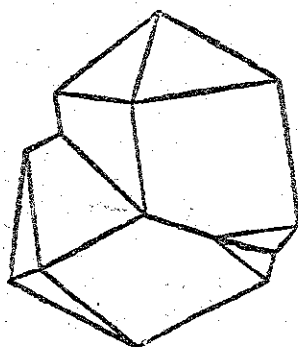


Fig. 21.—Macla (unión de dos cristales gemelos) llamada *pico del estaño*.

(fig. 21), perteneciente al sistema tetragonal y que procede de la geminación de dos cristales de casiterita ; la cruz de la estaurótida (fig. 22), que pertenece al sistema rómbico, y la *macla de Karlsbad* (fig. 23), frecuente en el feldespato ortosa.

La geminación en algunos casos hace que dos cristales formen uno de superior simetría ;

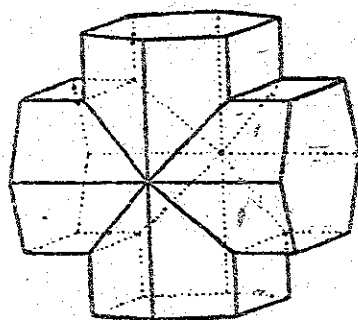


Fig. 22.—Macla en cruz del mineral llamado estaurótida.

así sucede con el yeso ; es del sistema monoclinico, sus cristales son oblicuos y, juntándose dos, adquiere el grupo simetría y regularidad

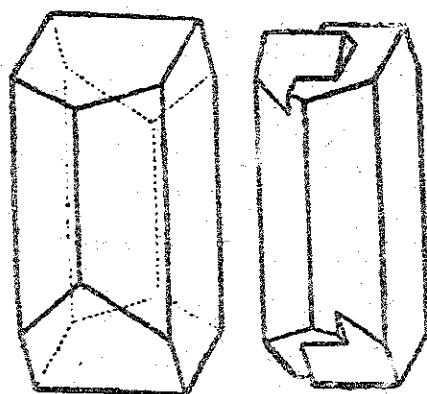


Fig. 23.—Cristal sencillo y cristal doble (macla) del feldespatos ortosa.

(fig. 24). Por cierto que en las estrías se nota la geminación, aun en fragmentos laminares de yeso que no son cristales bien definidos, porque, en vez de ir las estrías de la superficie en

una dirección, forman ángulo, originándose lo que se llama el *yeso en flecha* (fig. 25).

Hay también agrupaciones irregulares de cristales que no obedecen a las leyes de sime-

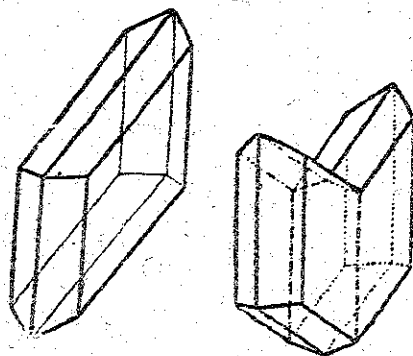


Fig. 24.—Cristal sencillo y macla del yeso. La macla tiene mayor regularidad.

tría ; se presentan grupos de cristales de roca, de calizas, en muchos filones, en el interior de grutas o de oquedades. Cuando los huecos son pequeños, están envueltos por mineral amorfo o cristalino y dentro erizados de cristales, llevan el nombre de *geodas*. A veces un bloque o un canto redondo, hueco, se rompe y aparece toda la pared interna llena de cristales (figura 26).

Hay también en los terrenos asociaciones mine-

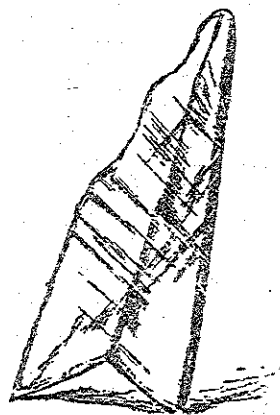


Fig. 25.—Yeso en flecha por efecto de la macla.

rales que tienen gran constancia, que se pre-

sentan muchas veces, efecto de que se han formado por acción de las mismas causas: así ocurre con el yeso, la sal común y el azufre, que van casi siempre juntos. Estas asociaciones son de gran interés para el estudio del origen de los minerales.

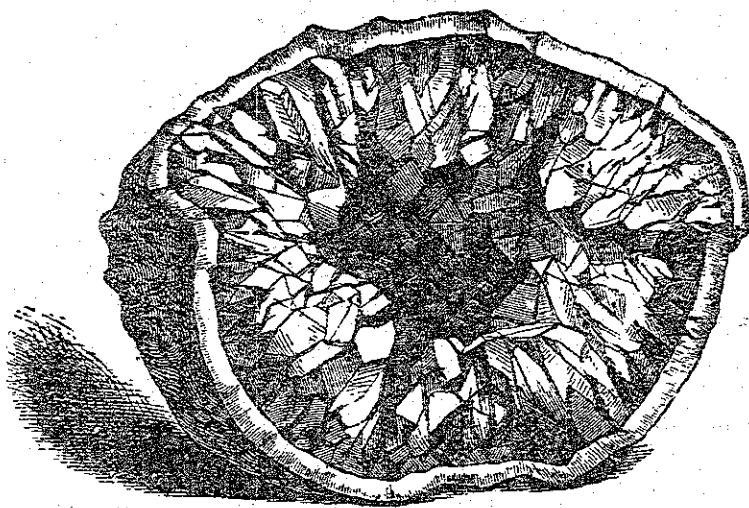


Fig. 26.—Geoda de cuarzo (oquedad llena de cristales).

Las rocas son en realidad sociedades minerales de gran constancia; como que muchas veces los minerales de una roca han tenido un origen común, son hijos de la misma madre, de una materia primitiva incandescente, homogénea, amorfa, de la cual se han ido diferenciando en el transcurso del tiempo.

13. **Formas miméticas.** — Con la geminación de dos o de varios cristales puede darse el caso de que resulte una forma distinta y de

otro sistema que el de los cristales geminados. Así ocurre que hay minerales que engañan por su forma exterior; como imitan a otros, se les ha llamado *cristales miméticos*.

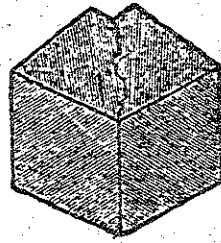


Fig. 27.—Base de un prisma exagonal de aragonito, formado por la unión de tres prismas romboidales.

Un buen ejemplo presenta el aragonito; pertenece este mineral al sistema rómbico, pe-



Fig. 28.—Aragonito coraloideo.

no uniéndose tres prismas rómbicos se forma un prisma exagonal (fig. 27). La triple dirección de las estrías en las bases del prisma y el que los prismas componentes algunas veces no están del todo juntos, denuncia que se trata de un grupo de tres cristales.

Hay veces que el mimetismo procede de que un cristal se ha descompuesto poco a poco convirtiéndose en otro, y éste aparece cristalizado en una forma que no es la suya propia.

Los minerales amorfos también adquieren formas que imitan diferentes seres u objetos distintos: así, se encuentran masas de cuarzo que parecen riñones petrificados; aragonito que asemeja a las ramas del coral (figura 28), etc.

14. **Estructura de los minerales.** — No siempre los cristales son gruesos y bien manifestos; en ocasiones son tan diminutos, que no se nota exteriormente su forma, y aun pueden no tenerla, no haber cristalizado bien y ser granos cristalinos en vez de verdaderos cristales. Cuando una masa mineral está así formada, se dice que tiene estructura *granular* y el grano es más o menos grueso.

Otras veces, los cristales se aplastan extraordinariamente, forman como tablas, y la estructura se llama *tabular*. En ocasiones, el aspecto del mineral es *hojoso*, está formado de láminas delgadas superpuestas, cristalinas, como en

el yeso que vulgarmente se llama *espejuelo de asno*. Y las hojas, que se separan en el yeso con el corte de una navajita, adquieren en este caso gran tamaño, pero pueden ser más pequeñas y aun pequeñísimas como escamas (estructura *escamosa*).

Los cristales, en vez de ensancharse, se alargan en algunos casos y parecen bastoncitos; de aquí la estructura *bacilar*; o se alargan tanto que parecen cabellos, como en el rutilo, que

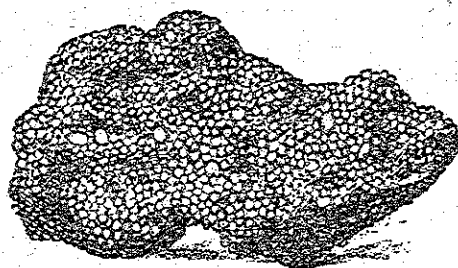


Fig. 29.—Pedazo de caliza oolítica.

son rutilantes (ya lo dice el nombre), o en la sal de la Higuera, que son blancos como cabellos de anciano (estructura *capilar*). Si pierden la apariencia cristalina, la estructura se hace *fibrosa*, porque asemejan fibras, y a veces son elásticos y lustrosos como la seda, hasta el punto que se hacen con ellos telas; así pasa en el amianto, que tiene *estructura sedosa*.

Ciertas calizas están formadas de granos gruesos como guisantes (por ello se llaman *pisolitas*) o más menudos, que parecen huevecillos (*oolitas*, fig. 29), y unas veces los granos

tienen estructura fibrosorradiada (es decir, de fibras que irradian desde el centro), y otras veces están formados por capas concéntricas.

III.—CARACTERES FÍSICOS DE LOS MINERALES

15. **Elasticidad.** — Cuando se doblan suavemente láminas de los minerales para que no se rompan, puede suceder que al dejarles se queden dobladas o que rápidamente vuelvan a desdoblarse. Haced la prueba con una lámina delgada de acero y con otra de cera; esta última, una vez doblada no se desdobra, el acero no aguanta encorvado sino por fuerza; se dice que el acero es elástico y la cera no lo es.

Conocéis el mineral que se llama mica, uno de los componentes del granito; a veces se encuentran en los terrenos láminas muy grandes y muy delgadas de aquel mineral. El talco es análogo, más suave al tacto, jabonoso. Ambos minerales se diferencian bien porque las láminas de mica son muy elásticas y las de talco no lo son.

Cuando un mineral no cede o cede muy poco si se le golpea con un martillo, se dice que es *tenaz*, y *dúctil* cuando permite que se hagan con él hojas muy delgadas o alambres como hilos.

Los caracteres señalados permiten ciertas aplicaciones, sobre todo de los metales. El oro puede laminarse hasta formar hojas tan sutiles que un soplo las aventa, y eso que es uno de los metales más pesados ; habréis visto que se valen los obreros de esta propiedad para dorar los objetos empleando hojas de oro. Con la plata pueden hacerse hilos delgadísimos. En cambio, el hierro es muy tenaz y poco dúctil. Con láminas de mica se han podido hacer vidrios bastante transparentes y que se rompen con dificultad.

16. **Exfoliación.** — Es frecuente que los cristales se exfolien, se dividan en hojas de mayor o menor espesor, según el crucero que está relacionado con la cristalización. Golpeando

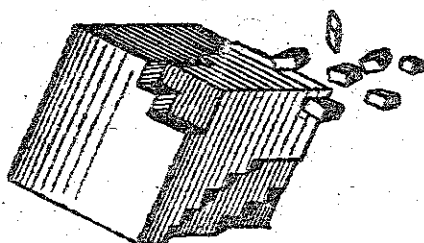


Fig. 30.—Los fragmentos que se destacan golpeando un romboedro de caliza, son pequeños romboedros.

un cubo de sal común se destacan fragmentos cúbicos ; si golpeamos un cristal de caliza, los fragmentos son romboédricos (figura 30).

A veces no es preciso tratar el mineral a golpes, basta hacer presión con la hoja de un cortaplumas para que se divida el mineral en hojas.

Desde antiguo, a los minerales que tienen esta propiedad, se les llama *espatos*.

La exfoliación puede verificarse en diferentes direcciones, y éstas se hallan íntimamente relacionadas con la forma del cristal; combinando las direcciones es como se destaca un fragmento cristalino, que puede ser de la misma forma que el mineral presenta o de otra distinta.

17. **Dureza.** — Vulgarmente suele llamarse duro al cuerpo que es tenaz, que resiste al martillo. Científicamente se calcula la dureza de las piedras por la resistencia que oponen a ser rayadas. Así, se dice que es un mineral *blando*, cuando se le raya con la uña; *duro*, cuando hay que emplear para rayarle una punta de acero y *muy duro* si raya al vidrio y no le raya el acero.

De esta propiedad se ha sacado mucho partido para clasificar los minerales, y está en la dureza fundado el uso de las piedras que llaman preciosas.

No creáis que sólo se emplean estas piedras tan duras como objetos de un lujo reprochable por lo vano; puede su dureza ser preciosa realmente para auxiliar el trabajo del hombre.

Habréis visto vosotros cómo corta el cristale-ro los vidrios para darles el tamaño necesario ; emplea un instrumento que se reduce a la punta de un diamante puesta en una especie de lápiz, o de T para manejarlo mejor (fig. 31).

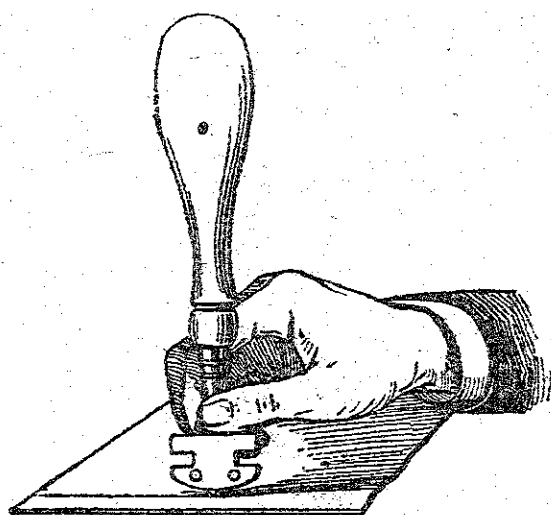


Fig. 31.—Con un diamante se corta el vidrio porque éste es menos duro.

La punta del diamante, más dura que el vidrio, le corta.

Con polvo de diamante se desgastan los materiales más duros, y si fuese barato se le emplearía muchísimo industrialmente ; como es caro, suele substituirse por una piedra, más dura también que el vidrio, llamada esmeril.

Como términos de comparación para graduar la dureza de un mineral, se toman los diez

siguientes que forman la llamada escala de dureza.

1. Talco	}	Se rayan con la uña.
2. Yeso		
3. Caliza	}	Se rayan con un cortaplumas.
4. Fluorina		
5. Fosforita		
6. Feldespato ortosa		
7. Cuarzo	}	No se rayan con el cortaplumas y rayan al vidrio.
8. Topacio		
9. Esmeril		
10. Diamante		

Cuando un mineral se raya por el feldespato y raya a la fosforita, tiene su dureza entre 5 y 6 ; se representa por 5'50. Así, en todos los casos, puede expresarse el mayor o menor grado. Hay veces que coincide con uno de los términos de la escala, y el mineral tiene 3 ó 4 ó 5, o lo que sea, de dureza.

He de advertiros que el grado de dureza varía en los cristales según las caras y según la dirección de la raya ; la disposición de las moléculas influye, como es natural, en la resistencia que el cristal ofrezca.

18. **Densidad.** — De un modo directo se aprecia si los minerales son más o menos pesados ; tomad de la colección un feldespato ortosa blanco y un trozo de baritina del mismo color ; se parecen en que se exfolian (ambos

son espátos), en que tienen cierto lustre característico ; podrían confundirse a simple vista, pero al cogerles se nota bien pronto la diferencia de peso ; la baritina pesa mucho ; por ello se le llama *espato pesado* ; el feldespato pesa bastante menos. Entre los metales hay también grandes diferencias : la plata pesa menos que el oro, y a éste le supera el platino.

En ocasiones interesa precisar mucho este carácter, y conviene por ello definirle bien y usar medios científicos que aprecien las más pequeñas diferencias.

Entre los experimentos de Física seguramente haréis alguno que tenga por objeto medir la densidad ; ésta se gradúa relacionando el peso del cuerpo con el de un volumen igual de agua a una temperatura constante. Hay aparatos para averiguar lo que pesa el volumen de agua.

Los mineralogistas no se molestan gran cosa en hacer operaciones delicadas. Tienen en los laboratorios líquidos de densidad conocida, y si desean saber la de un mineral, echan un pequeño fragmento o un cristalito en esos líquidos ; si el cristal se va al fondo, es más denso que aquel líquido, se le limpia y se le traslada a otro de densidad mayor ; si flota, es que tiene menor densidad, y si queda en suspensión, es que su densidad es la misma del líquido. Unos cuantos tanteos bastan para obtener un resultado satisfactorio.

19. **Color y brillo.** — Son dos caracteres que sirven para diferenciar ciertos minerales. El color y el brillo de los metales, por ejemplo, no puede confundirse con el de las piedras no metálicas; el blanco de la plata, el rojo del cobre, el gris del plomo, el amarillo del oro, son bien característicos.

A veces el color que el mineral presenta, es debido a sustancias que le impregnan, es accidental, o se produce por cierto estado molecular del cuerpo. Para apreciar bien el color, conviene pulverizar el mineral o rayar con él una superficie áspera. El hierro, que en el terreno forma masas pardas, tiene polvo bien rojo a veces; rojo de sangre, por lo cual se le llama *hematites*. El hierro, el manganeso, el betún, son sustancias que muchas veces tiñen de rojo, de amarillo, de pardo o de negro a los minerales.

Aparte del brillo, que es muy notable en algunas piedras, hay de éstas que tienen en la superficie irisaciones y cambiantes de luz, efectos ópticos, debidos al aire que se intercala entre las capas superficiales, o a otras causas.

20. **Doble refracción.** — En Física se dice, y se prueba con experimentos vulgares, que un rayo luminoso se desvía de la dirección que sigue cuando pasa del aire a otro medio más denso. Metiendo un bastón inclinado en el agua,

parece que se quiebra ; los objetos del fondo se ven en posiciones distintas de las que realmente ocupan. Este fenómeno recibe el nombre de refracción.

Los cristales transparentes, limpios, de la caliza, que constituyen la variedad llamada *espato de Islandia*, ofrecen la particularidad notable de duplicar las imágenes.

Tomad de la colección uno de estos cristales ; trazad sobre el papel puntos o líneas, colocad el cristal encima, y los veréis duplicados ; si habéis escrito una palabra, aparecerán dos palabras (figura 32). El fenómeno, que

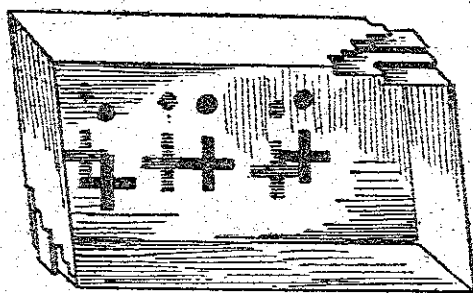


Fig. 32.—Doble refracción del espato de Islandia; los objetos se ven duplicados y las dos imágenes en posiciones distintas girando el cristal.

con tanta claridad se ve en el espato de Islandia, se llama *doble refracción*. Le presentan muchos otros minerales, pero se necesitan aparatos para observarle bien.

Ninguno de los cuerpos que tienen doble refracción pertenece al primer sistema ; los cris-

tales de este grupo y los cuerpos amorfos son de refracción sencilla ; se les da el nombre de *isótropos* ; los que tienen la refracción doble se llaman *anisótropos*.

Esta diferencia demuestra una vez más la relación que existe entre las formaciones moleculares (de que es una consecuencia la figura geométrica externa), y la resistencia que encuentran las fuerzas diversas (luz, calor, presión, etc.), que actúan sobre los cristales.

Es natural y lógico que así sea ; una fuerza que pretenda atravesar los grupos de moléculas alineadas, dotadas de movimiento, caminará más despacio o más de prisa, según como las encuentre formadas ; y lo mismo le pasará a la luz, que al calor y que a la electricidad.

De los fenómenos que ocurren por la acción de la luz sobre los minerales cristalizados, los mineralogistas sacan mucho partido, hasta el extremo de ser hoy la óptica mineral el capítulo más interesante y más extenso de la Mineralogía, y de utilizarse muchos y muy delicados aparatos para las investigaciones óptico-mineralógicas. De estos aparatos es una admirable síntesis el microscopio que se llama de Mineralogía o polarizante.

21. **Electricidad, magnetismo, fosforescencia.** — Aparte los casos de conductibilidad eléctrica, en un todo semejantes a los fenómenos

ópticos, hay cristales que producen electricidad, que se electrizan por diversos medios. Flotando el azufre o el ámbar, atraen pedacitos de papel ; calentados otros minerales, dan señales de electricidad ; por cierto que algunos cristales al calentarse, desarrollan en los extremos electricidades distintas, positiva en un lado y negativa en otro ; si se enfrían, cambian, donde era positiva se hace la electricidad negativa y viceversa. Este fenómeno se llama *piroelectricidad*, y le presentan los cristales que tienen un extremo deformado.

Son conocidos los minerales magnéticos ; en uno de ellos (el óxido de hierro llamado *magnetita*) se descubrió el magnetismo.

A temperaturas relativamente bajas, muchos minerales producen lucecitas tenues y difusas, como la del fósforo en la obscuridad ; se dice que son fosforescentes. Podéis observar la fosforescencia con un terrón de azúcar, en la obscuridad, rozándole fuertemente con los dientes ; si hacéis el experimento ante un espejo veréis que parece que os sale fuego fatuo de la boca. Lo mismo puede hacerse con ciertos minerales que con el azúcar.

No creáis que el ser fosforescente un cuerpo es por contener fósforo ; la mayor parte de los minerales que presentan este fenómeno no lo contienen. Verdad es que la fosforita (compuesto de fósforo), produce lucecitas cuando

se echa pulverizada sobre ascuas ; pero es también cierto que fosforecen la fluorina y el topacio calentándoles, la blenda (sulfuro de zinc) frotándola, el aragonito y el diamante exponiéndoles previamente a los rayos solares, y ninguna de estas especies mineralógicas contienen fósforo.

IV.—LOS MINERALES POR DENTRO

22. **Aplicación del microscopio.** — El microscopio, que ha permitido ensanchar enormemente el campo de las investigaciones científicas, abriendo horizontes dilatadísimos a la actividad de los sabios, se aplica lo mismo que a los seres vivos a los seres minerales, permitiendo ver pequeñas porciones de éstos con grandes aumentos.

El primer éxito de la aplicación del microscopio al estudio de los minerales, fué el descubrir que algunos de éstos se hallaban formados por la acumulación de cubiertas calcáreas o silíceas de invisibles protistas, y que masas imponentes de rocas, altas montañas, no tenían otro origen que la labor de estos modestísimos e imperceptibles obreros.

Otro éxito ha sido el hallar que algunos mi-

nerales de aspecto homogéneo, de aparente pureza, llevan en su interior multitud de partículas microscópicas que les impurifican.

Maderas petrificadas, procedentes de distintas localidades, con el examen microscópico nos muestran los tejidos delicados de que estaban constituídas plantas que hoy ya no existen, comprobándose la identidad histológica de los vegetales extinguidos con los que viven actualmente.

Y allá en lo íntimo, en lo más profundo de las masas minerales, se ven corrosiones y descomposiciones que no aparecen a simple vista, que tardarán en exteriorizarse y que el microscopio sorprende en su sorda labor destructora.

Obreros invisibles, transformaciones ocultas, impurezas internas, asociaciones desconocidas que suponen comunidad de origen ; variedad en lo que parecía uno, vida en lo que se creía muerto ; he aquí lo que el microscopio hace ver al hombre de ciencia que investiga con él lo más escondido de la materia mineral.

23. Preparación de placas delgadas.—Para ver un objeto al microscopio, para observar con él un fragmento mineral, ante todo hay que hacerlo transparente. No es el problema fácil cuando se trata de un cuerpo duro y tenaz. Examinar materia pulverulenta, es sencillo ; ha-

cer transparente un trozo de pedernal negruzco, tiene sus dificultades.

Cuando se ha de preparar un fragmento de mineral duro, comienza por desgastarse un lado, frotando sobre un ladrillo de esmeril humedecido, hasta que quede bien liso.

Por el lado liso se pega el pedazo a un vidrio grueso, valiéndose del bálsamo del Canadá, que pega muy bien. Luego se desgasta sobre esmeril, por el lado opuesto, y se logra con cuidado y practicando mucho, obtener placas delgadísimas, tan transparentes que se leen al través de ellas los caracteres de imprenta.

Hecha la preparación, se limpia bien con bencina, se desprende del vidrio grueso y se pega con el mismo bálsamo en un porta-objetos ordinario, cubriéndole con un cubre-objetos. Queda así dispuesta para el estudio microscópico.

Hay máquinas que hacen esta operación tan delicada, sin fatiga y sin molestia ; tienen ruedas delgadísimas de acero, sobre cuyo borde cae polvo de esmeril o polvo de diamante, capaz de cortar, moviéndose la rueda, el mineral más resistente. Estas máquinas se usan en los grandes laboratorios donde han de hacerse centenares de preparaciones.

24. **Minerales de origen orgánico.**—Conocéis ya, porque a ella me he referido varias veces, la creta, que es un mineral calizo, car-

bonato de cal, formado por la acumulación de cáscaras de foraminíferos (fig. 33).

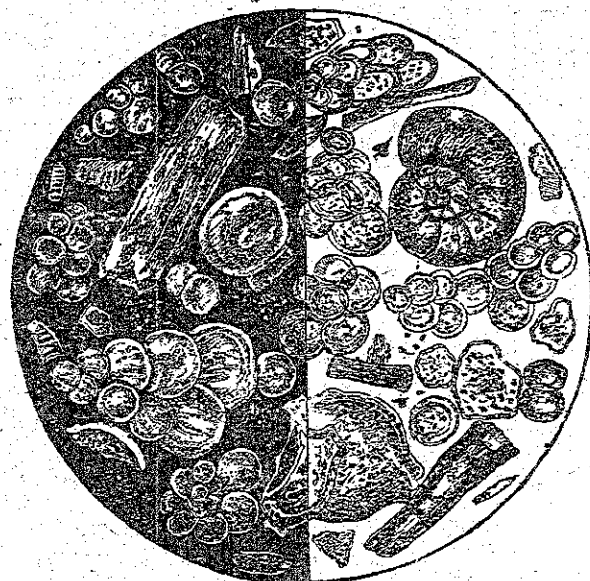


Fig. 33.—Polvo de creta visto con el microscopio. (La mitad del campo se pone sobre fondo negro para destacar mejor las cáscaras de los foraminíferos).

Existe una tierra silíceas, insoluble en el ácido clorhídrico, de mucho empleo porque no absorbe la humedad, denominada *harina fósil*; se muele muy fina. Vista al microscopio, aparece formada por multitud de cáscaras de unas algas silíceas pequeñísimas, denominadas *diatomáceas* (fig. 34), o por caparazones de diminutos animales del grupo de los *radiolarios*. Estos y las diatomáceas viven actualmente en enorme cantidad en los mares.

En ciertos minerales carbonosos, todavía se descubre con el microscopio la trabazón vege-

tal, pero donde puede estudiarse perfectamente es en el mineral llamado *xilópalo* o madera petrificada. No escasea en determinados terrenos. En algunas llanuras pedregosas de España se encuentra ; se ha traído también de

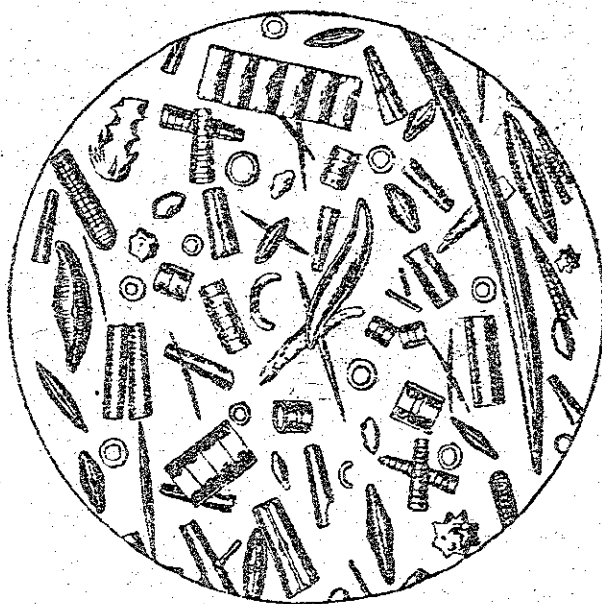


Fig. 34.—Tierra silícea de diatomáceas, vista al microscopio.

ciertos parajes del desierto de Sahara. En América del Norte hay verdaderos bosques petrificados ; se ven gruesos troncos convertidos en duro mineral silíceo, aglomerados en gran extensión, como ruinas fósiles de antiguo bosque de gigantescos árboles (fig. 35).

Un fragmento de estos árboles petrificados, visto al microscopio después de convertido en lámina transparente, muestra la delicada estructura que tenía vivo el vegetal y que se ha

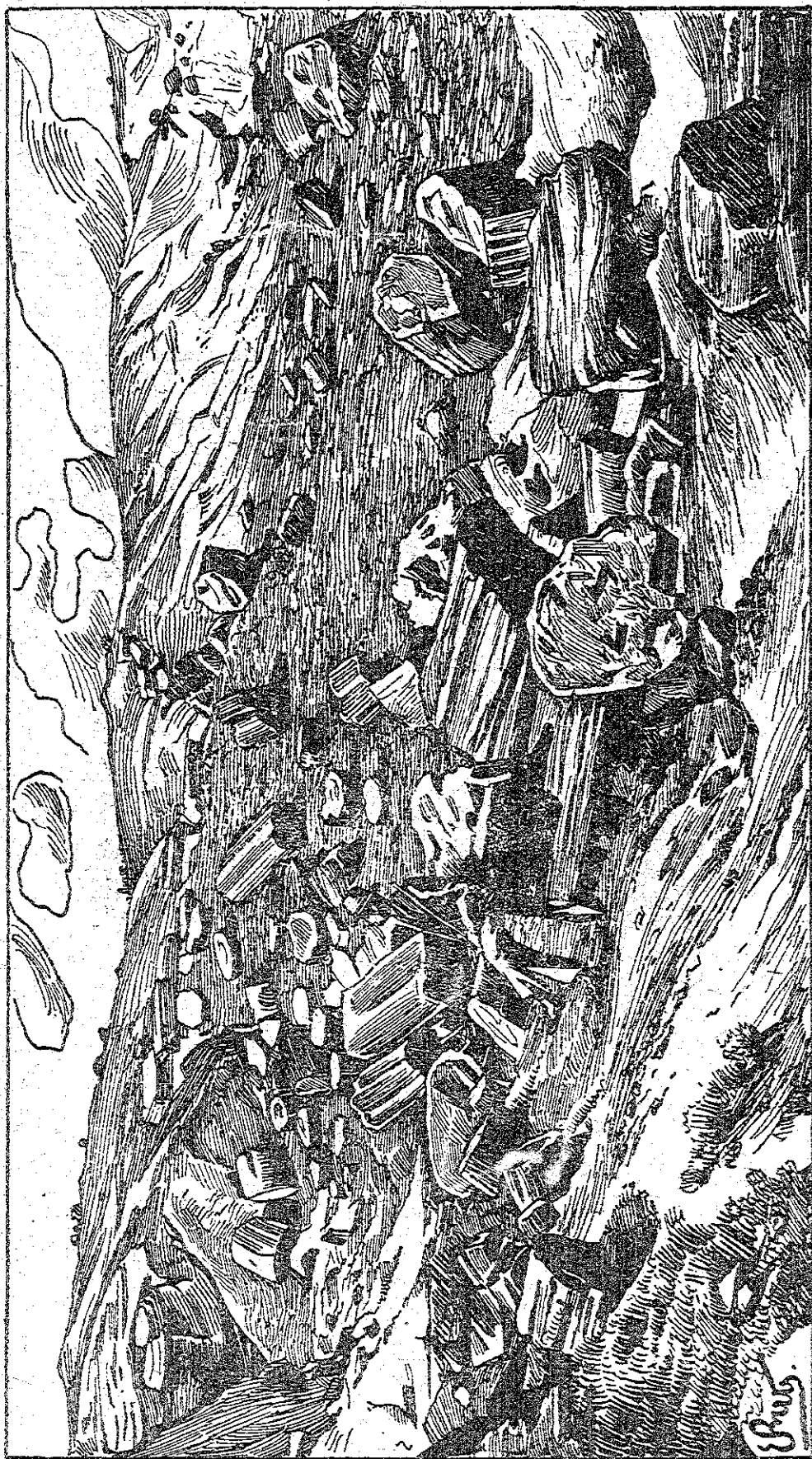


Fig. 35.—Aglomeración de gruesos troncos petrificados.

conservado admirablemente al sur substituída la materia orgánica por moléculas silíceas (figura 36).

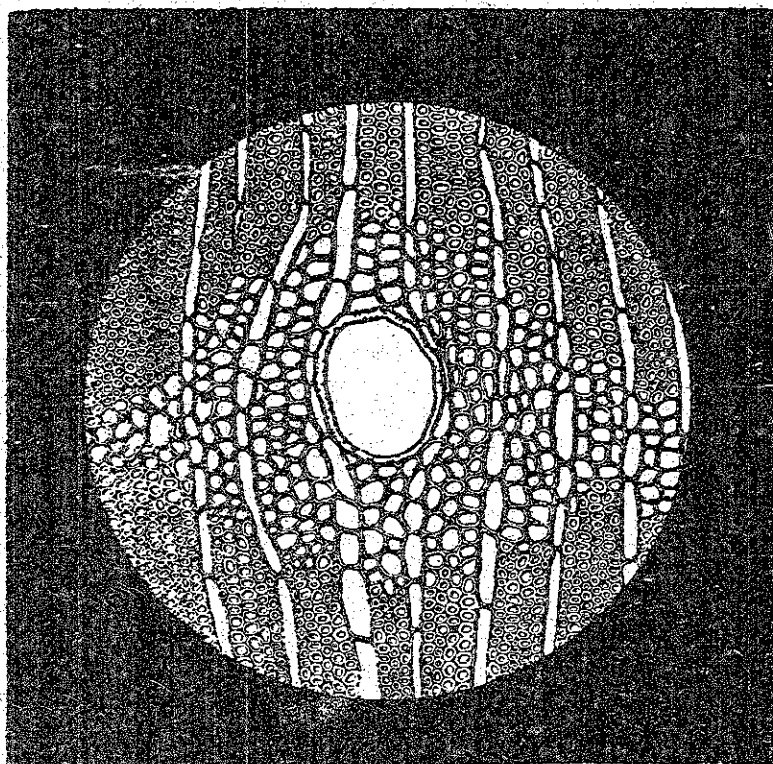


Fig. 36.—Corte visto al microscopio de una madera petrificada que halló en el Sahara occidental el profesor Quiroga.

25. **Inclusiones.** — En las colecciones de minerales hay algunos que muestran a simple vista sustancias extrañas incluídas. Vense ejemplares de cristal de roca atravesados por finísimos filamentos de rutilo (figura 37), que parecen dorados cabellos; cuarzo con burbujas gaseosas, dentro de cavidades con un líquido, que se mueven inquietamente como en

un nivel de agua oscila la burbuja cuyo reposo denuncia la horizontalidad del aparato.

Y de la misma manera que existen estas inclusiones sólidas, líquidas y gaseosas visibles, hay otras que son microscópicas. Cristales de roca opacos en los que no puede verse la sustancia que les enturbia, deben su opacidad a millones de burbujas que denuncia el microscopio. Y son tantas y de tan pequeñísimo tamaño, que ha contado un célebre naturalista hasta 60 millones de ellas en un centímetro cúbico del cuarzo de ciertos granitos.

Las inclusiones líquidas con burbujas (figura 38) gaseosas, son muy frecuentes. Hay bur-



Fig. 37.—Cristal de roca atravesado por finos filamentos de rutilo.

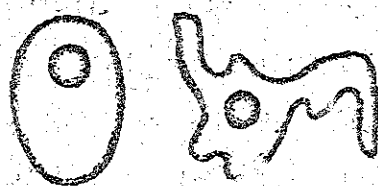


Fig. 38.—Inclusiones líquidas con una burbuja gaseosa.

bujas de éstas dotadas de movimiento, a veces vertiginoso. Calculad el efecto sorprendente que ha de producir preparar una lámina delgada de un mineral, examinarla al microscopio y en-

contrarse con un enjambre de burbujas que se mueven con rapidez, sin descanso. El mismo espectáculo de una preparación de microbios llenos de vida, ofrecido por un cuerpo mineral que se cree incapaz de movimiento.

Algunas inclusiones líquidas, además de burbuja gaseosa, tienen un cristalito de sal común (figura 39). Se explica el hecho perfectamente:

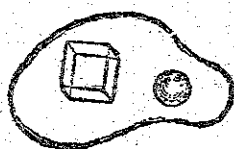


Fig. 39.—Inclusión líquida con burbuja gaseosa y un cubito de sal común.

el mineral debió formarse en agua del mar y aprisionar porciones de ésta a elevada temperatura con mucha sal disuelta; al enfriarse, como disminuye la solubilidad, quedaría sal común que no podía estar disuelta y se depositaría en un diminuto cristal cúbico.

Las inclusiones pueden ser de cristalitos sólidos que tienen forma geométrica bien definida. Se disponen a veces de una manera regular (figuras 40 y 41).

Estas materias, aprisionadas en el interior de los minerales, constituyen un dato de gran importancia para apreciar el origen y las evoluciones del mineral.

26. Pseudomorfosis y evolución mineral.

—La Química, con sus procedimientos de análisis, había ya denunciado la presencia de cuerpos extraños en los minerales más limpios; rara es la caliza que no da la reacción del hierro; rarísimos los cristales químicamente puros. Pero se ignoraba lo que ocurría en lo más

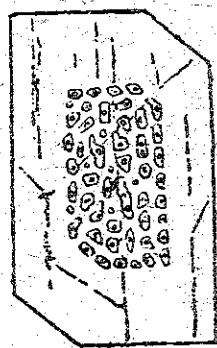


Fig. 40. — Inclusiones aglomeradas en un núcleo de la misma forma del cristal.

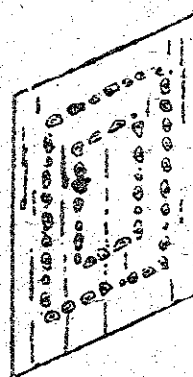


Fig. 41. — Inclusiones orientadas en relación con la forma del cristal.

íntimo de los minerales cristalizados para que algunos, con el tiempo, cambiaran por completo, dándose el caso de adquirir formas que no son las suyas. Un ejemplo vulgar: conocéis seguramente la llamada pirita de hierro, mineral dorado bastante frecuente en la Naturaleza; cristaliza en cubos muy perfectos (fig. 42). En contacto del aire, estos cubos pierden el lustre metálico, se vuelven pardos en la superficie, y

poco a poco la transformación se va haciendo más profunda hasta que invade por completo el cristal. Lo que ha pasado es bien sencillo: la pirita es sulfuro de hierro, y con el contacto del aire se ha transformado en óxido del mismo metal; pero el óxido sigue teniendo la forma cúbica que no es la suya, que es prestada por el sulfuro al que ha substituído. El fenómeno descrito es lo que se llama una *pseudomorfosis* por alteración de substancia.

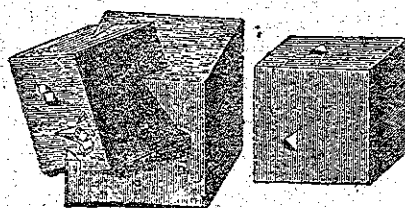


Fig. 42.—Cristales de pirita de hierro.

Lo mismo pasa en muchos cristales que se hallan en los terrenos aun a grandes profundidades, donde no llega la influencia del aire atmosférico; sino que en éstos la transformación es muy lenta y comienza muchas veces interiormente; de modo, que el mineral exteriormente es limpio, transparente, parece puro, y lleva, no obstante, dentro el germen de destrucción que va minando poco a poco su materia hasta descomponerla por completo.

Ejemplo de estas alteraciones, de esta pseudomorfosis, es lo que se llama *serpentinización*; ciertos cristales (figura 43) de color aceitunado (por eso se llama el mineral olivino), se transforman en una materia verdosa llamada serpentina.

Y lo raro del caso es que estas descomposiciones lentas, alcanzan a los minerales más escondidos; que entre los cristales de las rocas más antiguas hay acciones moleculares mutuas, no siendo raro que un mineral absorba los elementos del otro y se asimile su materia, creciendo, gracias a este fenómeno.



Fig. 43.—Serpentinización del olivino (caso de pseudomorfosis).

Esta lucha entre el que atesora mayores energías y el que dispone de menos fuerza molecular, contribuye sordamente a la evolución de la materia que se creía muerta.

El microscopio permite al hombre ser testigo de luchas que ignoraba, de fenómenos que no presentía y que aclaran extraordinariamente los orígenes modestos de las más grandes transformaciones geológicas.

V.—ENSAYOS DE QUÍMICA MINERAL

27. **Laboratorio de la Escuela** (1).—En cualquier local bien ventilado puede establecerse un pequeño laboratorio de manipulaciones mineralógicas, poniendo mesas en que puedan trabajar de pie los niños e instalando cañerías de gas con mecheros de Bunsen ; si no se

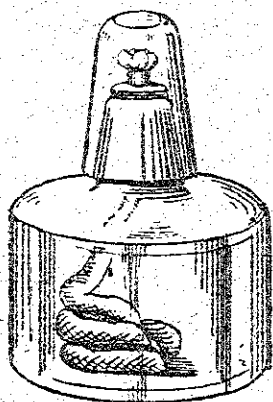


Fig. 44.—Lámpara de alcohol que se emplea en los laboratorios.

dispone de gas han de utilizarse lámparas de alcohol (figura 44). Sobre las mesas de trabajo conviene poner pequeños aparadores para los reactivos.

(1) Este capítulo va destinado a los maestros; deben utilizar los conocimientos de Química que tengan los niños, aplicándolos a la determinación de los minerales más comunes, o valerse de este análisis para inculcarles los principios de la Química. Nadie mejor que el maestro puede calcular las reacciones más oportunas, según la cultura de los niños y los medios de que disponga.

Los utensilios necesarios son:

Sopletes ; preferibles los mecánicos (fig. 45)

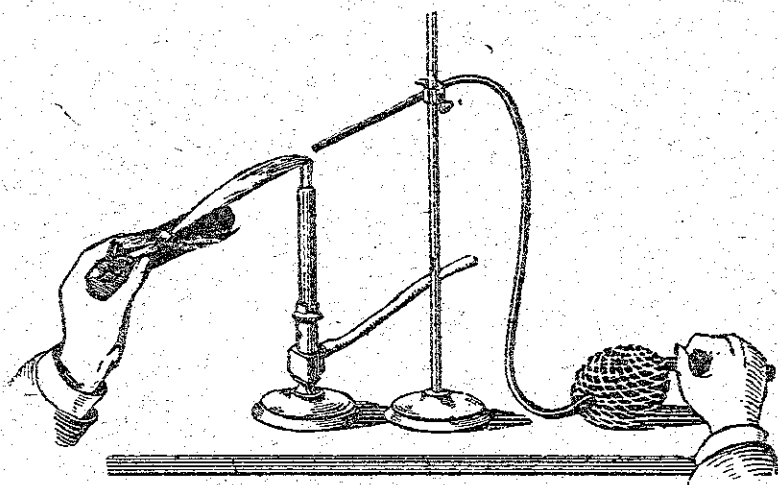


Fig. 45.—Uso del soplete con un mechero de Bunsen.

a los de soplo humano, que son fatigosos e insanos para los niños.

Soportes para poder calentar líquidos (figura 46) y para filtrar (fig. 47).

Cápsulas de porcelana.

Hilitos delgados de platino.

Mortero para pulverizar.

Una copa (figura 48) o probeta graduada (figura 49).

Embudos de vidrio.

Tubería y varillas de vidrio.

Tubos de ensayo (figura 50).

Cilindros de carbón coherente de encina.

Papel y conos de filtración.

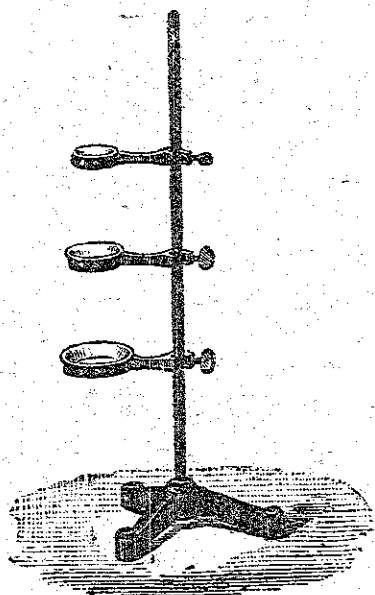


Fig. 46.—Soporte para calentar líquidos en tubos o para filtrar.

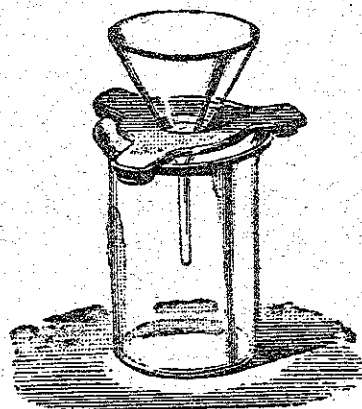


Fig. 47.—Soporte de madera para filtrar.

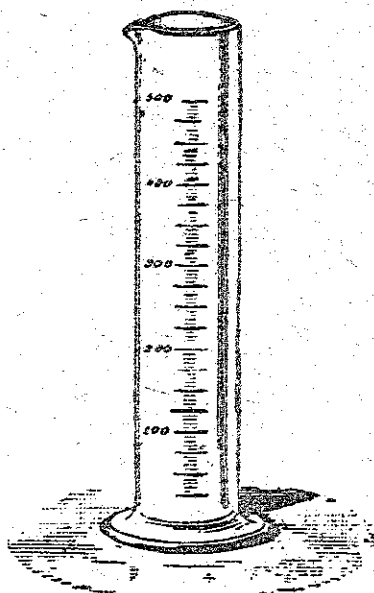


Fig. 49.—Probeta graduada.

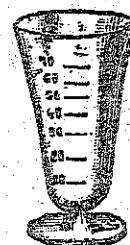


Fig. 48.—Copa graduada.

Deben tenerse en frascos bien cerrados las sustancias siguientes:

Acido nítrico.

» clorhídrico.

» sulfúrico.

» sulfhídrico.

Potasa disuelta.

Amoníaco.

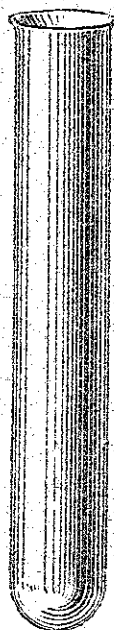


Fig. 50.—Tubo de ensayo.

Sulfhidrato de amoníaco.

Cromato potásico.

Nitrato de cobalto.

Carbonato sódico.

» amónico.

Bórax (en polvo).

Carbonato de potasio y sodio (en polvo).

Cloruro de bario.

Nitrato de bario.

Molibdato amónico.

Nitrato de plata.

Solución clorhídrica de subnitrato de bismuto.

Hiposulfito de sodio.

Oxalato amónico.

Sulfocianuro potásico.

28. **Primeras manipulaciones.**—Recomiendo a los maestros que habitúen a los niños en las siguientes prácticas:

Manejo de la llama con el soplete para fundir cuerpos.

Manejo del vidrio fundido.

Disolución de cuerpos en frío y en caliente, en el agua, en los ácidos, en la potasa y en el amoníaco.

Filtrar líquidos con papel de filtro o filtro cónico (fig. 51).

Fundir vidrio y hacer con él diversos utensilios; es fácil, no tiene peligro y agrada muchísimo a los niños; es además una manipulación utilísima.

Se compran por kilogramos tubos delgados y varillas de vidrio. Se parten en fragmentos de diversa longitud y se hace que cada niño prepare para sí varillas con los extremos romos para no cortarse; tubos rectos, bien redondeados, abiertos por ambas extremidades, cerra-

dos por una o cerrados por las dos ; tubos encorvados (fig. 52) cerrados y abiertos ; pipe-

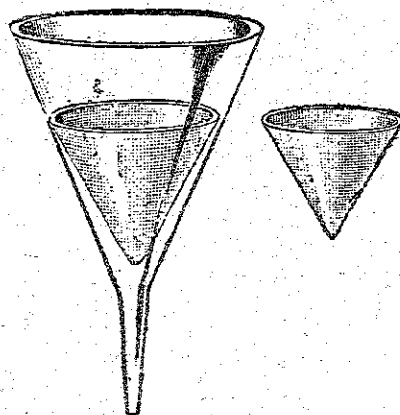


Fig. 51.—Filtro cónico.

tas de extremo aguzado para echar los líquidos poco a poco ; cuenta-gotas, y un frasco lavador (figura 53).



Fig. 52.—Tubo encorvado.

La manipulación debe comenzar calentando poco a poco el tubo, pasándole por la llama ; después se dirige el dardo del soplete al punto que se desea fundir ; el vidrio se enrojece, se ablanda y suavemente se hace con él lo que se quiere.

En las disoluciones con los ácidos, ha de

procurarse que se acostumbren los niños a usarlos diluídos y en dosis moderadas ; el exceso de disolvente perjudica muchas veces.

Al usar los filtros, recomiéndeseles mucha pulcritud y siempre exagerada limpieza ; no usar ningún utensilio sin limpiarlo perfectamente ; no dejar nunca reactivos en los tubos si no es necesario, ni los frascos sin tapar bien.

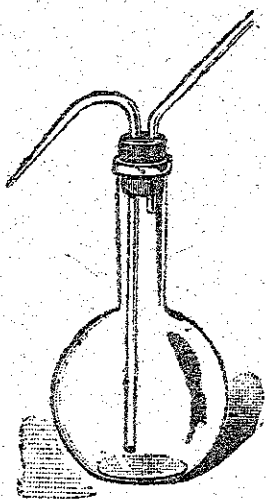


Fig. 53.—Frasco lavador.

Para depositar las sustancias pulverizadas en los tubos de ensayo, tómese una tira estrecha y larga de papel, doblada por en medio, de modo que forme una canal, se la hace llegar hasta el fondo del tubo, se forma plano inclinado (fig. 54) y se va echando el polvo, que quedará abajo del tubo y no se pegará a las paredes. Las reacciones son más limpias cuando no hay polvo del mineral en las paredes del tubo de ensayo.

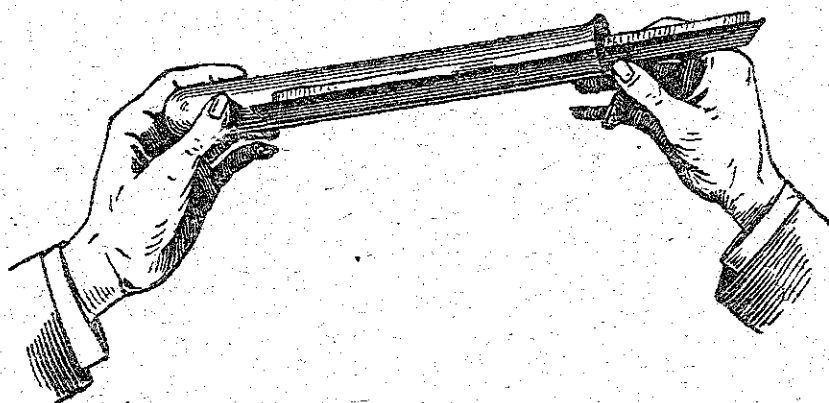


Fig. 54.—Modo de depositar las sustancias pulverulentas en el fondo del tubo de ensayo.

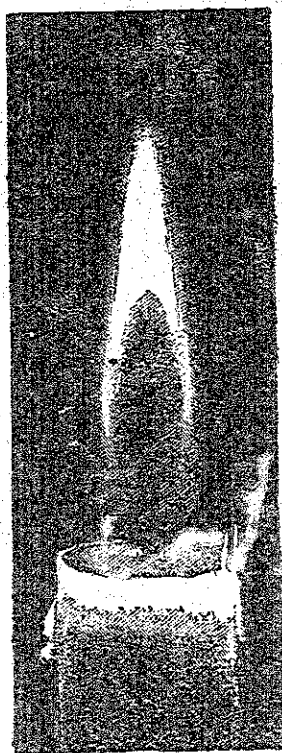


Fig. 55.—Partes distintas de la llama.

29. **La llama y sus coloraciones.** — Para estos ensayos es preferible el uso de la lámpara de alcohol, cuya llama es poco luminosa.

La llama está formada por conos diversos (fig. 55), en cada uno de los cuales se producen acciones distintas. Las más importantes son: la de oxidar, que produce el cono exterior azulado, donde la temperatura llega al máximo y el exígeno está en exceso, y la de reducir, que produce el cono luminoso interior, donde existen partículas de carbón, que dan a la llama su poder lumínico. Aplicando el soplete con inteligencia se obtendrán estos dos efectos.

La *coloración de la llama* es un dato de gran interés; cuando ciertas sustancias se introducen en el cono exterior azulado, éste se tiñe momentáneamente de un color constante para cada cuerpo.

El cuadro siguiente indica los colores más notables:

Sales de Estroncio	Rojo carmín.
» Calcio	Anaranjado.
» Potasio	Violeta pálido.
» Sodio	Amarillo rojizo.
Arsénico y Antimonio . .	Azul pálido.
Plomo	Azul obscuro.
Cloruro de cobre	Azul púrpura.
Compuestos de Fósforo . .	Azul amarillento.
Acido bórico y boratos . .	Verde pálido.
Sales de Bario	Verde amarillento lívido.
» Cobre	Verde esmeralda.

Para que las coloraciones aparezcan, es necesario que la combinación sea volátil y no contenga cuerpos que produzcan colores capaces de anularse los unos a los otros.

Se obtienen bien los colores, tomando la sustancia pulverizada con el extremo de un hilito de platino humedecido por el ácido clorhídrico.

30. Ensayos en tubo cerrado y abierto.

—En el fondo de un tubo de ensayo puede depositarse cualquier sustancia mineral, sometiéndola gradualmente a la acción del calor. Minerales hay que, tratados así, no se alteran; otros desprenden vapores que huelen a azufre (sulfuros), blancos o de color, que se condensan o no en las paredes frías del tubo. Cuando el mineral es hidratado se depositan gotitas de agua en la parte superior del tubo.

En tubo abierto, que se encorva previamente calentándole, si se deposita en el fondo curvo el mineral pulverizado puede apreciarse si se desprende vapor de agua (sustancias hidratadas), si se forman vapores olorosos o no, si se condensan los vapores en las paredes del tubo. Si el mineral tiene arsénico, los vapores huelen a ajos. El arsénico y el antimonio forman aureolas metálicas, el primero lejos del ensayo, el segundo cerca.

31. **Perlas de bórax.** — El bórax es una sustancia bien conocida y de aplicación vulgar. Químicamente es el borato de sodio. Se la emplea para reconocimientos minerales, formando antes las llamadas perlas.

En un hilo de platino, al cual debe ponerse mango de vidrio para no quemarse los dedos (1), figura 56; se moja esta anilla en agua destilada,



Fig. 56.—Hilo de platino, con mango de vidrio, preparado para hacer perlas de bórax (mitad del tamaño natural).

se la coloca sobre bórax pulverizado y se aplica a la llama, repitiendo la operación varias veces; queda la anillita llena de bórax que se

(1) Cualquier niño puede ponerlo; basta tomar un trozo de varilla de vidrio, redondearlo al soplete en los dos extremos y en uno de ellos, cuando esté reblandecido, meter el extremo del hilo de platino.

ha deshidratado, pues al aplicarle a la llama se funde, hinchándose mucho y perdiendo el agua.

La perla así formada es turbia, sucia ; aplicándole el dardo del soplete se limpia hasta hacerse por completo transparente. Entonces, con ella ardiente, se toma una partícula pe-
queñísima, como un grano de arena, del mi-
neral cuyo ensayo va a hacerse, y se vuelve a dirigir el dardo del soplete hasta que la par-
tícula fundida se confunde con el bórax. Al
enfriarse la perla, aparece diversamente colo-
reada, según el mineral ensayado y la parte de
la llama empleada.

He aquí algunos ejemplos de coloración de las perlas:

Oxidos	Llama de oxidación		Llama de reducción	
	En caliente	En frío	En caliente	En frío
Hierro . . .	amarilla	casi inco- lora	verde	verde
Manganeso . .	violada	violada	incolora o rosa	incolora o rosa
Cobalto . . .	azul	azul	azul	azul
Antimonio . .	amarillo claro	incolora	gris	gris
Cobre . . .	verde	azul	incolora	parda

32. **Ensayos en el carbón.** — En un cilindro de carbón que no tenga grietas se abre una oquedad, en ella se deposita pulverizado el mineral que ha de ensayarse, humedecido para que se pegue bien; se le dirige la llama por medio del soplete, y pueden observarse diversos fenómenos característicos.

El mineral, se funde o no, puede desprender gases de olor definido, cambiar de coloración, dejar un botón metálico o una masa cáustica, etcétera.

En derredor de la oquedad, el carbón se colorea a veces formando una aureola, que es blanca en el arsénico y el antimonio; amarilla de limón en el plomo; blanca cuando fría, y amarilla si está caliente, en el zinc.

Si el mineral ensayado se humedece con nitrato de cobalto, al calentar con el soplete la masa se colorea de azul, si tiene alúmina; de color carne, si contiene magnesia, y de verde, si contiene zinc.

33. **Ensayos por vía húmeda.** — En todos los ensayos indicados hasta ahora se emplea el fuego, por eso se llama a este procedimiento *por vía seca*. En los ensayos por vía húmeda se emplean líquidos varios o soluciones diversas: el agua, los ácidos y los álcalis. Se usan también reactivos que producen coloraciones muy notables o precipitados que de-

terminan con facilidad las sustancias ; haremos una ligera reseña de todo esto.

El agua sirve como disolvente ; al disolverse las sustancias pueden producirse fenómenos apreciables.

El ácido clorhídrico es muy usado en los ensayos mineralógicos : para estudiar la acción de los ácidos la sustancia debe reducirse a polvo muy fino, y depositarse en el fondo de tubos de ensayo.

Por la acción del ácido clorhídrico, los carbonatos producen viva efervescencia ; algunos sulfuros desprenden ácido sulfhídrico denunciado por su fuerte olor a huevos podridos ; entre los silicatos los hay que, al ser atacados, depositan sílice pulverulenta, otros sílice gelatinosa.

Las sustancias que no son atacadas por este ácido, deben en seguida tratarse por el *ácido nítrico*, que disuelve a los sulfuros, arseniuros y a los metales nativos, desprendiendo vapores rutilantes.

Si no basta, se hace uso del ácido sulfúrico o del agua regia. Por el primero se reconocen los fluoruros, que desprenden ácido fluorhídrico ; este ácido corroe el vidrio, por lo cual se le emplea para grabarle.

34. **Reacciones principales observadas por vía húmeda.** — *Sulfatos*: disueltos, dan pre-

precipitado blanco, insoluble en los ácidos, con el cloruro o el nitrato de bario.

Fosfatos: disueltos, se colorean de amarillo si se les trata en caliente con el molibdato amónico.

Cloruros: producen con el nitrato de plata un precipitado blanco lechoso, soluble en el amoníaco y que se ennegrece por la acción de la luz.

Sales potásicas: precipitan en amarillo si se les trata por una solución clorhídrica de subnitrato de bismuto, en presencia de hiposulfito de sosa.

Sales cálcicas: por el oxalato amónico dan un precipitado blanco.

Sales de estroncio: precipitan, al cabo de algún tiempo, en blanco, por una solución de sulfato de cal.

Sales de bario: el precipitado es inmediato.

Alúmina: tratada por el amoníaco da un precipitado blanco filamentosos que se disuelve en un exceso de potasa y aparece de nuevo por el carbonato amónico.

Sales de hierro: disueltas dan un precipitado rojo con el sulfocianuro de potasio.

Sales de níquel: disueltas en ácido nítrico, son verdes (si hay algo de cobalto son de color topacio); dan por la potasa un precipitado verde manzana.

Antimonio: por el ácido nítrico y el sulfhi-

drato de amoníaco en exceso, produce un líquido que, evaporado lentamente, da lugar a la formación de un precipitado anaranjado.

Zinc: con la potasa o el amoníaco, un precipitado blanco, que desaparece en un exceso de reactivo. Tratado el mismo líquido por el ácido sulfhídrico, precipita sulfuro de zinc blanco.

Plomo: las soluciones en ácido nítrico dan precipitado blanco con el ácido sulfúrico; con el cromato de potasa se obtiene coloración amarilla.

Cobre: sus soluciones tratadas por el amoníaco en exceso, tienen un hermoso color azul.

Plata: disuelta en el ácido nítrico da por el ácido clorhídrico un precipitado blanco lechoso que se disuelve en el amoníaco y ennegrece al aire.

Muchos *silicatos* son insolubles; se logra atacarlos fundiendo el polvo en un crisol de platino (es utensilio carísimo, vale tanto como si fuera de oro) con tres veces su volumen de carbonato de potasio y sodio; de este modo los silicatos se vuelven alcalinos y solubles.

VI.—TIERRAS Y PIEDRAS NO SILÍCEAS

35. **Sal común.** — Uno de los minerales más extendidos por el Globo y que reporta mayores utilidades al hombre.

En pequeñas cantidades lo hay por todas partes, hasta en el interior del cristal de roca se descubren cristalitos microscópicos de sal, según hemos visto.

Bien característico por su sabor salado, por disolverse fácilmente en el agua, porque echado en el fuego salta (decrepita).

Cristaliza en cubos o paralelepípedos regulares, y es fácil su crucero; aunque se le haga polvo, los granitos son siempre cúbicos.

Químicamente, es el cloruro de sodio, y disuelto, la solución bien limpia (que es transparente) da un precipitado blanco lechoso añadiéndole nitrato de plata.

Muchos terrenos contienen sal en abundancia; hay también fuentes saladas, y en los desiertos y estepas el suelo se cubre, muchas veces en grandes extensiones, de sal común.

De ordinario este mineral es transparente, pero le impurifican diversas substancias que le vuelven de color de rosa, verde, azul y aun negro.

De todas partes donde existe se extrae la sal ; si es pura se usa directamente, si es impura se disuelve en el agua, se quitan las impurezas y luego se evapora el líquido para que abandone la sal que contiene.

Aparte el uso doméstico que se hace de la sal, sirve para la conservación de pescados y de carnes, para fabricar la sosa o barrilla artificial por medio de la electricidad, para obtener ácido clorhídrico, como abono, para estimulante en la alimentación del ganado, etc. En la fabricación de la sosa se consumen enormes cantidades.

36. **Minas de sal gema.**—Así se llama la que se obtiene del terreno, la que se presenta en masas sólidas ; la sal piedra, en una palabra.

Forma a veces masas enormes, como pasa en la famosa montaña de Cardona (Barcelona) y en las magníficas minas de Wieliczka, en Polonia. La hay también en otros puntos de España: en Remolinos (Zaragoza) y en Mingranilla (Cuenca).

La sal se extrae de estas minas como cualquier piedra de las canteras, haciendo saltar bloques con un explosivo (la pólvora, la dinamita, el aire líquido con petróleo, etc.), si el mineral se halla cerca de la superficie y excavando pozos y galerías subterráneas si los depósitos están bajo el suelo.

Calculad el hermoso aspecto que ofrecerán las minas de sal transparente, en grandes masas, iluminadas por el Sol, como en Cardona, o alumbradas por la electricidad. Hacen el efecto de moles de hielo. En las galerías se han hecho construcciones fantásticas.

En las minas de Wieliczka, las galerías excavadas para la explotación, profusamente ramificadas, tienen ya una longitud total de cerca de 500 kilómetros.

El cerro de sal común de Cardona es único en el mundo y verdaderamente pintoresco (figura 57). La sal es roja en una parte de la montaña, y se presenta profundamente excavada por la acción disolvente de las aguas de lluvia. Estas han producido cavidades que se manifiestan al exterior por agujeros de dimensiones considerables, llamados en el país *bofias*. La que llaman *Bofia-Gran* es un amplio hundimiento cónico, cuyas paredes han sido fantásticamente esculpidas por las aguas, que se reúnen en el fondo formando una laguna salada.

La sal es muy pura ; para extraerla se han hecho trabajos de importancia. El cerro tiene una altura máxima de 180 metros y se calcula que contiene 40 millones de toneladas de sal en lo que se ve actualmente.

37. **Extracción de la sal marina.**—A pesar de la abundancia de sal gema, la mayor parte de la que se consume no procede de las

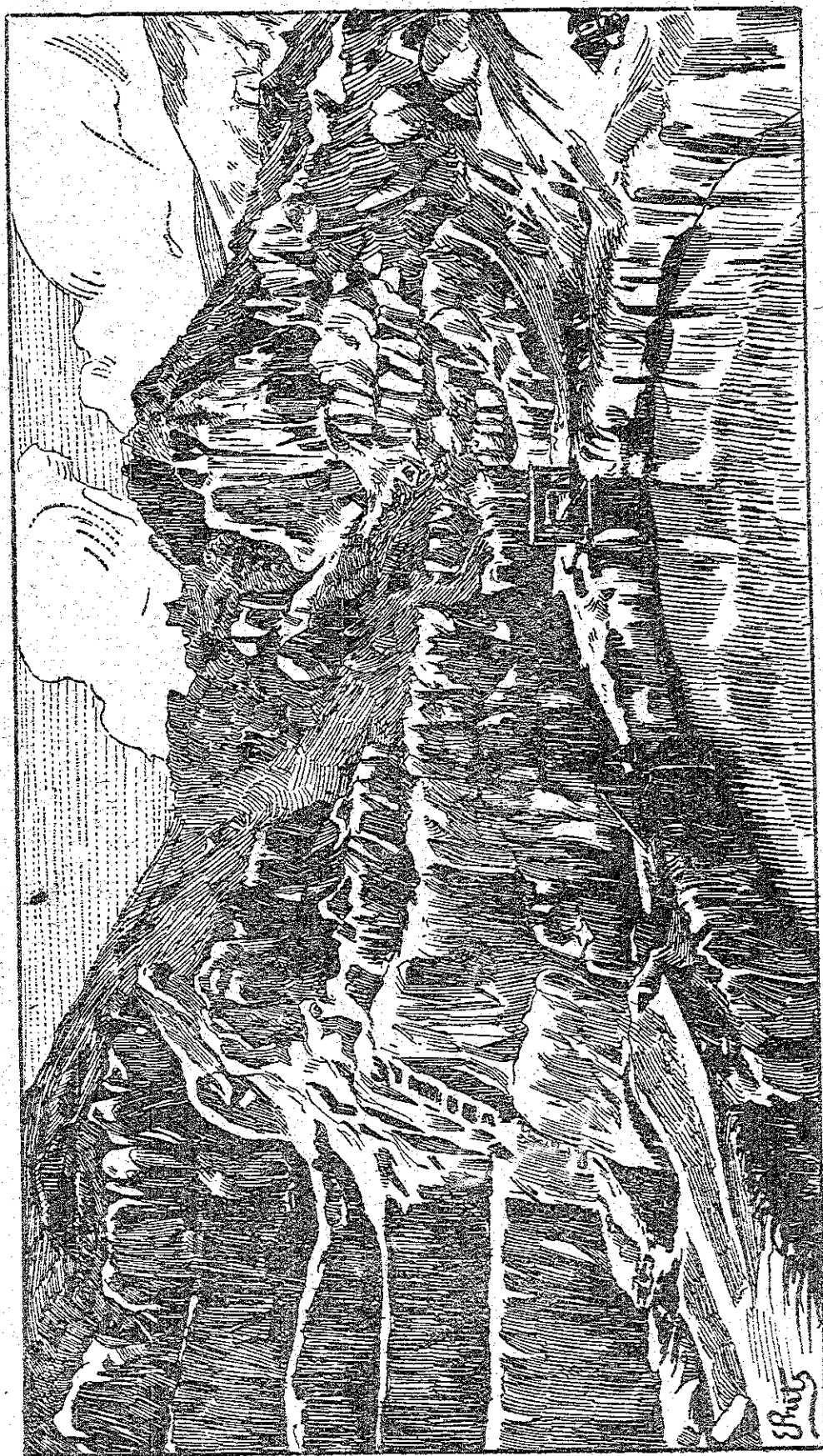


Fig. 57.—Cerro de sal común de Cardona (Barcelona).—La Bofia Gran.

minas, sino que se extrae del mar y de los grandes lagos salados.

El procedimiento de extracción es bien fácil: en una depresión próxima al mar donde se acumula naturalmente el agua salada, o adonde se hace llegar artificialmente, se forma un estanque de concentración; durante el año el Sol, el aire seco, los vientos, evaporan gran cantidad de agua, y la que resta aumenta de densidad; en la época más seca y más calurosa, en el verano, el agua concentrada se reparte por estanques de poco fondo y mucha superficie; es activa entonces la evaporación, y el líquido desaparece, precipitando en el fondo la sal que recogen centenares de obreros y reúnen en grandes montones bien dispuestos para que las lluvias no arrastren sal en exceso.

Cuando se ha extraído la sal de un estanque, se limpia y vuelve a llenarse de agua concentrada, y así la cosecha dura todo lo que permite el tiempo seco y caluroso (figs. 58, 59 y 60).

En cada litro de agua marina hay hasta 37 gramos y medio de sustancias disueltas, y entre éstas, 27 gramos son de sal; calculad la enorme cantidad de esta materia que podrá cosecharse sin que se altere la proporción. Basta decir que en las salinas españolas (Ibiza, Torrevieja, Cádiz, San Carlos de la Rápita y otras pequeñas) se extrae anualmente medio millón

de toneladas de sal, y España no es de los países que producen más.

El agua del mar contiene otras sustancias

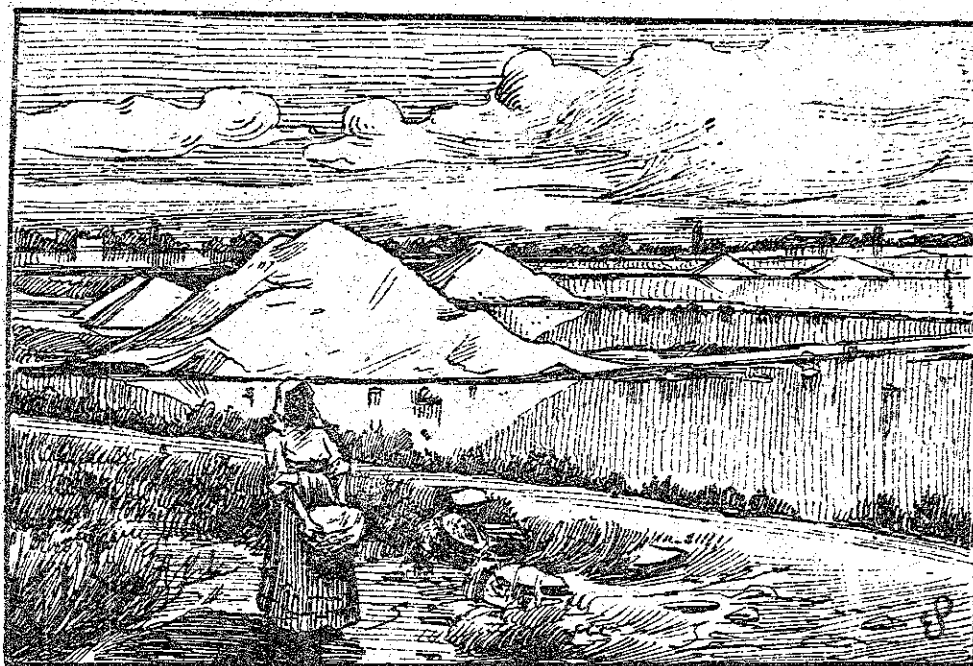


Fig. 58.—Una salina en las costas del Mediterráneo, después de recogida la cosecha.

disueltas ; es notable, sobre todo, la proporción en que se encuentra el yeso. Para que la sal extraída sea bien pura, es necesario no echar agua en los estanques antes de que se haya purgado de yeso y no dejar que se evapore totalmente el líquido, sino sacarle del estanque cuando comience a precipitar otros cuerpos más solubles que la sal. Esto se logra con facilidad, porque se sabe que el agua del mar comienza a precipitar yeso cuando pasa su den-

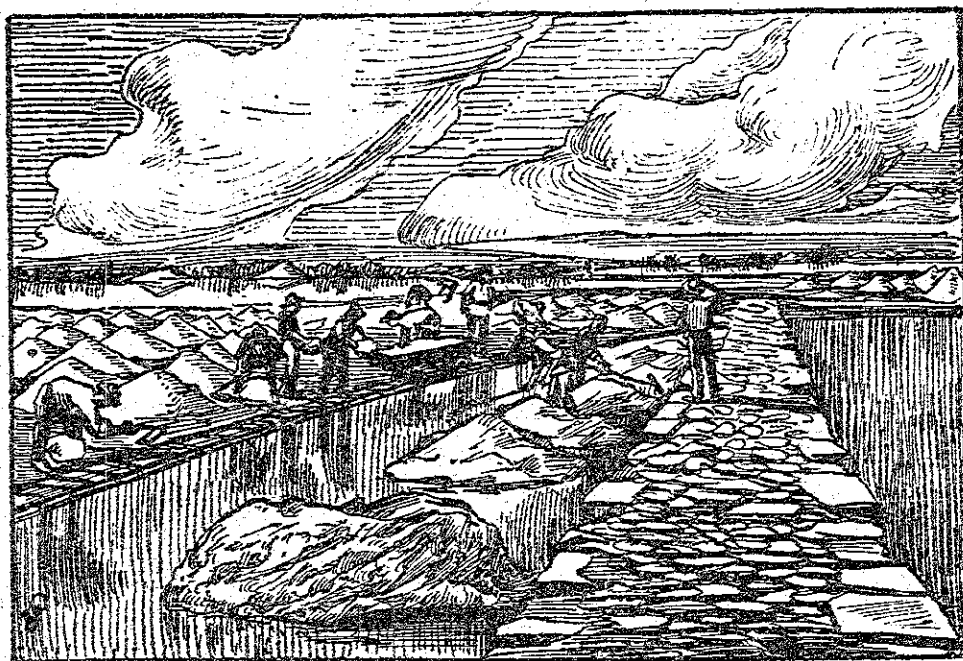


Fig. 59.—Trabajos de extracción de sal en una salina.

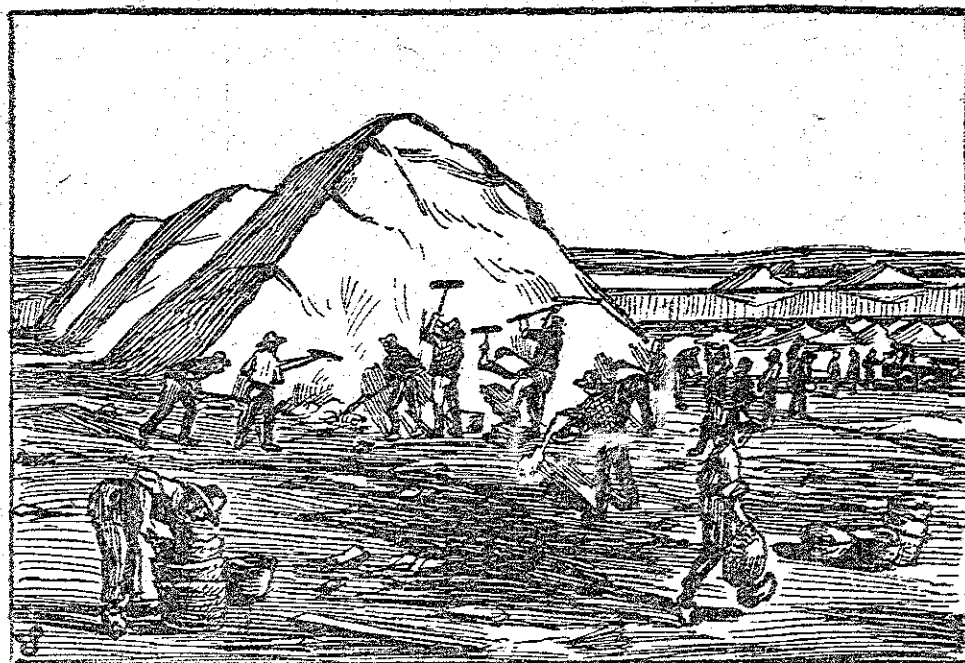


Fig. 60.—Trabajos en una salina para transportar la sal de los montones.

sidad de 16°,75 Baumé y sal si pasa de 26°,25.

Las salinas artificiales son un excelente ejemplo de sedimentación química; lo mismo que en ellas se depositan la sal, el yeso y otras materias, se depositaron antiguamente formando los grandes bancos de sal gema; sino que en éstos hay sedimentos intermedios precipitados en los períodos de turbulencia.

La sal del mar forma en los estanques espesos cristales cúbicos que suelen tener huecas las caras; el aspecto de estas capas de sal es hermosísimo, parecen campos de brillantes. Recién extraídos son, ordinariamente, rosados, pero luego se vuelven hialinos por completo.

38. **Caliza.** — También es mineral abundantísimo en la Naturaleza. Aunque presenta variados aspectos se la reconoce bien por su escasa dureza (3), por su poca densidad (2'3 a 2'8) y, sobre todo, porque echando sobre ella ácido clorhídrico diluído produce efervescencia.

Entre la multitud de variedades que este mineral puede presentar, indicaré las más importantes:

Espato de Islandia (fig. 61), cristalino, con crucero bien manifiesto, transparente, con refracción doble; tiene forma romboédrica y no escasea en ciertos filones (fig. 62).

Los *mármoles* son calizas de grano fino,

que se pulimentan fácilmente ; de color homogéneo (mármoles blancos, negros, amarillos, ro-

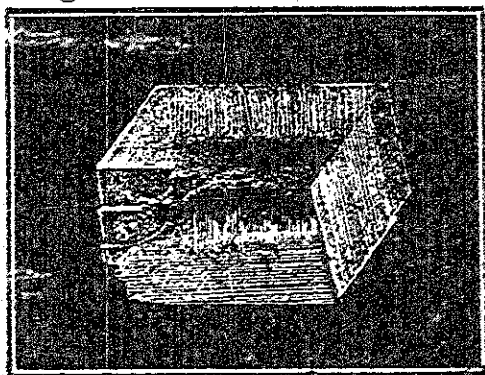


Fig. 61.—Cristal de espato de Islandia

jos), o jaspeados elegantementé. El más puro es el mármol sacaroideo (formado de granitos cristalinos como los terrones de azúcar), que

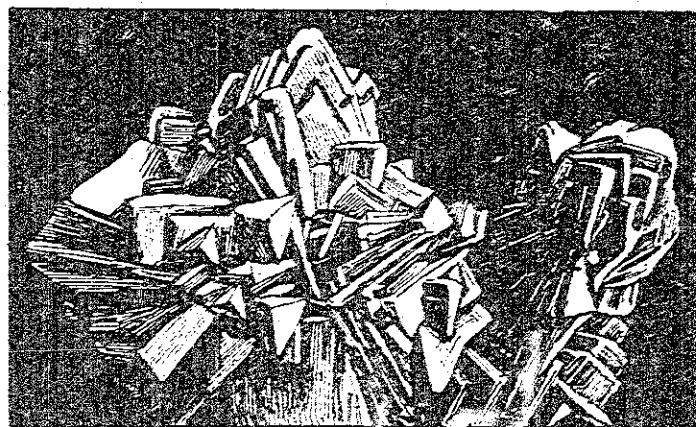


Fig. 62.—Grupo de romboedros de caliza, alargados.

se extrae de las renombradas canteras de Carrara (Italia) ; lo hay también en España (Maca-el-Almería). Es muy notable el llamado *mármol en ruinas* (figura 63). Los mármoles se

extraen de grandes canteras, arrancando bloques voluminosos que luego se cortan y pulimentan por procedimientos mecánicos (fig. 64).

La *caliza litográfica* es muy fina, coherente, amarillenta. Con ella se producen en litografía



Fig. 63.—Mármol en ruinas.

los grabados. En la superficie pulimentada de una de estas piedras se traza el dibujo que se desea reproducir con un lápiz graso especial; después se pasa por encima una esponja impregnada de agua clorhídrica, que ataca la parte de la piedra en que no hay trazos dibujados; así queda el dibujo en relieve y cuando se pase sobre él un rodillo con tinta, retendrá ésta, pudiendo pasar a un papel si se aplica y comprime con suavidad. Son famosas las canteras de caliza litográfica de Solenhofen (figura 65).

Las *calizas de construcción* son toscas, duras o que se endurecen al aire, como pasa a la



Fig. 64.—Explotación de una cantera de mármol.

piedra *marés*, de Mallorca, que en la cantera se corta con sierras de aserrar madera, pero luego se endurece mucho. Para usarlas debe,

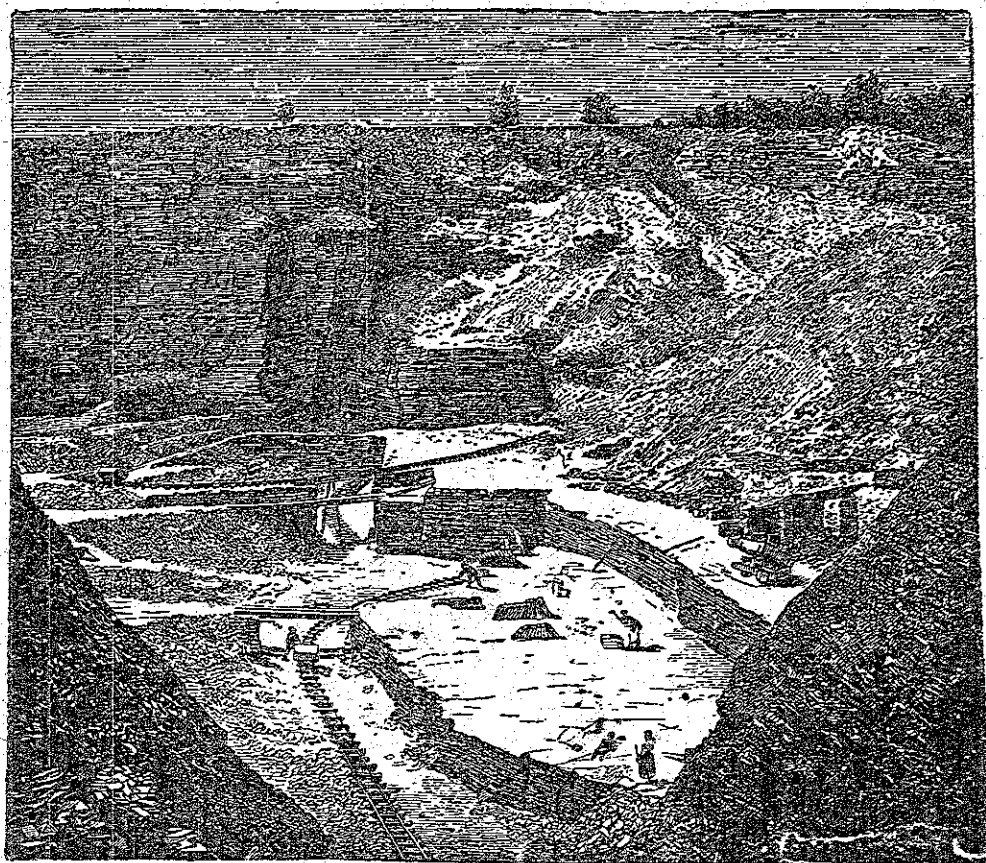


Fig. 65.—Canteras de caliza litográfica de Solenhofen.

ante todo, procurarse que no sean heladizas ; si se impregnan de humedad y se hielan, se deshacen por completo.

Las más toscas de estas calizas, si no contienen arcilla en exceso, se emplean para extraer la cal. Para ello se tuestan las piedras en hornos especiales (figura 66), pierden así el ácido carbónico y se obtiene *cal viva*. Mezclando és-

ta con arena fina impregnada de agua, se hacen las argamasas o morteros, que tanto se emplean en la construcción de muros. Al aire, la cal se carbonata otra vez, se vuelve caliza y une íntimamente las piedras, que no quedan del todo unidas (lo que sería perjudicial) gracias a la arena intercalada.



Fig. 66.—Corte de un horno de cal.

Se da el nombre de *marga* a una caliza con arcilla y algo de sílice que se emplea para enmendar las tierras de cultivo. Algunas margas dan por la cocción la *cal hidráulica*, tan usada para las construcciones que han de estar bajo el agua. El *cemento* es una variedad de esta cal hidráulica. Las margas son, pues, la base de industrias importantísimas.

La caliza *oolítica* resulta de la aglomeración de innumerables granos calizos que parecen huevos de pescado; abunda en muchos terrenos,

formando bancos poderosos, y se la usá para construcciones.

La *creta* o *tiza* es una caliza terrosa, blanca, que tizna los dedos, muy abundante en ciertas regiones.

En la caliza se ven con mucha frecuencia impresiones orgánicas, conchas, restos diversos de animales ; algunas variedades están formadas por completo de tales restos, que se ven a simple vista, y aplicando el microscopio aun se descubre que la creta y otras variedades contienen multitud de caparazones de animales microscópicos. Realmente, en la circulación de la caliza por el Globo, los seres orgánicos han tomado activa parte, tanta, que puede afirmarse que todo, o casi todo, el carbonato de cal ha formado parte de algún ser. De las aguas que contienen este cuerpo químico le separan los seres vivos para formar caparazones, conchas, defensas, políperos, etc., y le devuelven al morir. Transformaciones que sufren los terrenos se encargan luego de producir variadas estructuras y aspectos diferentes a la caliza que resulta.

Las aguas que discurren por la Tierra, cuando contienen ácido carbónico, son poderosos agentes de arrastre de la caliza, que disuelven y luego precipitan en las llamadas *aguas incrustantes* o en el interior de las grutas formando elegantes columnas y artesonados fan-

tásticos, de que nos ocuparemos con más detención en otro lugar.

Por ahora bastan estas consideraciones, para haceros ver la importancia de la caliza y su circulación por el Globo.

39. **Dolomía y Aragonito.** — Dos minerales muy interesantes, análogos a la caliza.

La dolomía es una caliza magnesiana que se presenta a veces en moles de algún espesor. Se le llamó de antiguo *caliza lenta*, porque da escasa efervescencia cuando se la trata por el ácido clorhídrico.

El aragonito es carbonato de cal, lo mismo que la caliza, pero se halla cristalizado en el sistema rómbico; es un caso de dimorfismo. No forma masas de importancia. En algunas minas de hierro hay variedades ramosas que parecen políperos; se les llama *aragonito coralloideo* o *flores del hierro* (véase la fig. 28). En Molina de Aragón, de donde procedían los primeros ejemplares que se estudiaron, llaman a los cristales de aragonito *torrecicas*, y en la provincia de Burgos, *piedras de Santa Casilda*. La superstición vulgar atribuye a estas piedras virtudes medicinales que no tienen fundamento alguno.

40. **Yeso.** — Químicamente es el sulfato de cal. Es compañero inseparable de la sal común. Ya he dicho que en las salinas artificiales, antes de que el agua del mar precipite la

sal, deposita yeso, que se halla disuelto en el agua. La mayor parte de los terrenos en que el yeso abunda, se han formado por una sedimentación análoga, en lagos salados o en antiguos mares ; por esta causa, sal y yeso son minerales hermanos.

Conviene mucho que os fijéis en estas asociaciones de minerales, porque prueban una comunidad de origen y simplifican mucho el estudio de las evoluciones de la materia mineral.

Lo mismo que la sal se precipita en los estanques de las salinas, formando un piso de cristales transparentes que parece de brillantes, el yeso, si el depósito es lento y reposado, se precipita también en cristales, pero en vez de ser del sistema regular, son del monoclinico.

Si dos cristales de yeso se juntan, alternando sus elementos, resulta una forma cuya sección longitudinal parece una flecha ; en la Naturaleza hay muchos ejemplares de láminas de yeso que presentan esta forma *en flecha* (véase la figura 25), aun cuando no se vea completamente la forma cristalina.

El yeso se reconoce bien: es tan blando que se raya con la uña ; no da efervescencia con los ácidos, como da la caliza, y si se le calienta pierde agua y se vuelve blanco.

Se halla en los terrenos de diversas mane-

ras: en masas granudas sacaroideas (de grano como el de azúcar); fibroso, con fibras brillantes pero muy unidas; en grandes hojas cristalinas, que parecen vidrios planos y que se separan en laminillas delgadas con un cortaplumas (en este caso se le suele llamar *espejuelo de asno*); en masas translúcidas, de buen pulimento (*alabastro yesoso*); en masas toscas.

Es algo soluble en el agua; las fuentes de los terrenos yesosos suelen contenerle, y por esto se llaman *fuentes selenitosas*; el agua entonces es mala; si se la calienta, mejora algo, porque el yeso es más soluble en frío que en caliente.

Tostadas las piedras de yeso en hornos semejantes a los de la cal, pierde el mineral gran cantidad de agua que contiene y da lo que vulgarmente se llama yeso, una tierra blanquecina que se emplea como argamasa. Tiene la propiedad de hincharse mucho cuando se hidrata; veréis como echando agua sobre un puñado de yeso, aumenta extraordinariamente de volumen. Para emplearle, le amasan y colocan una capa entre los ladrillos o las piedras para formar los muros.

Algunos yesos tienen margas, y por eso son más fuertes, más útiles para argamasa o para pavimentos. En edificios viejos pueden verse suelos de yeso brillantes, duros, que se han

usado siglos enteros sin grandes averías. Con él se cubren también las paredes.

El yeso más puro y más limpio se llama *escayola*, y con él se hacen figuritas, se vacían estatuas, bustos, molduras.

El *estuco*, tan usado hoy, se obtiene mezclando el yeso con agua gomosa.

El yeso es también utilizado como abono; en primavera se le disemina sobre los terrenos, principalmente en los prados artificiales, porque favorece el crecimiento de las hierbas haciendo más asimilables las sales potásicas que transforma en sulfatos.

Es objeto el yeso de gran explotación en canteras y en galerías abiertas en los terrenos yesíferos (figs. 67 y 68).

41. **Baritina y Epsomita.** — Al lado del yeso, colocaremos estos dos sulfatos bien distintos por cierto.

La *epsomita* es el sulfato de magnesia; el vulgo le da diferentes nombres: *sal de la Higuera*, *sal de Calatayud*, *sal amarga*. Compañera de la sal común y del yeso, con ellos se halla en las aguas del mar; más soluble que la sal común, sobre los montones de ésta, en las salinas, aparece en finas agujas sedosas; a la epsomita debe el sabor amargo la sal común y el que absorba la humedad extraordinariamente; sal de cocina purgada de sales mag-

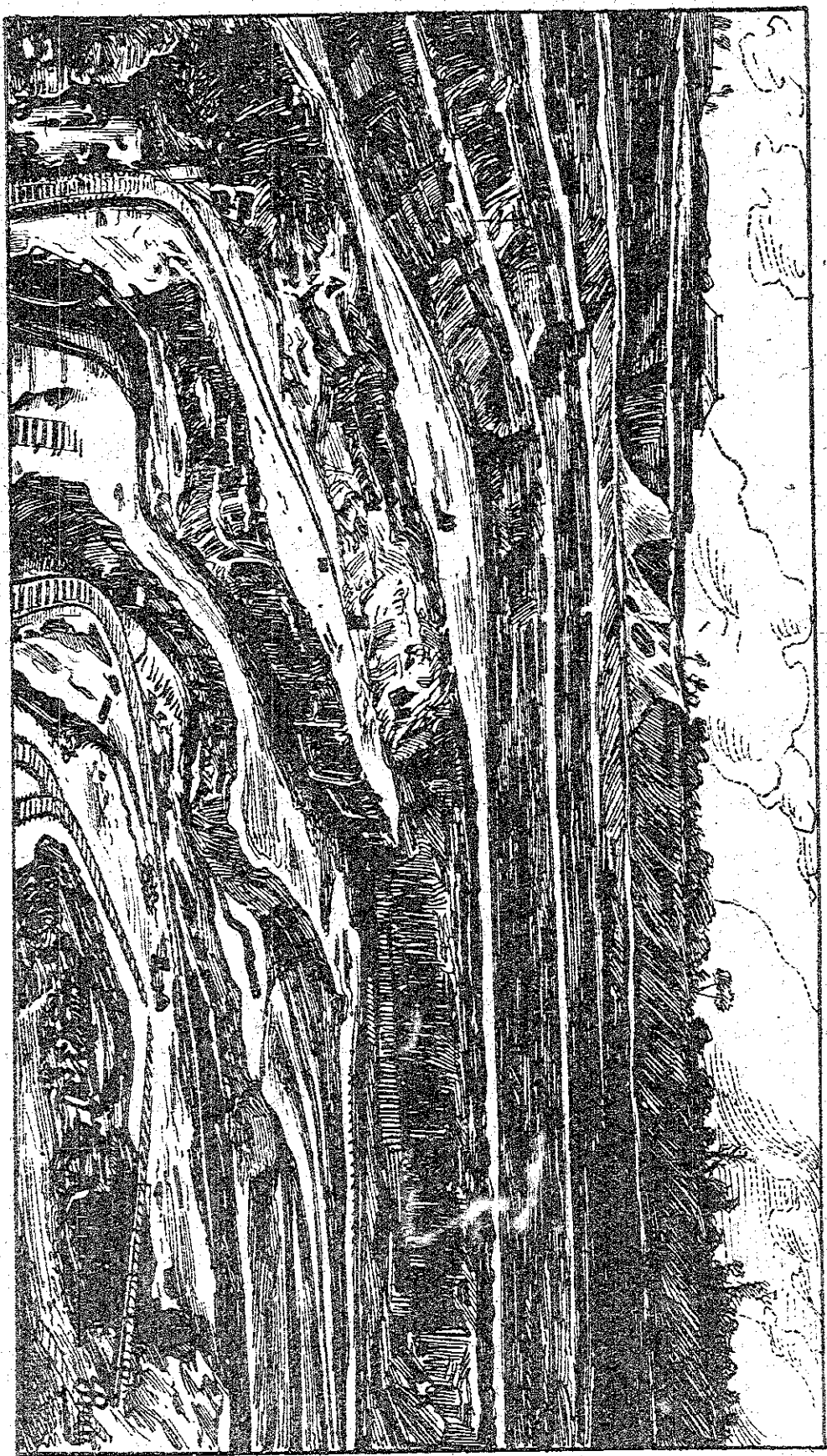


Fig. 67.—Cantera de yeso en los alrededores de París.

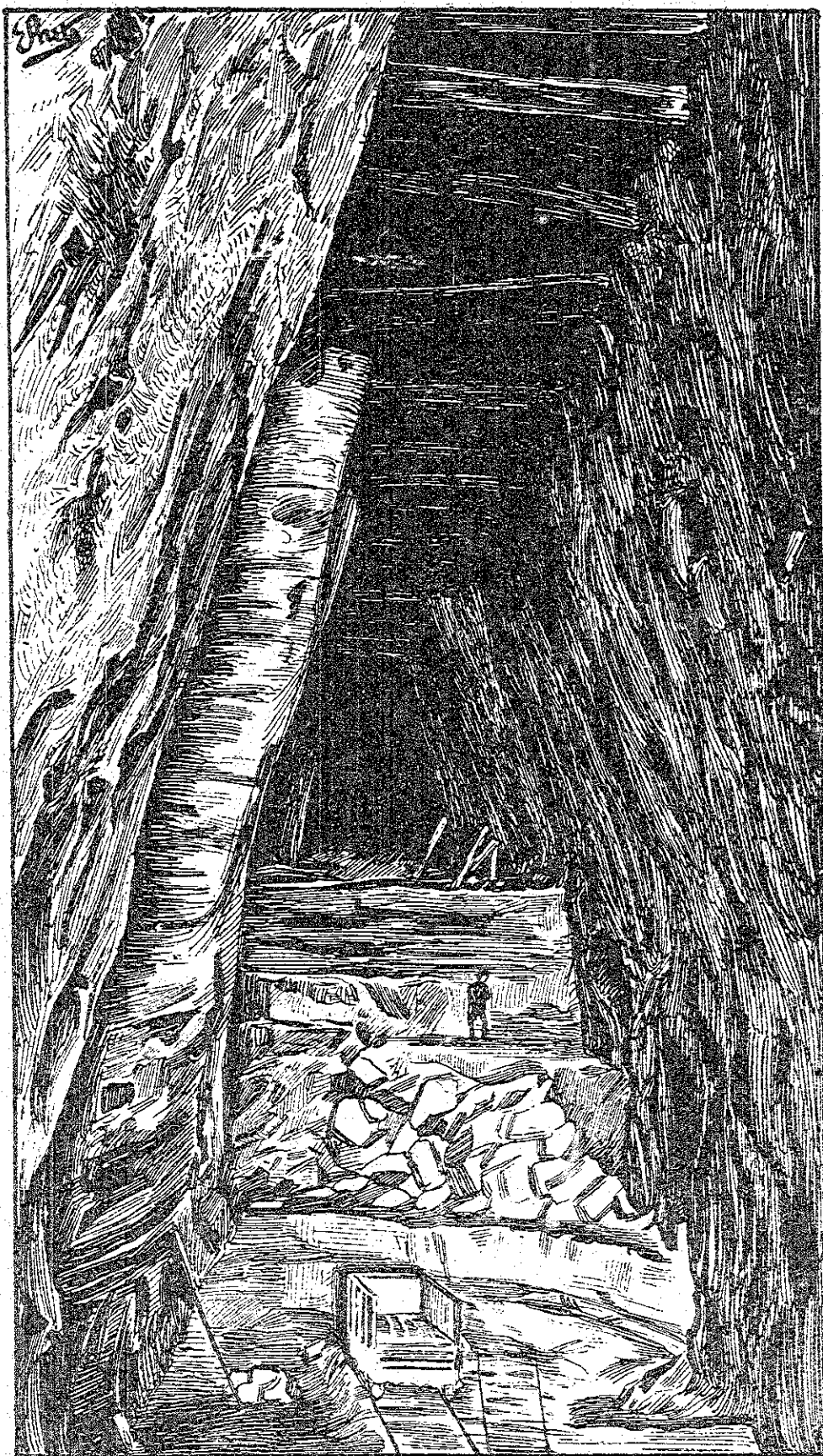


Fig. 68.—Una galería en terreno yesoso.

nesianas y otras análogas, sal seca ; se logra separar aquéllas por un lavado con agua pura, pues siendo más solubles marchan, en seguida, con el agua.

Es muy usada en medicina como purgante. Algunas fuentes la contienen y de ellas se saca evaporando el agua. En Calatayud abunda en agujas blancas, brillantes, que llaman vulgarmente *cabellos de la Virgen*.

Todo lo contrario es la *baritina*, a la que el vulgo da el nombre de *espato pesado*, porque sus masas son hojosas y por ser la piedra más pesada que se conoce. Cristaliza en el sistema rómbico y sus hermosos grupos cristalinos suelen adornar los Museos de Historia Natural. Es insoluble en el agua y hasta en los ácidos. Acompaña en los filones a muchos metales y por eso es bien conocida de los mineros. No tiene aplicaciones de importancia ; sirve para obtener el hidrato de barita, que se emplea, con el fosfato de amoníaco, para refinar el azúcar ; en cambio se presta su pesantez a muchos abusos, y en efecto se la mezcla con la harina y con otras sustancias alimenticias y se la une a los papeles de envolver para aumentar su peso. La ambición insana produce estos abusos difíciles de evitar.

42. **Fosforita.** — Mineral de gran importancia agrícola. Es el fosfato de cal que se presenta en masas de considerable espesor,

compactas o terrosas, y también en nódulos sueltos. Procede muchas veces de la aglomeración de restos animales. Se le distingue porque fosforece con luz verde muy intensa cuando se le calienta fuertemente y se le lleva después a un lugar obscuro. Es muy poco soluble en el ácido nítrico, colora la llama de rojo amarillento.

El fosfato de cal cristalizado, menos frecuente que las masas de fosforita, recibe el nombre de *apatito*.

Hay también un fosfato hidratado de aluminio, de hermoso color azul, que se conceptúa, por su belleza, como piedra preciosa y se denomina *turquesa*.

Pero el fosfato verdaderamente útil al hombre es la fosforita, que contiene hasta 28 por 100 de ácido fosfórico, substancia preciosa para el desenvolvimiento de los vegetales más útiles a la alimentación del hombre. El fosfato natural, para usarlo como abono, se ataca por el ácido sulfúrico, convirtiéndole en *superfosfato*. Es particularmente necesario este abono a las tierras calizas, y conviene usarlo bien pulverizado, en polvo fino y profundamente.

Hay en España fosforita abundante en las provincias de Cáceres, Badajoz y Córdoba. Los depósitos de Extremadura son quizá los más importantes del mundo. No obstante, en nues-

tro país se vende abundante fosfato de Argelia, Francia y los Estados Unidos.

43. **Fluorina.** — Citaré este mineral porque no escasea en las colecciones y porque es uno de los que se admiran más en los grandes Museos. Presenta, en efecto, espléndidas agrupaciones de cristales cúbicos (fig. 69), coloreados de verde, amarillo, violado, etc., o transparentes.

Químicamente es el fluoruro cálcico y de él

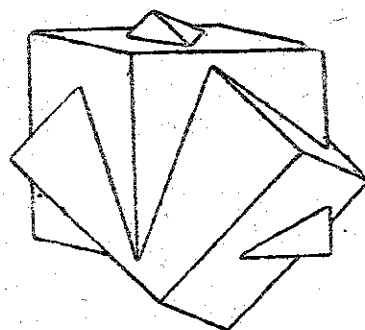


Fig. 69.—Cristales de fluorina.

se hacen aplicaciones importantes para la construcción de aparatos ópticos: es la principal substancia de los objetos microscópicos de gran aumento. Se emplea también para hacer dibujos en el vidrio: tratado con ácido sulfúrico, desprende ácido fluorhídrico que corroe el cristal. Si hacemos esta reacción en un tubo de ensayo y en la boca colocamos un vidrio cubierto de cera, en la cual se hayan trazado letras, veremos como el vidrio aparecerá marcado después que quitemos la cera.

No se halla la fluorina en capas, sino en filones que se explotan de la manera que indica la figura 70. Hay en España diversos criaderos; cerca de Barcelona, la hay en Papiol y en el Montseny; pero la masa más importante que se conoce está cerca de Jaca, en el Pirineo; de ella se han extraído millares de toneladas.

44. **Nitros.** — Sales blancas que suelen formar manchas o eflorescencias en las paredes húmedas, en los suelos de estepas y desiertos o donde hay restos orgánicos en descomposición.

Citaremos los dos nitros principales: el *salitre*, que es químicamente nitrato potásico, y el *nitro del Perú o de Chile*, que es nitrato sódico.

El salitre se emplea aún en la fabricación de explosivos; abunda en las llanuras de Aragón, Cataluña y la Mancha; antes se le recogía para fabricar pólvora; hoy se usa en medicina. Se disuelve en el agua y arde con gran facilidad. Su formación en los terrenos es debida a la influencia de ciertos microbios que oxidan las deyecciones y los residuos orgánicos y, con el carbonato potásico de las tierras, se forma el nitrato potásico.

El nitro sódico se encuentra en cantidades enormes en el Perú, Chile y Bolivia, sobre todo en el departamento de Arequipa, en una



Fig. 70.—Explotación de un filón de fluorina.

zona de 38 kilómetros de longitud, privada de lluvias. En la formación de estos depósitos, han tomado parte el agua del mar y los restos orgánicos. Este nitrógeno se emplea en la fabricación de abonos artificiales, en la obtención del ácido nítrico y para transformarlo en salitre.

45. **Zafiro y rubí.** — Dos de las llamadas piedras preciosas; realmente son minerales notables, dignos de ser conocidos, que, si hasta la fecha sólo se han empleado para exteriorizar y fomentar vanidades censurables, ¿quién sabe en lo sucesivo las aplicaciones que de ellos hará la Ciencia? Merecen siempre darse a conocer estas producciones de la Naturaleza que tienen algo de excepcional, de poco común.

El *zafiro* es un óxido aluminico anhidro, de color azul, exagonal, que procede de Ceylán, de la India, China, Thibet, Urales y Estados Unidos. Hay variedades de otros colores. Una variedad impura es la *piedra de esmeril*, que se emplea mucho para desgastar otras, por su dureza superior a la del vidrio. Con el esmeril pueden prepararse, como hemos dicho, placas de minerales para el examen microscópico.

Es el *rubí* un aluminato magnésico que cristaliza en el sistema cúbico, infusible e inatacable por los ácidos. La especie mineral a que se refiere recibe el nombre de *espinela*. Los ejemplares más apreciados tienen hermoso color rojo vivo. Los hay en Ceylán, Nueva York

y Albano. En España se encuentran espinelas en Estepona y en el Escorial, pero impuras.

VII.—MINERALES SILÍCEOS

46. **Cuarzo.** — Así se llama la sílice anhidra, es decir, la combinación del silicio con el oxígeno. Es el mineral que abunda más en el Globo, aquel cuyas cristalizaciones son más frecuentes en la Naturaleza.

Los grandes grupos de *crystal de roca* (nombre vulgar del cuarzo cristalizado), están constituidos por prismas exagonales apuntados por pirámides, unas veces bastante regulares, otras veces deformados. Hay cristalizaciones espléndidas en todos los Museos de importancia, y se encuentran a veces ejemplares cuyos prismas tienen un metro de longitud. En el Museo de la Universidad de Barcelona hay un cristal del Montseny que pesa dos kilogramos.

El cuarzo es insoluble en los ácidos; sólo le ataca el fluorhídrico; es igualmente atacado por la sosa cáustica; no se funde al soplete. Es muy duro; raya al vidrio artificial y al acero.

No siempre es transparente e incoloro el cuarzo cristalizado; lo hay violado y se llama entonces *amatista*; en el Montseny se encuen-

tran amatistas muy limpias, muy hermosas, algunas gruesas como el puño ; el amarillo se llama *falso topacio*, y el rojo, que no es transparente, se denomina *jacinto de Compostela*. Las variedades más bellas se han empleado para labrar verdaderas joyas artísticas: jarras, copas, estatuítas, etc., y como piedras de adorno.

El cristal de roca más transparente, más limpio, se usa para tallar lentes de aumento.

Son muchas las variedades que el cuarzo ofrece en la Naturaleza: citaré algunas:

La *calcedonia* es sílice transluciente, mezcla de cuarzo cristalino y amorfo, que parece a veces gutular y otras veces es roja, verde, jaspeada, etc.

Agata es una calcedonia con frecuencia compuesta de zonas distintas, diversamente coloreadas (figura 71), con la que se hacen morteros para pulverizar minerales, mangos de bastón, objetos de arte diversos.

Sílex se llama el cuarzo de aspecto amorfo, transluciente en los bordes, color variable, blanco, gris, pardo o negruzco ; al romperse deja bordes cortantes. Una variedad de sílex es la *piedra de chispa* o *pedernal*, que forma nódulos (fig. 72) o filones en ciertos terrenos ; da chispas chocando con acero y rozando dos pedazos se nota olor a quemado. El hombre prehistórico usó piedras de sílex puntiagudas y cortantes como armas.

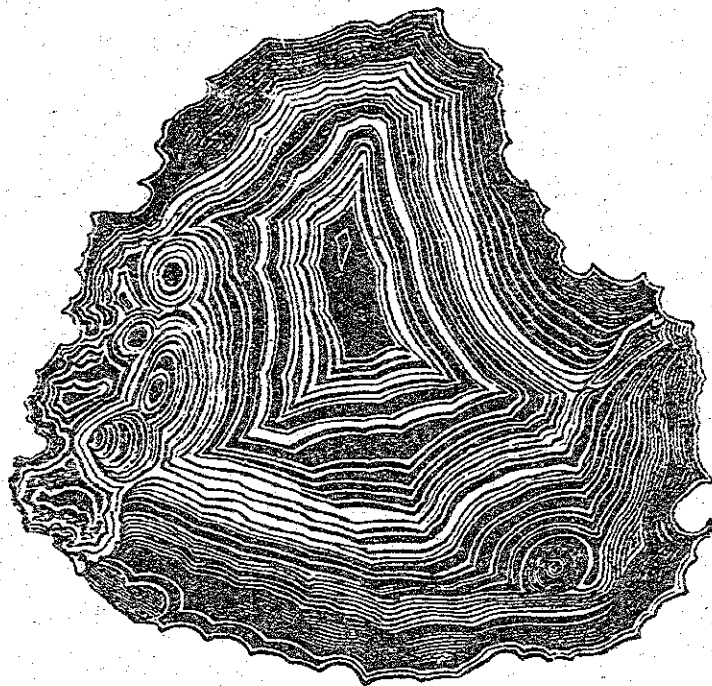


Fig. 71.—Agata pulimentada.



Fig. 72.—Fragmento de pedernal.

La llamada *pedra de molino*, es un sílex lleno de agujeros, otras veces compacto, que abunda en ciertas localidades francesas, en masas con las que se fabrican muelas; se emplea también en los cimientos de los edificios, por su resistencia a la humedad.

El *jaspe* es sílice mezclada con arcilla muy fina; forma masas muy compactas, que presentan bello aspecto cuando se pulimentan, pres-tándose para la fabricación de objetos artísticos; hay jaspes rojos, verdes, amarillos, negros, con zonas de color distinto y con manchas sobre fondo uniforme.

Como la sílice abunda tanto en la Naturaleza, entre los restos que produce el desgaste de las rocas, dominan los de naturaleza silícea; casi sílice pura son muchas arenas y areniscas, muchos cantos rodados de los que depositan los ríos o los mares.

47. **Opalo.** — No es otra cosa que la sílice hidratada, el cuarzo con agua, en la proporción de 2 a 13 por 100; se le distingue bien, calentando un fragmento pulverizado en un tubo de ensayo, porque produce gotitas de agua en la parte fría del tubo.

El ópalo es el prototipo de las sustancias amorfas; tanto, que en su forma gelatinosa es coloide. Ciertas aguas de regiones volcánicas le contienen: ópalo es la *geiserita* que los volcanes de agua o geiseres depositan (fig. 73).

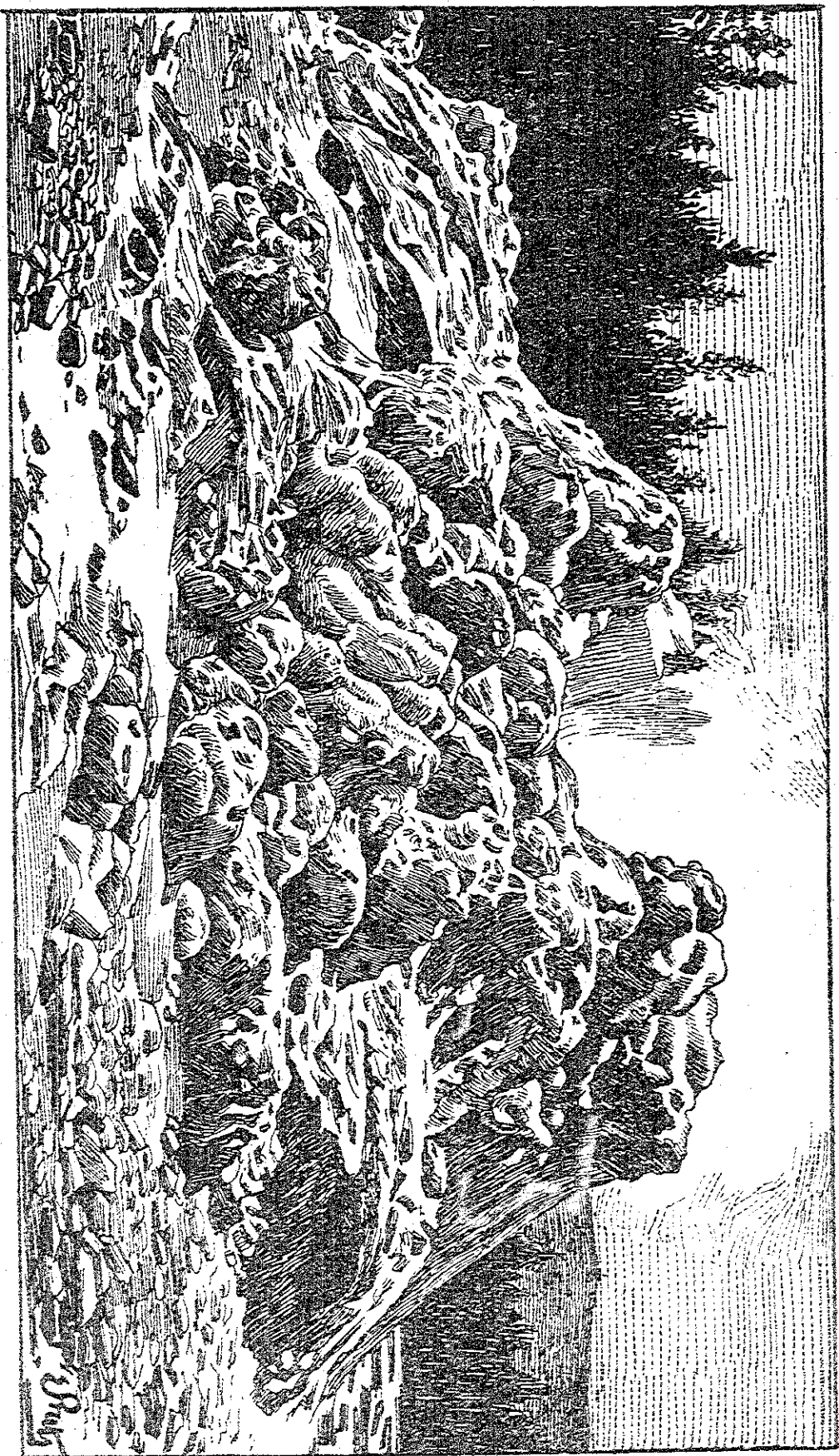


Fig. 73.—Masas de geiserita en un geiser de Montaña (Estados Unidos).

En general es frágil, menos duro que el cuarzo (no da chispas con el eslabón) y se disuelve, por completo casi, en la potasa caliente.

Es muy notable y espléndido, por sus cambiantes de luz, el llamado *ópalo noble* de Méjico, Guatemala y Honduras; bellísimo también el *ópalo de fuego* de Zimapán, en la primera de aquellas repúblicas.

Se llama *xilópalo* a la sílice de aspecto leñoso que, muchas veces, procede de la petrificación de troncos antiguos y entre las variedades del ópalo se incluye también el *trípoli* o tierra de diatomáceas, aglomeración de inmenso número de caparazones silíceos, elegantes, delicadísimos, a que nos hemos referido en otro lugar de este tomito.

48. **Silicatos en general.** — La sílice abunda extraordinariamente en el Globo, según hemos dicho. La materia silícea, con el transcurso de los tiempos, con el influjo de las fuerzas volcánicas, con la acción del agua a temperaturas elevadas, con la presión, con mil y mil accidentes sufridos, puesta en relación con materiales diversos, ha formado minerales numerosos que constituyen el grupo extenso de los *silicatos*.

Describirlos todos, o siquiera los más importantes, es tarea pesada, difícil e impropia de un librito tan elemental como éste. Sin em-

bargo, hay silicatos muy constantes, frecuentísimos en las rocas: ocupándonos del granito, hemos citado sus tres elementos fundamentales, el cuarzo (sílice anhidra), el feldespato ortosa y la mica (que son silicatos); de estos silicatos tan frecuentes, a que hemos de referirnos muchas veces en el estudio de rocas y terrenos, que en el campo se encuentran siempre que se pasea por terrenos antiguos y aun por terrenos modernos, he de deciros algo, lo menos posible, porque su estudio requiere conocimientos químicos algo extensos.

Si el maestro dispone de una coleccioncita de minerales, podrá enseñaros los silicatos más importantes y, familiarizándoos con ellos, podréis conocerlos en el campo y prepararos bien para su estudio.

A pesar de ser tan numerosos los silicatos, se forman con ellos grupos bastante naturales; hay algunos primitivos, base de las rocas fundamentales del Globo; otros que proceden de las metamorfosis de estas rocas; otros que son (como las arcillas) productos de descomposición.

Ya sabéis que, químicamente, cada silicato se compone de un ácido (la sílice o ácido silícico) y una base. Las bases son de uno de estos dos grupos:

Sesquióxidos de aluminio, de cromo, de hierro, etc.

Protóxidos de hierro, de magnesio, de calcio, de potasio, de sodio, etc.

Estas bases se reemplazan mutuamente y aun persisten dos o más a la vez ; de aquí resulta un número considerable de silicatos y una relación tan estrecha entre ellos que forman una verdadera cadena de cuerpos químicos, íntimamente ligados los unos con los otros.

49. **Feldespatos.** — Es un grupo de silicatos muy importante que tiene por tipo la ortosa del granito, tantas veces citada.

Son silicatos de aluminio, con potasio, sodio y calcio. En realidad pueden así distinguirse tres feldespatos: uno potásico (la *ortosa*), otro sódico (la *albita*) y otro cálcico (la *anortita*); dificulta esta sencilla clasificación el que hay algunos en que se mezclan las bases.

Cristalizan estos minerales o en el sistema monoclinico (*ortosa*) o en el triclínico (*albita* y *anortita*). Los cristales de *albita* suelen hallarse geminados como en la figura 74.

Todos son duros, algo menos que el cuarzo, de lustre especial ; espáticos, es decir, exfoliables, apareciendo las capas distintas del cristal, bien aparentes, aunque son difíciles de separar. Puros, son incoloros o blancos, pero los hay azulados, grises y de color ladrillo. Los ácidos apenas los atacan y el soplete los funde muy poco y sólo en los bordes.

Al lado de los feldespatos se colocan dos minerales que tienen idéntica composición a

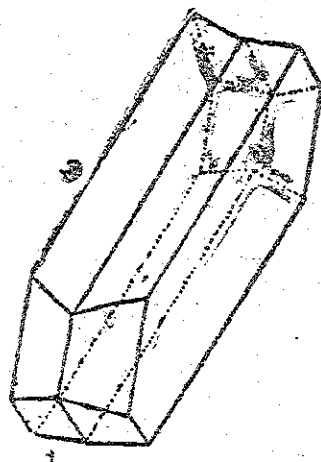


Fig. 74.—Macía del feldespato albita.

aquéllos, pero difieren por el sistema en que cristalizan: son la nefelina y la leucita.

La *nefelina* es rica en sosa, cristaliza en el sistema exagonal, y sus secciones rectangulares, cuadradas o exagonales, blancas, aparecen con frecuencia en las rocas volcánicas, en algunas de las cuales substituye a los feldespatos.

La *leucita* o *anfígena* es potásica, y los cristales, de apariencia regular, trapezoédricos y de volumen variable, desde el microscópico hasta el de tamaño del puño, se encuentran en ciertas lavas; por descomposición de éstas quedan sueltos; admira la regularidad de su forma (figura 75).

La alteración del feldespato ortosa produce

una arcilla muy pura (el caolín) mezclada con granitos silíceos ; nos ocuparemos de ella más adelante.

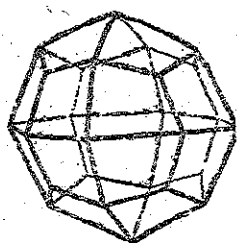


Fig. 75.—Forma geométrica de los cristales de leucita.

50. **Anfíboles.** — Son silicatos de magnesio, calcio y hierro, predominando el magnesio sobre el calcio. Cristalizan en el sistema monoclinico. Son tres principales: el anfíbol blanco o tremolita, el verde o actínota y el negro u hornblenda.

El *anfíbol blanco* forma sobre la caliza la dolomía, etc., masas radiadas de lustre sedoso, o bien cristales alargados bacilares. Cuando se descompone e hidrata, adquiere el aspecto, la flexibilidad y el lustre de la seda ; constituye lo que se llama *amianto*, mineral textil con el que se hacen telas que son incombustibles. A veces los filamentos se unen en masas compactas que reciben los nombres, según la consistencia, de *asbesto*, *cartón cuero* o *corcho de montaña*.

La actínota o *anfíbol verde* se presenta so-

bre algunas rocas, en cristales radiales o en fibras.

La hornblenda o *anfíbol negro* es el más abundante; se presenta en masas laminares o en cristales (fig. 76); la contienen algunas ro-

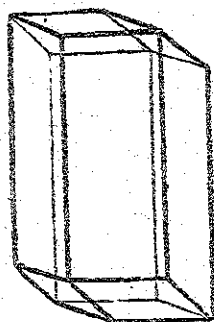


Fig. 76.—Cristal de hornblenda (anfíbol negro).

cas antiguas y lavas más recientes; en el Cabo de Gata (antiguos volcanes) hay hermosos cristales sueltos que proceden de la descomposición de la lava.

51. **Piroxenos.** — Constituyen una serie de minerales paralela a los anfíboles, correspondiéndose perfectamente las especies de ambas. Se distinguen, químicamente, tan sólo en que, en los piroxenos predomina el calcio sobre el magnesio, al revés que en los anfíboles.

El más importante es la *augita* o *piroxeno negro*, que forma cristales cortos, aplastados (figura 77), fusibles, bien aparentes en muchas rocas y deyecciones volcánicas. Alterándose, puede producir a su similar el anfíbol negro. Se

encuentran buenos cristales en los volcanes de Olot.

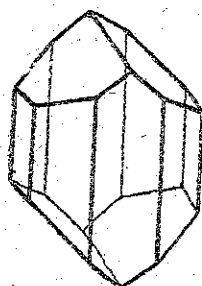


Fig. 77.—Cristal de augita (piroxeno negro).

52. **Peridotos.** — La especie más común es el *olivino*, que debe su nombre al color aceituna que tiene. Se le encuentra en granos vítreos o cristales del sistema rómbico, bien determinados. Se funde con dificultad; le ataca el ácido clorhídrico, depositándose sílice gelatinosa. Químicamente es un silicato magnésico ferroso.

El *olivino* abunda en ciertas rocas volcánicas (basaltos de Olot, con que se adoquinan muchas calles de Barcelona).

Es un mineral de importancia geológica muy grande: primero, porque se le halla en muchas piedras meteóricas extraterrestres, y segundo porque su descomposición ha dado origen a que se formaran masas importantes de *serpentina*. En otro sitio hemos ya dicho que la pseudomorfosis del *olivino* se descubría con el microscopio aun antes de ser exteriormente visible.

Se asegura que este mineral es originario de las primeras rocas que se formaron en la Tierra, y por hallarse en los meteoritos y por otras consideraciones, se cree sea el representante de la *escoria primitiva universal*.

53. **Granates.** — Forman toda una familia mineralógica bien caracterizada. Todos cristalizan en el sistema regular, predominando en ellos la forma del dodecaedro romboidal (figura 78). Los cristales se agrietan irregularmente y se alteran en los bordes. Los hay muy voluminosos. Dominan en sus colores los tonos rojos ; son vítreos, transparentes o translúcidos. Hay una variedad de hermoso color rojo, que se denomina *piropo* y se conceptúa como piedra fina.

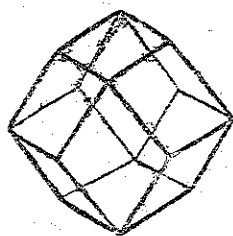


Fig. 78.—Dodecaedro romboidal (forma del sistema cúbico).

El análisis químico denuncia que son silicatos de aluminio, con otra base que puede ser la cal, el hierro o el manganeso. Hay, en cuanto a la composición, tres grupos de granates: aluminosos, ferrosos y cromíferos.

Son elementos que abundan en ciertas rocas antiguas, en el granito entre ellas y en al-

gunas calizas cristalinas. Descompuestas estas rocas, quedan los granates sueltos y se recogen en grandes cantidades. Tal sucede en el Cabo de Gata, en la llamada Cuesta de las Granatillas. Cerca de Barcelona, en Vallvidrera, hay un filón granatífero; en Palafrugell varios.

54. **Silicatos de alúmina anhidros.**—Comprende este grupo algunos minerales formados en las rocas sedimentarias, particularmente en las pizarras arcillosas antiguas, por diferentes causas. Entre ellos citaremos: la *estaurótida*, llamada también piedra de cruz por la notable macla que ofrecen sus cristales, pertenecientes al sistema rómbico; la *distena*, cuyos prismas alargados azules, con fajas paralelas de este color, permiten distinguirla con facilidad; la *andalucita*, hallada por primera vez en el Cabo de Gata, en Andalucía (de aquí su nombre), que se presenta en cristales rómbicos, y la *fibrolita*, masa tenaz, fibrosa, compacta, con que el hombre prehistórico fabricaba hachas y otras armas que se encuentran abundantes en el Centro de España.

55. **Turmalinas.** — Este nombre llevan una serie de minerales que se conceptúan químicamente como boro-silicatos de alúmina y que tienen varias coloraciones, cristalizando en el sistema exagonal. Los cristales, comúnmente prismas de nueve caras, alcanzan grandes di-

mensiones. Los hay de buen tamaño en el macizo montañoso del Cabo de Creus.

La turmalina más común es la negra, llamada *chorlo negro*; las hay incoloras, amarillas, rojas, azules, verdes y pardas; algunas se consideran como piedras preciosas por su limpieza y su bella coloración.

La turmalina se emplea en física para ciertos aparatos de óptica: son usadas comúnmente las llamadas *pinzas de turmalina* (fig. 79); con ellas pueden distinguirse los vidrios artificiales del cristal de roca; si vais a comprar unas gafas o lentes cualesquiera, pedid al óptico las pinzas éstas y colocada la lente entre ellos, si mirando al través, el espacio está claro, la lente es de cristal de roca y si está obscuro, es vidrio ordinario.

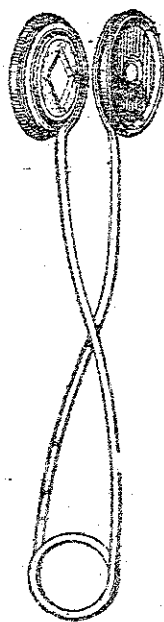


Fig. 79.—Pinzas de turmalina con las que se distinguen los cristales de doble refracción.

En la parte superior de las pinzas, en el centro de unas rodajas de corcho, se colocan dos láminas de turmalina cortadas en cierta dirección; estas láminas, para mirar al través, deben estar cruzadas. Cualquier lámina transparente, amorfa o que cristalice en el sistema regular (es decir, que tenga refracción sencilla), interrumpe la luz si se coloca entre las láminas

de turmalina ; una substancia de cualquier otro sistema cristalino (es decir, de refracción doble), deja pasar la luz.

De esta propiedad se hace mucho uso.

56. **Esmeralda y topacio.** — Citamos el primero de estos minerales como una verdadera curiosidad natural, porque es raro ; el segundo tiene mayor importancia como elemento secundario de algunas rocas.

Las esmeraldas son silicatos de aluminio y glucinio que tienen color verde intenso ; las variedades amarillentas reciben el nombre de *berilos*. Cristalizan en prismas exagonales. Los antiguos conocían esmeraldas poco transparentes que procedían de Egipto ; los hermosos cristales de este mineral que vienen de América fueron descubiertos por los españoles cerca de Bogotá y aparecen en una roca feldespática (fig. 80). Berilos hay cerca de Valparaíso y en los Estados Unidos, que son gigantes, de metro. Muy grandes se encuentran también en Pontevedra.

El *topacio* parece ser una mezcla de silicato de aluminio y fluoruro aluminico ; cristaliza en el sistema rómbico. Su color más frecuente es el amarillo acaramelado ; es infusible e inatacable por los ácidos ; si se le calienta mucho se vuelve de color de rosa. Es el número 8 de la escala de dureza.

Hay algunas rocas que contienen topacios

y no escasean ; entre el granito de los alrededores de Barcelona se encuentra algún ejemplar. Se hallan algunos de gran tamaño en los Urales.



Fig. 80.—Esmeralda de Santa Fe de Bogotá; en una roca feldespática.

57. **Micas.** — Pocos minerales hay tan característicos como éstos y tan abundantes. Se presentan en laminillas o escamas que brillan mucho (las que son doradas engañan a los tontos, que las toman por oro) y que son frecuentes en las tierras de cultivo y en las arenas originadas por la descomposición del granito, del gneis y de otras rocas antiguas. Hay micas plateadas, doradas y negras. A veces forman granos perfectamente exagonales (figura 81), como sucede en los alrededores de Barcelona, donde el granito, descompuesto profundamente, proporciona muchos prismas de mica de dos o tres centímetros de altura, pero

la forma cristalina exterior es mimética ; las micas son monoclinicas.

Se les clasifican químicamente como silicatos aluminicos, alcalinos, con hierro, magnesio, calcio y litina: suelen dividirse en tres tipos según tengan potasio, magnesio o litina.

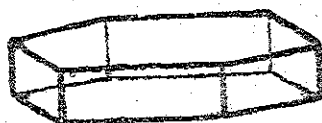


Fig. 81.—Gránulo exagonal de mica.

Se descomponen con gran dificultad ; por eso abundan en arenas y tierras sueltas: las magnesianas son poco fusibles, las potásicas se funden algo más ; las primeras son atacables por el ácido sulfúrico.

Hemos citado las láminas de mica como ejemplo de elasticidad ; en efecto, algunos granitos contienen masas muy hojosas de gran tamaño, hasta el extremo de haberse empleado para vidrios en los barcos: son notables los ejemplares que vienen de Siberia y de la India. Se usan también estas grandes láminas, casi transparentes, para pantallas de defensa de los obreros que trabajan al fuego, para ventanas de hornos, etc.

58. **Talco, esteatita y espuma de mar.**—Es el talco lo contrario que la mica en cuan-

to a elasticidad ; si se le dobla, se queda doblado ; en lo demás, se parecen las láminas de ambos minerales ; siempre el talco es más suave al tacto.

La esteatita, llamada también *jabón de sastre*, porque se emplea para marcar el paño, es una variedad de talco, blanca, amarillenta o rojiza, suavísima hasta el extremo de usarla para impedir rozamientos en las máquinas. Abunda en algunas localidades del Pirineo, y no lejos de Barcelona, entre Argentona y Cabrera de Mataró, hay filones de metro.

La *espuma de mar*, científicamente llamada *sepiolita*, forma masas compactas, grises y blancas, notables porque pesan muy poco (de aquí el nombre de *piedra loca* que le dan en Toledo). Es realmente notable este mineral por lo ligero, a pesar de ser compacto. Se pega a los labios. Por estos dos caracteres no es posible confundir la sepiolita con ningún otro mineral. Como es infusible, ligera, y se trabaja bien, se hacen con ella hornos refractarios y objetos que han de estar al fuego.

Tanto el talco, como la esteatita y la espuma de mar, son silicatos magnésicos hidratados.

59. **Serpentina.** — Silicato magnésico, hidratado como los anteriores, pero mucho más abundante que ellos, pues forma montañas in-

mensas, como la Serranía de Ronda, en Andalucía.

El nombre de serpentina es debido a que el mineral éste suele ser verde con manchas como la piel de algunas serpientes.

La más abundante no es mineral puro, es una roca que aprisiona diversos silicatos y aun carbonato cálcico, formando vetas y manchas que le hacen doblemente ornamental, cuando se le pulimenta. Con ella se hacen espléndidas columnas y objetos artísticos de extraordinaria belleza.

Hay serpentina pura que lleva el nombre de *noble*.

La hay también de estructura fibrosa, como el amianto, que ya hemos descrito antes; se puede tejer, porque las fibras son elásticas, y de ella se hacen filtros, papel y hasta tejidos, que son inalterables e incombustibles. A esta variedad fibrosa pertenece el *cuero* y *corcho de montaña*, que existe en el cerro de Vallecas, junto a Madrid, donde también se encuentra *espuma de mar*.

Es en realidad sorprendente que las inmensas moles de serpentina procedan de la alteración del olivino, que se hidrata, fenómeno ya citado antes. Otros silicatos análogos al olivino se serpentinizan también.

La serpentina abunda, como hemos dicho, en la Serranía de Ronda y en Galicia. Las cante-

ras del Barranco de San Juan, en Sierra Nevada, han dado bloques magníficos.

Este mineral se funde difícilmente, pero es atacable por el ácido clorhídrico.

6o. **Arcillas y Caolín.** — No son las arcillas que tanto abundan en el Mundo, verdaderos minerales, sino más bien rocas procedentes de la descomposición de feldespatos y otros silicatos de aluminio análogos.

Tienen aspecto homogéneo ; son coherentes, deleznales, suaves al tacto ; cubren llanuras inmensas y el fondo de muchos valles ; constituyen la base de la mayor parte de los terrenos agrícolas y se explotan para fabricar ladrillos, tejas y cacharros más o menos finos, para moldear figuras y adornos (*arcillas plásticas*), para desengrasar lanas y quitar manchas (*arcillas esmécticas*), para la fabricación de vasijas que hayan de someterse a elevadas temperaturas (*arcillas refractarias*), etc., etc.

La más pura y mejor determinada de las arcillas es el *caolín*, que procede de la alteración de los feldespatos, especialmente del que forma el granito (la ortosa).

Es una tierra blanca, ligera, seca, constituida por partículas finísimas, con las que a veces se mezclan granitos de cuarzo y mica. Forma grandes depósitos en Francia, en Sajonia y en España, que se utilizan para fabricar la porcelana. En cualquier roca granítica descompues-

ta—en los alrededores de Barcelona mismo, donde la descomposición del granito es profunda—podréis recoger caolín; sobre todo en los filones de feldespato que atraviesan el terreno granítico.

VIII.—METALES

61. **Oro y platino.** — Son los dos metales más pesados que existen: el primero, tiene densidad superior a 19; el segundo, llega a 21. Es el oro amarillo, de un tono especial; puede, no obstante, por presentarse impuro, tener matices diversos; el platino es blanco como la plata. Ambos cristalizan en el sistema regular.

El oro suele encontrarse en filones o en vetas de cuarzo y también en granitos dentro de ciertas rocas. De la descomposición de éstas proceden las arenas auríferas de algunos ríos y los aluviones llamados *placeros* en la América española. Comúnmente, lavando las arenas en canales o en recipientes de madera, se extraen granos, escamas y laminillas de oro; alguna vez se encuentran masas de mayor tamaño, a que se da el nombre de *pepitas* (fi-

gura 82), que, por excepción, pesan hasta algunos kilogramos.

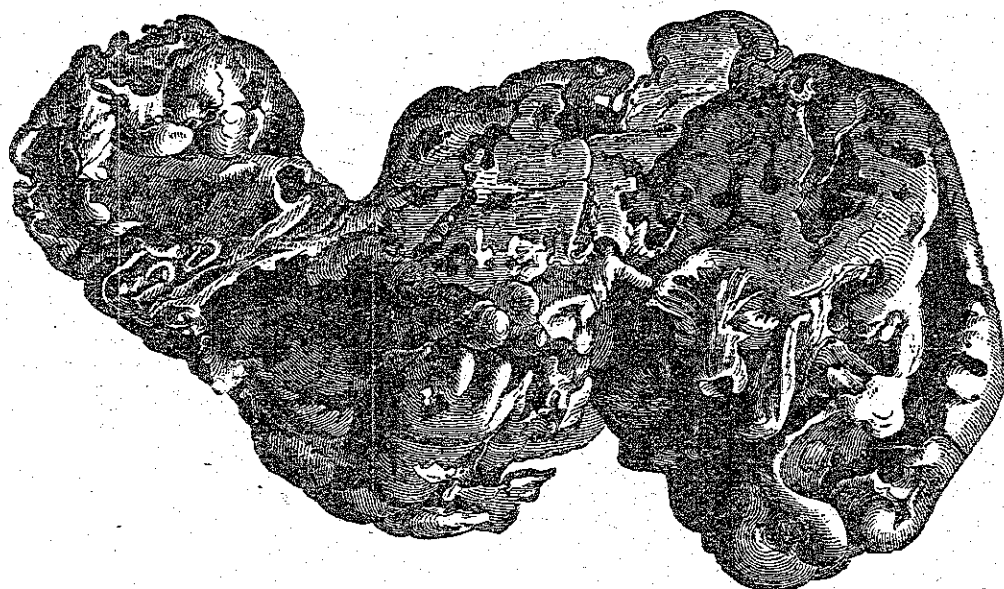


Fig 82.—Pepita de oro procedente de Australia (mitad del tamaño natural).

En las minas de oro se extrae el mineral aurífero, se desmenuza y, lavando, se separa el metal fácilmente por ser más pesado. Estas operaciones se hacen mecánicamente, no obstante, en muchos países sigue haciéndose todo a mano (fig. 83).

Lo mismo el oro que el platino, se hallan en la Naturaleza casi puros; se les suelen mezclar en pequeña proporción otros metales.

El oro es fusible; insoluble en los ácidos, excepto en la llamada agua regia, que es una mezcla de ácidos nítrico y clorhídrico; es muy

dúctil y maleable pero poco duro, por lo cual se le ha de mezclar con algo de cobre para



Fig. 83.—Operaciones diversas para extraer las pepitas de oro.

fabricar con él la moneda o cualquier objeto. En las monedas se admite, en cada 1.000 par-

tes, 900 de oro puro y 100 de cobre ; el oro mezclado en estas proporciones se llama *oro de ley*.

Son muchos los puntos del Mundo en que se extrae oro: las principales minas se encuentran en Australia, el Transvaal y los Estados Unidos ; las hay importantísimas en casi todas las repúblicas hispano-americanas. En España sólo se halla en las arenas de algunos ríos, pero en pequeña cantidad.

El platino fué descubierto por españoles en Colombia y dado a conocer por el sabio Ulloa en 1735. Es menos fusible y más inalterable que el oro ; escasea extraordinariamente. Es un metal verdaderamente precioso para la Ciencia, que construye con él crisoles, hilos, extremos de pinzas, pesos de precisión, etc., útiles, en extremo, para las manipulaciones de la Química.

62. **Minerales de plata.** — También se encuentra la plata casi pura en la Naturaleza, ordinariamente en hilos como cabellos, en laminitas y en pequeñas masas arborescentes, blancas, brillantes o ennegrecidas por la acción del ácido sulfhídrico (el que huele tan mal como los huevos podridos). La propiedad de ennegrecerse por este ácido puede observarse en los baños de aguas sulfhídricas, cuyas emanaciones empañan las monedas y los objetos de plata, y aun en las casas ; si se baten huevos,

que no sean muy frescos, con cuchara de plata, ésta se ennegrece.

Algunas veces la plata cristaliza en cubos; son famosos los ejemplares de Kongsberg (Noruega), que se presentaron en la Exposición de París de 1867 y que representa la figura 84.

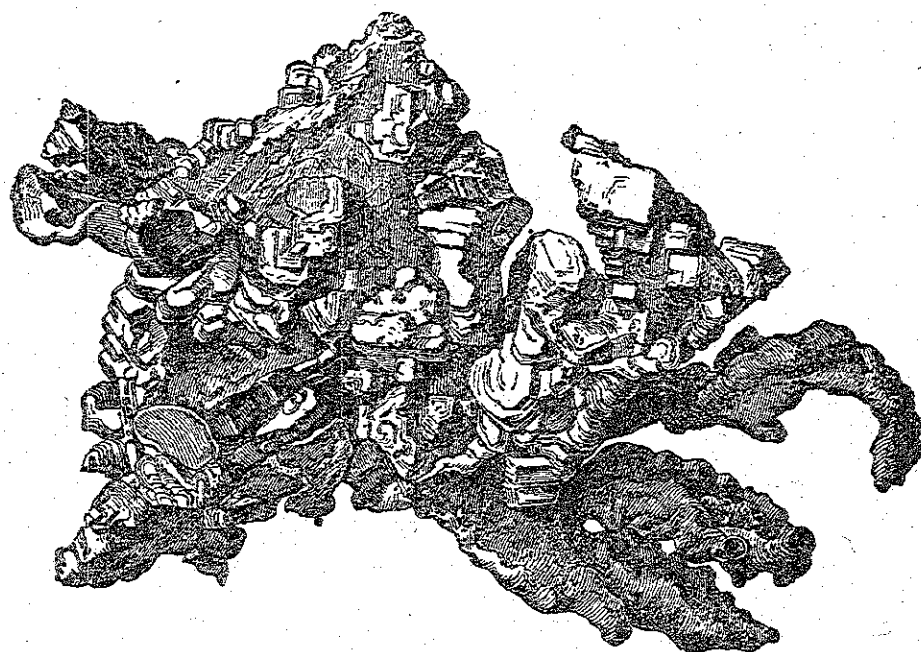


Fig. 84.—Ejemplar de plata cúbica de Kongsberg (Noruega).

La plata es fusible y se disuelve en el ácido nítrico, formándose nitrato de plata.

Se encuentra en filones con otros minerales, en rocas antiguas; en las minas de Chañarcillo (Chile) la hay en cantidad tal, que se arranca con barrenos. En España, las minas de Herrerías (Sierra Almagrera), proporcionan bellos ejemplares de plata musgosa; existe este

metal, además, en Hiendelaencina (Guadalajara) y en el Horcajo (Ciudad Real).

La gran cantidad de plata que se labra y que circula, procede de minerales que contienen este metal. En nuestro país se extrae mucha de las galenas o plomos argentíferos que sufren, antes de enviarse al comercio, una desplatación.

El *sulfuro de plata*, o *argentita*, contiene hasta 87 por 100 de metal. Es de color gris de plomo, distinguiéndose de éste en que brilla poco y puede cortarse en virutas flexibles con un cortaplumas. Se le ha llamado también *plata negra* y *plomo ronco*. Forma a veces masas de gran potencia, como en el filón de Constock (Nevada), que alcanza cerca de 200 metros de espesor, o en los célebres criaderos del Potosí (Méjico).

En la región arcaica de Hiendelaencina (Guadalajara), existe un criadero famoso de *sulfo-antimonito de plomo y plata*, llamado científicamente *fréislebenita*, en cristales muy hermosos de brillo como el acero, profundamente surcados (*plata estriada*), del sistema monoclinico.

El *sulfo-antimonito* de plata o *pirargirita*, es uno de los minerales más ricos de este metal. Se le ha dado el nombre de *plata roja* o *rosicler obscuro*, aun siendo gris, porque el polvo y la raya son rojos. Cristaliza en el sis-

tema exagonal. Abunda en América, en algunas localidades de Chile (Tres Puntas), Tullagas (Bolivia), Zacatecás (Méjico), Perú y República Argentina. En España se han explotado filones en Guadalcanal (Sevilla) y Hien-delaencina.

El *sulfo arsenito de plata*, *plata roja clara*, *rosicler claro* o *proustita*, es de color rojo gro-sella, transparente ; cristaliza en el sistema exa-gonal y acompaña a los otros minerales del mis-mo metal, siendo relativamente abundante en Chañarcillo y Tres Puntas (Chile), en el Perú y Méjico.

El *cloruro de plata*, *querargirita* o *plata cór-neá*, se presenta en masas grises, azuladas o verdosas, que se funden con gran facilidad y se cortan con una navaja. Cristaliza en el sis-tema regular y abunda en el Perú, Chile y Méjico. Se ha citado en Farena (provincia de Tarragona).

63. **Mercurio y Cinabrio.** — Es el mercurio un cuerpo metálico excepcional ; el único metal líquido ; tiene aspecto de plata fundida y una gran densidad ; pesa mucho.

Por descomposición natural del sulfuro de mercurio o cinabrio, a veces, en las minas de éste, se forman pequeños depósitos de mercurio puro ; tal sucede en las minas abandonadas de Almadenejos. Vulgarmente se le llama *azogue*.

La gran cantidad de mercurio que circula en el comercio, que se emplea para construir aparatos de física, en muchas manipulaciones químicas, en la fabricación de espejos y en otras industrias importantes, procede del cinabrio, y las minas más importantes del Mundo son las de Almadén y Almadenejos (provincia de Ciudad Real).

El cinabro es un mineral de color rojo vivo, muy pesado, macizo, de grano fino, que no puede confundirse con ningún otro. Cristaliza en el sistema exagonal y sus cristales son de hermoso color carmesí. Tratado al soplete, se volatiliza por completo, porque los dos cuerpos que le constituyen, el azufre y el mercurio, son volátiles.

Las minas de Almadén son espléndidas por su gran riqueza ; se conocen desde los tiempos de Roma ; las explotaron los árabes, quienes les dieron el nombre de Almadén (que quiere decir, *la mina*) y de *azor* al metal. No se explotan hoy todos los filones, sólo tres de 8 a 12 metros de espesor y hasta una gran profundidad. Produce el mercurio, en los mineros, perturbaciones nerviosas graves ; da tristeza ver algunos con ese temblor característico, de que nace el adagio *tiembla más que un azogado*.

Las célebres minas se encuentran en terreno primario, de la época silúrica.

64. **Minerales de plomo.** — Sabéis que

del plomo se hace inmensa aplicación ; sabéis también que es un mineral blando, que se funde con facilidad y que pesa bastante ; tubos de plomo hallaréis en cualquier parte, en cualquier casa, ya sea para conducir el gas, ya para conducir el agua. Es de color gris, y recién cortado, tiene lustre como plateado.

Todo el plomo procede de un mineral bien común y bien abundante en España, la *galena*, sulfuro de plomo (compuesta de azufre y plomo) o *alcohol de alfareros*, porque en polvo la emplean para barnizar las vasijas de barro.

Cristaliza en el sistema cúbico y tiene exfoliación fácil, pero se le encuentra con más frecuencia en masas hojosas (*galena de hoja*) o granudas (*galena de ojo de perdiz*).

De todos estos sulfuros se extrae el metal fácilmente ; basta separar el azufre, lo que se logra casi siempre con sólo someter el mineral a temperatura elevada ; los hornos en que se tratan sulfuros despiden humos sulfurosos, que son perjudiciales en extremo a la vida del hombre y de todos los seres ; hay que tomar todas las medidas aconsejadas por la higiene para evitar tales daños.

La galena pura contiene hasta 86 por 100 de plomo, y muchas veces (*galena argentífera*) una pequeña proporción de plata, que se separa previamente ; la argentífera suele tener un tono más azulado que las otras.

Es mineral de filón y existe en casi todas las provincias de España ; cerca de Barcelona, la hay en Vallcarca y en San Cugat. Los principales distritos mineros son Linares, Sierra Almagrera y Sierra de Gador. En América, principalmente abunda en Chile, Perú y Bolivia.

En los filones de galena suele presentarse otro mineral, la *piromorfita* o *plomo verde*, que es un clorofosfato de plomo, cuyos limpios cristales exagonales llaman la atención en los museos por su belleza. Un trocito de este mineral fundido, da un botón que, al enfriarse, toma forma poliédrica, carácter original que sirve para distinguirlo.

La misma galena, alterándose, produce un mineral blanco, llamado *cerusa*, que es el carbonato de plomo y que a veces se encuentra en cristales, bastoncitos o tabletas, de lustre intenso, muy frágiles, del sistema rómbico. Se le llama *plomo blanco* o *albayalde*. Se obtiene artificialmente y se usa mucho. Debe deterrarse su uso porque es en extremo venenoso ; otros albayaldes hay que no son sales de plomo, y pueden usarse sin temer a perturbaciones gástricas.

65. **Minerales de Estaño y de Níquel.** — El estaño y el níquel son dos metales que no se encuentran libres en la Naturaleza, y que se extraen de combinaciones que constituyen especies minerales bien definidas.

Es la *casiterita* o anhídrido estánnico el mineral de estaño más importante. A pesar de no tener aspecto metálico, de tiempo inmemorial se extrae de ella el estaño para alearlo con el cobre y fabricar bronce. Se encuentran gruesos cristales de casiterita, pertenecientes al sistema tetragonal, que ofrecen maclas muy notables (figura 85), llamadas por los mineros *picos del estaño*. Es de color oscuro y hasta negro, brillante, pero no metálico, duro hasta dar chispas con el eslabón, bastante denso.

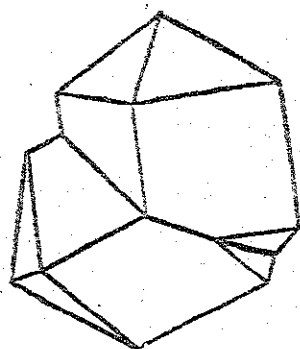


Fig. 85.—Macla (unión de dos cristales gemelos) llamada *pico del estaño*.

Hállase en filones cuarzosos de terrenos antiguos o en los detritus de estos terrenos. Se encuentra en las provincias de Orense, Zamora y Salamanca ; en América, la nación que produce más estaño es Bolivia.

El níquel se extrae principalmente de un arseniuro que se llama *niquelina*, cristalizable en el sistema exagonal, pero que de ordinario forma masas compactas o granudas de color

rojo cobrizo brillante, cubiertas casi siempre de manchas verdosas claras. Hay grandes criaderos de este mineral en Sajonia, Turingia y Cornouailles ; en España existe en Gistaín (Huesca) y en Carratraca (Málaga).

66. **Minerales de cobre.** — Es el cobre uno de los metales más importantes, de mayor uso, y por tanto más buscados. La Naturaleza le ofrece en estado nativo, algunas veces en masas importantes ; el Museo de Historia Natural de Madrid tiene un ejemplar de Chile, que pesa 73 kilogramos, con la superficie erizada de cotaedros ; en una mina del Lago Superior (América del N.), se halló una masa que pesaba 200 toneladas. No es esto lo frecuente, de ordinario se presenta en pequeñas porciones de aspecto arborescente, filiforme o reticulado. El color del cobre es bien conocido ; es dúctil, de poca dureza y bastante peso.

Se puede reconocer bien echando un pedacito en una cápsula con ácido nítrico ; se desprenden inmediatamente fuertes vapores rojos, dejando un líquido verdoso ; el experimento puede hacerse con una moneda de dos céntimos, pero con cuidado, porque los vapores rojos son muy corrosivos ; son un buen desinfectante, bien manejados.

El cobre se suele cubrir en la superficie de manchas verdes, venenosas, de una substancia llamada *cardenillo* (hidrocarbonato cúprico) ; co-

mo se forma con facilidad debe evitarse el uso de vasijas de cobre.

Además de usarse sólo en alambres, planchas, y en objetos muy variados, el cobre se une a otros metales, formando aleaciones importantes:

El oro y la plata se usan con mezcla de cobre.

El cobre y el zinc forman *latón*.

Cobre, zinc y estaño, forman latón *bronceado*.

Cobre, zinc, estaño y plomo forman *bronce de estatuas*.

Cobre y estaño forman *bronce de campanas*.

Cobre, níquel y zinc forman los *metales blancos*.

La mayor parte del cobre, procede del mineral llamado *pirita*; hay también otros minerales cobrizos, que indicaremos.

La *pirita de cobre* es el sulfuro de este metal, siempre mezclado con el hierro; se presenta en grandes masas con proporción de cobre muy variable; es dorada, generalmente, con irisaciones superficiales, que la distinguen, desde luego, de la pirita de hierro pura; ésta da chispas con el eslabón, la de cobre no. Si cristaliza, lo hace en el sistema tetragonal.

En España se utilizan, para extraer el cobre, los enormes depósitos de piritas que existen en el distrito de Río Tinto, provincia de Huelva,

quizá los más importantes del Mundo, puesto que hay masas hasta de 150 metros de anchura. Estas piritas son a veces calcinadas (quemadas) al aire libre, sistema perjudicial en extremo, pues forman los humos un manto asfixiante que mata la vegetación y hace imposible la vida del hombre.

El llamado *cobre rojo* es un óxido de este metal, muy rico, pero escaso en la Naturaleza; acompaña a los otros minerales cobrizos; cristaliza en octaedros regulares y a veces forma agujas finísimas de brillante color rubí intenso.

Los *cobres grises* son especies minerales complicadas, que se encuentran en ciertos terrenos antiguos (Isla de Menorca, por ejemplo), y deben su nombre al color gris, casi negro a veces, que tienen.

Se conocen dos carbonatos de cobre de espléndido color verde el uno y azul el otro: se llama el primero *malaquita* y *azurita* el segundo.

La malaquita es más abundante; de ordinario forma masas que se pulimentan, obteniendo espléndidos ejemplares con los que se esculpen objetos de arte que pueden admirarse en los museos. Los mejores proceden de los Urales, donde se han hallado bloques de más de cuatro metros. Las masas pequeñas muestran

una estructura fibrosa, con fibras que parecen de seda verde.

No difiere gran cosa la azurita; en ciertas condiciones se transforma en malaquita. Es de hermoso color azul y ordinariamente se encuentra cristalizada en el sistema monoclinico; forma, sin embargo, en ocasiones, masas compactas, granulares u hojosas.

Ambos minerales pulverizados se les emplea como pinturas (verde y azul de montaña).

67. **Minerales de manganeso.** — Son varios los que distinguen los mineros con el nombre de *manganesas*. La más importante por su abundancia es la *manganesa negra* o bióxido de manganeso, llamada científicamente *pirolusita*. Se halla generalmente en masas grises o pardas, obscuras, casi negras, de poca dureza y escaso peso. Si se la calienta fuertemente al soplete, desprende oxígeno y se vuelve roja. Tratada por el ácido clorhídrico y calentándola hasta que hierva, se desprende cloro, gas de olor fuerte. Tiñe la perla del bórax de violado, pero ha de usarse una partícula imperceptible casi de mineral, si no la perla se tiñe demasiado y parece negra.

La manganesa se encuentra en bolsadas, con preferencia en rocas cuarzosas. En España se la extrae de las sierras cercanas a Cartagena y de las provincias de Teruel y Huelva.

Es objeto de importantes aplicaciones. Con

ella se prepara el acero manganesífero, dotado de una dureza extraordinaria. Mezclada a la pasta del vidrio se colora éste, por lo cual le llaman *jabón de vidrieros*. La mayor cantidad se emplea para la preparación del cloro y del hipoclorito cálcico (vulgarmente llamado cloruro y polvos de gas), tan usado en el blanqueo de telas, de papel, trapos, etc., y como desinfectante.

No sólo la manganesa negra, otros minerales análogos se emplean como jabón de vidrieros.

En los grandes dragados submarinos realizados por el fondo del Pacífico, se extrajeron nódulos de manganeso.

68. **Minerales de hierro.** — Mejor que al oro, debiera llamarse al hierro metal precioso por los beneficios incontables que proporciona y ha proporcionado al hombre; gran parte de los progresos realizados por la Humanidad en los tiempos primitivos se debieron al uso del hierro, que hoy nos rodea por todas partes; ¡en tal medida se han multiplicado sus aplicaciones!

El hierro nativo existe en la Naturaleza, pero sólo en condiciones excepcionales, porque ya es sabido que al aire libre, sobre todo si hay humedad, se oxida rápidamente. Se debe al célebre profesor Nordenskiöld el descubrimiento de enormes masas de hierro en las re-

giones heladas de Groenlandia, donde se han encontrado cristales pertenecientes al sistema cúbico.

Hierro nativo contienen los meteoritos ; eso prueba que el precioso metal existe fuera de la Tierra.

Pero el hierro de la metalurgia, el que se emplea tanto y tan bien, procede principalmente de dos minerales llamados Hematites y Limonita.

Es la *Hematites* un sesquióxido de hierro anhidro, que presenta muchas veces cristales del sistema exagonal, negros o rojizos, con lustre metálico intenso y con tornasoles brillantes ; entonces se le llama *hierro oligisto* ; ejemplares de éstos suelen adornar las colecciones de minerales, porque los hay, en efecto, de bellísimo aspecto. Lo ordinario es que se presente la Hematites en grandes masas compactas o fibroso-radiadas, que aun siendo de color pardo, la raya es roja y tiznan de rojo ; de aquí el nombre de *hematites roja* con que se le distingue. Forma filones, capas o bolsas enormes en diferentes terrenos ; es de origen sedimentario, y son famosos los criaderos de la isla de Elba y de los Vosgos, abundando en España, sobre todo en Vizcaya y en El Pedroso (Sevilla). Suele dar hasta 60 por 100 de hierro puro.

La *Limonita* es aún más abundante ; de ella

procede la mayor parte del hierro ; forma masas pardas, compactas, en Vizcaya, Sevilla, Mazarrón, sierra de Almería y otros muchos puntos. Llámase también *hierro pardo* o *hematites parda* por el color de su raya. Hay ejemplares que ofrecen en la superficie vivas iriscaciones doradas, purpúreas, etc.

Trátase de un óxido hidratado de hierro, que debió depositarse en fondos pantanosos y en cuya formación intervinieron eficazmente los seres vivos.

El orín amarillento que cubre los objetos de hierro despintados en los sitios húmedos, es limonita. El ocre es también limonita con abundante arcilla. Muchos fósiles de animales antiguos y de vegetales están formados por este mineral, que se halla difundido extraordinariamente por la Naturaleza, hasta el extremo de impregnar muchos terrenos y de teñir muchas rocas.

Hierro se obtiene también de otro mineral ; el carbonato denominado *Siderita*, que forma filones importantes y a veces verdaderas rocas. El carbonato de hierro cristaliza en romboedros ; cuando puro, es de aspecto acaramelado, transluciente, vítreo, de fácil crucero (por eso se le llama *hierro espático*). Muy frecuentemente toma color de chocolate. Da efervescencia con los ácidos. Acompaña al carbón de piedra en algunas minas de Inglaterra. Contiene

un 60 por 100 de hierro de excelentes condiciones.

Hemos de citar también entre los minerales de hierro otros dos que no dejan de tener importancia científica y práctica: la pirita y la magnetita.

La *Magnetita* es la llamada *piedra imán*, y químicamente se considera como óxido ferroso férrico. Ofrece cristales octaédricos de una perfección extraordinaria, que son elemento frecuentísimo en muchas rocas, casi en todas las antiguas, porque las que no tienen hierro magnético visible, le tienen incluído en cristalitos microscópicos. Es comúnmente negro y hay variedades que son magnéticas.

En algunas localidades como en la isla de Elba, en puntos diversos de Suecia y Rusia, en Marbella y Ojén (Málaga) y en El Pedroso (Sevilla), existen masas muy considerables de Magnetita. Las hay también en Méjico y en Argelia. Se utilizan para la extracción del hierro, conceptuado como el mejor para fabricar ciertos aceros.

Desmenuzándose rocas de éstas se producen arenillas negras, que pueden recogerse en los ríos Darro y Sil y en algunas playas de Canarias; estas arenas suelen llevar escamitas de oro.

La *Pirita de hierro* es de todos los minera-

les metálicos el más llamativo, por su tono dorado y por la frecuencia con que se le encuentra en los terrenos. Cristaliza en cubos perfectos en octaedros o en una forma especial que se llama piritoedro (fig. 86). Es el sulfuro

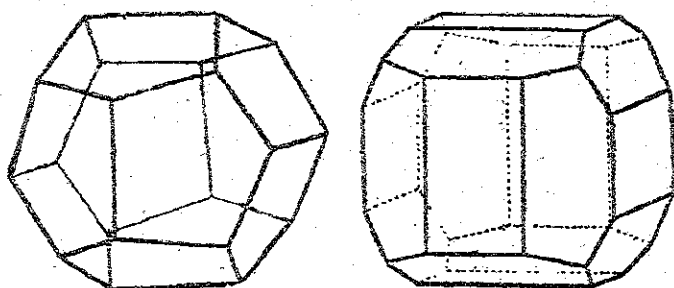


Fig. 86.—Piritoedro (hemiedro del sistema cúbico) y otra forma compuesta, frecuente en la pirita de hierro.

de hierro; en contacto del aire, su color y lustre dorado desaparecen porque el sulfuro se va oxidando. Tiene dureza suficiente para dar chispas con el eslabón. Se presenta mezclada con la pirita de cobre.

No se utiliza, a pesar de su abundancia, para extraer el hierro, porque lo da de muy mala calidad, pero se aplica a la fabricación del ácido sulfúrico y del sulfato de hierro.

69. **Minerales de zinc.** — Se extrae el zinc principalmente del sulfuro, conocido con el nombre de *Blenda*, y de los carbonatos que los mineros denominan *calaminas*.

La *Blenda* se presenta ordinariamente en filones o bolsadas, de estructura hojosa, de co-

lor variable, desde el acaramelado hasta el negro, pero de lustre especial como de resina; es quebradiza y brillante; hay ejemplares transparentes; no tiene lustre metálico, pero se reconoce bien que es un compuesto de zinc sometiéndola al soplete, a fuego vivo de reducción, en cuyo caso desprende vapores sulfurosos y deja en el carbón una aureola amarilla al principio, blanca después.

Cristaliza en el sistema regular y sus cristales son a veces de gran tamaño, hermosísimos.

Le acompañan otros minerales de zinc, que proceden de su descomposición, y metales raros, como los llamados iridio, galio y talio. Suele acompañar a la galena.

Las blendas son radio-activas; hoy que se estudia esta propiedad con tanto interés, con tanto afán, después del descubrimiento del maravilloso *radium* merece consignarse.

El criadero de blenda más importante de España es el de los Picos de Europa, en la provincia de Santander.

La verdadera *Calamina* es el silicato de zinc hidratado, pero los mineros dan también aquel nombre a los carbonatos. Estos son dos: uno anhidro (llamado científicamente *Smitsonita*); otro hidratado que lleva los nombres de *Hidro-zincita* o *Zinconisa*. Ambos se encuentran juntos. El primero cristaliza, raras veces, en el sistema exagonal; es de color y de estructura

variable ; cuando se le calienta al soplete, impregnado de nitrato de cobalto, toma color verde intenso al enfriarse.

La Zinconisa es blanca, amorfa, terrosa y aun oolítica ; en la provincia de Santander se han encontrado huesos de elefante y rinoceronte fosilizados por este mineral de zinc. Abunda en Asturias, Santander y Sierra de Cartagena.

Derivan estos carbonatos de la transformación de la Blenda por las aguas que llevan ácido carbónico.

70. **Minerales de Antimonio y Arsénico.**

—El primero de estos metales procede principalmente del sulfuro llamado *Antimonita* o *Estibina*, mineral de filón que se encuentra en los terrenos más antiguos y que se diferencia bien porque se funde hasta con una bujía. Si se pone un trocito sobre el carbón, al soplete, funde en seguida, desprendiendo humos sulfurados y dejando una aureola gris azulada. Forma masas grises, brillantes, fibrosas generalmente, alguna vez compactas y granulares. Cristaliza en largos prismas del sistema rómbico, a veces tan delgados que parecen agujas (figura 87) ; proceden del Japón grandes y hermosos cristales. Hay de este mineral en diferentes localidades españolas, principalmente en las provincias de Zamora y de Ciudad Real.

El *Arsénico*, aunque raras veces, se halla

aislado en la Naturaleza ; lo hay en Asturias, de color gris metálico.

El llamado *arsénico rojo* o *Rejalgar*, lo mismo que el *Oropimente* o *arsénico amarillo*, son sulfuros que suelen hallarse juntos y dan las

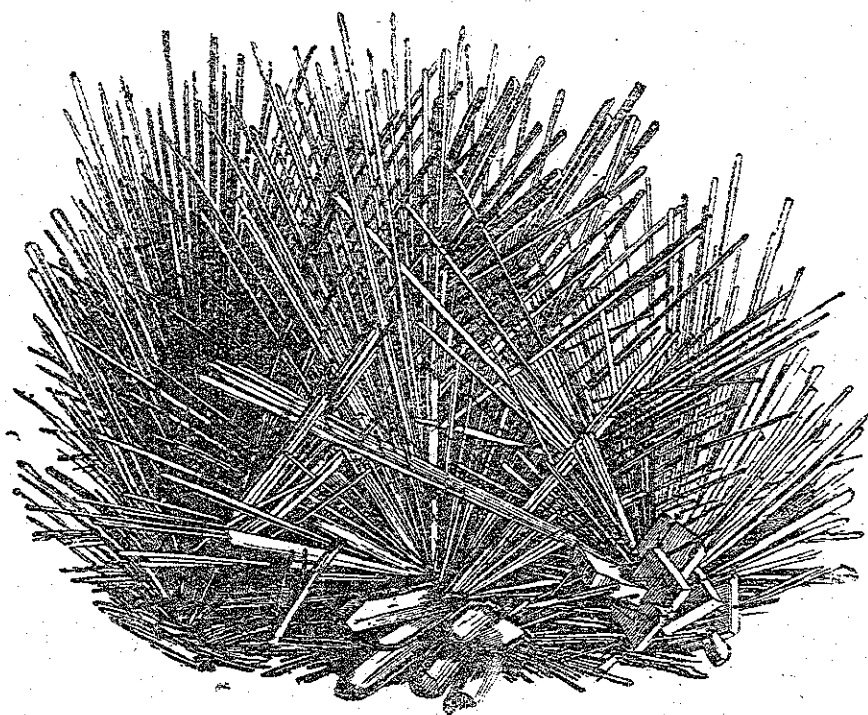


Fig. 87.—Agujas radiantes de Antimonita.

mismas reacciones ; se les distingue bien por el color. Ambos se funden con sólo calentarlos en un tubo de ensayo, desprendiendo primero vapores sulfurosos, después arsenicales de olor bien característico, y dejando en la parte fría del tubo una mancha blanca volátil. Son venenosos. Con el Rejalgar se hacen colores,

cuyo uso no es recomendable, y se emplea también para la fabricación de bengalas.

Se encuentra también el arsénico en muchas piritas.

71. ¿De dónde procede el aluminio? —

Conocéis seguramente este metal, notabilísimo por lo ligero ; pesa tan poco, a pesar de tener el aspecto de la plata si es brillante o el del plomo si está empañado, que si tomáis un objeto grande de aluminio os sorprende porque pesa como si fuera de cartón.

Este metal es abundantísimo en la Naturaleza, más abundante que el hierro ; es de los cuerpos que preponderan en la Tierra ; pasa inadvertido porque forma minerales terrosos (las arcillas, gredas, ocre, etc.), que nunca tienen aspecto metálico. Y las arcillas cubren llanuras inmensas, se precipitan en el fondo de los mares, constituyen terrenos extensísimos.

En la arcilla el aluminio se halla unido a la sílice, y esta unión es tan íntima, tan fuerte, que para desunirlos hacen falta corrientes poderosas eléctricas ; por eso, abundando tanto aquel metal, es costoso aislarle y no se generaliza su uso, a pesar de sus condiciones excepcionales.

De dos minerales puede obtenerse con facilidad. Hace pocos años se descubrieron unas masas terrosas cerca de Arles (Francia), en Baux, que resultaron ser alúmina hidratada ; de

ellas se separa el aluminio sin grandes gastos, por lo que aquellas tierras, halladas posteriormente en diversos puntos de Europa y bautizadas con el nombre de *Bauxita*, tienen enorme valor industrial.

Otro mineral alumínico proporciona fácilmente el metal ligero: la *Criolita* o fluoruro doble de aluminio y sodio, que forma masas blanco-lechosas en Groenlandia, en los Urales y en el Colorado (América del Norte).

IX.—MINERALES COMBUSTIBLES

72. **Diamante.** — La más hermosa de las piedras cristalizadas, la que reúne mayores perfecciones, es químicamente carbón puro y es combustible; arde, en efecto, en una atmósfera de oxígeno, formándose ácido carbónico. Cristaliza en el sistema regular, en la forma más complicada que se conoce (figura 88) y a pesar de su pureza incomparable, encierra muchas veces inclusiones microscópicas gaseosas, de gases semejantes al del alumbrado y al de los pantanos. Es el mineral más duro que se conoce, pero en cambio es muy frágil. Aunque los más apreciados son transparentes, los hay grises, blancos, amarillos, negros y de otros

colores. Se conocen tres variedades: el *diamante*, que se encuentra en cristales aislados o en grupos de cristales; el *bort*, bolas de estructura fibroso radiada; el *carbonado*, que forma masas negras, algunas del grosor del puño, procedentes del Brasil, y empleadas en los aparatos de perforar rocas.

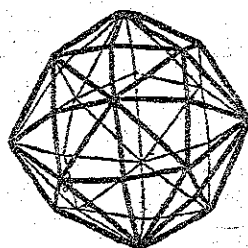


Fig. 88.—Forma geométrica en que cristaliza el diamante.

Los brillantes usados en joyería no son naturales, proceden de gruesos diamantes tallados, desgastados con polvo de variedades menos puras, hasta producir numerosas facetas (figura 89). Artistas muy hábiles realizan esta delicadísima labor.

De antiguo se conocen ejemplares que se han hecho famosos por su tamaño y por su belleza; el Museo del Louvre, en París, posee uno de los brillantes más puros.

Hállase el diamante en los terrenos más antiguos y en sus detritus (arenas y conglomerados); los más famosos criaderos son los de la India, Brasil, Urales y Cabo de Buena Esperanza. Uno de los del Sur de Africa representa

la figura 90. La roca diamantífera se saca de pozos profundos y se deja extendida, al aire, durante seis meses ; se hace una primera elección y luego se desmenuza mecánicamente.

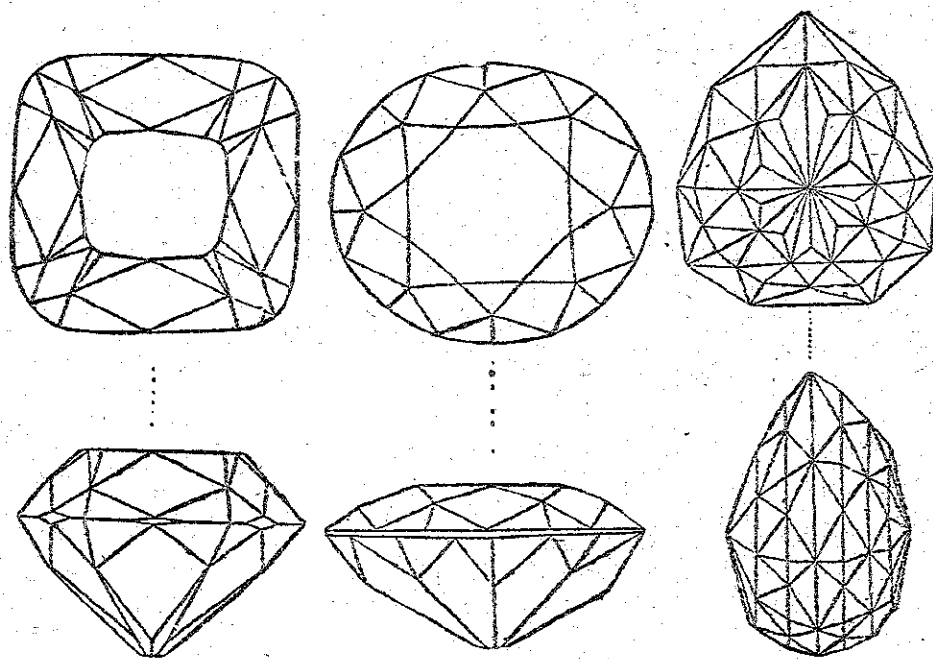


Fig. 89.—Formas de algunos brillantes famosos.

Merced a los trabajos del profesor Moisan, de la Facultad de Ciencias de París, se ha logrado resolver el difícilísimo problema de la cristalización del carbono. Quién sabe si con el tiempo podremos usar extensamente para fines industriales el polvo de diamante en grandes cantidades y con escasísimo coste. Para la Ciencia no es éste un problema difícil.

73. **Grafito.** — Es el carbono mezclado con algo de óxido de plomo. Alguna vez se obtiene cristalizado en láminas exagonales, pero lo

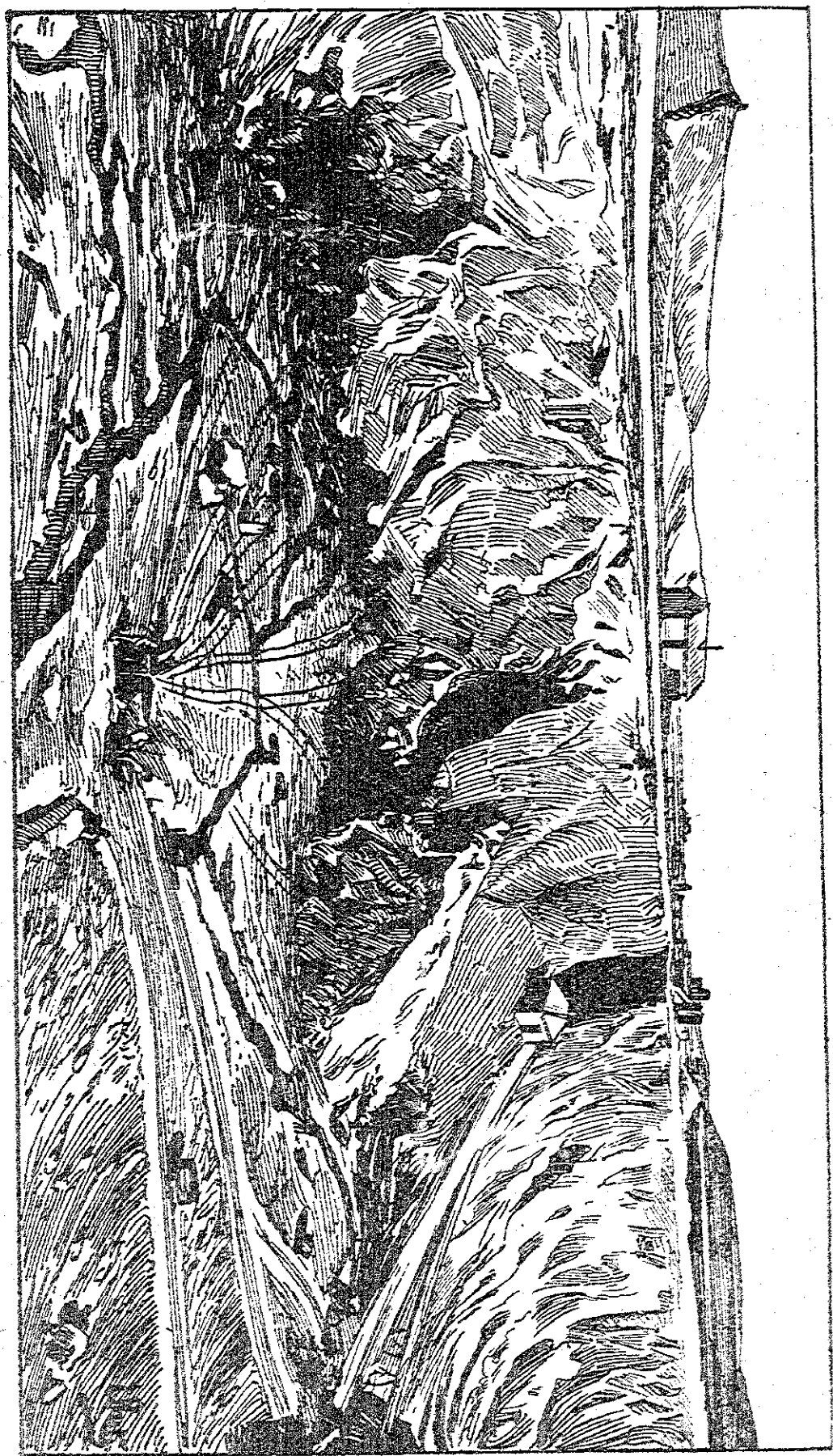


Fig. 90.—Minas de diamantes de Kimberley (Africa del Sur).

común es que se presente en masas laminares de color gris plomizo, que tiznan de negro y tienen lustre metálico.

Es infusible y arde en el oxígeno con más dificultad que el diamante. Se produce artificialmente en la metalurgia del hierro.

Hállase en los terrenos antiguos ; los mejores criaderos se encuentran en Rusia, Estados Unidos, Perú y Chile. Lo hay en España, en numerosas venas desde Marbella a Jaén, y en los alrededores de Barcelona (San Clemente del Llobregat, Horta, Gracia, San Martín de Provensals).

Se usa el más puro para hacer lapiceros, y se emplea también para fabricar vasijas infusibles, como lubricante de las máquinas, como barniz de objetos de fundición, etc. Con él se hacen bustos, estatuítas y objetos de fantasía que llaman la atención por su delicadeza.

74. **Turba y Lignito.** — Los carbones naturales forman una serie perfectamente eslabonada, que comienza en la turba, aglomeración de restos vegetales que sólo impropriamente podemos conceptuar como mineral, y termina en la antracita, carbón casi puro, resistente, apenas combustible, que no conserva vestigio alguno de su origen vegetal. Todos derivan de la turba, que se forma aún actualmente, y están más o menos mineralizados, según su an-

tigüedad y según las metamorfosis que hayan podido sufrir en los terrenos.

Se diferencian, las cuatro especies de carbón natural que se conocen por la cantidad de carbono, de oxígeno y de hidrógeno que contienen ; el promedio es el siguiente:

Turba	C=59%	H=6	O=33
Lignito	» 69	» 5'5	» 25
Hulla	» 82	» 5	» 13
Antracita	» 95	» 2'5	» 2'5

He de advertir que artificialmente, en el Laboratorio, de la turba pueden obtenerse los demás carbones.

De la formación de la turba nos ocuparemos en otro volumen de esta obra.

El *lignito* conserva también claras señales de su origen vegetal ; hay variedades en que se ve la estructura leñosa perfectamente ; en cambio hay otras que se asemejan a la hulla. Una variedad terrosa es la llamada *tierra de Colonia* o *de sombra*, que se usa en pintura, y otra variedad compacta, negra, brillante, es el azabache, que se tornea y se hacen con él botones y objetos de adorno.

Arde bien ; el de algunas minas puede prestar el mismo servicio que la hulla ; en cambio otros son abundantes en elementos accesorios y sólo sirven para combustible de poca importancia ;

sobre todo, el que contiene pirita (caso frecuente) no debe usarse en aparatos de hierro.

El lignito es casi todo de la edad terciaria y no escasea en España. Es notable la gran cuenca de Utrillas, en la provincia de Teruel, por la riqueza y variedad de lignitos. Cerca de Barcelona los hay en el partido de Berga y en el de Villafranca.

75. **Hullas y Antracita.**—Las hullas constituyen el verdadero *carbón de piedra*, base del prodigioso desarrollo industrial del siglo pasado; son los minerales más preciosos para el hombre, de los que ha sacado mayor partido.

Con la hulla se prepara el gas del alumbrado, quedando el cok como residuo, escoria carbonosa que arde sin llama y tiene gran poder calorífico; a la vez del gas, la destilación del carbón produce aguas amoniacales, de las que se extraen el álcali volátil o amoníaco y brea mineral, que es a su vez la base de obtención de diversas materias importantísimas para la industria, entre ellas los colores de anilina.

Las hullas son compactas u hojosas, de color negro brillante o grises; al arder dan olor a betún. Aunque aparentemente no muestren su origen vegetal, se descubre bien examinándolas al microscopio.

Tienen diversas condiciones, pero en general pueden reducirse a dos tipos: unas que se

funden al arder y se aglomeran (*hullas grasas*) y otras que se fraccionan (*hullas secas*).

Forman grandes depósitos estratificados, con profundas dislocaciones o fallas a veces, que interrumpen los estratos (fig. 91), alternando con areniscas y pizarras arcillosas negras, de las que

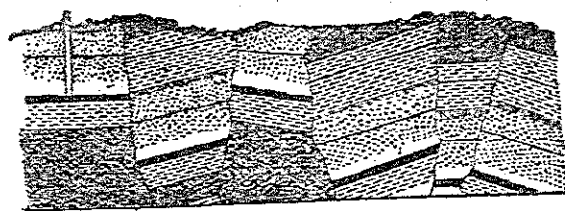


Fig. 91.—Fallas numerosas en un terreno carbonífero. El estrato de carbón está marcado con una línea negra gruesa.

pueden observarse impresiones numerosas de las plantas carboníferas.

Cuando las minas no son superficiales, ábrense profundos pozos y galerías extensas que algunas veces penetran bajo el mar y donde los hombres casi desnudos, cubiertos de polvo negro, arrancan a pico o por medios mecánicos (figuras 92, 93 y 94) las masas de hulla, de entre las cuales filtra el temido gas inflamable, que, explotando al menor descuido, siembra la muerte en derredor.

El distrito hullero más importante de Europa es el de New-Castle, que tiene la ventaja de reunir a las minas de carbón otras de hierro (*Siderita*). Son importantísimas las cuencas fran-



Fig. 92.—Levantando un plano en una galería de hulla.

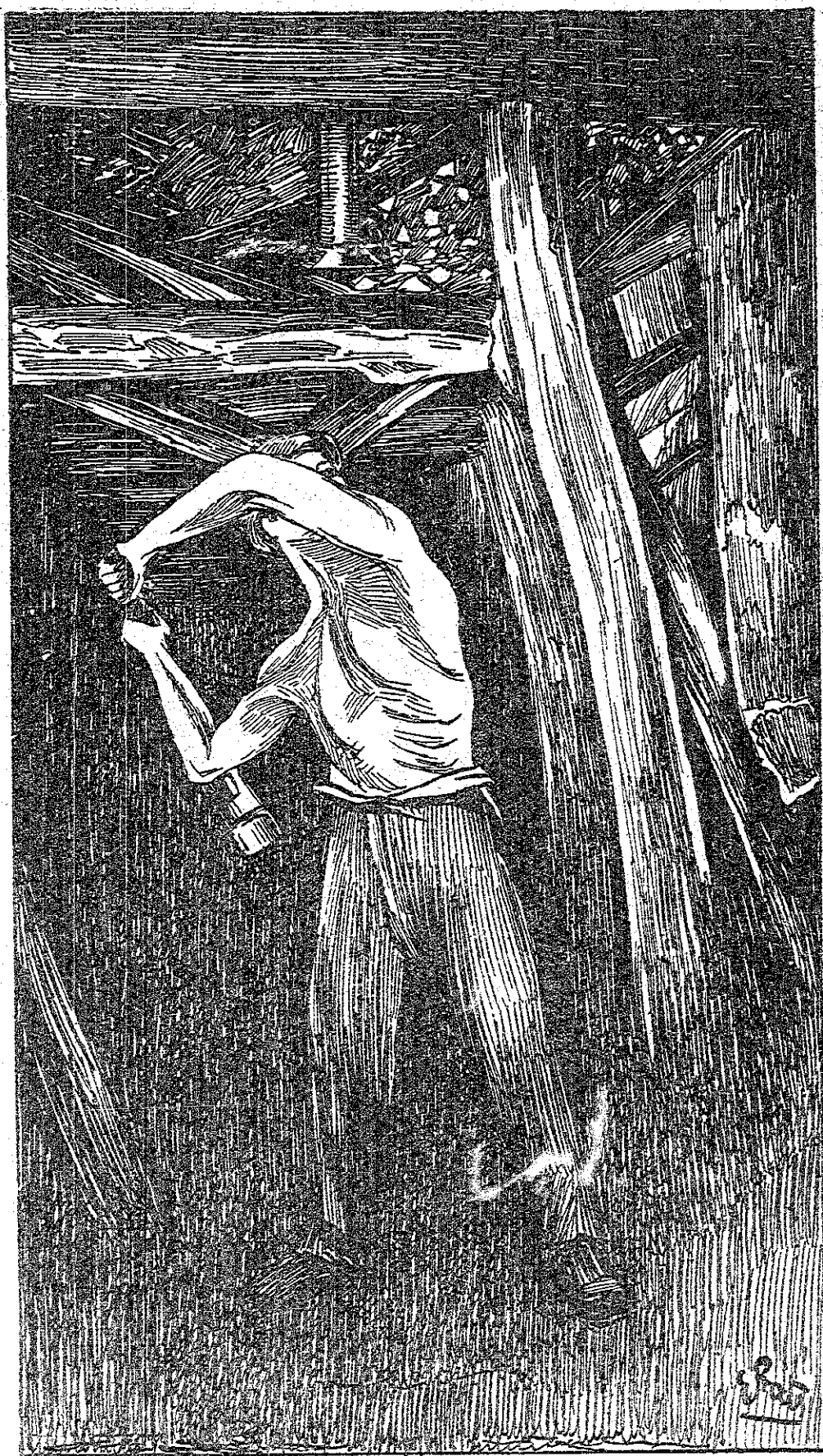


Fig. 93.—Obrero arreglando el techo de una galería.



Fig. 94.—Extracción del carbón de piedra en galerías bajas.

co-belga, de Silesia, de Austria, de Rusia y de los Estados Unidos.

En España, aparte algunos manchones carbonosos de poca importancia, hay importantes depósitos en Asturias, León, Palencia y en Bélmez-Espiel (Córdoba). La cuenca de San Juan de las Abadesas (casi agotada) está próxima a Barcelona.

La *Antracita* es el carbón más antiguo y el más mineral de todos ; es negro, de lustre metálico, con irisaciones muchas veces. Arde difícilmente y no deja cok ; para usarse como combustible es preciso animar la combustión con activa corriente de aire.

En España se halla en terrenos antiguos de algunos puntos de Asturias y de la provincia de Lérida.

76. **Asfalto y Petróleo.** — El asfalto o *betún de judea* es una masa negra, blanda, que se inflama con facilidad y está compuesta por carburos de hidrógeno, petróleo y materias resinosas. Desde muy antiguo se conoce este mineral que flota en las aguas del Mar Muerto o lago Asfaltites. En la isla de la Trinidad (Antillas) hay un lago de asfalto que tiene dos kilómetros de diámetro ; recientemente se ha descubierto otro análogo en Venezuela. En algunos puntos de Francia y de España el asfalto, semilíquido, mana por grietas del suelo o impregna las rocas ; realmente esta substan-

cia tiene gran semejanza con el petróleo, del cual quizá procede. Se depura mezclándole con agua en grandes calderas ; cuando queda bastante fluído, se purga de las materias extrañas que contiene y flota, pudiendo aislarse con facilidad. -

Es muy usado el asfalto para pavimentos mezclándole con arena o gravilla ; puede también extraerse de él gas del alumbrado.

Los llamados *aceites minerales* o *petróleos* son cuerpos líquidos compuestos de hidrocarburos diversos ; se relacionan con el asfalto mediante el *alquitrán mineral*, que es semifluído y pardo, al que sigue el verdadero *petróleo*, de color amarillo o rojizo y a éste la *nafta*, incolora, muy fluída, muy inflamable y volátil.

Destilando estos cuerpos se producen los *éteres* del petróleo, sustancias muy volátiles, separándose los aceites pesados o *parafinas*. Las naftas que se obtienen después de esta purificación disuelven los betunes, las resinas, el azufre, etc., y son objeto de importantes aplicaciones industriales.

El petróleo, o bien impregna las rocas, o se encuentra acumulado en depósitos profundos, de donde se le extrae abriendo pozos. Mana a veces mezclado con agua o con diversos carburos de hidrógeno.

Se cree de origen orgánico, producto de la descomposición de restos animales y vegetales,

el que impregna las capas sedimentarias y pro-

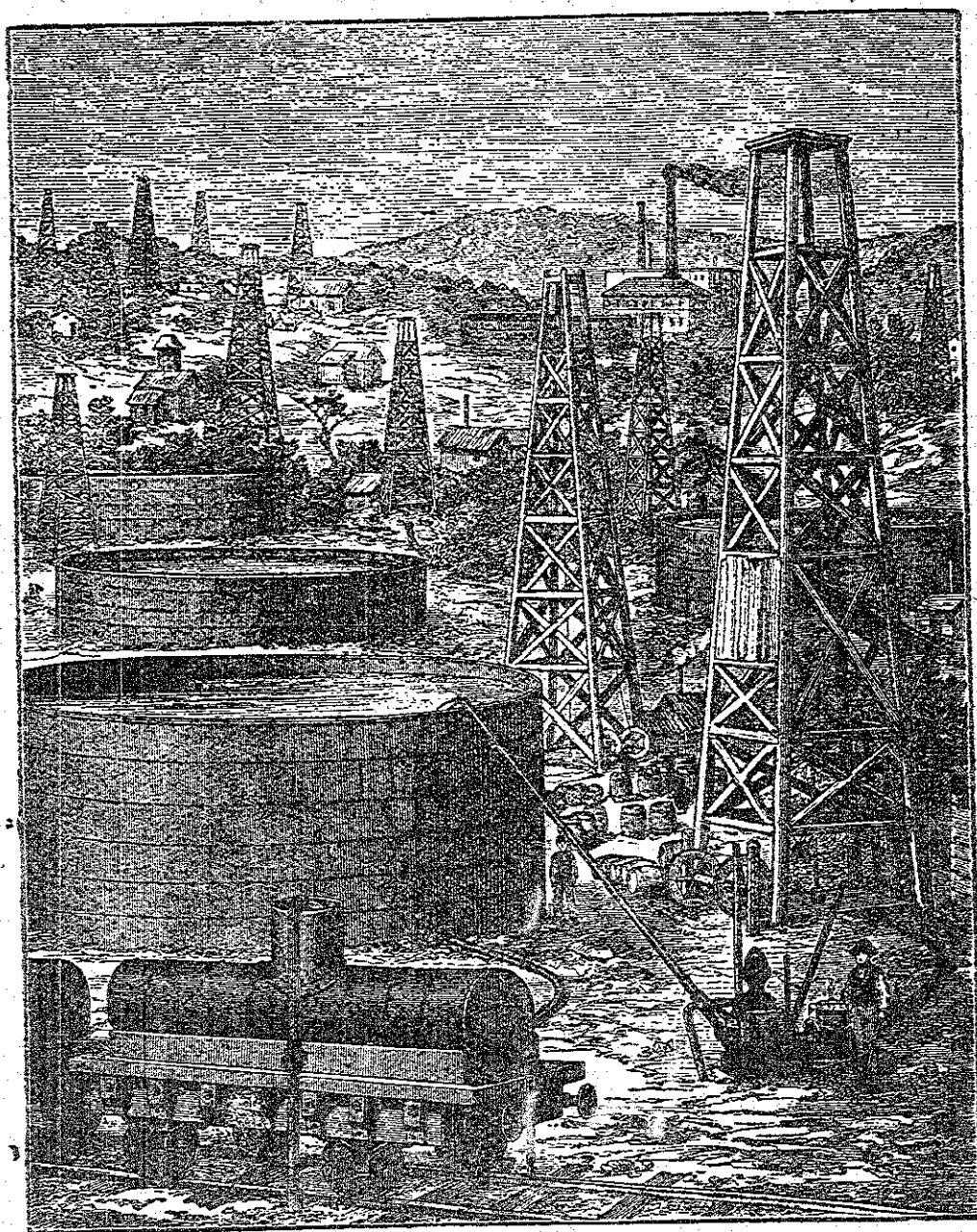


Fig. 95.—Pozos de petróleo en Pensilvania (Estados Unidos).

ducto del agua sobre masas minerales carbura-
radas, el acumulado en depósitos subterráneos.

De antiguo se conoce el petróleo del Mar Caspio, Persia e isla de Zante (Grecia). En la actualidad, procede gran parte del que se consume de diferentes distritos de los Estados Unidos, que producen enorme cantidad; sólo los pozos de Pensilvania (fig. 95) pueden dar anualmente muchos millones de litros.

En Europa los depósitos más importantes son los de Bakú (Rusia); en ellos el petróleo, como en Pensilvania, se encuentra en depósitos de los que se extrae por medio de pozos. A veces se acumulan sobre los depósitos gases a gran presión, que producen surtidores durante una decena de días; en algunas ocasiones se han incendiado los depósitos y el espectáculo resulta imponente (figura 96).

77. **Ambar.** — Es un carburo de composición variable. Suele hallarse en masas redondeadas o nódulos de color amarillo acaramelado, transparentes, cuando es más puro; lo hay opaco, amarillento y hasta rojo oscuro. Dentro de los nódulos de ámbar o *succino* (como se le llama también) suelen encontrarse insectos, arañitas y restos vegetales que quedaron aprisionados (fig. 97).

Frotándole se electriza negativamente atrayendo cuerpos ligeros; esta propiedad conocida de los antiguos es el origen del nombre *electricidad*, porque el ámbar en griego se llamaba *electrón*.

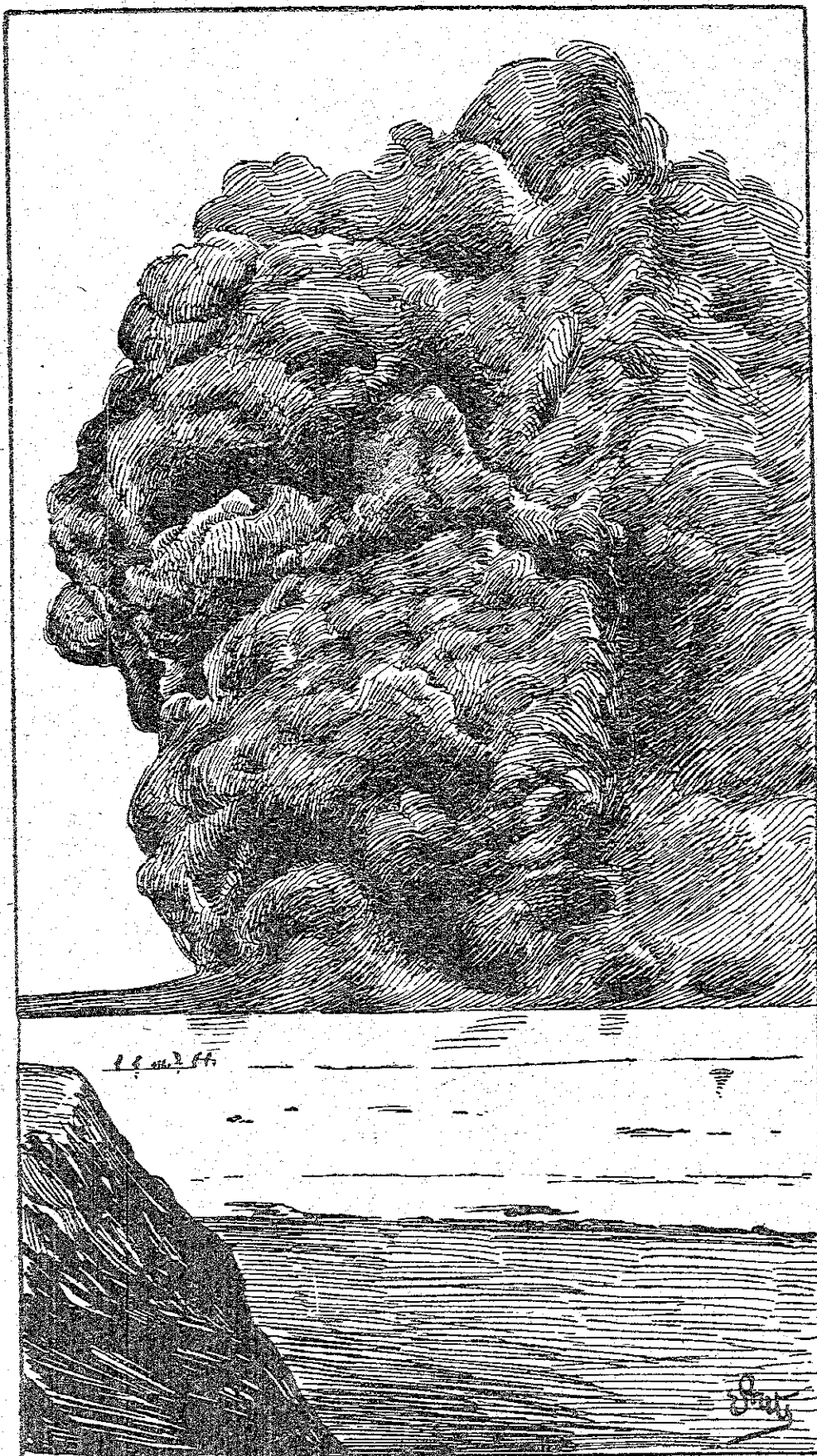


Fig. 96.—Incendio de un depósito de petróleo en Bakú (Rusia).

Arde fácilmente con llama clara y aroma delicado. Flota en el agua del mar y se hunde en la dulce. Se cree que es una resina fósil procedente de coníferas que han desaparecido. Se recoge en las costas del Báltico, en Sicilia y en diversos puntos del Asia, usándole para



Fig. 97.—Insectos aprisionados en un nódulo de ámbar.

fabricar botones, pipas y objetos de adorno, aun de buen volumen, porque los pedazos pequeños se sueldan formando masas grandes.

78. **Azufre.** — El más combustible de todos los minerales. Cristaliza en formas piramidales del sistema rómbico (fig. 98) y se encuentran a veces hermosísimos cristales transparentes, amarillos, quebradizos en extremo. Artificialmente puede obtenerse cristalizado en agujas monosimétricas, caso bien notable de dimorfismo. Es soluble en el sulfuro de carbono; merece la pena observar al microscopio una gota de este líquido con el azufre disuelto; a medida que el sulfuro se evapora, se ve la cristalización del azufre, disponiéndose en correcta

formación pequeñas esferitas hasta formar cristales muy bonitos.

No siempre aparece el azufre cristalizado y de color amarillo ; lo hay amorfo, gris, pardo

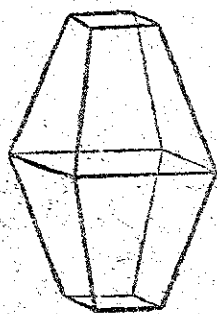


Fig. 98.—Forma rómbica del azufre.

o anaranjado y hasta negro. Va acompañado del yeso, la arcilla, marga, aragonito, asfalto, etcétera.

El de muchas localidades es de origen volcánico ; tal sucede cerca de Nápoles, en el Teide (Canarias) y en azufrales americanos bien conocidos. Puede formarse también por la acción de ciertos microbios que descomponen el yeso (sulfato cálcico).

Cristales muy notables se hallan en Conil (Cádiz) y en Hellín (Albacete) ; entre yesos y margas es abundante en los Yesares de Lorca (Murcia) ; en Libros (Teruel) ; fosiliza numerosas conchas y caracolitos de agua dulce.

Tiene el azufre extensas aplicaciones ; en medicina, para combatir las enfermedades de

las plantas, en la industria, para fabricar el ácido sulfúrico y la pólvora, en el blanqueo de los tejidos de seda, para vulcanizar la goma elástica, etc., etc.

X.—METEORITOS

En los cuerpos celestes se encuentran, hemos dicho en otra ocasión, los mismos cuerpos químicos que en la Tierra y forman idénticas combinaciones. Se prueba esto con el estudio de los meteoritos, piedras de origen extraterrestre, que caen incandescentes sobre nuestro planeta, apareciendo en el horizonte como globos de fuego (*bóolidos*), produciendo casi siempre fuerte detonación al estallar y dividirse en multitud de pedazos.

Y es lógico que dediquemos un párrafo final, aunque sea corto, a dar a conocer la materia mineral de los meteoritos.

Hay entre ellos unos de aspecto pétreo, otros metálicos (hierros meteóricos). En general los que caen a la Tierra no son de gran volumen y peso; la mayor parte no tienen el tamaño del puño. Poseen exteriormente una corteza fundida que en las piedras meteóricas es parda y mate y en los hierros se asemeja a

la magnetita producida en la superficie del hierro forjado cuando se calienta al aire.

Interiormente, son los meteoritos homogéneos y cristalinos ; no obstante, se han observado muchas veces inclusiones redondeadas que se denominan *condros*. La estructura interna corresponde exactamente a la que presentan ciertas rocas volcánicas terrestres.

Tienen ángulos y asperezas en la superficie, en parte redondeadas por la fusión de la masa (figura 99).



Fig. 99.—Fotografía de un meteorito. Se ve que es una piedra idéntica a muchas de las que existen en la Tierra.

Minerales bien determinados podemos citar: hierro ; fosfuro de níquel y hierro ; grafito ; protosulfuro de hierro ; magnetita ; olivino ; broncita (mezcla de silicato magnésico y ferroso) ; piroxeno y plagioclasas (feldespatos).

Casi todos los meteoritos contienen hierro, aunque sea esparcido en granos invisibles, y este metal es el elemento dominante en los llamados hierros meteóricos. No es puro ; va siempre acompañado de níquel (de 3 a 8%) ; en realidad es una aleación de los dos metales. Cristaliza en cubos de exfoliación bien clara. Corroídos en superficies pulimentadas, los hierros meteóricos muestran dibujos en relieve llamados *figuras de Widmanstatten* (fig. 100), de-

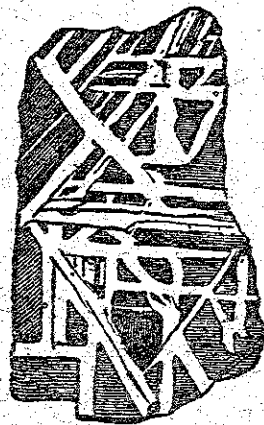


Fig. 100.—Figuras de Widmanstatten en un hierro meteórico.

bidas a que el hierro poco níquelífero es atacado más fuertemente, y el más abundante en níquel constituye las líneas salientes después de la corrosión.

El llamado *hierro brillante* o *Schreibersita* es un doble fosfuro de hierro y níquel, que tiene intenso lustre metálico, color de estaño o de acero ; forma laminillas blanquecinas o finas agujas.

Muchos hierros meteóricos contienen grafito en nódulos diminutos o están teñidos por este carbón ; a veces se presenta cristalizado en cubos. Los hierros del Cañón del Diablo, en el Arizona, que se consideran como meteoritos, contienen diamantes.

En las piedras meteóricas hay sulfuro de hierro de propiedades análogas a la pirita ; en los hierros se ha encontrado un protosulfuro. La magnetita se halla en gránulos.

Hay olivino diseminado en muchos meteoritos ; los granos suelen tener caras cristalinas perfectamente determinables ; hay condros o esferillas incluídas que están formados por un solo cristal de olivino. Con este mineral se mezcla con frecuencia la broncita.

El piroxeno no escasea como elemento accesorio y aun como elemento principal bien cristalizado. Se ha encontrado también plagioclasa en piedras meteóricas que apenas contienen hierro: han podido determinarse cristales maclados como en la macla de Karlsbad.

En algunos hierros meteóricos se ha podido certificar la presencia del hidrógeno. En cambio no existe el agua ni existen, por tanto, hidrosilicatos.

Por estas breves notas se comprueba una vez más la unidad que existe entre los seres minerales, ya sean terrestres, ya extraños a nuestro planeta: les constituyen los mismos cuer-

pos químicos elementales ; sus combinaciones se hallan reguladas por las mismas leyes químicas y mecánicas ; la cristalización obedece a los principios señalados en la Mineralogía general ; hay las mismas especies mineralógicas, los mismos minerales, por todo. Otros mundos existen, pues, en el fondo iguales a nuestro Mundo, constituídos por la misma materia que acepta idénticas formas.

Para terminar os diré que se han encontrado, aparte de los meteoritos propiamente dichos, masas meteóricas de muchas toneladas de peso cuyo origen se cree extraterrestre ; sin duda en otras épocas ha sido más frecuente y más intenso el fenómeno de los bólidos, mensajeros de otros mundos cuya naturaleza nos revelan. Y en España han caído numerosos meteoritos de que se tiene exacta noticia, siendo el mayor de los conocidos el que cayó en Molina (Murcia) en 24 de Diciembre de 1858, del cual se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid un fragmento cuyo peso es 144 kilogramos, y el último, el que estalló sobre Madrid el 11 de Febrero de 1896, con gran aparato luminoso y formidable estuendo, causando verdadero pánico.

En otras épocas estos fenómenos tan naturales, cuyo origen explica satisfactoriamente la Ciencia, se tenían por misteriosos y la superstición los consideraba como precursores de ca-

tástrofes inevitables. Las piedras meteóricas eran objeto de adoración o se les atribuía virtudes medicinales. La Ciencia, iluminando la mente humana, hará que el hombre llegue a dominar la Naturaleza en vez de ser dominado por ella ; así se dignificará engrandeciéndose.

FIN

INDICE

	<u>Páginas</u>
MINERALOGÍA	5
I.— <i>Preliminares</i>	5
División de la Geología	5
Minerales y cuerpos químicos	7
Evolución del mundo mineral	9
Clasificación de los minerales	12
Circulación de la materia mineral	15
II.— <i>Los minerales por fuera</i>	17
Minerales cristalizados	17
Elementos de un cristal	19
Constancia del ángulo diedro	23
Sistemas cristalinos	25
Formas simples, compuestas y hemiédricas	30
Isc morfismo y dimorfismo	32
Individuos y asociaciones minerales	34
Formas miméticas	38
Estructura de los minerales	40
III.— <i>Caracteres físicos de los minerales</i>	42
Elasticidad	42
Exfoliación	43
Dureza	44
Densidad	46
Color y brillo	48
Doble refracción	48
Electricidad, magnetismo, fosforescencia	50
IV.— <i>Los Minerales por dentro</i>	52
Aplicación del microscopio	52
Preparación de placas delgadas	53
Minerales de origen orgánico	54
Inclusiones	58
Pseudomorfosis y evolución mineral	61
V.— <i>Ensayos de Química mineral</i>	64
Laboratorio de la Escuela	64
Primeras manipulaciones	68
La llama y sus coloraciones	72
Ensayos en tubo cerrado y abierto	73
Perlas de bórax	74
Ensayos en el carbón	76
Ensayos por vía húmeda	76

	<i>Páginas</i>
Reacciones principales observadas por vía hú- meda	77
VI.— <i>Tierras y piedras no silíceas</i>	80
Sal común	80
Minas de sal gema	81
Extracción de la sal marina	82
Caliza	87
Dolomía y Aragonito	94
Yeso	94
Baritina y Epsomita	97
Fosforita	100
Fluorina	102
Nitros	103
Zafiro y rubí	105
VII.— <i>Minerales silíceos</i>	106
Guarzo	106
Opalo	109
Silicatos en general	111
Feldespatos	113
Anfiboles	115
Piroxenos	116
Peridotos	117
Granates	118
Silicatos de alumina anhidros	119
Turmalinas	119
Esmeralda y topacio	121
Micas	122
Talco, esteatita y espumita de mar	123
Serpentina	124
Arcillas y Caolín	126
VIII.— <i>Metales</i>	127
Oro y platino	127
Minerales de platino	130
Mercurio y Cinabrio	133
Minerales de plomo	134
Minerales de Estaño y de Níquel	136
Minerales de cobre	138
Minerales de manganeso	141
Minerales de hierro	142
Minerales de zinc	146
Minerales de Antimonio y Arsénico	148
¿De dónde procede el aluminio?	150
IX.— <i>Minerales combustibles</i>	151
Diamante	151
Grafito	153
Turba y Lignito	155
Hullas y Antracita	157
Asfalto y Petróleo	162
Ambar	164
Azufre	167
X.— <i>Meteoritos</i>	169

