



NOCIONES

DE

MINERALOGIA

POR

EDEL. MORTOLA

Doctora en Ciencias Naturales
Profesora adjunta de Mineralogía y Petrografía
y profesora adjunta a cargo de trabajos prácticos de Mineralogía y Petrografía
y de Mineralogía y Geología
en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires
Profesora de Mineralogía en el Instituto Nacional
del Profesorado Secundario

SEGUNDA EDICION

BUENOS AIRES
LIBRERÍA « EL ATENKO »
336, FLORIDA, 344

—
1938

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

En las leyes de la formación irracional de los cristales está contenida toda la música.

H. KEYSERLING.

Imprenta y Casa editora CONI, Perú 684, Buenos Aires

ADVERTENCIA

Esta introducción a la Mineralogía está escrita con el objeto de que el principiante tenga un pequeño manual argentino que le oriente en el estudio del mundo de las piedras.

Responde a las necesidades de los programas vigentes de enseñanza secundaria, conteniendo además una clave para la determinación de los minerales más comunes, especialmente en el país, y numerosas láminas de muestras existentes en los museos de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en el de la Dirección General de Minas y en el de Historia Natural de Buenos Aires, y de algunos yacimientos y minas más importantes de nuestro suelo.

La corta bibliografía anotada al final, permitirá al alumno ampliar los conocimientos y orientarse preferentemente en el estudio de los minerales argentinos.

No habiéndose tenido en cuenta el orden de los puntos contenidos en los programas, el índice alfabético salva esa dificultad.

Agradezco al Director de la Dirección General de Minas, a los directores de los Museos de la Dirección General de Minas, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y del de Historia Natural de Buenos Aires, y a las personas que me han facilitado elementos para su mejor ilustración.

Noviembre de 1929.

EDEL. MORTOLA.

ADVERTENCIA A LA SEGUNDA EDICION

La necesidad de imprimir una nueva edición de este libro, prueba que llena una verdadera necesidad.

Con el objeto de salvar las dificultades que pueda tener el joven principiante, se amplían y modifican en ella los capítulos referentes a estructura de cristales, a propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas, a ejes cristalográficos e índices y a yacimientos.

En la parte especial se agrega a la descripción de cada especie las relaciones axiales, algunos ángulos y las formas más comunes, con el objeto de que los alumnos que se interesen puedan identificar los cristales que coleccionen.

No se ha aumentado la bibliografía, a pesar de la gran cantidad de trabajos publicados desde entonces, por considerar que bastan para el principiante aventajado las obras fundamentales que allí figuran y que conociendo ya las revistas donde se publican trabajos de esta materia, puede seguir buscando en los números posteriores e iniciarse así en la búsqueda bibliográfica.

Enero de 1938.

EDEL. MORTOLA.

NOCIONES DE MINERALOGIA

CAPITULO I

GENERALIDADES

I

MINERALES Y ROCAS

Observando con alguna atención una parte grande o pequeña de la corteza de la tierra, veremos que está formada por diversos componentes que podemos individualizar después de una labor más o menos fácil. Estudiando cada uno de ellos separadamente se ve que son cuerpos sólidos, inorgánicos y de una composición química homogénea, es decir, que están igualmente compuestos en cada uno de sus puntos.

A estos cuerpos sólidos, inorgánicos, de composición química homogénea, que constituyen la corteza de la tierra se les llama *minerales*.

La *calcita*, por ejemplo, es un mineral porque es una substancia sólida, inorgánica, que forma parte de la corteza terrestre y tiene una composición química igual en cada uno de sus puntos, representable por la fórmula CaCO_3 .

La ciencia que se ocupa del estudio de los minerales se llama *mineralogía*. Nos enseña de qué cuerpos está formada la corteza de la tierra o *litosfera* ⁽¹⁾, cuáles son sus caracteres diferenciales y cómo se originan.

(1) Del griego *lithos* = piedra.

× Se llama *roca*, en general a una masa mineral químicamente no homogénea, formada por un agregado de diversos minerales propiamente dichos.

Así, un granito es una roca; su masa mineral heterogénea está formada por varios minerales esenciales que son generalmente el cuarzo, las micas y los feldespatos, y además por algunos otros minerales menos abundantes que son los accesorios.

II

1. Cristales; homogeneidad y anisotropía. — 2. Estructura de los cristales. — 3. Origen y crecimiento. Formas esqueléticas. Substancias vítreas. — 4. Imperfección en el crecimiento. — 5. Substancias coloidales.

1. CRISTALES, HOMOGENEIDAD Y ANISOTROPÍA. — Cuando se observa un conjunto numeroso de varios minerales lo primero que llama la atención es el grado de perfección de las formas que presentan; son poliedros aislados o agrupados, simples y casi regulares o bien muy complicados y llenos de caras (lám. I). A estas formas geométricas se les llama desde la antigüedad *cristales*, de *kryos* = *frío*, porque se suponía que los primeros cristales encontrados, que eran de cuarzo (SiO_2), por su transparencia, falta de color y dureza, no eran otra cosa que hielo petrificado a tal punto que no podía fundirse.

Sería erróneo, sin embargo, definir los cristales diciendo simplemente que son las formas poliédricas naturales que presentan los minerales. Tales formas de limitación son adquiridas a veces por sustancias que llenaron cavidades que les sirvieron de moldes, sin que por ello sean crista-

les, y también en otros casos mucho más frecuentes, la forma poliédrica de los verdaderos cristales no existe, pues no ha podido desarrollarse por falta de espacio o por haber sido suprimida por acciones destructoras externas. En estos casos los cuerpos exteriormente imperfectos no dejan de ser cristales.

La materia que los forma tiene una estructura particular y dos propiedades esenciales dependientes de ella que permiten identificarlos aún cuando les falta la forma poliédrica externa. Un cristal de cuarzo (SiO_2), por ejemplo, tiene caracteres ópticos, eléctricos, de cohesión, etc., muy diferentes de los de la sílice vítrea; el examen de estos caracteres en los granos de sílice que se encuentran en un granito prueba que son de cuarzo tan cristalizado como el que tiene forma poliédrica. Estas propiedades especiales son la homogeneidad física y la anisotropía (¹).

Se dice que un cuerpo es físicamente *homogéneo*, cuando es igual y uniforme en todas sus partes, es decir, que dos porciones tomadas en dos puntos cualesquiera de su masa, de la misma forma, de las mismas dimensiones e igualmente orientadas, tienen exactamente las mismas propiedades y no pueden diferenciarse en nada una de otra.

Se dice que un cuerpo es *isótropo* cuando todas sus propiedades físicas se manifiestan con la misma intensidad en todas sus direcciones, como el vidrio, el ópalo, etc. Inversamente, un cuerpo es *anisótropo* cuando el valor o medida de alguna de sus propiedades físicas varía con la dirección. En los cuerpos anisótropos hallaríamos en las distintas direcciones, para las propiedades físicas distintos valores. Por ejemplo, si se corta y trabaja un cristal de calcita (CaCO_3) hasta darle la forma de una esfera per-

(¹) Del griego *a* = privativo; *iso* = igual, y *tropos* = dirección.

Anisotropía = fuerzas de carácter vectorial; como por magnéticas, eléctricas, de cohesión, que se manifiestan con desigual intensidad en direcciones distintas.

fecta (fig. 1) y luego se la somete a una notable elevación de temperatura, la esfera se convertirá en un elipsoide de revolución ⁽¹⁾ (fig. 2), lo que demuestra que la dilatabilidad de la calcita no es la misma en todas las direcciones, sino que en unas es mayor que en otras y varía en forma continua.

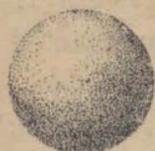


Fig. 1. — Esfera de calcita (CaCO_3) a la temperatura ordinaria.

Si a un cristal de esta misma substancia le damos un golpe con un martillo, se rompe según superficies planas brillantes, y los trozos obtenidos serán romboedros perfectos con los mismos ángulos. Esto nos indica que la cohesión o sea la fuerza que mantiene unidas las moléculas entre sí, varía de una manera discontinua, porque si la variación fuera continua obtendríamos elipsoides en lugar de romboedros. Es esta *variación discontinua* de las propiedades físicas, la característica de la materia cristalina porque la variación o anisotropía continua la poseen también muchas substancias orgánicas.

La *homogeneidad* y la *anisotropía discontinua* son dos propiedades inherentes a los cristales. Derivan de la estructura atómica ordenada regular de la substancia cristalina, por eso persisten cuando la forma poliédrica externa no pudo desarrollarse o ha desaparecido por causas externas cualesquiera. Son más importantes que la forma exterior, propensa a cambiar y dependiente, igualmente que ellas, de la estructura interna.



Fig. 2. — Elipsoide producido por el fuerte calentamiento de la esfera de calcita.

⁽¹⁾ Es un elipsoide engendrado por la rotación de una elipse alrededor de uno de sus ejes.

Los cristales son entonces, en el sentido físico, cuerpos homogéneos y anisótropos discontinuos por lo menos para una propiedad física.

2. ESTRUCTURA DE LOS CRISTALES. — Veamos ahora qué se sabe de esa estructura particular de los cristales que se manifiesta tan netamente por la homogeneidad y la anisotropía discontinua.

En las primeras concepciones de la estructura de los cristales, se les suponía constituídos por unidades estructurales orientadas como los ladrillos de un edificio, pero tan íntimamente pequeñas que eran invisibles aun bajo el microscopio más potente. Así, el abate Haiiy, fundador de la cristalografía científica, en su libro *Ensayo de una teoría sobre la estructura de los cristales*, publicado en el año 1784, supuso a los cristales formados por partículas poliédricas infinitamente pequeñas y yuxtapuestas. Llegó a esta conclusión después de observar la facilidad con que ciertos minerales como la calcita (CaCO_3) y la galena (PbS) se subdividen por golpes de martillo, en poliedros perfectos y cada vez más pequeños hasta dimensiones microscópicas (fig. 3).

Luego, adquirido el concepto de la discontinuidad de la materia ⁽¹⁾, esta hipótesis se hizo inadmisibile.

Varios investigadores (Seeber 1824, Dana 1836, Brewster 1839, Delafosse 1843, Foster 1855) supusieron entonces que la materia cristalina estaba formada por partículas materiales separadas y ordenadas periódicamente en las tres direcciones del espacio, es decir, la imaginaron formada por la reunión de paralelepípedos elementales

(1) Formada por átomos, agrupados en moléculas con espacios interatómicos e intermoleculares.

Il. de Hauvina

huecos llevando en sus vértices las partículas materiales (fig. 4).

Bravais en Francia (1849) demostró geoméricamente que podían existir sólo siete tipos de *paralelepípedos elementales*.

Mucho más tarde, en 1888, después de las investigaciones de Sohncke, Barlow, Fedorow, Schoenflies, el emi-

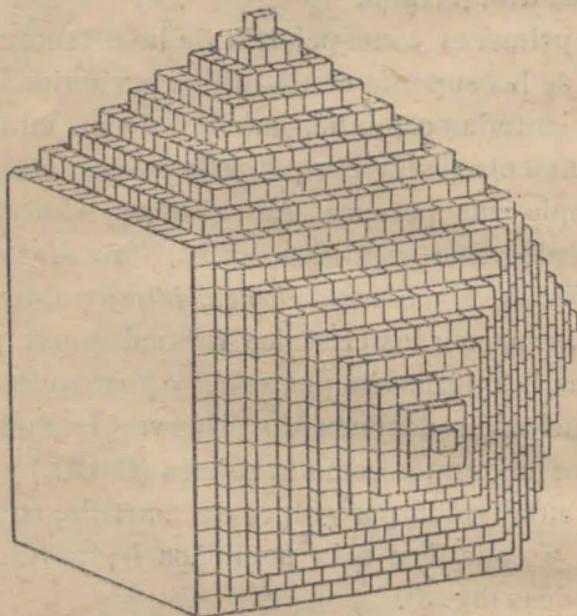


Fig. 3. — Estructura de los cristales según Haüy

nente cristalógrafo Paul von Groth, tuvo la genial intuición de que los cristales están formados por retículos ideales simples, congruentes y entrelazados, en cuyos nudos se encuentran siempre los átomos (y no moléculas) de un mismo elemento. *De modo que los cristales tienen una estructura reticular ideal, en cuyos nudos en lugar de moléculas se encuentran los átomos* (fig. 5).

En 1912, Laue, tratando de demostrar la naturaleza ondulatoria de los rayos X, comprueba esta genial intui-

Von Laue ↗ losé piqué esme pa

ción. Basándose en la idea de Groth, de la estructura reticular atómica de los cristales, usa como retículo de difracción ⁽¹⁾ para comprobar la naturaleza ondulatoria de los

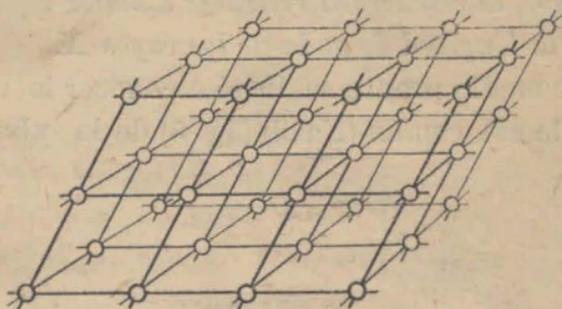


Fig. 4. — Estructura cristalina según Bravais

rayos X, una lámina de cristal de blenda (ZnS). Un haz de rayos policromáticos al pasar a través de la lámina y ser difractados por las partículas del retículo se descon-

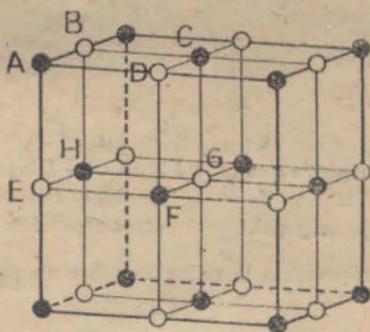


Fig. 5. — Estructura de la sal común (NaCl). ● = Cl, ○ = Na

pone en un espectro de rayos monocromáticos, los cuales dan sobre una placa fotográfica revelándola, una figura

(1) Si se interpone una pequeñísima abertura o pantalla en el trayecto de un haz luminoso, los rayos ya no se propagan en línea recta sino que cambian de dirección, y en lugar de verse la sombra de la pantalla o la luz de la abertura se ven una serie de imágenes brillantes y oscuras.

No cumple la ley de la propagación rectilínea de la luz.
A.S. que Babinet ha que hacer la
empedido

representativa de la distribución de los átomos (lám. II y figs. 5 a y 5 b).

Con esta experiencia de ^{von} Laue, se comprobó la *realidad de los átomos, la estructura reticular atómica regular de los cristales y la longitud de onda de los rayos X.*

Por este medio pronto se llegó a conocer la estructura íntima de la sal común (NaCl) (fig. 5) de la sylvita (KCl),

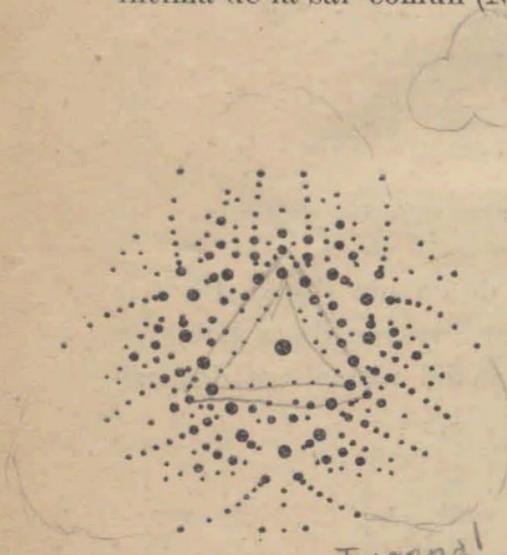


Fig. 5 a. — Diagrama de las imágenes que produce con rayos X una lámina de calcita perpendicular al eje trigonal.

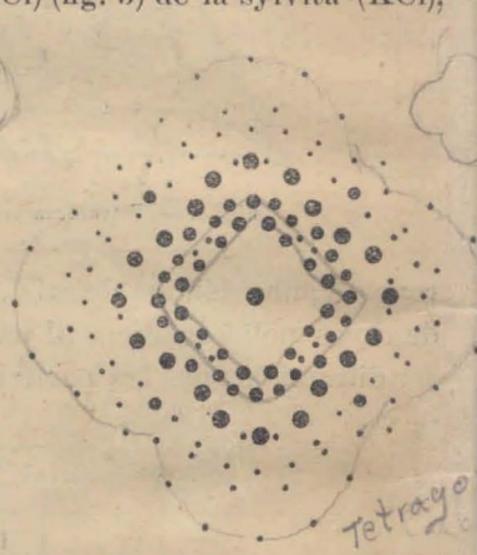


Fig. 5 b. — Diagrama de las imágenes que produce con rayos X una lámina de sal común paralela a una cara de cubo.

Cada punto representa la reflexión sobre un plano reticular

que es análoga, de la pirita (FeS_2) (fig. 6), de la fluorita (CaF_2) (fig. 7), de la calcita (CaCO_3) (fig. 8), del diamante (C), y la de casi todas las especies cristalinas típicas.

De las fotografías obtenidas semejantes a las de las figuras 5 a y 5 b se deduce la estructura reticular representada en las figuras 5, 6, 7 y 8. Si se observan estas figuras se ve que los cristales están formados por la repetición sucesiva en forma paralela de paralelepípedos; por ejemplo, por la repetición del paralelepípedo elemental

ABCDEFGH de la figura 5 para la sal común. De modo que no se les puede aplicar el concepto de molécula como a los gases y líquidos, sino el de *paralelepípedo elemental* formado por la más pequeña agrupación de átomos.

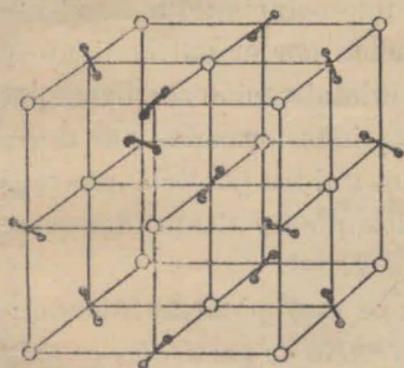


Fig. 6. — Estructura de la pirita (FeS_2)

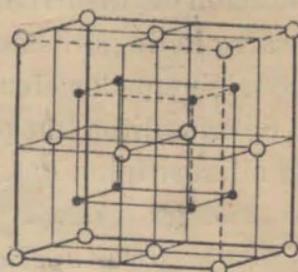


Fig. 7. — Estructura de la fluorita (CaF_2)

A pesar de las dificultades que presenta esta clase de investigaciones, continuaron y continúan estos trabajos notabilísimos investigadores como W. H. y W. L. Bragg,

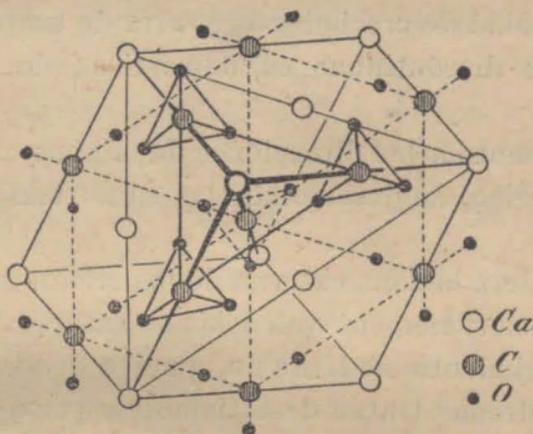


Fig. 8. — Estructura de la calcita (CaCO_3)

P. Debye, P. Scherrer, P. Vegard y otros que inventaron otros métodos para estudiar la estructura cristalina aun de los minerales reducidos a polvo.

3. ORIGEN Y CRECIMIENTO. FORMAS ESQUELÉTICAS. SUBSTANCIAS VÍTREAS. — Por las experiencias hechas en el laboratorio se sabe que los cristales se originan generalmente por enfriamiento de una substancia fundida, por enfriamiento de vapores, o en una solución que ha alcanzado cierto grado de concentración por el enfriamiento o evaporación del disolvente. La cristalización comienza por el desarrollo de gérmenes cristalinos formados por dos o tres paralelepípedos elementales unidos paralelamente, es decir, de cristalitos tan pequeños que no alcanzan a verse ni con microscopio.

Los cristales crecen a partir de esos gérmenes aumentados poco a poco por aposición paralela de partículas en todo su contorno. Esta forma de crecer es la manifestación más singular de la anisotropía de la materia cristalina. El crecimiento se efectúa con distintas velocidades en las distintas direcciones, por eso el cristal no es una esfera sino un poliedro de caras planas.

La velocidad de crecimiento es otra de las propiedades anisótropas discontinuas características de la materia cristalina.

Normalmente a las direcciones de mínimo crecimiento, como es lógico, se desarrollan las caras más extensas y viceversa.

Se considera la zona externa de los cristales como área cuyos átomos tienen sus valencias no saturadas, de modo que su crecimiento no tiene fin, puesto que estas valencias no saturadas tratan de satisfacerse por aposición de nuevas partículas, dando una nueva área de valencias no saturadas.

Si el enfriamiento de una substancia es demasiado rápido o la evaporación muy intensa, la viscosidad se hace demasiado grande y difícil y hace irregular el movi-

miento de la materia. En estas condiciones se desarrollan formas más o menos rudimentarias, bifurcadas o ramificadas que se llaman *formas esqueléticas* (fig. 9 y lám. III).

Cuando la viscosidad llega a ser tan grande que impide el movimiento de las moléculas, se enfría la masa, sin haber alcanzado la ordenación de las mismas, formándose una substancia rígida, frágil, isótropa que no constituye físicamente un sólido y que se llama *substancia*

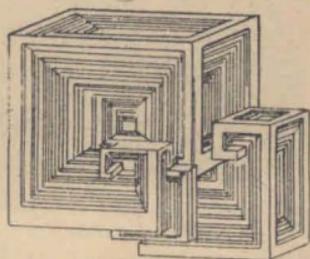


Fig. 9. — Cristales esqueléticos de sal común (NaCl)

vítrea ⁽¹⁾. En la naturaleza las masas silicatadas, por la gran viscosidad de que están dotadas, asumen con mucha facilidad el estado vítreo; estas masas no merecen el nombre de minerales porque no son compuestos puros y definidos que corresponden a una fórmula, sino soluciones mixtas y complejas a las que corresponde más el nombre de rocas.

4. IMPERFECCIÓN EN EL CRECIMIENTO. — Las condiciones en que se forman los cristales en la naturaleza no siempre son favorables para su desarrollo geométrico ideal, por eso están lejos de ser poliedros perfectos con sus caras

(¹) Las substancias vítreas sometidas a una elevación de temperatura se ponen pastosas sin pasar por un punto de fusión determinado.

bien planas y pulidas. No raras veces sus caras son visiblemente curvas como sucede en el diamante (C) (fig. 10), en el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que crece dentro de rocas calcáreas o arcillosas (fig. 11) con superficies tan curvas que los cristales tienen aspecto lenticular.

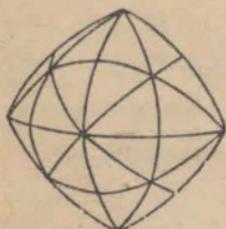


Fig. 10. — Cristal de diamante con caras curvas.



Fig. 11. — Cristal de yeso con caras curvas desarrollado dentro de una roca arcillosa.

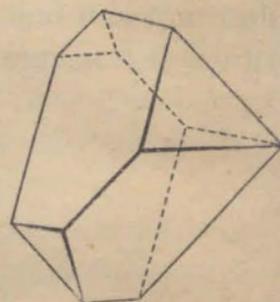


Fig. 12. — Cristal octaédrico desproporcionado

Además generalmente son más o menos desproporcionados (fig. 12), es decir, que todas sus caras no tienen el mismo desarrollo, y si no fuera por el valor de los ángulos que ellas forman entre sí no podríamos, a veces, reconocer ni el sistema al cuál pertenecen.

5. SUBSTANCIAS COLOIDALES. — La materia que forma los minerales, además del estado cristalino y del vítreo, puede presentar el *coloidal*, que tiene caracteres estructurales especiales.

Los coloides típicos están formados por dos sustancias independientes separables por medios físicos; una es extremadamente dividida y está *dispersa* en la otra homogénea que se llama *medio de dispersión*.

Este medio de dispersión puede ser líquido, sólido o vítreo. En las soluciones coloidales líquidas la sustancia

dispersa no está, como en las verdaderas soluciones, al estado iónico o como moléculas, sino en partículas de dimensiones muy grandes respecto a la de las moléculas.

Estas partículas sólo son visibles con el ultramicroscopio por el brillo que adquieren con la iluminación lateral. (Son soluciones coloidales líquidas: la cola, la goma, la clara de huevo, etc.) *proteínas*

El vidrio rubí, por ejemplo, es una substancia coloidal con medio de dispersión vítreo que tiene partículas de oro metálico al estado coloidal. Coloide, con medio de dispersión sólido cristalino, es la sal común (NaCl) azul, en la que el ultramicroscopio revela la presencia de partículas coloidales de naturaleza dudosa (Na[?]); se supone que son también soluciones coloidales sólidas, los minerales diversamente colorados.

En la naturaleza los coloides son sumamente abundantes, principalmente los de origen secundario, es decir, los originados por alteración de otras substancias y los de origen orgánico. Los más comunes son el *ópalo* (sílice hidratada), la *arcilla* ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$), la *laterita* (mezcla de $Al(OH)_3$ y $Fe(OH)_3$) la *limonita* ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$) y las sustancias húmicas entre los coloides orgánicos. Con el tiempo pasan al estado cristalino que es la forma estable de la materia sólida, como sucede, por ejemplo, con el ópalo (sílice hidratada coloidal), que pasa a calcedonia o cuarzo con pérdida total de agua.

Hamad
Mi
↓
Microscopio
Polariza

CAPITULO II

PROPIEDADES MORFOLOGICAS

Estudiaremos primero las propiedades de los cristales que se refieren a la forma que ellos pueden presentar. Salvo excepciones explicables (1), son poliedros aun cuando no se encuentren con esa limitación geométrica completa, por haberlo impedido las condiciones externas. Además, esa limitación depende de la naturaleza química de la substancia y de la estructura interna, y por consiguiente está íntimamente ligada con las propiedades físicas.

I

1. Caras, aristas, vértices. — 2. Constancia de los ángulos diedros

1. CARAS, ARISTAS, VÉRTICES. — Si se considera a los cristales como poliedros, se distinguen en ellos *caras* o planos que limitan la forma externa, *aristas* o ángulos diedros determinados por la intersección de dos caras y vértices formados por la intersección de más de dos aristas.

2. CONSTANCIA DE LOS ÁNGULOS DIEDROS. — Los cristales de una misma substancia tienen formas poliédricas se-

(1) Véase agregados cristalinos.

mejantes. Si se comparan entre sí varios cristales de la misma substancia, se puede comprobar que las caras homólogas tienen la misma inclinación cualquiera que sea su

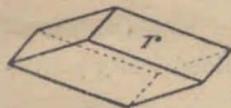


Fig. 13. — Romboedro de calcita (CaCO_3)

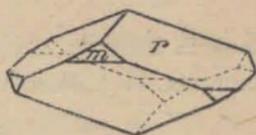


Fig. 14. — El mismo romboedro de la figura 13 con sus vértices facetados por caras de prisma.

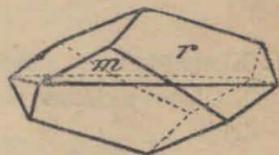


Figura 15

desarrollo; la calcita (CaCO_3) cristaliza en romboedros (poliedros de 6 caras rómbicas iguales) (fig. 13) con sus vértices generalmente facetados por caras m (fig. 14). En algunos casos estas caras m se desarrollan más que las caras r del romboedro (fig. 15) y llegan a predominar, tomando el cristal el aspecto de la figura 16. En este crecimiento varía sólo la extensión de las caras, permaneciendo constante sus inclinaciones respectivas.

Generalizando el hecho se puede decir que las caras de cristales semejantes de una misma substancia, pueden variar en sus dimensiones y configuración, pero el ángulo diedro que forman entre sí las caras homólogas es constante. Así, el ángulo $r : r$ de la calcita es para cualquier cristal de este mineral de $74^\circ 55'$ y el $m : r$ de $45^\circ 23'$. Esta constancia de los ángulos diedros fué establecida por el cristalógrafo danés Nicolau Steno en 1669.

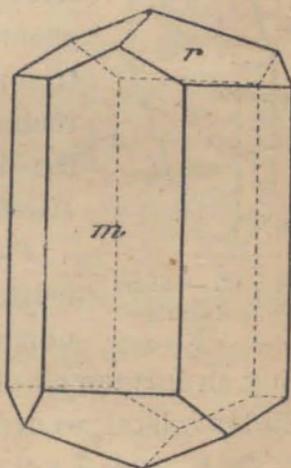


Fig. 16. — La misma combinación de la figura 15 con las caras m de prisma más desarrolladas que las r de romboedro.

II

SIMETRÍA DE LOS CRISTALES

1. Elementos de simetría. — 2. Formas simples y combinadas. —
3. Clases y sistemas de simetría. — 4. Formas holoédricas y meroédricas.

1. ELEMENTOS DE SIMETRÍA — Haciendo abstracción del desarrollo más o menos diverso de las caras de los cristales



Fig. 17. — Plano de simetría

ya teniendo en cuenta solamente el valor de los ángulos que ellas forman, se ve que son en su mayoría poliedros simétricos, es decir, que tienen sus elementos geométricos (caras, aristas, vértices) simétricamente dispuestos respecto a planos, a rectas o a un punto central. Estos elementos de referencia se llaman *elementos de simetría*.

Plano de simetría es el que divide el cristal en dos partes que se comportan una con respecto a la otra como un cuerpo

y su imagen en el espejo (fig. 17). En los cristales pueden existir, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9 planos de simetría que se designan así: P.

Eje de simetría es una recta alrededor de la cual un cuerpo puede sufrir una rotación de 360° pasando n veces por posiciones análogas,

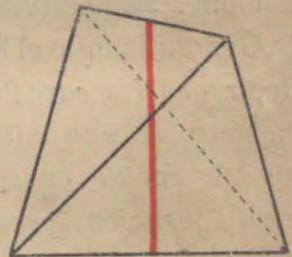


Fig. 18. — Eje digonal

es decir, que cada $\frac{360^\circ}{n}$ pasa por posiciones iguales; n o período de rotación, en los cristales puede ser 2, 3, 4 y 6,

los ángulos de rotación serán entonces de 180° , 120° , 90° y 60° y los ejes correspondientes se llaman *digonal* ⁽¹⁾, *trigonal*, *tetragonal* y *hexagonal* (figs. 18, 19, 20 y 21) y se designan así : E_2 , E_3 , E_4 , E_6 , respectivamente. *El número de planos de simetría y el período de los ejes no puede ser otro, porque sino la posición de las caras de los cristales no respondería a las leyes cristalográficas.* (Ley de simetría).

Ejes de simetría equivalentes son los que pueden substi-

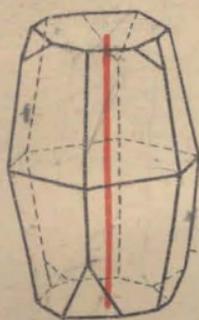


Fig. 19. — Eje trigonal



Fig. 20. — Eje tetragonal

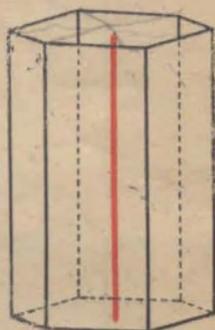


Fig. 21. — Eje hexagonal

tuirse el uno por el otro sin que el aspecto del cristal varíe. En la figura 22 se puede ver que los ejes *a* y *b* son equivalentes.

Todo plano que contenga dos o más ejes equivalentes se llama *plano principal*. Los que no contienen ejes de simetría equivalentes son *planos de simetría secundarios*.

En la figura 22 puede verse que el plano ABCD que contiene los ejes *a* y *b*, equivalentes, es un plano principal y los planos que contienen los ejes *a* y *c*, y *b* y *c* respectivamente son secundarios.

(1) De *gonos* = ángulo.



Centro de simetría es un punto situado en el interior del cristal y tal que las rectas que pasan por él, encuentran en sus extremos elementos iguales de la superficie del

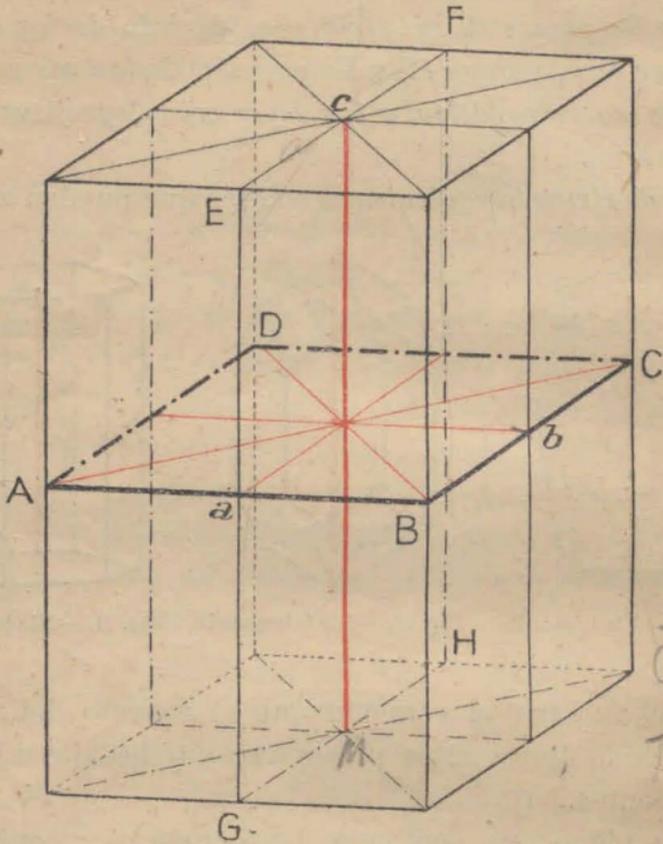


Fig. 22. — A, B, C, D, plano principal porque contiene a los ejes a y b que son equivalentes. E, F, G, H, plano secundario porque contiene a los ejes a y c que no son equivalentes.

crystal. La gran mayoría lo poseen y tienen para cada cara otra opuesta y semejante (figs. 23 y 24).

Los elementos de simetría no son rectas y planos definidos como los de la simetría geométrica, sino que son direcciones particulares que responden a ciertas condicio-

nes de simetría determinadas por la distribución de los átomos en la materia cristalina. Dicho de otra manera, son elementos de simetría de la estructura cristalina, y como

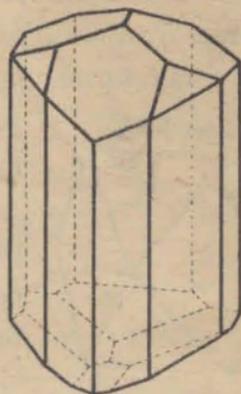
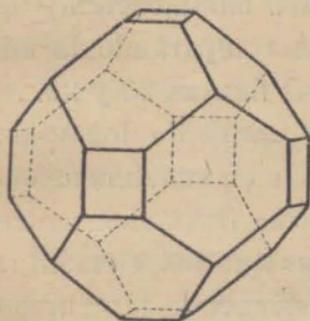


Fig. 23. — Cristal con centro de simetría

Fig. 24. — Cristal sin centro de simetría

ésta es igual en cada punto del cristal, pasarán por cada uno de ellos los mismos elementos que por el centro.

2. FORMAS SIMPLES Y COMBINADAS. — El conjunto de todas las caras equivalentes, es decir, las requeridas por

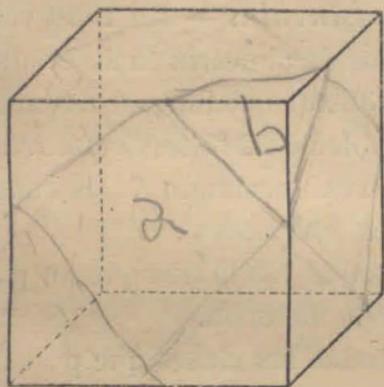


Fig. 25. — Forma simple, cubo

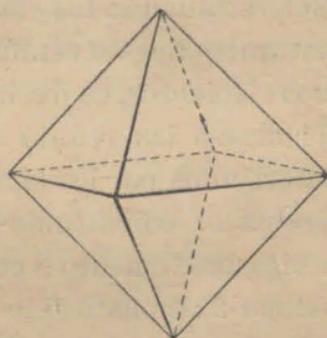


Fig. 26. — Forma simple, octaedro

los elementos de simetría existentes en un cristal, constituyen una *forma cristalina simple* (figs. 25 y 26).

Estas formas cristalinas simples se presentan combinadas entre sí dando formas combinadas como se ve en la figura 27 que representa un cristal de fluorita (CaF_2) formado por la combinación del cubo (caras a) y del octaedro (caras b); debido a la combinación, el contorno de las caras de las formas simples sufre modificaciones como puede verse comparando la misma figura con las figuras 25 y 26.

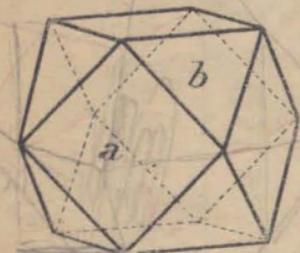


Fig. 27. — Forma combinada de cubo y octaedro

Como las caras de los cristales pueden variar en sus dimensiones y contornos, con frecuencia se tienen formas en las que los elementos de simetría solamente se descubren después de haber medido los ángulos de sus caras. De ahí que *en los cristales con desarrollo muy desproporcionado sea necesario medir los ángulos para determinar la simetría de la forma.*

Se usan para estas medidas aparatos especiales llamados *goniómetros* ⁽¹⁾.

3. CLASES Y SISTEMA DE SIMETRÍA. — En 1830 von Hessel, estudiando los elementos de simetría en los cristales naturales llegó a establecer 32 agrupaciones diferentes de esos elementos, es decir, estableció *32 clases de simetría*. Estas clases las reunió a su vez formando 7 sistemas caracterizados por los siguientes elementos:

Sistema 1: constituido por todas las clases que no poseen ningún elemento o centro de simetría.

Sistema 2: constituido por todas las clases que poseen 1 plano de simetría o 1 eje digonal.

Sistema 3: constituido por todas las clases que poseen

⁽¹⁾ De *gonos* = ángulo, y *metro* = medida.

3 ejes digonales o 1 eje digonal y dos planos perpendiculares entre sí que pasan por él.

Sistema 4: constituido por todas las clases que poseen 1 eje trigonal.

Sistema 5: constituido por todas las clases que poseen 1 eje tetragonal.

Sistema 6: constituido por todas las clases que poseen 1 eje hexagonal.

Sistema 7: constituido por todas las clases que poseen 4 ejes trigonales.

4. FORMAS HOLOÉDRICAS Y MEROÉDRICAS. — En cada uno de estos 7 sistemas hay una clase que posee el mayor grado de simetría, es decir, el máximo número de elementos de simetría que pueden presentarse en el sistema. Las formas que poseen esta simetría se llaman *holoédricas* y las otras *meroédricas* ⁽¹⁾.

III

1. Ejes cristalográficos. — 2. Clases de caras. — 3. Parámetros. — 4. Elementos cristalográficos. — 5. Índices. Ley de la racionalidad de los índices. — 6. Símbolo de las caras y de las formas.

1. EJES CRISTALOGRAFICOS. — Al hablar de estructura de los cristales dijimos que en éstos el concepto de molécula podía ser reemplazado por el de *paralelepípedo elemental*, formado por la más pequeña agrupación de átomos.

Las tres aristas a , b , c (fig. 28), que concurren a un mismo vértice de estos paralelepípedos se toman como refe-

(1) De *holos* = todo, *meros* = parte, y *edros* = plano.

que el X sea el anteroposterior, el Y el que va de izquierda a derecha ⁽¹⁾ y el Z el vertical. Se consideran positivas las porciones OX, OY y OZ y negativas las OX', OY' y OZ'. Los ángulos que forman los ejes entre sí, se designan α el formado por los ejes Z e Y, β el formado por los ejes Z y X y γ el formado por los ejes X e Y (fig. 29).

2. CLASES DE CARAS. — Las caras de los cristales pueden tener diferentes posiciones en relación a los ejes cristalográficos :

a) Si su plano corta a los tres ejes la cara es *piramidal* (fig. 30);

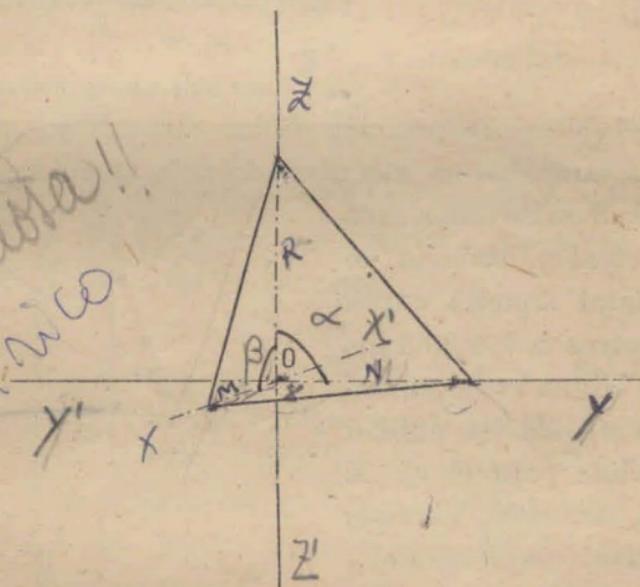


Fig. 30. — Cara piramidal

b) Si corta a dos ejes y es paralelo al tercero se trata de una *cara prismática* (fig. 31);

c) Si corta a un solo eje y es paralelo a los otros dos se llama *pinacoidal* (fig. 32).

(1) No será de derecha a izquierda? AB

3. PARÁMETROS. — Estas caras al cortar a los ejes cristalográficos determinan en ellos longitudes finitas e infinitas que se llaman *parámetros*;

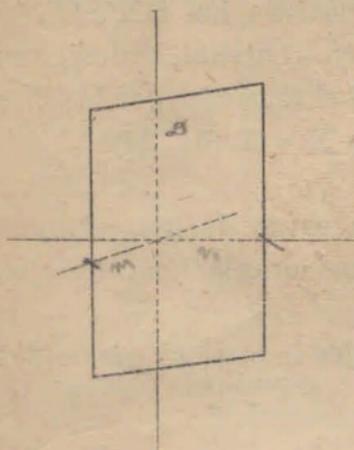


Fig. 31. — Cara prismática

la cara piramidal de la figura 30 corta al eje X a una distancia del origen igual a m , al eje Y a una distancia igual a n y al eje Z a una distancia igual a r ; sus parámetros son entonces m, n, r . De igual manera los parámetros de la cara prismática de la figura 31 son, m, n, ∞ y los de la cara pinacoidal de la figura 32 son ∞, n, ∞ .

Como tales longitudes sirven para establecer la posición de las caras de los cristales, fué necesario obtener una unidad fija de medida para cada una de ellas. Se llama *cara parametral* o *unitaria* de un cristal aquella cuyos parámetros a, b, c , son los que se eligen como unidades de medida (la unidad de medida para el eje X será a , para el eje Y será b , y para el eje Z será c) y los que fijan las magnitudes a, b, c , de los ejes cristalográficos.

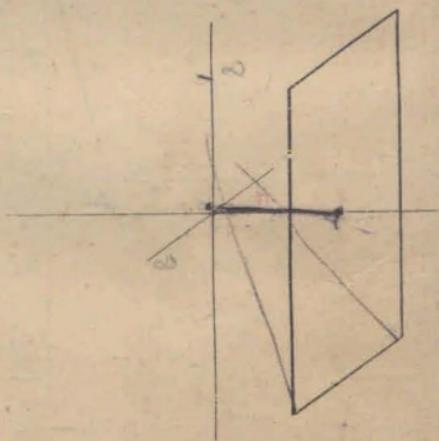


Fig. 32. — Cara pinacoidal

Es evidente que la cara parametral es una cara de parámetros finitos, es decir, una cara piramidal. Se toma generalmente como parametral la cara piramidal que se presenta con más frecuencia en un número más o menos

$$y = b$$

$$z = c$$

πα γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ ν ξ ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω
 ΕΙΣΤΑ ΤΟΡΤΕΡ

grande de cristales de la misma substancia. Cuando los tres parámetros de esta cara son diferentes entre sí, como un resultado de la simetría del cristal a que pertenece, se toma convencionalmente como unidad el que corresponde al eje *b*; así, para el azufre, los parámetros fundamentales son:

$$a = 9,8108, \quad b = 1, \quad c = 1,9005$$

9,8108 será la unidad de medida para el eje *a*, 1 para el eje *b* y 1,9005 para el eje *c*.

Las relaciones que hay entre los parámetros *a*, *b*, *c* de la cara parametral y los *a'*, *b'*, *c'* de una cara cualquiera se llaman *índices* de la cara.

$$\frac{a}{a'} : \frac{b}{b'} : \frac{c}{c'}$$

4. ELEMENTOS CRISTALOGRAFICOS. — Se llama *elementos cristalográficos* o *relaciones axiales* al conjunto de las relaciones *a : b : c* y de los ángulos α, β, γ .

5. INDICES. LEY DE LA RACIONALIDAD DE LOS ÍNDICES. — Se ha demostrado por la experiencia que siendo *a*, *b* y *c* los parámetros de la cara parametral de un cristal, pueden existir en él o en otros cristales semejantes de la misma substancia, otras caras de parámetros *a'*, *b'* y *c'* tales que

$$\frac{a}{a'} = h, \quad \frac{b}{b'} = k, \quad \frac{c}{c'} = l \quad \text{o sea} \quad \frac{a}{a'} : \frac{b}{b'} : \frac{c}{c'} = h : k : l$$

siendo *h*, *k*, *l* números racionales, enteros, positivos o negativos llamados *índices de Miller* de la cara cuyos parámetros son: *a'*, *b'* y *c'*. Esta condición invariable tiene el valor de una ley, por eso Haüy, que la estableció, la llamó

ley de la racionalidad de los índices. Por convención h es el índice que se refiere al eje a , k el que se refiere al eje b y l el relativo al c . Por ejemplo : una cara cualquiera A' , B' , C' de la ortosa cuyos parámetros unitarios son : $0,6585 : 1 : 0,5554$ tiene como parámetros $0,2193 : 1 : \infty$, sus índices serán :

$$\frac{0,6585}{0,2193} : \frac{1}{1} : \frac{0,5554}{\infty}$$

$\begin{array}{r} 0,2193 \\ 1 \times 3 \\ \hline 0,6579 \end{array} (1)$

Pero

$$0,2193 \overset{N}{=} \frac{0,6585}{3} \quad \text{y} \quad 0,6585 : 1 : 0,5554$$

son los parámetros unidad, luego la relación (1) se podrá escribir así : $\frac{1}{\frac{1}{3}} : \frac{1}{1} : \frac{1}{\infty} = 3 : 1 : 0$.

3, 1, 0 son los índices de la cara que corta al eje a a una distancia igual a $\frac{1}{3}$ del parámetro de la cara unitaria; al eje b a la misma distancia que dicha cara y es paralela al eje c .

6. SÍMBOLO DE LAS CARAS Y DE LAS FORMAS. — El conjunto de los índices de una cara representa su posición, por eso se llama *símbolo* de la misma y se escribe entre paréntesis (hkl). Si se tuviera por ejemplo el símbolo (123) debe leerse uno, dos, tres. La cara parametral tendrá siempre por símbolo (111) porque sus parámetros están relacionados consigo mismo.

$$\frac{a}{a} : \frac{b}{b} : \frac{c}{c} = 1 : 1 : 1.$$

El símbolo (123) indica que la cara corta al eje a a la misma distancia que la cara parametral, al eje b a una

distancia igual a la mitad y al eje c a una distancia igual a un tercio de la distancia relativa de la cara (111).

Cuando se tienen caras paralelas a uno o dos ejes, los parámetros respectivos a estos ejes son ∞ y por consiguiente sus índices serán 0; así, una cara prismática con respecto al eje a y que corta a los otros dos a la misma distancia que la cara parametral tendrá por símbolo (011). Si las caras tienen parámetros negativos, sus índices llevarán un signo negativo que por comodidad se pone sobre el índice así: $(\bar{1}2\bar{3})$, es la cara que corta a los ejes a y c en los segmentos negativos.

Para indicar el *símbolo de una forma cristalina simple* se escribe entre llaves el de la cara que tiene mayor número de índices positivos, así: { 123 }.

Las formas cristalinas combinadas se representan con los símbolos de las formas simples que la constituyen. Así una forma combinada sería { 100 } y { 111 }.

IV

1. Grupos y sistemas cristalinos. — 2. Grupo trimétrico: a) Sistema triclinico; b) Sistema monoclinico; c) Sistema rómbico. — 3. Grupo dimétrico: a) Sistema tetragonal; b) Sistema hexagonal; c) Sistema trigonal. — 4. Grupo monométrico. Sistema cúbico.

1. GRUPOS Y SISTEMAS CRISTALINOS. — El estudio geométrico sencillito de los paralelepípedos elementales (págs. 16 y 19) nos permite establecer que no hay más de 7 tipos distintos que son:

1. El paralelepípedo oblicuo cuyas aristas de tres dimensiones se cortan en ángulos diferentes entre sí y de 90° (fig. 33); *sistema triclinico.*

2. El paralelepípedo oblicuo cuyas aristas de tres dimensiones se cortan, dos en ángulo recto siéndolo la tercera oblicua al plano de las otras dos (fig. 34); *monocl*

3. El paralelepípedo cuyas aristas de tres dimensiones se cortan en ángulo recto (fig. 35); *rombo*

4. El paralelepípedo recto de base hexagonal cuyas

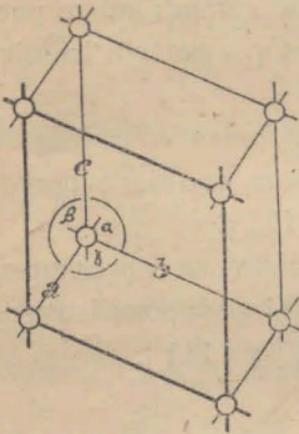


Fig. 33. — Paralelepípedo elemental del sistema triclínico

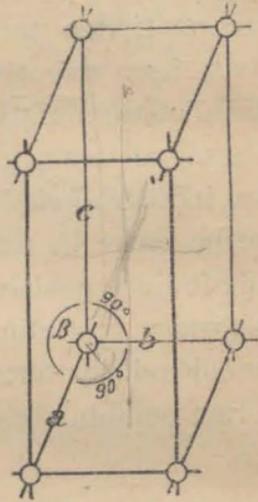


Fig. 34. — Paralelepípedo elemental del sistema monoclinico

aristas de dos medidas se cortan, las de la base a 120° y la cuarta es perpendicular a ellas (fig. 36); *trigonal*

5. El paralelepípedo recto de base cuadrada cuyas aristas son también de dos dimensiones y se cortan en ángulo recto (fig. 37); *tetra*

6. El romboedro en que las aristas del ángulo triedro regular son iguales y se cortan en ángulos diferentes de 90° (fig. 38); *hexagonal*

7. El paralelepípedo de aristas iguales y perpendiculares entre sí (fig. 39). *cúbico*

Y como las aristas que concurren a un mismo vértice

de estos paralelepípedos representan los ejes cristalográficos, se deduce que las diferentes condiciones que éstos

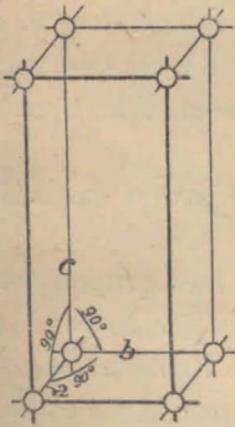


Fig. 35. — Paralelepípedo elemental del sistema rómbico.

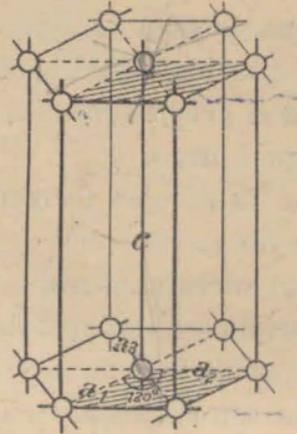


Fig. 36. — Paralelepípedo elemental del sistema hexagonal.

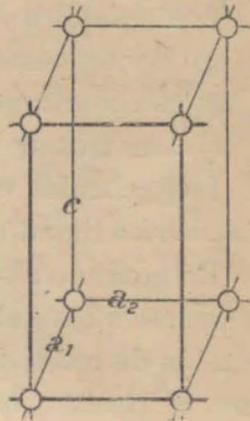


Fig. 37. — Paralelepípedo elemental del sistema tetragonal.

pueden ofrecer en los cristales se refieren a sus relaciones de magnitud y a sus relaciones angulares.

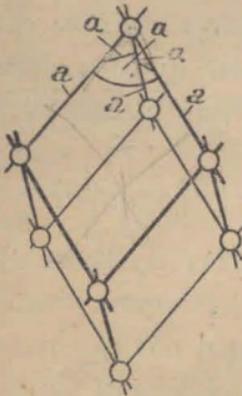


Fig. 38. — Paralelepípedo elemental del sistema trigonal

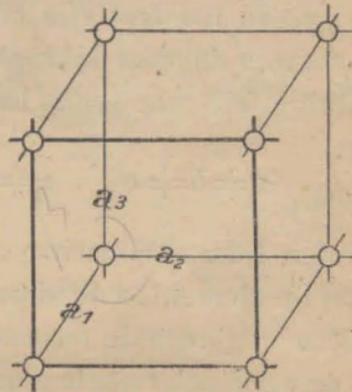


Fig. 39. — Paralelepípedo elemental del sistema cúbico

Con respecto a las primeras pueden ser :

- a) Los tres de diferente magnitud.

Los cristales que poseen tales ejes forman el grupo llamado *trimétrico* (tres medidas).

b) Uno de ellos es desigual.

Los cristales que poseen un eje cristalográfico más largo o más corto que los restantes (dos o tres) que son iguales constituyen el grupo *dimétrico* (dos medidas).

c) Los tres de igual largo.

Los cristales con tales ejes forman el grupo llamado *isométrico* (igual medida). *o monométrico*

Estudiando ahora sucesivamente estos tres grupos con respecto a las relaciones angulares de los ejes, la combinación de condiciones da lugar a sistemas llamados *sistemas cristalinos*, que son los establecidos por la simetría.

1. GRUPO TRIMÉTRICO

De la observación de los paralelepípedos que pertenecen a este grupo se deduce que hay un conjunto de formas que poseen los *tres ejes cristalográficos oblicuos entre sí, que forman ángulos diferentes*, es decir, que los elementos cristalográficos de todas las formas que tienen esos ejes son :

$$a \neq b \neq c \quad \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ \text{ (fig. 40).}$$

Tales formas constituyen el *sistema triclinico* ⁽¹⁾ y carecen de elementos de simetría o sólo tienen el centro.

Otro conjunto de formas que tienen *dos ejes que se cortan perpendicularmente y un tercero oblicuo al plano de los otros dos*. Sus elementos cristalográficos son :

$$a \neq b \neq c, \quad \alpha = \gamma = 90^\circ, \quad \beta > 90^\circ \text{ (fig. 41).}$$

(1) *Clinos* = inclinación, y *tri* = tres.

Estas formas constituyen el sistema monoclinico y tienen como elementos de simetría característicos, un plano o un eje digonal.

Por último, otro conjunto de formas cuyos ejes son perpendiculares entre sí, es decir, que sus elementos cristalográficos son :

$$a \neq b \neq c, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \text{ (fig. 42).}$$

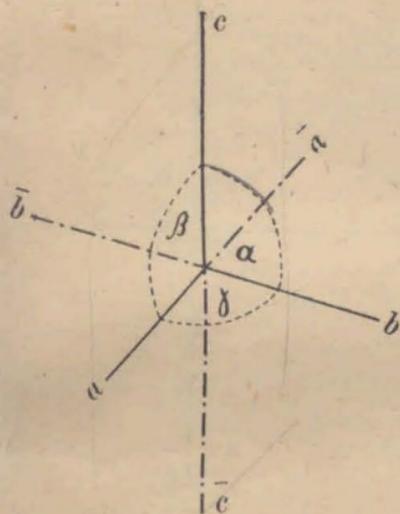


Fig. 40. — Elementos cristalográficos del sistema triclinico

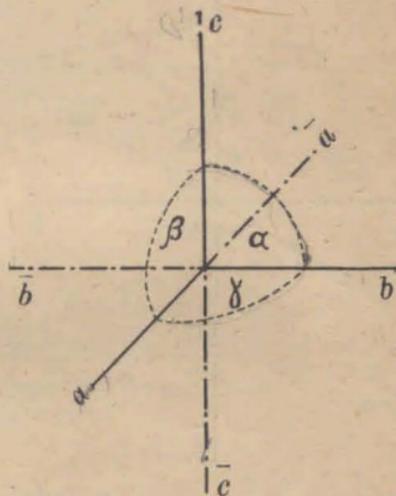


Fig. 41. — Elementos cristalográficos del sistema monoclinico

Forman el sistema rómbico y tienen como elementos de simetría característica, tres ejes digonales o un eje digonal y dos planos perpendiculares entre sí que pasan por él.

2. GRUPO DIMÉTRICO

Las formas de este grupo se reúnen en dos conjuntos :

Uno cuyas formas tienen dos ejes iguales y perpendiculares entre sí y el tercero de longitud diferente, perpendicu-

lar al plano de los otros dos. Sus elementos cristalográficos son :

$$a = b \neq c, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \text{ (fig 43).}$$

Tales formas constituyen el *sistema tetragonal* y tienen como elemento de simetría característico, un eje tetragonal.

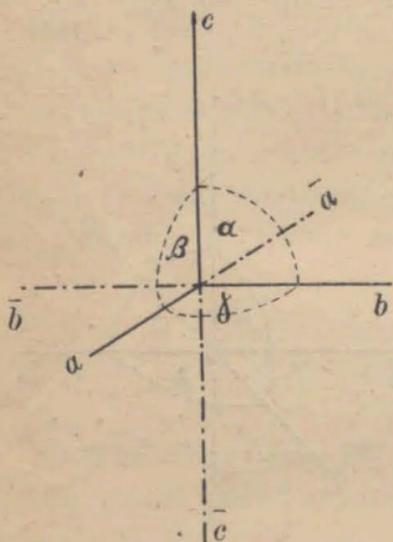


Fig. 42. — Elementos cristalográficos del sistema rómbico

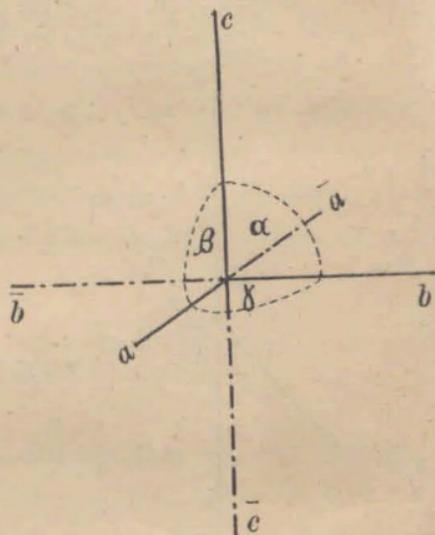


Fig. 43. — Elementos cristalográficos del sistema tetragonal

Otro conjunto en cuyas formas hay que considerar *tres ejes cristalográficos iguales situados en un plano que forman entre sí ángulos de 120°* y un cuarto eje de diferente longitud perpendicular al plano de los anteriores. Sus elementos cristalográficos son :

$$a = b = d \neq c, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ, \quad \textcircled{1} \gamma = 120^\circ \text{ (fig. 44).}$$

De estas formas las que tienen un eje de simetría trigonal constituyen el *sistema trigonal* y las que tienen un eje hexagonal, el *sistema hexagonal*.

① Podría considerarse 3 ejes ($\gamma, \gamma', \gamma''$) iguales entre sí $\gamma = 120^\circ$. — R.B.

En realidad, los ejes cristalográficos del sistema trigonal son las tres aristas del ángulo triedro regular del romboedro, pero por haberse considerado este sistema hasta

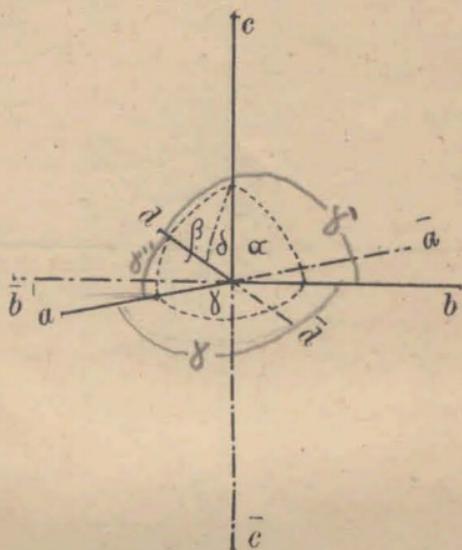


Fig. 44. — Elementos cristalográficos del hexagonal y del sistema trigonal

hace poco como un subsistema del hexagonal y por razones didácticas, consideramos los mismos ejes.

3. GRUPO ISOMÉTRICO

Los ejes cristalográficos son iguales y perpendiculares entre sí.

Los elementos cristalográficos de las formas que los poseen son :

$$a = b = c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \text{ (fig. 45).}$$

Estas formas constituyen el *sistema cúbico* que posee como elementos de simetría característicos, 4 ejes trigonales.

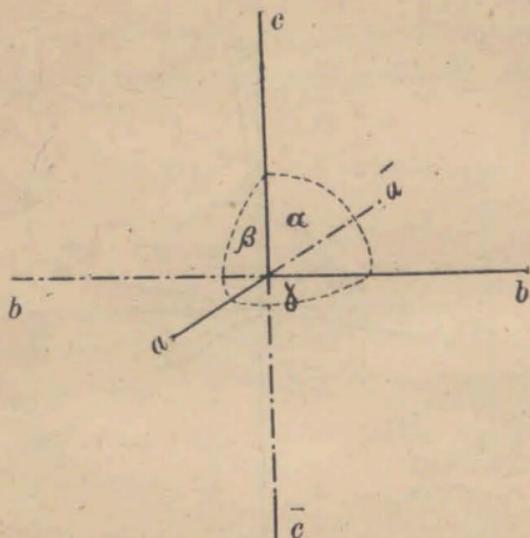


Fig. 45. — Elementos cristalográficos del sistema cúbico

Las formas que poseen tres ejes iguales que se cortan en ángulos iguales, pero diferentes de 90° , constituyen el sistema *trigonal*.

Resumiendo tenemos :

Grupo	Elementos cristalográficos	Elementos de simetría característicos	Sistema
Trimétrico	$a \neq b \neq c$ todos $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ Δ	Centro o ningún elemento	Triclínico.
	$a \neq b \neq c$ todos $\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta > 90^\circ$ Δ	1 plano o 1 eje digonal	Monoclínico.
	$a \neq b \neq c$ todos $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ Δ	3 ejes digonales o 1 eje digonal y dos planos perpendiculares que pasan por él.	Rómbico.
Dimétrico	$a = b \neq c$ todos $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ Δ	1 eje tetragonal	Tetragonal.
	$a = b = d \neq c$ todos $\alpha = \beta = \delta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$ Δ	1 eje trigonal	Trigonal.
	$a = b = d \neq c$ todos $\alpha = \beta = \delta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$ Δ	1 eje hexagonal	Hexagonal.
Monométrico	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	3 ejes tetragonales 4 ejes trigonales	Cúbico.

2. GRUPO TRIMÉTRICO. — Las formas cristalinas holoédricas de este grupo son :

Pinacoides, formados por dos caras paralelas.

Prismas, formados por cuatro caras paralelas dos a dos.

Bipirámides, formadas por ocho caras piramidales.

Es evidente que los pinacoides y los prismas no pueden por sí solos cerrar el espacio y constituir un cuerpo, por eso se les encuentra siempre combinados entre sí o con otras formas.

a) Sistema triclinico

Los conos se de
non con la latic

Los elementos cristalográficos de este sistema son :

$$a \neq b \neq c \quad \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ \quad (\text{fig. 40}).$$

Carece de elementos de simetría o posee centro en las formas holoédricas ; por esta razón se le llama también sistema *asimétrico*.

Se eligen como ejes cristalográficos las tres aristas más comunes — en un grupo de cristales de la misma substancia — que concurren o un mismo vértice.

Las formas holoédricas de este sistema, debido a la existencia de centro como único elemento de simetría, no podrán tener más que dos caras, que son evidentemente paralelas. Estas formas se presentan siempre combinadas entre sí para cerrar espacio, dando formas combinadas.

Son las 7 siguientes :

A. Formas de caras pinacoidales (que cortan a un eje) :

1. *Primer pinacoide triclinico*, formado por dos caras que cortan al eje *a* y son paralelas a los otros dos. Su símbolo es $\{100\}$ (fig. 46) ;

2. *Segundo pinacoide triclinico*, formado por dos caras

la escritura abreviada de los conos se por
P = AH, T = V - (de la palabra primitiva)

que cortan al eje b y son paralelas a los otros dos. Su símbolo es $\{010\}$ (fig. 47);

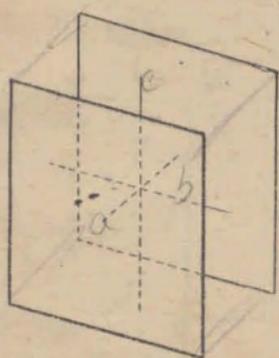


Fig. 46. — Primer pinacoide triclínico

$\{100\}$

a b c

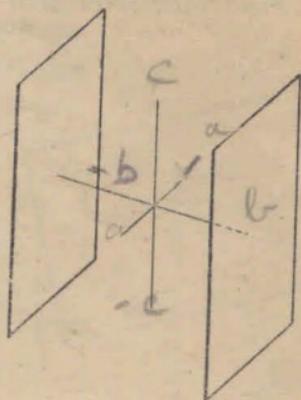


Fig. 47. — Segundo pinacoide triclínico

$\{010\}$

3. Tercer pinacoide triclínico, formado por dos caras que cortan al eje c y son paralelas a los otros dos. Su símbolo es $\{001\}$ (fig. 48);

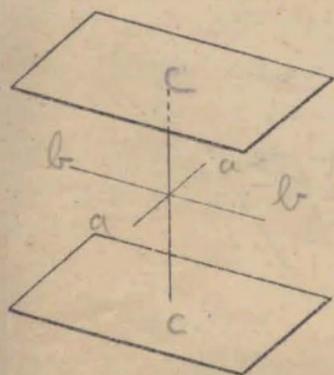


Fig. 48. — Tercer pinacoide triclínico

$\{001\}$

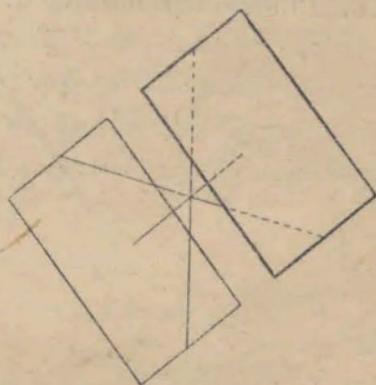


Fig. 49. — Pinacoide triclínico

de primera clase $\{0kl\}$

B. Formas de caras prismáticas (que cortan a dos ejes son paralelas al tercero):

4. Pinacoide triclínico de primera clase, formado por dos

caras paralelas al eje a y que cortan a los otros dos (fig. 49). Su símbolo es $\{0kl\}$;

5. *Pinacoide triclínico de segunda clase*, formado por dos

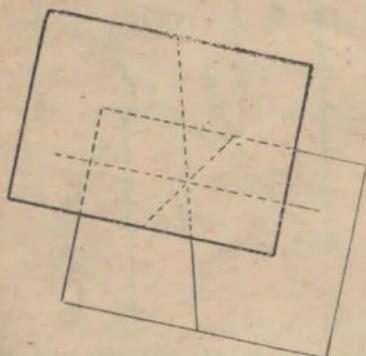


Fig. 50. — Pinacoide triclínico de segunda clase $\{h0l\}$

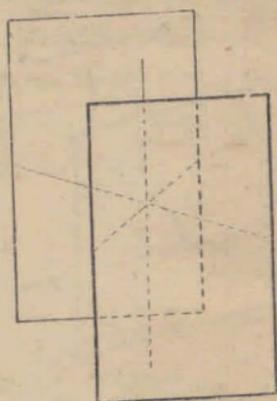


Fig. 51. — Pinacoide triclínico de tercera clase $\{hk0\}$

caras paralelas al eje b y que cortan a los otros dos (fig. 50). Su símbolo es $\{h0l\}$;

6. *Pinacoide triclínico de tercera clase*, formado por dos

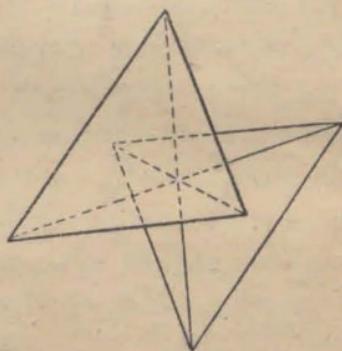


Fig. 52. — Pinacoide triclínico de cuarta clase $\{hk1\}$

caras paralelas al eje c que cortan a los otros dos (fig. 51). Su símbolo es $\{hk0\}$;

C. Formas de caras piramidales (que cortan a los tres ejes):

7. *Pinacoides triclínicos de cuarta clase*, formado por dos caras piramidales (fig. 52). Su símbolo es $\{hkl\}$.

En las figuras 53, 54 y 55 pueden verse combinaciones de estas formas simples.

De los 800 minerales cuyo sistema de cristalización está

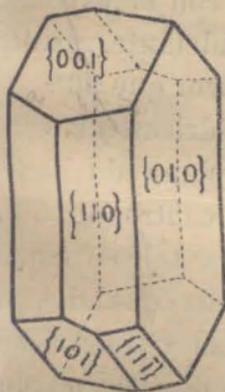


Fig. 53. — Albita
($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)

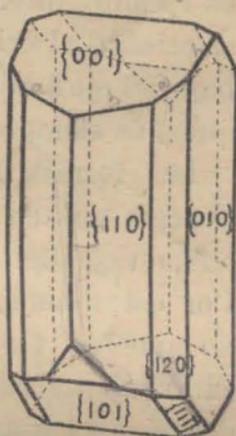


Fig. 54. — Albita

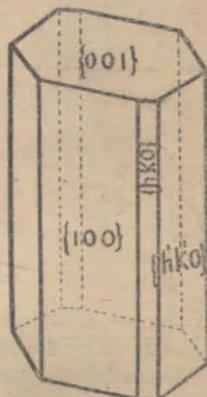


Fig. 55. — Cianita
(Al_2SiO_5)

bien definido, sólo alrededor de 40 cristalizan en este sistema, ejemplos: las plagioclasas (silicatos aluminicos de calcio y sodio), el disteno o cianita (Al_2SiO_5), la calcantita ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), el microclino (KAlSi_3O_8), la anortosa ($\text{K, Na} \text{AlSi}_3\text{O}_8$, etc.

b) Sistema monoclinico

*Caras p. local
de entera*

Sus elementos cristalográficos son:

$$a \neq b \neq c \quad \alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta > 90^\circ \quad (\text{fig. 41})$$

y sus elementos de simetría característicos: un eje diagonal o un plano.

Los ejes cristalográficos son, uno perpendicular al pla-

no de simetría o paralelo al eje digonal que corresponde al eje b , otro perpendicular a éste y vertical que correspon-

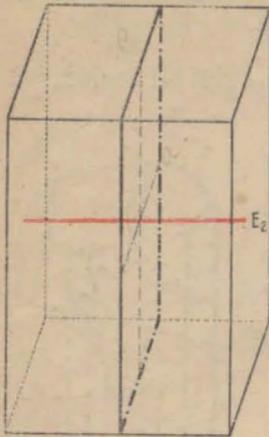


Fig. 56. — Elementos de simetría de las formas holoédricas del sistema monoclinico.

de al eje c y un tercero oblicuo al plano de los otros dos que corresponde al eje a , de modo que el ángulo β es siempre diferente de 90° , y como se orienta el cristal con el extremo bajo del eje a hacia adelante, resulta que β es siempre mayor que 90° .

Las formas holoédricas de este sistema poseen un plano de simetría, un eje digonal y centro (fig. 56). Por estas condiciones tales formas no pueden tener más que dos o cuatro caras paralelas y simétricas dos a dos; ninguna de ellas puede por consiguiente cerrar espacio, por

eso están siempre combinadas. Estas formas simples son:

A. Formas de caras pinacoidales (que cortan a un eje).

1. *Primer pinacoide monoclinico* $\{100\}$, formado por

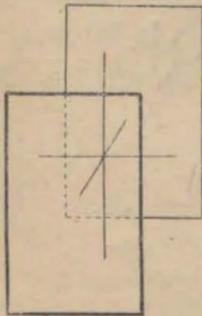


Fig. 57. — Primer pinacoide monoclinico $\{100\}$

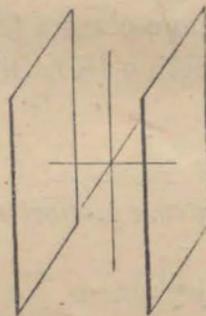


Fig. 58. — Segundo pinacoide monoclinico $\{010\}$

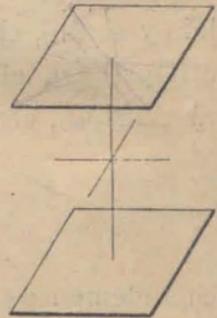


Fig. 59. — Tercer pinacoide monoclinico $\{001\}$

dos caras que cortan al eje a y son paralelas a b y c (fig. 57);

2. *Segundo pinacoide monoclinico* $\{010\}$, formado por

dos caras que cortan al eje b y son paralelas a los otros dos (fig. 58);

3. *Tercer pinacoide monoclinico* $\{001\}$, formado por dos

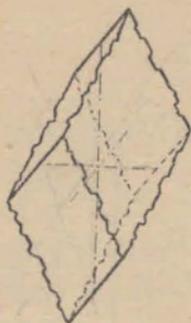


Fig. 60. — Prisma monoclinico de primera clase $\{0kl\}$

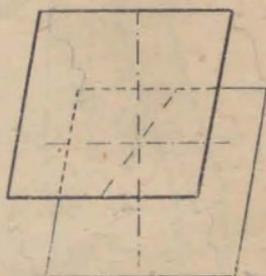


Fig. 61. — Pinacoide monoclinico de segunda clase $\{h0l\}$

caras que cortan al eje c y son paralelas a los ejes a y b (fig. 59);

B. Formas de caras prismáticas (que cortan a dos ejes y son paralelos al tercero):

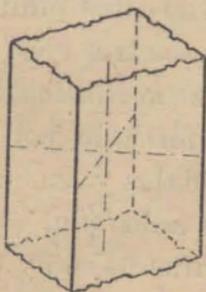


Fig. 62. — Prisma monoclinico de tercera clase $\{hk0\}$

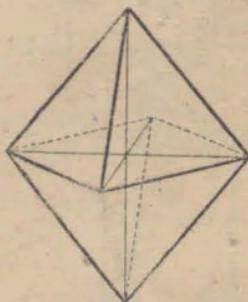


Fig. 63. — Prisma monoclinico de cuarta clase $\{hkl\}$

4. *Prisma monoclinico de primera clase* $\{0kl\}$, formado por cuatro caras prismáticas paralelas al eje a y entre sí paralelas y semejantes dos a dos (fig. 60);

5. *Pinacoide monoclinico de segunda clase* $\{h0l\}$ forma-

es una especie que es pinacoide

do por dos caras prismáticas paralelas al eje b y paralelas entre sí (fig 61);

6. *Prisma monoclinico de tercera clase* $\{hk0\}$, formado



Fig. 64. — Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

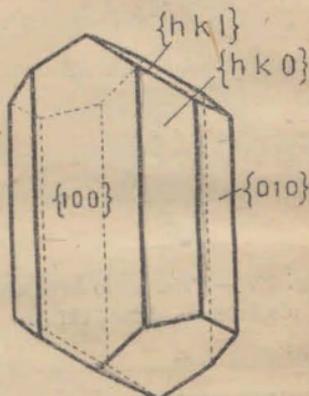


Fig. 65. — Augita (silicato complejo)

por cuatro caras prismáticas paralelas al eje c y entre sí semejantes y paralelas dos a dos (fig. 62);

C. Formas de caras piramidales (que cortan a los tres ejes):

7. *Prisma monoclinico de cuarta clase* $\{hk1\}$, formado por cuatro caras piramidales y semejantes y paralelas dos a dos (fig. 63).

En las figuras 64, 65 y 66 pueden verse formas combinadas.

Cristalizan en este sistema alrededor de 300 minerales; ejemplos: el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la

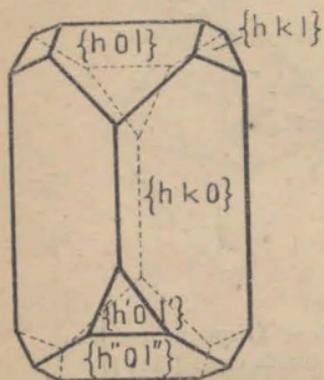


Fig. 66. — Titanita (TiCaSiO_5)

titanita (TiCaSiO_5), la augita (mezcla de silicatos de hierro, magnesio y calcio), la ortosa (KAl_3SiO_8), la wollastonita ($\text{Ca}(\text{SiO}_3)_2$), la wolframita ($(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$), la muscovita

$H_2KAl_3(SiO_4)_3$, la biotita $H_2K(Fe.Mg)_2(Al.Fe)(SiO_4)_3$, las cloritas (mezclas de silicatos ácidos de Mg y Al), los anfíboles (mezclas de silicato de Fe, Mg, Ca).

e) Sistema rómbico ✕

Los elementos cristalográficos de este sistema son :

$$a \neq b \neq c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \quad (\text{fig. 42})$$

y los elementos de simetría característicos :

Tres ejes digonales o un eje digonal y dos planos perpendiculares entre sí que pasan por él.

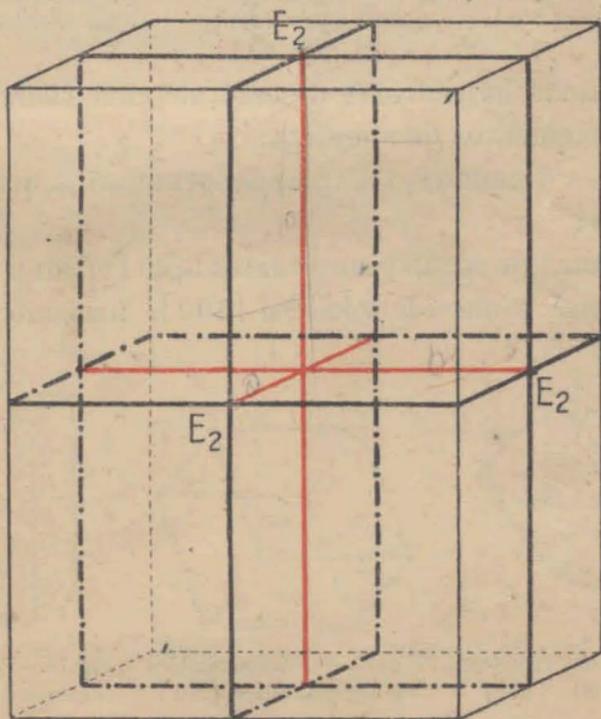


Fig. 67. — Elementos de simetría de las formas holoédricas del sistema rómbico

Como ejes cristalográficos se eligen los tres paralelos a los ejes de simetría si éstos existen, o sino uno paralelo al

eje digonal y los otros dos perpendiculares a él y contenidos en los planos de simetría. Se toma como eje c el que tiene más diferencia con los otros dos y de éstos el más corto es el b .

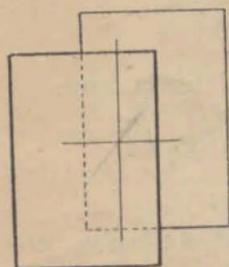


Fig. 68. — Primer pinacoide rómbico $\{100\}$

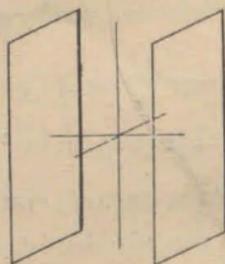


Fig. 69. — Segundo pinacoide rómbico $\{010\}$

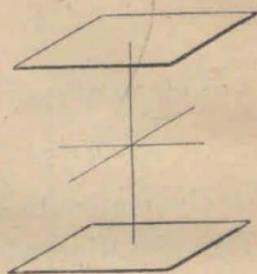


Fig. 70. — Tercer pinacoide rómbico $\{001\}$

Las formas holoédricas de este sistema tienen los siguientes elementos de simetría :

Tres ejes digonales, tres planos secundarios, centro (fig. 67), y son :

A. Formas de caras pinacoidales (que cortan a un eje) :

1. *Primer pinacoide rómbico* $\{100\}$, formado por dos

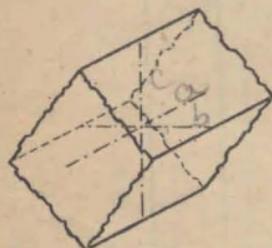


Fig. 71. — Prisma rómbico de primera clase $\{0kl\}$

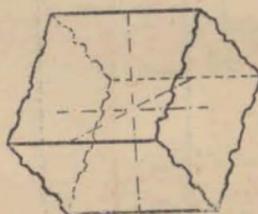


Fig. 72. — Prisma rómbico de segunda clase $\{h0l\}$

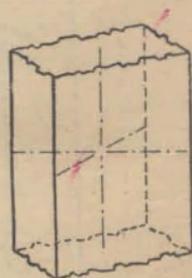


Fig. 73. — Prisma rómbico de tercera clase $\{hk0\}$

caras perpendiculares al eje a y paralelas a los otros dos (fig. 68) ;

2. *Segundo pinacoide rómbico* $\{010\}$, formado por dos caras perpendiculares al eje b y paralelas a a y c (fig. 69) ;

3. *Tercer pinacoide rómbico* $\{001\}$, formado por dos caras perpendiculares al eje c y paralelas a a y b (fig. 70);

B. Formas de caras prismáticas (que cortan a dos ejes y son paralelas al tercero):

4. *Prisma rómbico de primera clase* $\{0kl\}$, formado por cuatro caras paralelas al eje a y que cortan a los otros dos (fig. 71);

5. *Prisma rómbico de segunda clase* $\{h0l\}$, formado por cuatro caras paralelas al eje b y que cortan a los otros dos (fig. 72);

6. *Prisma rómbico de tercera clase* $\{hk0\}$, formado por cuatro caras paralelas al eje c y que cortan a a y b (fig. 73);

C. Formas de caras piramidales (que cortan a los tres ejes):

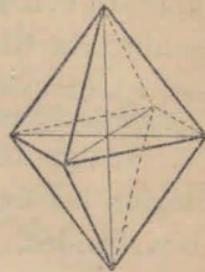


Fig. 74. — Bipirámide rómbica $\{hkl\}$

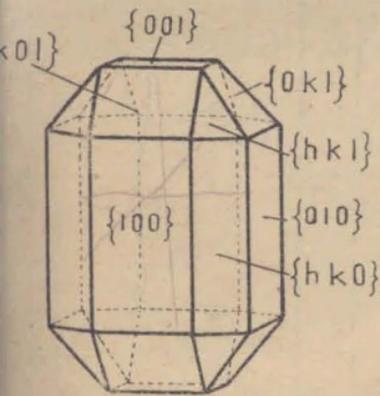


Fig. 75. — Olivina $(Fe,Mg)_2SiO_4$

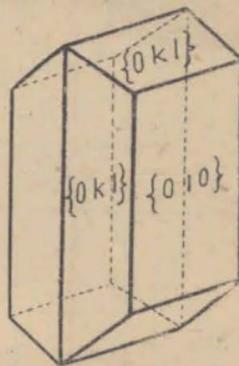


Fig. 76. — Aragonita $(CaCO_3)$

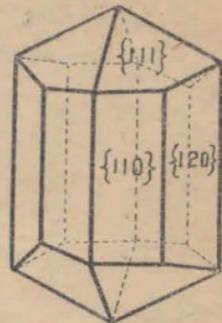


Fig. 77. — Topacio $Al_2(F,OH)_2SiO_4$

7. *Bipirámide rómbica* $\{hkl\}$, formada por ocho caras que cortan a los tres ejes (fig. 74).

Las figuras 75, 76 y 77 muestran combinaciones de estas diferentes formas.

También en este sistema cristalizan muchos minerales (alrededor de 280). La aragonita (CaCO_3), la olivina ($\text{Fe, Mg}_2\text{SiO}_4$), el topacio ($\text{Al}_2(\text{OH, F})_2\text{SiO}_4$), la baritina (BaSO_4), la anhidrita (CaSO_4), la estroncianita (SrCO_3) whiterita (BaCO_3), cerusita (PbCO_3) etc. Son minerales rómbicos.

3. GRUPO DIMÉTRICO. — Lo mismo que en el grupo anterior, las formas holoédricas son pinacoides, prismas y bipirámides.

a) Sistema tetragonal \times

Los elementos cristalográficos son :

$$a = b \neq c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \quad (\text{fig. 43})$$

y el elemento de simetría característico es : un eje tetragonal.

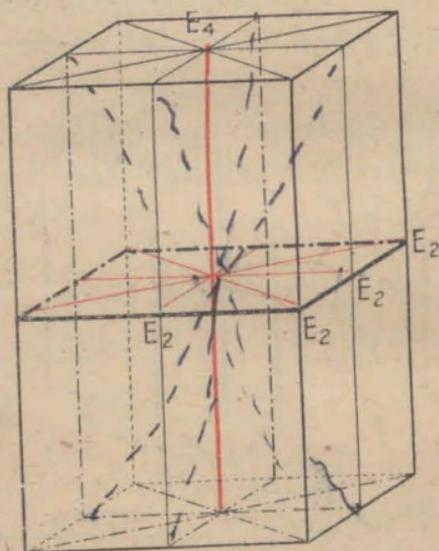


Fig. 78. — Elementos de simetría de las formas holoédricas del sistema tetragonal

Los ejes cristalográficos se toman, uno paralelo al eje tetragonal que es el c y los otros dos, que son el a y el b iguales, perpendiculares a él y entre sí.

Las formas holoédricas presentan como elementos de simetría : un eje tetragonal, cuatro ejes digonales, un plano principal, cuatro planos secundarios, centro (fig. 78).

Los ejes cristalográficos a y b coinciden con dos ejes de simetría digonales perpendiculares entre sí. Estas formas son :

A. Pinacoides :

1. *Pinacoide tetragonal* $\{001\}$, formado por dos caras perpendiculares al eje c (fig. 79);

B. Prismas :

2. *Prisma tetragonal de primer orden* $\{110\}$, formado por cuatro caras paralelas al eje c y que cortan a los otros dos a la misma distancia (fig. 80);

3. *Prisma tetragonal de segundo orden* $\{100\}$, formado por cuatro caras pinacoidales paralelas al eje c y a uno de los horizontales (fig. 81);

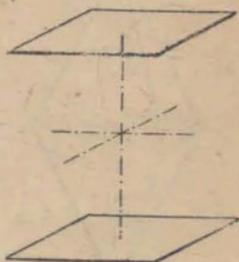


Fig. 79. — Pinacoide tetragonal $\{001\}$

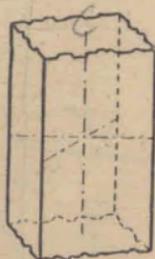


Fig. 80. — Prisma tetragonal de primer orden $\{110\}$.

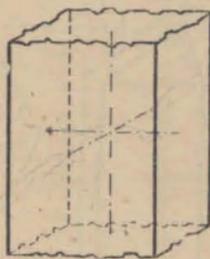


Fig. 81. — Prisma tetragonal de segundo orden $\{100\}$.

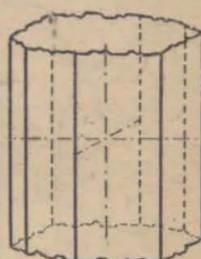


Fig. 82. — Prisma ditetragonal $\{hk0\}$

4. *Prisma ditetragonal* $\{hk0\}$, formado por ocho caras paralelas al eje c y que cortan a los otros dos a distancias desiguales (fig. 82);

C. Bipirámides :

5. *Bipirámide tetragonal de primer orden* $\{hhl\}$, forma-

da por ocho caras piramidales que cortan a los ejes a y b a la misma distancia (fig. 83);

6. *Bipirámide tetragonal de segundo orden* $\{h0l\}$, forma-

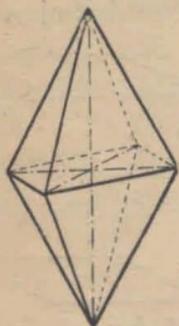


Fig. 83. — Bipirámide tetragonal de primer orden $\{hhl\}$.

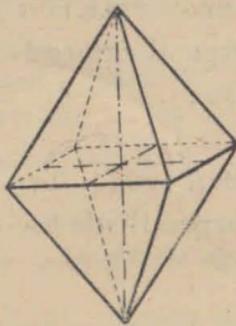


Fig. 84. — Bipirámide tetragonal de segundo orden $\{h0l\}$.

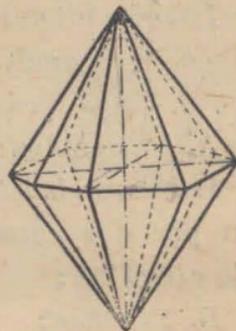


Fig. 85. — Bipirámide ditetragonal $\{hkl\}$

da por ocho caras que cortan al eje c y a uno de los horizontales, siendo paralelas al otro (fig. 84).

7. *Bipirámide ditetragonal* $\{hkl\}$, formada por 16 caras

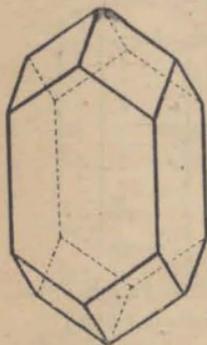


Fig. 86. — Zircón ($ZrSiO_4$)

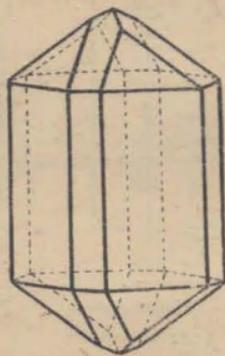


Fig. 87. — Casiterita (SnO_2)

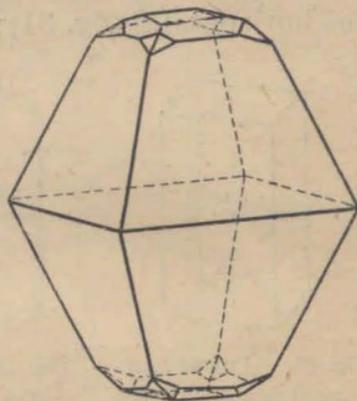


Fig. 88. — Scheelita ($CaWO_4$)

piramidales que cortan a los tres ejes a distancias diferentes (fig. 85).

En las figuras 86, 87 y 88 se ven combinadas las formas simples que hemos descrito.

Cristalizan en este sistema muy pocos minerales, alrededor de 60; ejemplo: el zircón ($ZrSiO_4$), el rutilo (TiO_2), la casiterita (SnO_2), la scheelita ($CaWO_4$), la calcopirita ($FeCuS_2$), la anatasa (TO_2).

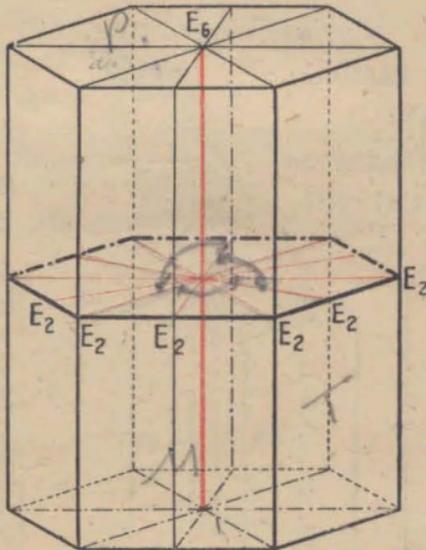


b) Sistema hexagonal ⁽¹⁾

Sus elementos cristalográficos son:

$$a = b = d \neq c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ \quad (\text{fig. 44})$$

y el elemento de simetría característico: un eje hexagonal.



Las caras se denominan P₁ cortan al eje vertical en el punto M₁ // al eje vertical T₁ - oblicuas al eje vertical

Fig. 89. — Elementos de simetría de las formas holoédricas del sistema hexagonal

Se toman como ejes cristalográficos, el eje de simetría hexagonal como eje c y los tres horizontales, que se cortan a 120° perpendiculares a él y coincidentes con los ejes

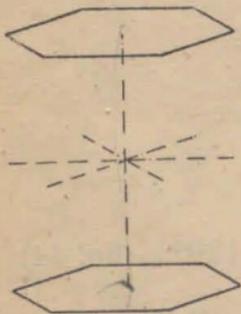
⁽¹⁾ Por razones didácticas tratamos este sistema antes del trigonal, que posee menor grado de simetría.

de simetría digonales o contenidos en los planos secundarios si existen unos u otros.

Los símbolos de las formas de este sistema, como los del sistema trigonal, tienen cuatro índices, puesto que las caras se relacionan con cuatro ejes. Se toma como símbolo general $\{hikl\}$, h se refiere al eje a , i al eje b , k al eje d y l al eje c .

Las formas holoédricas de este sistema tienen como elementos de simetría: un eje hexagonal, seis ejes digonales, un plano principal, seis planos secundarios, centro (fig. 89) y como en el

Fig. 90. — Pinacoide hexagonal $\{0001\}$



tetragonal son también :

A. Pinacoides :

1. *Pinacoide hexagonal* $\{0001\}$, formado por dos caras perpendiculares al eje c (fig. 90);

el cero no tiene signo

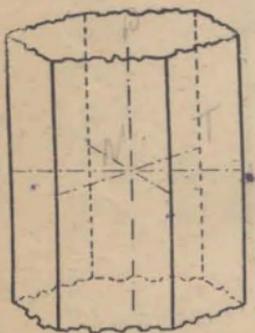


Fig. 91. — Prisma hexagonal de primer orden $\{10\bar{1}0\}$.

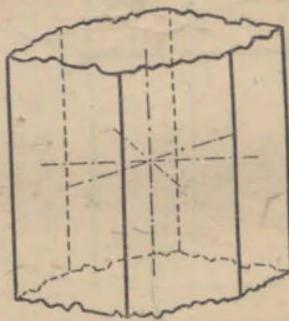


Fig. 92. — Prisma hexagonal de segundo orden $\{11\bar{2}0\}$.

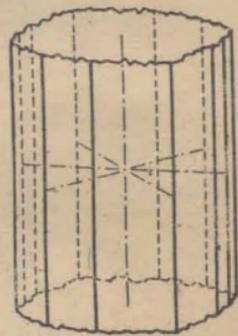


Fig. 93. — Prisma dihexagonal $\{hik\bar{0}\}$.

B. Prismas :

2. *Prisma hexagonal de primer orden* $\{10\bar{1}0\}$, formado por seis caras paralelas al eje c y a uno de los horizontales, y que cortan a los otros a distancias iguales (fig. 91);

3. *Prisma hexagonal de segundo orden* $\{11\bar{2}0\}$, formado por seis caras paralelas al eje c y que cortan a dos ejes

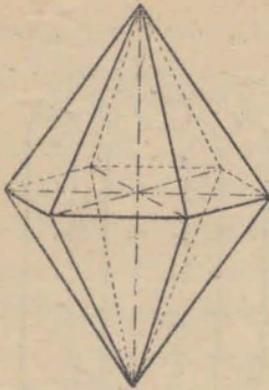


Fig. 94. — Bipirámide hexagonal de primer orden $\{h0hl\}$.

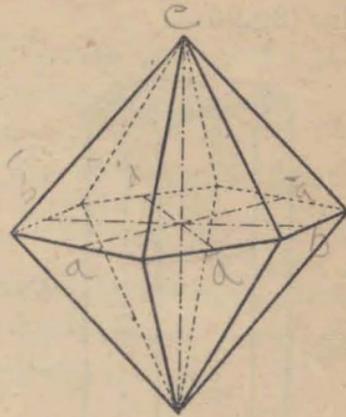


Fig. 95. — Bipirámide hexagonal de segundo orden $\{hh2hl\}$.

horizontales a la misma distancia y al tercero a una distancia dos veces menor (fig. 92);

4. *Prisma dihexagonal* $\{hik0\}$, formado por doce caras paralelas al eje c y que cortan a los otros tres a distancias diferentes (fig. 93);

C. Bipirámides :

5. *Bipirámide hexagonal de primer orden* $\{h0hl\}$, formada por 12 caras que cortan al eje c , son paralelas a uno de los horizontales y cortan a los otros dos a distancias iguales (fig. 94);

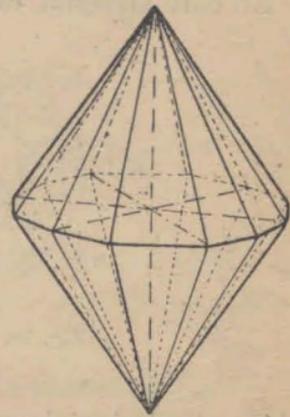


Fig. 96. — Bipirámide dihexagonal $\{hikl\}$.

6. *Bipirámide hexagonal de segundo orden* $\{hh2hl\}$, formada por ¹²seis caras que cortan a los cuatro ejes, a dos de los horizontales a la misma distancia y al tercero a una distancia dos veces menor (fig. 95);

7. *Bipirámide dihexagonal* $\{h\bar{k}l\}$, formada por 24 caras piramidales que cortan a los cuatro ejes a distancias desiguales (fig.96).

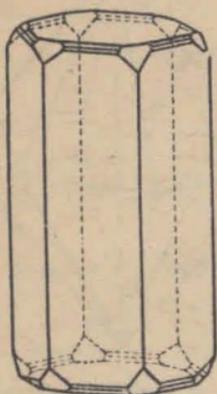


Fig. 97. — Apatita
[Ca₄(PO₄)₃ Ca (F,Cl)]

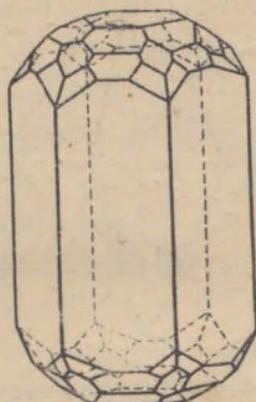


Fig. 98. — Berilo
Be₂Al₂ (SiO₄ SiO₂)₃

En la figuras 97, 98 y 99 se ven combinadas algunas de estas formas.

En este sistema cristalizan pocos minerales, son tam-

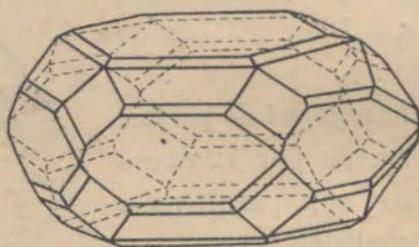


Fig. 99. — Apatita Ca₄ (PO₄)₃ Ca(F,Cl)₂

bién alrededor de sesenta, entre ellos el berilo [Be₂Al₂ (SiO₄ . SiO₂)₃], la apatita Ca (Cl,F) Ca₄(PO₄)₃, la nicolita (NiAs), la zincita (ZnO), la wurtzita (ZnS), el hielo (H₂O), etc.

c) Sistema trigonal *o romboédrico*

Pertenecen a este sistema las formas que presentan las condiciones axiales del sistema hexagonal, es decir :

$$a = b = d \neq c \quad \alpha = \beta = \delta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$$

pero con un eje trigonal.

Se eligen como ejes cristalográficos, la dirección paralela al eje trigonal que es el c y tres horizontales perpendiculares a él que forman entre sí ángulos de 120° .

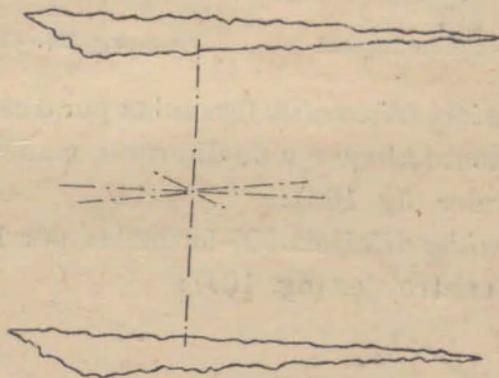


Fig. 100. — Pinacoide trigonal *man*

Señalaremos en este sistema, no las formas holoédricas, sino las que se presentan con más frecuencia en la naturaleza, que podemos reunir las así :

A. Formas cuyas caras son perpendiculares al eje c :

1. *Pinacoide trigonal* $\{0001\}$, formado por dos caras perpendiculares al eje c (fig. 100);

B. Prismas :

2. *Prismas trigonales*, formados por 3 caras paralelas al eje c y que cortan diversamente a los otros ejes (fig. 101);

3. *Prismas ditrigonales*, formados por 6 caras paralelas al eje c (fig. 102).

U. Formas cuyas caras cortan oblicuamente al eje c :

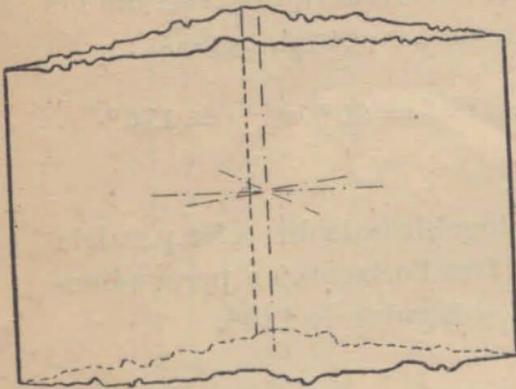


Fig. 101. — Prisma trigonal

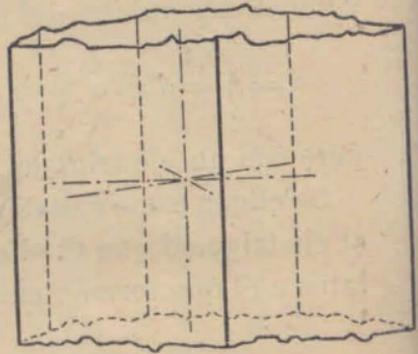


Fig. 102. — Prisma ditrigonal

4. *Bipirámides trigonales*, formadas por 6 caras que cortan oblicuamente al eje c y de diferente manera a los tres ejes horizontales (fig. 103);

5. *Bipirámides ditrigonales*, formadas por 12 caras que cortan a los cuatro ejes (fig. 104);

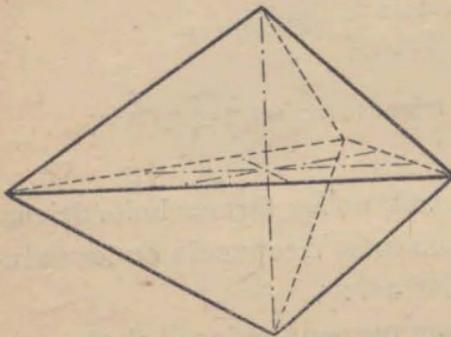


Fig. 103. — Bipirámide trigonal

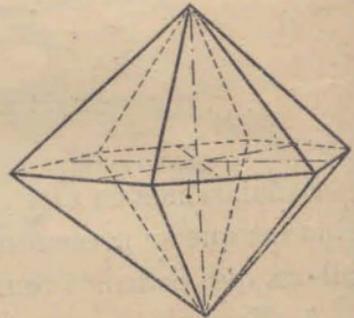


Fig. 104. — Bipirámide ditrigonal

6. *Romboedros*, formados por 6 caras rómbicas iguales (fig. 105);

7. *Escalenoedros*, formados por 12 caras triangulares escalenas iguales (fig. 106).

Todas estas formas pueden estar diferentemente orientadas respecto a los tres ejes horizontales; por eso existen

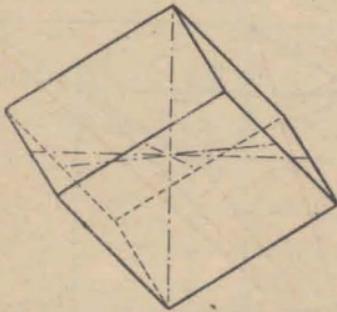


Fig. 105. — Romboedro

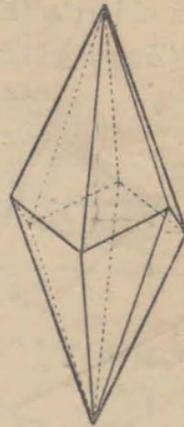


Fig. 106. — Escalenoedro

varios prismas trigonales y ditrigonales, varias bipirámides trigonales y ditrigonales y varios escalenoedros y romboedros.

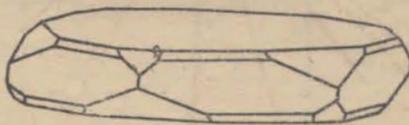


Fig. 107. — Hematita (Fe_2O_3)

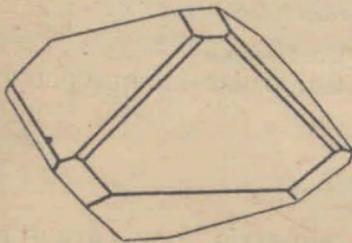


Fig. 108. — Hematita

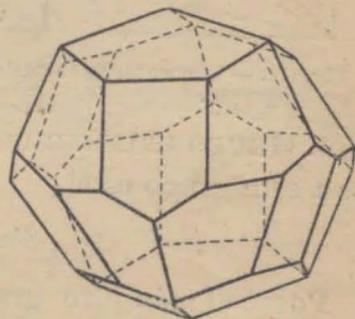


Fig. 109. — Hematita

En las figuras 107, 108 y 109 se ven combinaciones de estas formas.

Pocos minerales cristalizan en este sistema, tantos más

o menos como en los dos anteriores: la calcita (CaCO_3), el cuarzo (SiO_2), la hematita (Fe_2O_3), la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), la siderita (FeCO_3), la magnesita (MgCO_3), la smithsonita (ZnCO_3) la rodocrosita (MnCO_3), etc.

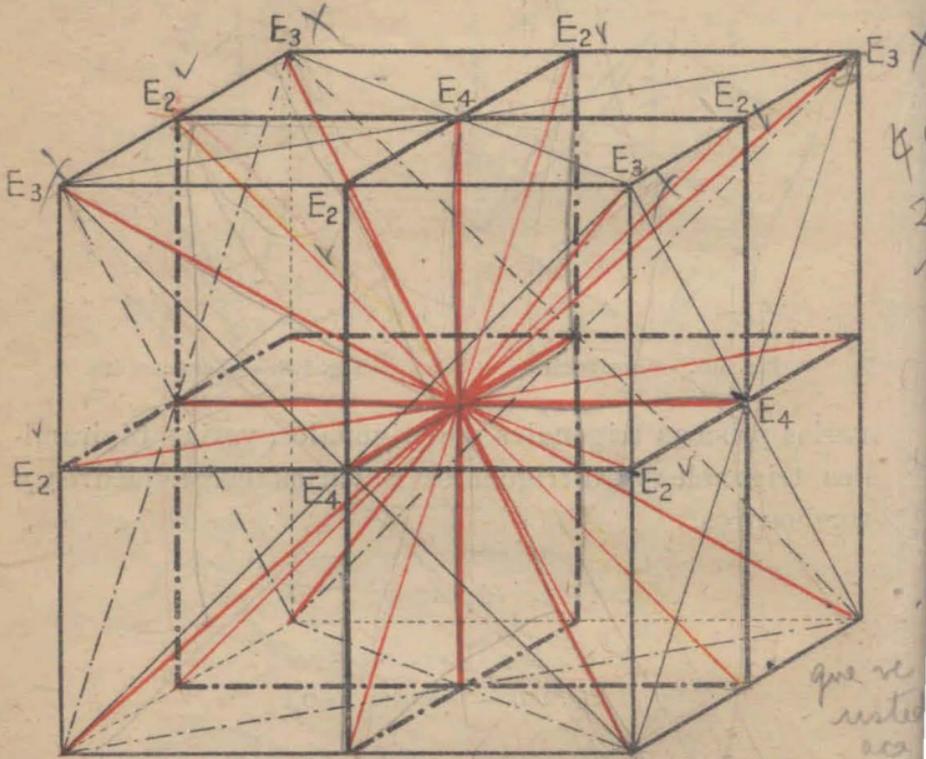


Fig. 110. — Elementos de simetría de las formas holoédricas del sistema cúbico

4. GRUPO ISOMÉTRICO. — El único sistema que pertenece a este grupo es el

X Sistema cúbico

Posee el más alto grado de simetría y se caracteriza por tener:

$$a = b = c \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \text{ (fig. 45)}$$

y 4 ejes trigonales, 3 tetragonales y 6 diagonales como elementos de simetría característicos.

hay 3 planos principales y 6

Como ejes cristalográficos se toman los paralelos a los tres de simetría que se cortan perpendicularmente entre sí.

Las formas holoédricas de este sistema se caracterizan por tener como elementos de simetría: 3 ejes tetragonales, 4 ejes trigonales, 6 ejes diagonales, 3 planos principales, 6 planos secundarios y centro (fig. 110).

Son todas formas cerradas y se pueden agrupar así:

A. Formas de caras pinacoidales (que cortan a un solo eje).

1. *Cubo* $\{100\}$, formado por 6 caras cuadradas (fig. 111). Esta forma es común en la sal gema o halita (NaCl), en la galena (PbS), en la fluorita (CaF₂), etc.

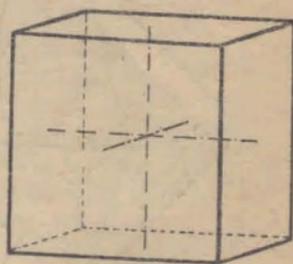


Fig. 111. — Cubo $\{100\}$

B. Formas de caras prismáticas (que cortan a dos ejes):

2. *Rombododecaedro* $\{110\}$, formado por 12 caras róm-

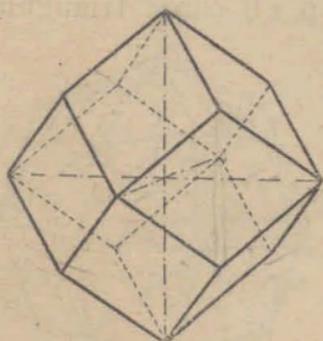


Fig. 112. — Rombododecaedro $\{110\}$

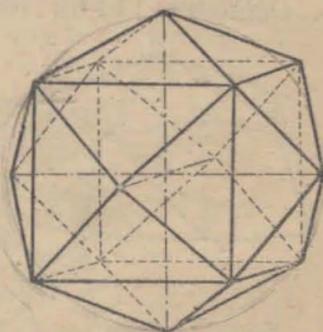


Fig. 113. — Tetraquishexaedro $\{hk0\}$

bicas que cortan a dos ejes a la misma distancia y son paralelas al tercero (fig. 112):

El granate (alúminosilicato complejo), la fluorita (CaF₂), el cobre nativo, la argentita (Ag₂S), etc., presentan esta forma;

3. *Tetraquishexaedro* o *cubo piramidado* $\{hk0\}$, formado por 24 caras triangulares isósceles, paralelas a un eje y que cortan a los otros dos a distancias desiguales (fig. 113).

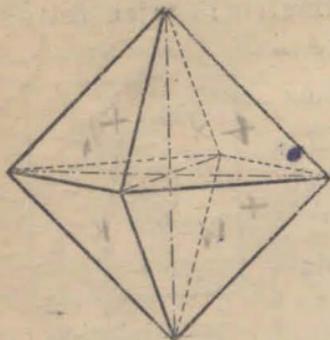


Fig. 114. — Octaedro $\{111\}$

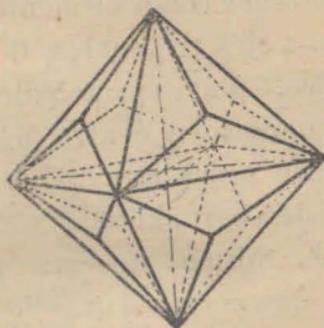


Fig. 115. — Triaquisoctaedro $\{hhl\}$

Se encuentra esta forma en la fluorita, cobre nativo, pero es más frecuente hallarla combinada con otras formas.

C. Formas de caras piramidales (que cortan a los tres ejes):

4. *Octaedro* $\{111\}$, formado por 8 caras triangulares

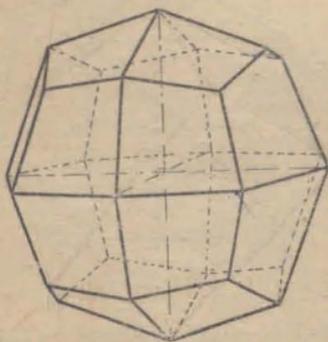


Fig. 116. — Icositetraedro $\{hkk\}$

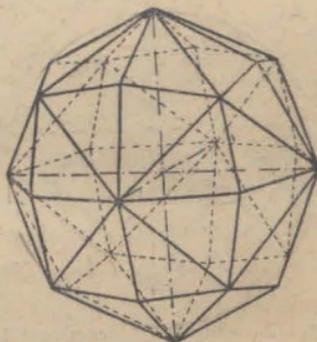


Fig. 117. — Hexaquisoctaedro $\{hkl\}$

equiláteras que cortan a los tres ejes a la misma distancia (fig. 114). Cristalizan así la magnetita (Fe_3O_4), el espinelo ($MgAl_2O_4$), etc.;

5. *Triaquisoctaedro* u *octaedro piramidado* $\{hhl\}$, consta

de 24 caras triangulares isósceles que cortan a dos ejes a distancias iguales y menores que al tercero (fig. 115). Esta

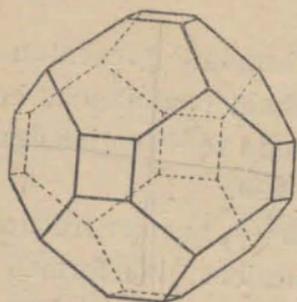


Fig. 118. — Galena (PbS). Combinación de cubo y rombododecaedro

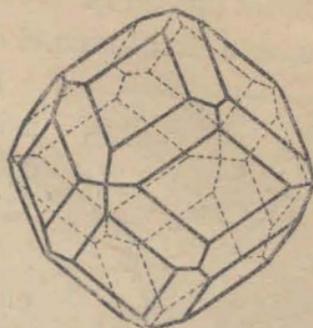


Fig. 119. — Granate (alúmino silicato complejo). Combinación de rombododecaedro e icositetraedro.

forma se halla en el diamante (C), pero con más frecuencia combinada con otras ;

6. *Icositetraedro* {hkk}, de 24 caras trapezoidales que cortan a dos ejes a distancias iguales y mayores que al

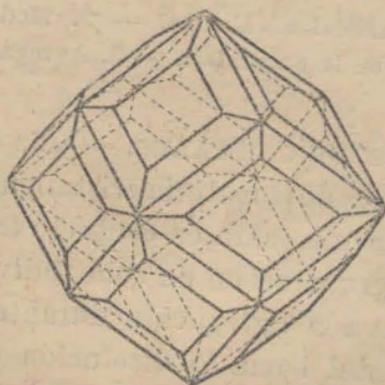


Fig. 120. — Granate. Combinación de rombododecaedro y hexaquisoctaedro

tercero (fig. 116). Cristalizan en esta forma el granate (alúminosilicato complejo), la analcima $[\text{NaAl}(\text{SiO}_4\text{SiO}_2)\text{H}_2\text{O}]$, la leucita $[\text{KAl}(\text{SiO}_4\text{SiO}_2)]$, el diamante (C), etc. ;

7. *Hexaquisoctaedro* {hkl}, formado por 48 caras triangulares escalenas que cortan a los tres ejes a distancias desiguales (fig. 117).

Presenta esta forma el diamante.

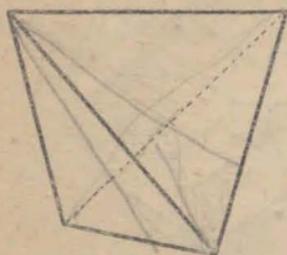
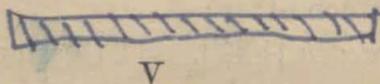


Fig. 121. — Tetraedro

Estas 7 formas se presentan con más frecuencia combinadas entre sí, como puede verse en las figuras 118, 119 y 120.

Señalaremos, por ser frecuentes en la naturaleza, las formas méroédricas llamadas *tetraedros* que presentan cuatro caras triangulares equiláteras (fig. 121).

Cristalizan en este sistema alrededor de 150 minerales.



1. Asociación de cristales. Maclas. — 2. Modo de presentarse los cristales en la naturaleza. — 3. Agregados cristalinos.

1. ASOCIACIÓN DE CRISTALES. — Una de las propiedades más admirables de la materia cristalina es aquella por la cual los cristales que están en contacto tratan, a pesar de su rigidez, de agruparse en un solo individuo. De modo que la tendencia a la agregación durante el crecimiento que tiene el cristal hacia la disolución que lo rodea, se manifiesta también entre cristal y cristal; de ahí que los cristales no siempre se encuentren simples y aislados, tales como los hemos considerado, sino que también se presentan asociados formando agrupaciones regulares. Estas asociaciones pueden ser entre individuos de la misma sustancia o entre individuos de sustancias diferentes.

En el primer caso los individuos son casi siempre de la misma forma cristalina y se reúnen ya de modo que todos sus elementos homólogos sean paralelos entre sí, o

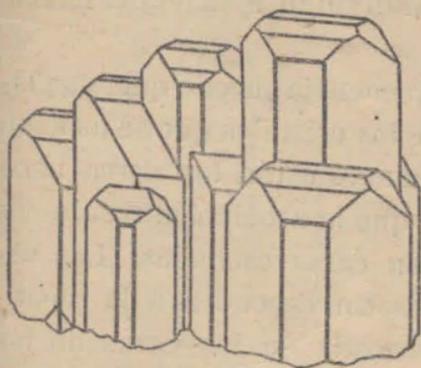


Fig. 122. — Asociación paralela de cristales de baritina ($BaSO_4$)

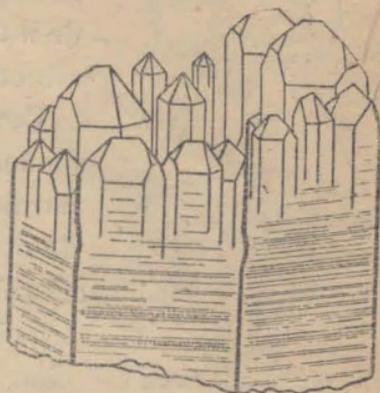


Fig. 123. — Asociación paralela de cristales de cuarzo (SiO_2)

bien con uno o varios de ellos paralelos o comunes, formando un conjunto que obedece a cierta simetría.

Las primeras agrupaciones, llamadas *paralelas*, están formadas generalmente por numerosos individuos orientados todos en el mismo sentido y con sus elementos homólogos paralelos entre sí. Una idea de estas agrupaciones puede darla la figura 122, que representa una agrupación

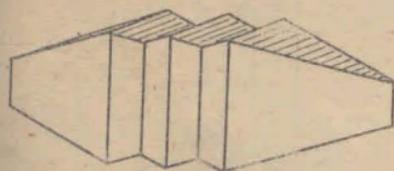


Fig. 124. — Asociación de cristales de arsenopirita ($FeAsS$)

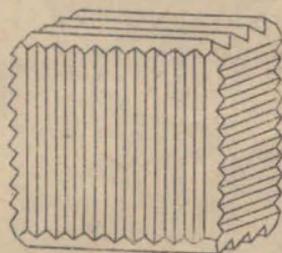


Fig. 125. — Cubo de pirita (FeS_2) con caras estriadas

tados todos en el mismo sentido y con sus elementos homólogos paralelos entre sí. Una idea de estas agrupaciones puede darla la figura 122, que representa una agrupación

ción paralela de cristales de baritina (BaSO_4) y la figura 123, que representa una agrupación paralela de cristales de cuarzo (SiO_2) cuyo conjunto tiene la sección hexagonal que corresponde a un individuo aislado del mismo mineral.

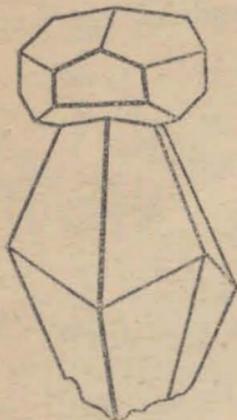


Fig. 126. — Asociación de la forma combinada de romboedro y prisma con el escalenoedro (Calcita, CaCO_3).

Con frecuencia sucede que los gérmenes de los cristales que se asocian paralelamente están tan cerca unos de otros que la asociación resulta un cristal con caras estriadas. Las estriaciones corresponden a la repetición alternada de las caras de los distintos individuos, como sucede en la arsenopirita (FeAsS) (fig. 124); en el cubo de pirita (FeS_2) con caras

estriadas, cuyas estriás no son otra cosa que la repetición alternada de dos caras de pentadodecaedro (forma meroédrica del sistema cúbico que consta de 12 caras pentago-

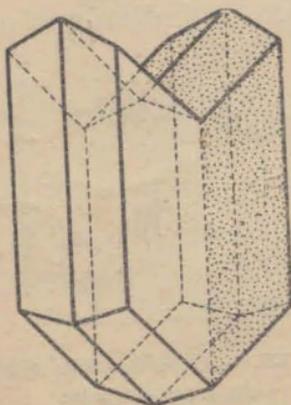


Fig. 127. — Macla de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

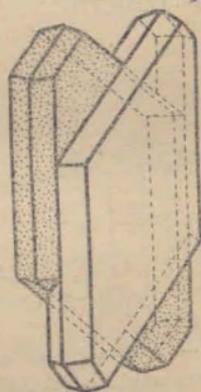


Fig. 128. — Macla de yeso

nales) (fig. 125), en los prismas de turmalina (borosilicato complejo) y de berilo [$\text{Al}_2\text{Be}_3(\text{SiO}_3)_6$] (lám. XXXIV a),

con sus estriaciones longitudinales; en la antimonita (Sb_2S_3), etc. (lám. XXXII).

A veces los cristales que se asocian son, aunque de la

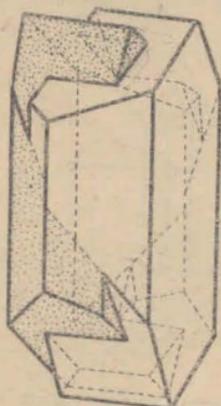


Fig. 129. — Macla de ortosa
($KA1 Si_3O_8$)

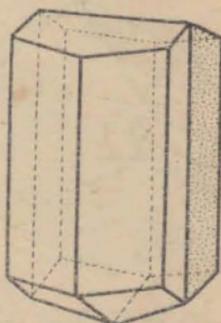


Fig. 130. — Macla de hornblenda
(silicato complejo)

misma substancia, de formas cristalinas diferentes, como puede verse en la figura 126, que representa la asociación de una forma combinada de romboedro y prisma con un escalenoedro de calcita.

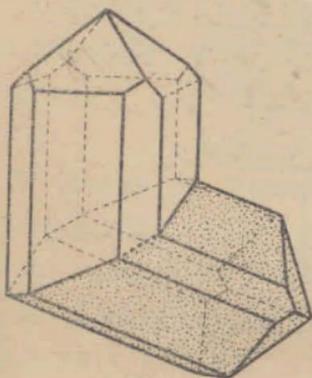


Fig. 131. — Macla de rutilo (TiO_2)

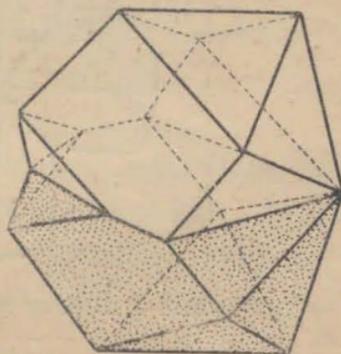


Fig. 132. — Macla de casiterita (SnO_2)

En las segundas asociaciones, llamadas *maclas*, los cristales unidos son simétricos con respecto a un plano o a un

eje, y pueden considerarse como si estuviera uno con respecto a otro en posición invertida por rotación de 180° alrededor de un eje que se llama *eje de macla*. Las maclas

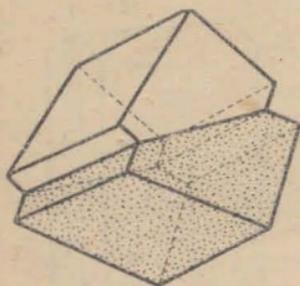


Fig. 133. — Macla de calcita (CaCO_3)

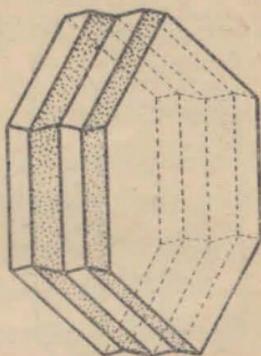


Fig. 134. — Macla de varios individuos de albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)

pueden estar formadas por dos o varios individuos que son siempre de la misma forma cristalina (figs. 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134 y 135 y láms. IV a y V).

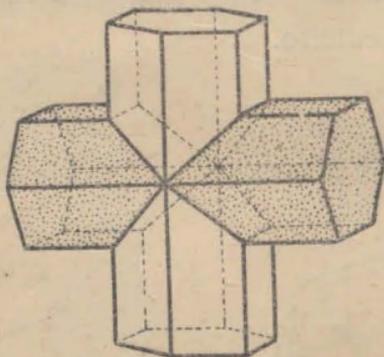


Fig. 135. — Macla en cruz de estaurolita ($\text{FeAl}_3\text{Si}_2\text{O}_{13}$)

Las maclas formadas por más de dos individuos pueden presentar formas características como las rosas, esferolitas y grupos esferoidales de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), calcita (CaCO_3), las asociaciones radiadas de cristales aciculares

de natrolita $[H_4Na_2Al(Al(SiO_4)_2)]$ (láms. VI, VII, VIII y IX).

Cuando se asocian cristales de sustancias diferentes, los individuos asociados, aunque de distintos sistemas, también tienen paralelos una arista o una cara, como

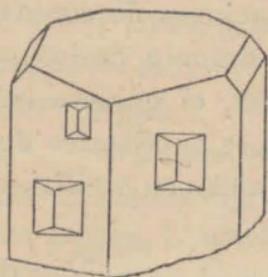


Fig. 136. — Asociación de albita ($NaAlSi_3O_8$) triclínica y ortosa ($KAlSi_3O_8$) monoclínica.

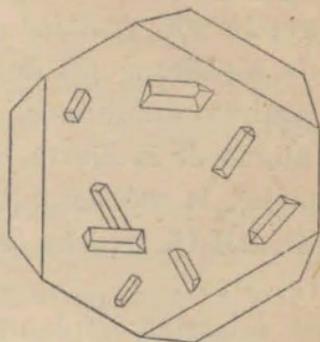


Fig. 137. — Asociación de rutilo (TiO_2) tetragonal y hematita (Fe_2O_3) trigonal.

puede verse en la figura 136 que representa una asociación de albita $[NaAlSi_3O_8]$ triclínica y ortosa $[KAlSi_3O_8]$ monoclínica y en la figura 137 que representa una asociación entre rutilo (TiO_2) tetragonal, y hematita (Fe_2O_3) trigonal.

2. MODO DE PRESENTARSE LOS CRISTALES EN LA NATURALEZA. — Los cristales, ya aislados o asociados, no se encuentran libres en la naturaleza, sino incluidos dentro de una masa de mineral o roca, o bien implantados sobre su superficie.

Cuando los cristales están incluidos tienen por lo general un desarrollo completo, porque se han formado dentro de una masa flúida que les ha permitido su crecimiento en todas direcciones. Rompiendo la masa que los incluye

se les puede extraer y aislar completamente. Se presentan así muchos minerales que forman las rocas eruptivas, como el microclino ($KAl(Si_3O_8)$) triclínico del granito de la región del Potrero de la Sierra de San Luis, el granate (alúminosilicato complejo) del granito de la Sierra de Aconquija, el anfíbol (alúminosilicato complejo) que se desprende en grandes cristales de las andesitas del sur de Mendoza; los de las formaciones de contacto de los esquistos cristalinos, como el granate de las calizas cristalinas de la Sierra de Córdoba, el epidoto (silicato complejo), la wollastonita ($CaSiO_3$); y cristales de yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) y piritita (FeS_2) incluídos en arcillas y margas calcáreas.

Los cristales implantados sobre la superficie de una masa mineral no son completos porque solamente una extremidad tiene libertad para desarrollarse (láms. X, XXIX, XXXVIb, XL, XLIII); las caras que los limitan parcialmente son siempre mucho más nítidas que las de los cristales incluídos, porque nada les estorba en su crecimiento. Cuando los cristales implantados son numerosos, se tiene una *drusa* (lám. X) que puede ser cóncava (lám. XI), y entonces se llama *geoda*.

3. AGREGADOS CRISTALINOS. — Como hemos señalado ya, toda la morfología externa de los cristales está íntimamente ligada con la estructura atómica y molecular de la substancia que los forma, es decir, que el proceso de agregación de la materia inorgánica está regido por leyes determinadas; pero con gran frecuencia, en la naturaleza, condiciones externas pueden influir en este proceso de agregación, oponiéndose en forma más o menos intensa al desarrollo morfológico completo de los cristales. Como un resultado de la acción opuesta de esas fuerzas que tienden

a modificar la forma externa de los cristales, se forman los *agregados cristalinos* que son reuniones de cristales con limitaciones irregulares.

La forma que estos cristales pueden adquirir es la de bastoncitos, fibras, láminas, escamas y gránulos. Su tamaño puede variar, los bastoncitos y fibras pueden ser gruesos o delgados, largos o cortos, las láminas y escamas grandes o pequeñas, gruesas o delgadas, y los granos pueden ser desde muy grandes hasta muy pequeños (visibles sólo con la lupa).

Cuando los granos son muy grandes y se dividen por superficies planas al golpearlos con un martillo, como el yeso, la calcita, la baritina, se dice que son *espáticos*.

Por circunstancias especiales, en la formación de los agregados basílicos y fibrosos, estos individuos pueden tener diferente orientación uno con respecto a otro, resultando texturas *bacilares* o *fibroso paralelas*, como la del yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), el asbesto (silicatos complejos) (lám. IV b), la wollastonita [CaSiO_3] (lám. XVI); *fibroso radiadas*, como la de la hematita (Fe_2O_3) (lám. XII), la de la goethita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (lám. XIII); *radiado divergentes*, como la de muchas zeolitas (lám. XIV); *estrelladas*, como la de la pirolusita (MnO_2) (lám. XV); *fibroso confusos*, como la de la boronatrocalcita (lám. XVII); *afieltradas*. Los agregados escamosos pueden ser *escamoso concéntricas*, como la de la rodocrosita (MnCO_3) (lám. XVIII), *hojoso escamosa*, como la de la muscovita (mica potásica), *escamoso torcida*, etc.

Por los espacios que dejan los granos entre sí, los agregados granulados pueden ser *compactos*, *porosos*, *esponjosos*, *flojos*, *terrosos* o *pulverulentos*.

La forma externa de los agregados está en parte relacionada con la textura interna, distinguiéndose las siguien-

tes formas: *dendríticas* (lám. XIX), *oolíticas* (lám. XX), con escamas concéntricas fibroso radiadas, *laminares*, *arborescentes* (lám. XXI b), *ramificadas*, *afiligranadas*, *concrecionadas* (lám. XVIII), *arriñonadas* (lám. XXII), *mamilares* (lám. XXIII), *estalactíticas*. (lám. XXIV), *racimosas* (lám. XXV), etc.

CAPITULO III

PROPIEDADES FÍSICAS

Al considerar estas propiedades no debemos olvidar que los cristales son cuerpos físicamente homogéneos y anisótropos, es decir, que la materia está igualmente constituida alrededor de cualquier punto del cristal y que para varias de las propiedades físicas, distintas direcciones tienen distinto valor, mientras que direcciones paralelas y simétricas son equivalentes.

A las simetrías morfológicas corresponden también simetrías en el sentido físico, es decir, que un plano de simetría morfológico será siempre un plano de simetría para las propiedades físicas, mas la recíproca no es cierta, porque la simetría física es siempre más elevada que la morfológica. Así, por ejemplo, en los cristales trimétricos, la velocidad de propagación de la luz varía con la dirección, habiendo tres direcciones, de máxima, media y mínima velocidad, que son perpendiculares entre sí; de modo que si la luz se propaga desde un punto situado en el interior del cristal, el lugar geométrico de todos los puntos a que llegan los rayos luminosos en un instante dado, es un elipsoide de tres ejes. Los tres ejes de este elipsoide, en el sistema rómbico coinciden con los elementos de simetría morfológica; en el sistema monoclinico, un eje y un plano de simetría del elipsoide coinciden con el eje y el plano de simetría morfológica, y por último, en el

sistema triclinico, que no tiene elementos de simetría morfológica o tiene sólo centro, el elipsoide persiste con sus tres ejes y sus tres planos de simetría.

La relación tan estrecha y absoluta entre la simetría morfológica y la física depende de que la forma externa poliédrica de los cristales es, como hemos visto, una consecuencia de la estructura atómica regular, es decir, de la anisotropía.

Los cristales no tienen la misma simetría para las distintas propiedades físicas; así, para las ópticas y térmicas la simetría es mucho más elevada que para las propiedades relativas a la cohesión.

I

COMPORTAMIENTO DE LOS CRISTALES ANTE LA LUZ

1. Luz. — 2. Luz ordinaria y luz polarizada. — 3. Refracción. — 4. Índice de refracción. — 5. Birrefringencia. — 6. Cristales uniáxicos y biáxicos. — 7. Brillo. — 8. Transparencia. — 9. Color. — 10. Pleocroísmo.

1. LUZ. — Por los conocimientos de física se sabe que cuando se eleva la temperatura de los cuerpos, sus moléculas comienzan a moverse con movimientos vibratorios que producen en el *éter* ⁽¹⁾ vibraciones relativamente lentas, que se propagan, bajo forma de rayos, en todas direcciones alrededor del punto calentado.

A medida que se eleva la temperatura aumenta la rapi-

(1) Fluido hipotético, imponderable, perfectamente elástico y de poca densidad que llena el vacío y los espacios intermoleculares e interatómicos de la materia.

dez de los movimientos moleculares, aumentando por consiguiente las vibraciones del éter y la velocidad de propagación. Cuando estos movimientos son extremadamente rápidos, los rayos emitidos comienzan a actuar sobre nuestros ojos produciendo la impresión de luz. *La luz se propaga entonces en línea recta y por los movimientos vibratorios del éter.*

Si se considera uno sólo de los infinitos rayos que parten en todas direcciones del punto luminoso, se encuentra que las partículas del éter que en reposo están alineadas

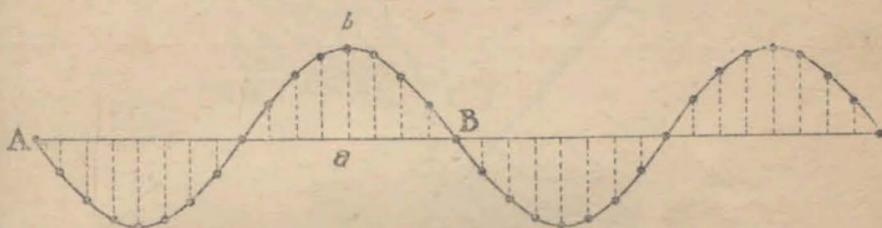


Fig. 138. — Posición de las partículas del éter en un rayo luminoso
A B, longitud de onda; a b, elongación

en una recta, durante la propagación de la luz están dotadas de movimientos oscilatorios perpendiculares a la dirección del rayo, que se efectúan a uno y otro lado de la posición de equilibrio en forma análoga a la del movimiento del péndulo. Pero estos movimientos no comienzan a la vez en todas las partículas del rayo, porque se van transmitiendo de una a otra, de modo que todas no estarán a la vez a la misma distancia de su posición de equilibrio, ni animadas de la misma velocidad en el mismo sentido y dirección, es decir, no estarán en la misma *fase* (fig. 138). *De ahí que las partículas de un rayo luminoso se encuentran sobre una curva ondulante y no sobre una recta.*

La *longitud de onda* es la distancia ^{numera} AB que separa a dos partículas que están en la misma fase; para un mismo

$v = n\lambda$ el color depende ⁸² de n (frecuencia)

medio (aire, agua, materia cristalina, etc.), de ella depende el color de la luz, y la intensidad, de la *amplitud de la vibración*, es decir, de la separación máxima de una partícula de su posición de equilibrio.

2. LUZ ORDINARIA Y LUZ POLARIZADA. — En la luz ordinaria, las vibraciones de las partículas del éter se efectúan en todas las direcciones perpendiculares a la

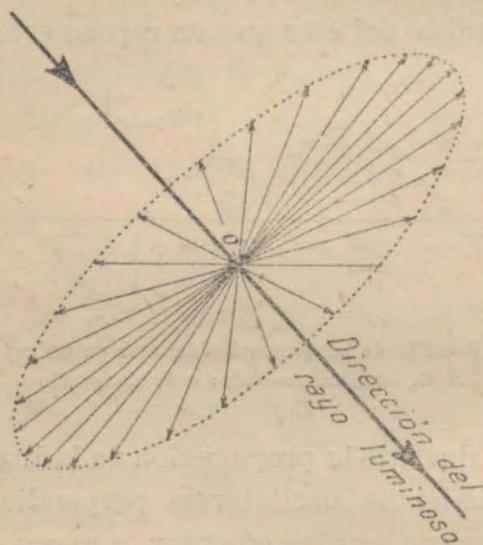


Fig. 139. — Direcciones de vibración de las partículas del éter en un rayo de luz ordinaria

dirección del rayo (fig. 139), con trayectorias que varían con infinita rapidez de orientación. Pero en la luz reflejada o refractada, las partículas vibran en uno sólo de los infinitos planos perpendiculares a la dirección del rayo; se dice entonces que la luz está *polarizada* (fig. 140).

3. REFRACCIÓN. — La velocidad de propagación de los rayos luminosos varía de un cuerpo a otro y es proporcional

a la densidad y elasticidad que el éter tiene dentro de ellos, es decir, proporcional a la densidad óptica de los cuerpos ; cuanto mayor es esta densidad o cuanto menor es la elasticidad del éter, tanto menor será la velocidad de propagación.

A esta diferencia de velocidad de propagación se debe la desviación o *refracción* que sufren los rayos luminosos

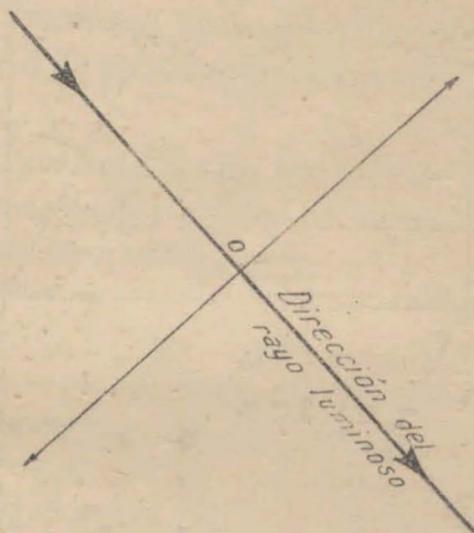


Fig. 140. — Dirección de vibración de las partículas del éter en un rayo de luz polarizada

cuando pasan, con incidencia oblicua a la superficie de separación, de un medio a otro de densidad óptica diferente (fig. 141). Cuando el rayo pasa a un medio ópticamente más denso, se desvía o refracta acercándose a la normal a la superficie de separación en el punto de incidencia (fig. 142), y cuando pasa a un medio menos denso se aleja (fig. 141). En estos casos el rayo refractado queda en el plano de incidencia, es decir, en el plano que contiene el rayo incidente y la normal a la superficie en el punto de incidencia.

4. INDICE DE REFRACCIÓN. — *La relación que hay entre la velocidad de propagación de la luz en dos medios de densidad óptica diferente, es el índice de refracción de un medio con respecto a otro.*

Cuando uno de ellos es el vacío, el índice de refracción del otro es el *índice de refracción absoluto*.

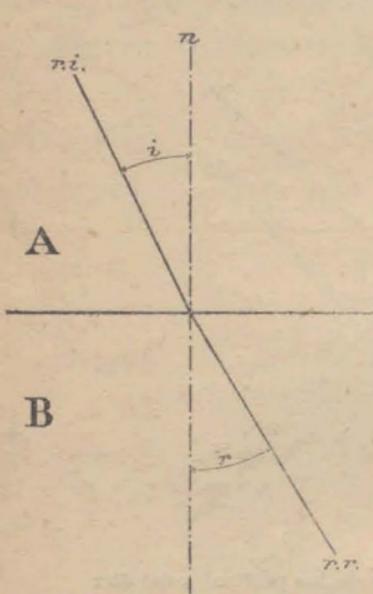


Fig. 141. — Refracción de un rayo luminoso al pasar a un medio ópticamente menos denso.

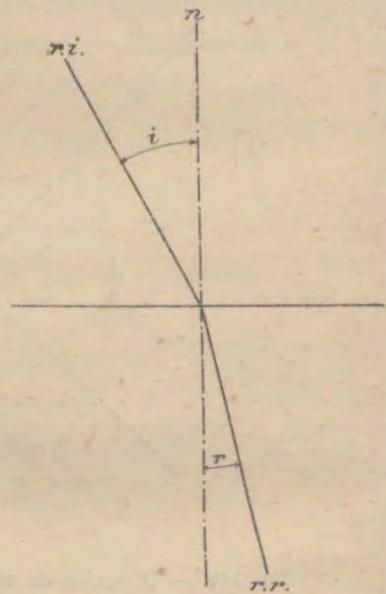


Fig. 142. — Refracción de un rayo luminoso al pasar a un medio ópticamente más denso.

Se toma, generalmente, el aire como medio de referencia, porque su índice de refracción difiere poco de la unidad.

En los cuerpos isótropos y en los ópticamente isótropos (cristales del sistema cúbico), la elasticidad del éter y por consiguiente la velocidad de propagación de la luz, es la misma en todas las direcciones cualquiera que sea la dirección de vibración de las partículas del éter; luego, *en estos medios el índice de refracción es una característica y*

una constante y es, además, igual a la relación que hay entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción del rayo luminoso (fig. 141), es decir :

$$n = \frac{V}{V'} = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \text{constante}$$

en que V es la velocidad de propagación en el medio A y V' la velocidad de propagación en el medio B.

5. BIRREFRINGENCIA. — En los medios ópticamente anisótropos (cristales de los sistemas tetragonal, hexagonal, trigonal, rómbico, monoclínico y triclinico) no sucede lo mismo; en ellos, la elasticidad del éter varía con la dirección, de modo que sus partículas no vibran con la misma velocidad en todas direcciones. De ahí que en ellas la velocidad de propagación del rayo no sólo varía con la dirección de propagación sino también con la dirección de vibración de las partículas.

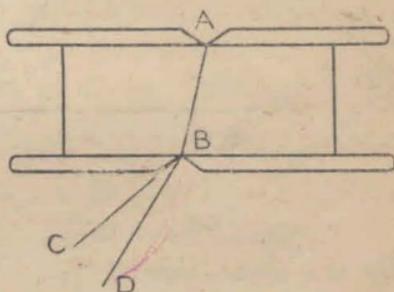


Fig. 143. — B C y B D, refracciones de los dos rayos que se propagan con diferente velocidad por el mismo camino A B.

Se deduce, pues, que los rayos que se propagan en estos medios no pueden ser de luz ordinaria, en los que las partículas, vibrando siempre perpendicularmente al rayo, tienen trayectorias que varían con infinita rapidez de orientación, sino que son rayos polarizados.

Se ha demostrado experimentalmente que en estos medios, entre las diferentes direcciones de vibración perpendiculares a la dirección del rayo, hay siempre dos, perpendiculares entre sí, que corresponden una a la máxima

y otra a la mínima velocidad de vibración. De modo que en una misma dirección se propagan dos rayos polarizados perpendicularmente entre sí y cuyas velocidades diferentes son, una la máxima y otra la mínima.

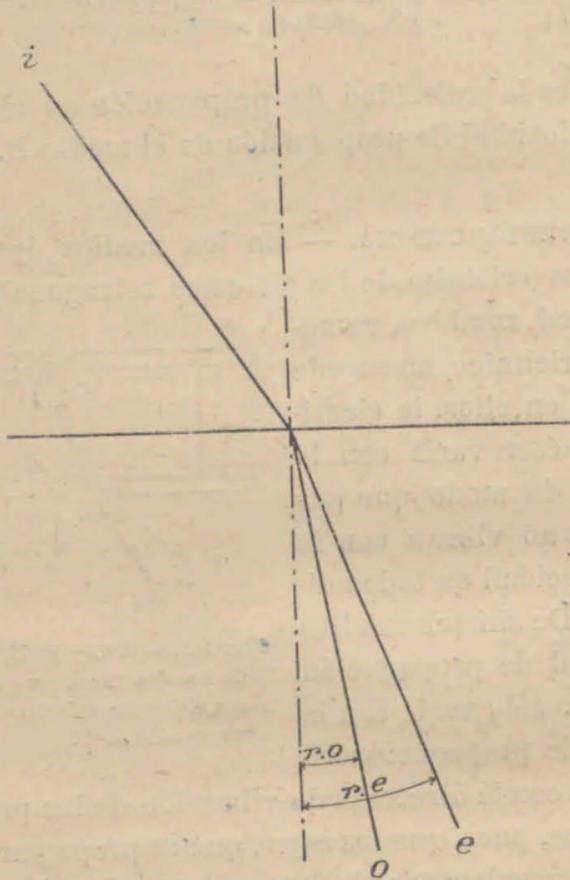


Fig. 144. — Birrefracción que sufre un rayo luminoso al pasar, con incidencia oblicua a la superficie de separación, a un medio ópticamente anisótropo. *i*, rayo incidente; *o*, rayo ordinario; *e*, rayo extraordinario.

Como consecuencia de la diferencia de velocidad de propagación, estos rayos al salir del medio seguirán distintos caminos, es decir, serán diversamente refractados (fig. 143). Podemos comprobarlo si tomamos una lámina

de clivaje⁽¹⁾ de un cristal de calcita (CaCO_3 , trigonal) y la colocamos entre dos diafragmas perforados⁽²⁾ (fig. 143). Al mirar por uno de los orificios veremos la imagen del otro para dos posiciones distintas de nuestro ojo; estas imágenes son las dadas por los rayos que se propagan por el mismo camino AB y que se refractan en BC y BD (fig. 143).

La experiencia demuestra también que cuando un rayo de luz penetra en un medio ópticamente anisótropo, con incidencia normal u oblicua a la superficie, se divide en general en dos rayos cuyas vibraciones se efectúan en planos perpendiculares entre sí y cuyas velocidades de propagación son diferentes. Debido a estas diferencias de direcciones de vibración y de velocidad de propagación es que estos rayos

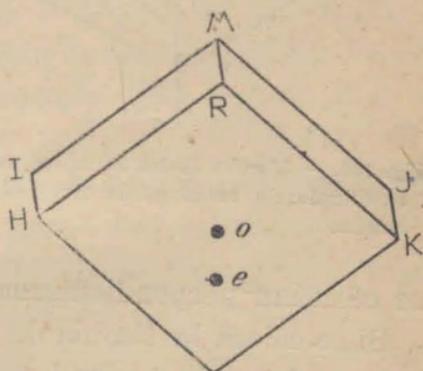


Fig. 145. — Las dos imágenes de un punto visto a través de un romboedro de calcita. *o*, imagen dada por el rayo ordinario; *e*, imagen dada por el rayo extraordinario.

estarán diversamente refractados (fig. 144). Se comprueba fácilmente tomando un romboedro de calcita obtenido por clivaje y apoyando una de sus caras sobre un papel blanco en el que se ha dibujado un punto negro; se observa desde arriba y se ven dos imágenes, *e* y *o*, del punto que corresponden a las dadas por los dos rayos en que se birrefracta el rayo incidente (figs. 145 y 146).

También se puede comprobar que estos dos rayos están

(¹) Véase página 102.

(²) Dos pedacitos de papel negro perforados con un alfiler.

La turmalina absorbe el rayo ordinario
(dicirico)

polarizados en ángulo recto y que esta polarización se mantiene aún al salir los rayos del cristal. Se utiliza una lámina de cristal de turmalina (borosilicato complejo, trigonal) (fig. 24), que es el aparato más simple que se emplea para analizar la luz polarizada; estas láminas de turmalina están cortadas paralelamente al eje trigonal y son transparentes para los rayos cuyas vibraciones se efectúan paralelamente a este eje y opacas para las que

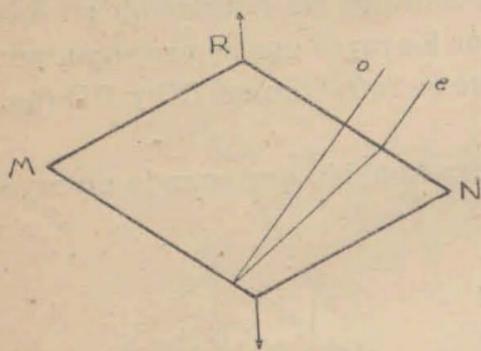


Fig. 146. — Marcha de los rayos ordinario y extraordinario en el mismo romboedro de calcita.

se efectúan perpendicularmente a él.

Si se coloca la lámina de turmalina sobre el cristal de calcita, de modo que su longitud coincida con la diagonal mayor de la cara rómbica, como lo indica la figura 147, se

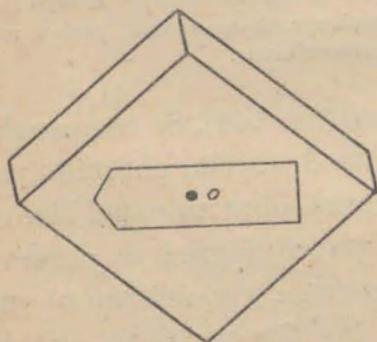


Figura 147

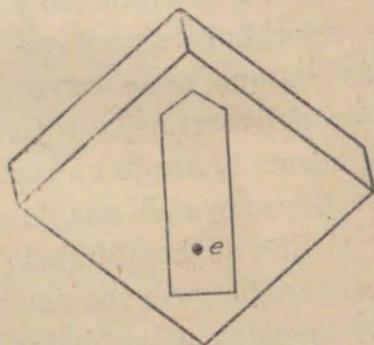


Figura 148

ve solamente la imagen *o*, que es la que está más cerca del vértice triedro regular *R*, lo que significa que las vibraciones del rayo que la produce se efectúan paralela-

mente a la longitud de la lámina y paralelamente también a la diagonal mayor de la cara rómbica. Si hacemos girar la lámina 90° colocándola paralelamente a la diagonal menor (fig. 148), se verá sólo la imagen e , lo que quiere decir que las vibraciones del rayo que la origina son paralelas a la diagonal menor de la cara rómbica y por consiguiente perpendiculares a las vibraciones del rayo que origina la imagen o .

6. CRISTALES UNIÁXICOS Y BIÁXICOS, POSITIVOS Y NEGATIVOS. — A pesar de que en los medios anisótropos la elasticidad del éter varía con la dirección, no siempre hay birrefracción.

En efecto, en los cristales del grupo dimétrico (sistemas tetragonal, hexagonal y trigonal) *hay una dirección* que corresponde siempre al eje tetragonal, hexagonal o trigonal, por la cual los rayos luminosos pasan como a través de los medios ópticamente isótropos: *sin sufrir ni doble refracción ni polarización total*. Esta dirección se llama *eje óptico* y los cristales que la poseen: *ópticamente uniáxicos*. En cualquier otra dirección que no sea la del eje óptico, los rayos luminosos se polarizan birrefractándose.

Uno de los dos rayos que resultan de la birrefracción sigue siempre las leyes de la refracción simple, es decir, queda en el plano de incidencia y se propaga con velocidad constante, de ahí que el índice de refracción sea para él una magnitud constante. Este rayo se llama *rayo ordinario*. El otro, que es llamado *extraordinario*, no sigue, en general, las leyes de la refracción simple; sale del plano de incidencia y su velocidad de propagación V_e varía entre dos valores límites, V_o y V_e que son, V_o la velocidad del rayo ordinario y V_e la del rayo extraordinario en la dirección perpendicular al eje óptico. El índice de refrac-

ción para el rayo extraordinario $\frac{V}{V_e}$ es entonces una magnitud variable.

De las dos imágenes, *e* y *o*, dadas por el cristal de calita, la *o* corresponde al rayo ordinario y la *e* al extraordinario. Efectivamente, si se hace girar el cristal, la imagen *o*, que es la que está más cerca del vértice triedro regular, permanece fija, mientras que la *e* gira alrededor de ella.

En estos cristales uniáxicos, cuando la velocidad máxima de propagación coincide con el eje óptico, se dice que el cristal es negativo, y positivo en caso contrario.

En los cristales trimétricos (rómico, monoclinico y triclínico) hay dos direcciones situadas en un mismo plano que se cruzan formando un ángulo variable con la especie mineralógica, por las cuales los rayos luminosos pasan como a través de los medios isótropos. Estas direcciones son los *ejes ópticos* y los cristales que los poseen son *ópticamente biáxicos*. Si un rayo luminoso atraviesa el cristal en cualquier otra dirección se polariza birrefractándose, pero los dos rayos son en general extraordinarios, es decir, que no siguen las leyes de la refracción simple. La velocidad de propagación de estos rayos varía entre dos valores límites, que corresponden a las velocidades de propagación en las direcciones de las dos bisectrices de los ángulos formados por los ejes ópticos. Luego el índice de refracción también aquí es variable y para los dos rayos.

Los cristales biáxicos son positivos cuando la velocidad mínima de propagación coincide con la bisectriz aguda del ángulo de los ejes ópticos, y negativos en caso contrario.

Vemos, pues, que desde el punto de vista óptico los cristales pueden ser :

		Sistema
Monorrefringentes.....		Cúbico
Birrefringentes	Uniáxicos.....	Tetragonal
		Hexagonal
	Biáxicos.....	Trigonal
		Rómbico
		Monoclínico
		Triclínico

7. BRILLO. — La luz reflejada por las superficies de los distintos minerales es más o menos brillante. La intensidad del brillo depende, en general, de la transparencia del mineral, de la refringencia y del carácter de la superficie.

Se pueden distinguir las siguientes clases de brillo, según su intensidad decreciente :

Metálico, que es el más intenso, característico de los minerales opacos y de refringencia muy elevada como el oro, la galena (PbS), la piritita (FeS₂), la antimonita (Sb₂S₃), etc.

Adamantino, que es el brillo del diamante (C) y de los minerales transparentes, pero muy refringentes, como el rutilo (TiO₂), la blenda (ZnS), etc.

Vítreo, que es, como el nombre lo indica, semejante al brillo del vidrio común y es característico para los minerales poco refringentes, como la fluorita (CaF₂), la calcita (CaCO₃), etc., *mica, sal común.*

Graso, que es el brillo de las superficies que parecen untadas con grasa o aceite, y es característico de los minerales que tienen fractura concoidal (1) como el granate (alúminosilicato), la olivina [(Fe,Mg)₂SiO₄], el cuarzo (SiO₂).

Además de estas clases de brillo, que son las más comunes, se distinguen otras como el *sedoso*, que es característico de los agregados cristalinos fibrosos como el asbesto (silicatos complejos), el yeso (CaSO₄ · 2H₂O), etc.; el

(1) Véase página 103.

nacarado, como el de la calcita, a veces; el *resinoso*, como el del azufre, el *sacaroides*, como el de algunos agregados cristalinos de grano fino como mármol, yeso, etc.

8. TRANSPARENCIA. — Todos los minerales que en trozos gruesos permiten distinguir los objetos a través, como el yeso, el cuarzo, la calcita, el diamante, son *transparentes*.

Son *translúcidos*, cuando sólo dejan pasar un poco de luz, pero que aun reducidos a láminas muy delgadas no permiten ver los objetos, como el ópalo (sílice hidratada coloidal), etc. Cuando no dejan pasar nada de luz, aun reducidos a láminas muy delgadas, como los minerales metalíferos, se dice que son *opacos*.

9. COLOR. — El color de los minerales puede depender de varias causas. En efecto, se sabe que el color de un cuerpo es el de la luz que refleja y que ésta depende de la naturaleza de la luz incidente, de la potencia de la substancia, que a su vez depende de su naturaleza química y estructura, para absorber ciertas radiaciones y transformarlas en luz de otro color, es decir, de otras longitudes de onda, o en otras formas de energía (calor, energía química, etc.), y del carácter de la superficie reflectora.

Un mismo mineral podrá entonces tener diferente color según que esté iluminado por luz natural o por luz artificial; el crisoberilo o alejandrita (GAl_2O_4), por ejemplo, a la luz del sol es verde y a la luz artificial es rojo. Para evitar confusiones se considera siempre el color de los minerales iluminados por luz natural.

Los minerales son incoloros y transparentes cuando dejan pasar todas las radiaciones sin absorber ninguna. Son blancos si absorben por igual todas las radiaciones del espectro, y si absorben solamente unas radiaciones y

otras no, tendrán el color dado por el conjunto de las radiaciones no absorbidas, como el cobre que es rojo, la malaquita $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ verde, la azurita $[2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ azul, el oropimento (As_2S_3) amarillo limón, el oro amarillo, la antimonita (Sb_2S_3) gris azulada, la pirargirita $(\text{Ag}_3\text{SbS}_2)$ roja, etc.; en este caso los minerales son *idiocromáticos* ⁽¹⁾.

Con frecuencia las radiaciones no son absorbidas por la substancia misma del mineral sino por las substancias, disueltas o acumuladas en pequeñísimas partículas, que tienen incluídas, como sucede en el cuarzo (SiO_2) de color verdoso que contiene partículas de clorita (silicato ácido), en la blenda (ZnS) de color amarillo pardo debido a partículas de piritita (FeS_2) ; estos minerales son *alocromáticos* ⁽²⁾ y el color de su polvo es blanco o casi blanco. Para los minerales idiocromáticos el color es un carácter esencial, mientras que para los alocromáticos es secundario porque puede variar en las distintas muestras de un mismo mineral o en una misma muestra. En algunos casos, como en el de muchos cuarzos, fluoritas (CaF_2) apatitas $[\text{Ca}(\text{Cl}, \text{F})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3]$ de color, la pigmentación es tan fina que escapa al análisis; se trata muchas veces de soluciones coloidales sólidas en que la substancia dispersa es hierro, cromo, manganeso, titanio, vanadio, sodio, etc., como en el cuarzo ahumado que tiene partículas coloidales de titanio, en la sal común azul que las tiene el sodio, etc. Experimentalmente se ha demostrado la importancia de las substancias radioactivas en la coloración de los minerales; así, al lado de dichas substancias la fluorita violeta y la anglesita (PbSO_4) y la celestina (SrSO_4) azuladas, se deco-

⁽¹⁾ De *idio* = propio, y *chromos* = color.

⁽²⁾ De *alos* = variable, y *chromos* = color.

loran, la anhidrita (CaSO_4) se pone amarilla lo mismo que el záfiro (Al_2O_3) azul de Ceylán, el cuarzo rosado se pone pardo, etc.

La influencia que el carácter de la superficie tiene sobre el color, puede notarse cuando se compara el color de la superficie más o menos pulida de un cristal con el de su polvo, que se ve bien haciendo con el cristal una raya sobre una superficie despulida de porcelana; los cristales de pirita (FeS_2), por ejemplo, son de color amarillo bronce, su raya es negra, la hematita (Fe_2O_3) especular es negra, su raya es roja.

Como el carácter de la superficie de los minerales puede variar, como puede variar su color por las inclusiones que contenga, se utiliza generalmente el color de la raya hecha sobre una superficie de porcelana despulida — es decir, el color de su polvo — para determinar el de los minerales.

El diamante, que es carbono cúbico incoloro, y el grafito, que es igualmente carbono, pero hexagonal, y de color gris acero obscuro, nos manifiestan claramente la influencia de la estructura sobre el color.

10. PLEOCROISMO. — En los cuerpos isótropos y en los minerales del sistema cúbico, el color visto por transparencia es el mismo cualquiera que sea la dirección en que se observa. Esto no sucede en los minerales que pertenecen a otros sistemas; en ellos el color por transparencia no es igual en las distintas direcciones, porque la absorción de las radiaciones varía con la dirección. Se dice que estos minerales son *policroicos* y el fenómeno se llama *policroísmo* o *pleocroísmo* ⁽¹⁾; un cristal de turmalina, por

(1) De *poly* = muchos, y *chromos* = color.

ejemplo, visto a través de las caras de prisma es de color pardo, verdeoscuro o azul según la especie, y visto a través de las caras de pinacoide, amarillo, verde oliva o violeta rojizo. Son fuertemente pleocroicos, la biotita, los piroxenos, los anfíboles, la cordierita, la sillimanita, etc.

Los caracteres ópticos son sumamente importantes porque con ellos se puede llegar a determinar la especie mineralógica, y a veces, cuando se trata de minerales de mezcla, se puede llegar a conocer el porcentaje de cada uno de los componentes; por ejemplo, en las plagioclasas que son mezclas de $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ y $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ se puede llegar a determinar el % de Na y de Ca. La determinación de los minerales difíciles de aislar, y por lo general sin contorno cristalográfico, como son los que constituyen las rocas, se hace por medio de las propiedades ópticas que se estudian en microscopios especiales llamados polarizantes o cristalográficos.

Estos microscopios se diferencian de los biológicos porque tienen debajo de la platina un prisma de calcita que polariza la luz y arriba del objetivo otro.

Con ellos se pueden distinguir los minerales isótropos de los anisótropos y en éstos las secciones perpendiculares a los ejes ópticos de las oblicuas. Las secciones perpendiculares a los ejes y las de los minerales isótropos, estando el microscopio en ciertas condiciones, aparecen completamente oscuras, mientras que las otras aparecen coloradas debido a fenómenos llamados de interferencia.

Las secciones perpendiculares a los ejes se distinguen de las de los isótropos, porque en condiciones determinadas del microscopio presentan figuras especiales llamadas de interferencia; además estas figuras son diferentes en los uniaxiales y biaxiales.

II

COMPORTAMIENTO DE LOS CRISTALES ANTE EL CALOR
LA ELECTRICIDAD Y EL MAGNETISMO

1. Caracteres térmicos. —
2. Caracteres eléctricos
3. Caracteres magnéticos

1. CARACTERES TÉRMICOS. — Consideraremos solamente lo que se refiere a la *dilatabilidad* y a la *conductibilidad térmica*.

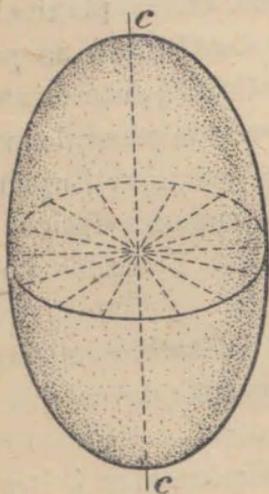


Fig. 149. — Elipsoide de revolución producido por el fuerte calentamiento de una esfera cortada en un cristal dimétrico.

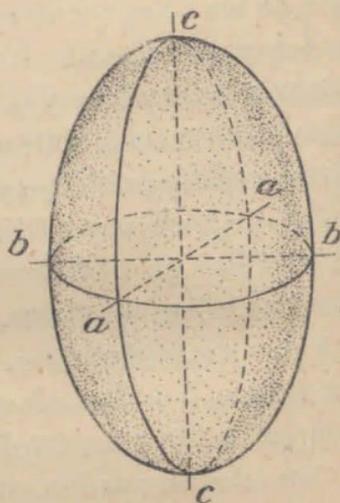


Fig. 150. — Elipsoide de tres ejes producido por el fuerte calentamiento de una esfera cortada en un cristal trimétrico.

La dilatación que sufren los cristales por un aumento de temperatura, no es la misma en los distintos grupos.

Así en los cristales isométricos la dilatación es la misma en todas las direcciones, de modo que si en ellos se corta una esfera y luego se la somete a una fuerte elevación de temperatura, la esfera aumentará de tamaño pero conservará su forma (fig. 1).

Si se hace lo mismo con un cristal del grupo dimétrico la esfera se transforma en un elipsoide de revolución, de modo que en ellos hay dos direcciones, una de máxima y otra de mínima dilatación, perpendiculares entre sí. Una de estas direcciones coincide siempre con el eje de revolución paralelo a su vez al eje de simetría hexagonal, trigonal o tetragonal y, por consiguiente, al eje óptico (fig. 149).

Si se corta la esfera en un cristal trimétrico y se la calienta, se transforma en un elipsoide de tres ejes : en estos cristales hay pues tres direcciones, de máxima, media y mínima dilatabilidad, perpendiculares entre sí (fig. 150), y coincidentes con los elementos de simetría morfológica cuando éstos existen. Es evidente entonces que si se calientan cristales dimétricos y trimétricos se agrandan, pero los ángulos que forman las caras entre sí generalmente cambian.

Es debido a esta diferencia de dilatación de los cristales en las distintas direcciones que se agrietan las rocas que en las zonas montañosas están sometidas a fuertes cambios de temperatura por la insolación.

La *conductibilidad térmica* varía en la misma forma que la dilatabilidad; puede comprobarse recubriendo con cera un cristal prismático dimétrico y aplicando verticalmente una punta caliente sobre el pinacoide y sobre las caras del prisma. La cera se fundirá alrededor de la punta formando una circunferencia en el pinacoide y una elipse en las caras del prisma. Si se hace lo mismo en un cristal trimétrico, la curva que se forma es siempre una elipse (fig. 151) y en los isométricos, siempre una circunferencia.

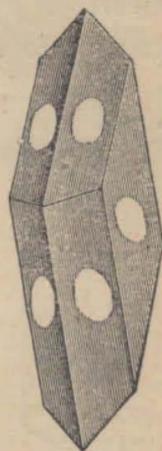


Fig. 151. — Curvas de conductibilidad de un cristal de yeso cubierto con cera.

2. CARACTERES ELÉCTRICOS. — La materia cristalina es en general anisótropa para la conductibilidad eléctrica. Si en un mineral dimétrico o trimétrico se cortan en todas direcciones varillas del mismo largo y espesor y se les hace pasar la corriente eléctrica se comprueba que la conductibilidad varía según la dirección. En los cristales dimétricos hay siempre dos direcciones perpendiculares entre sí, de máxima y mínima conductibilidad, una de ellas coincide con el eje C (E_3 , E_1 o E_2 según el sistema).



Fig. 152

En los cristales trimétricos hay tres direcciones perpendiculares entre sí que son de máxima, media y mínima conductibilidad. En los isométricos la conductibilidad es uniforme.

Algunos minerales como la molibdenita, la pirita, la galena, el psilomelano, tienen para una misma dirección diferente conductibilidad según el sentido; su conductibilidad es *unipolar*. Esta propiedad hace que se les emplee en radiotelefonía para encontrar corrientes variables.

Otras propiedades eléctricas fueron observadas desde el tiempo de Haiiy y son las que tienen algunos minerales de electrizarse cuando se los calienta, comprime o estira en determinadas direcciones.

El primer fenómeno se llama *piezoelectricidad* y el segundo *piezoelectricidad*.

La piezoelectricidad se observa principalmente en el cuarzo (SiO_2 trigonal) en la turmalina (borosilicato complejo trigonal) y en la boracita ($\text{Mg}_3\text{Cl}_2\text{B}_{14}\text{O}_{28}$ cúbica).

Si se calientan en una estufa cristales de turmalina, se cargan de electricidad positiva en un extremo del eje E_3 ,

y negativa en el otro (fig. 152). Si se hace lo mismo con cristales de cuarzo, las cargas de distinto signo se distribuyen en los extremos de los ejes digonales (fig. 153) y en los de boracita en los extremos de los ejes trigonales (fig. 154).

Para poder observar el fenómeno se polvorea el cristal calentado con una mezcla de azufre (amarillo) y de minio (rojo) que se hace pasar a través de una muselina tirante para que se electrice. El azufre se carga de electricidad negativa se va a los polos positivos y el minio cargado de electricidad positiva se va a los polos negativos del cristal.

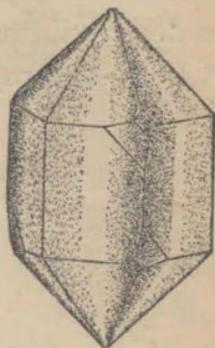


Fig. 153

La piezoelectricidad fué estudiada principalmente en el cuarzo por los hermanos Curie. Estos investigadores comprobaron que si se cortan láminas de cuarzo perpendicularmente a los ejes digonales (fig. 155) y se comprimen o se estiran en la dirección del eje se cargan de electricidad pero las masas eléctricas + se distribuyen en una cara y las — en la otra, siendo estas masas independientes del tamaño de la lámina.

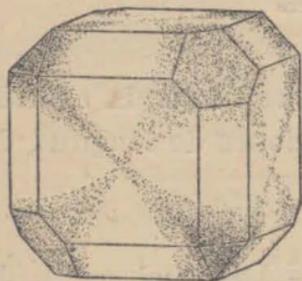


Fig. 154

Sucede lo mismo si se comprimen o estiran en la dirección perpendicular al plano que contiene los ejes E_1 y E_2 , pero en este caso las masas eléctricas dependen de

la longitud y del ancho de la lámina.

También comprobaron que si a estas láminas llamadas *piezocuarzo*, se les aplica en ambas caras perpendiculares a E_1 cargas iguales y de signos contrarios, la placa sufre

una dilatación en la dirección del eje E_3 y si se cambian los signos de las cargas sufre una contracción. De modo que si se hace pasar a través de la placa una corriente variable, la placa se dilatará y contraerá sucesivamente, es decir, vibrará.

Por esta propiedad se utilizan las láminas de piezocuarzo

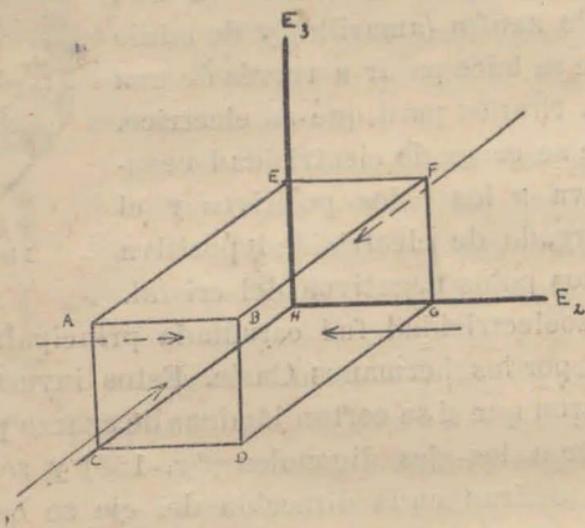


Fig. 155. — Piezocuarzo

zo en radiotécnica para que la longitud de onda emitida sea constante y para recibir radiaciones de longitud de onda determinada.

3. CARACTERES MAGNÉTICOS. — Desde el punto de vista del poder de magnetizarse, puede decirse también que la materia cristalina es anisótropa. Hay siempre en los cristales de todos los sistemas direcciones de máximo y mínimo poder de magnetización que están en relación con los elementos de simetría de los mismos. Respecto de estas propiedades lo que más nos interesa prácticamente es que

según su composición, los minerales serán atraídos con diferente intensidad por un imán. Los que contienen hierro lo son más, aumentando la atracción con el porcentaje de esa substancia. Esta propiedad se utiliza en petrografía para separar de las rocas los minerales ferríferos. También hay cristales que adquieren, natural o artificialmente, un magnetismo permanente, como la piritita magnética (FeS) y la magnetita (Fe_3O_4). Su magnetismo puede ser general o polar, de modo que se puede distinguir polo norte y polo sur. Este último es el caso de masas compactas en forma de filones o capas en las que el polo norte está hacia el polo sur de la tierra y viceversa. Son también atraídos por el imán los minerales de Ni y Co.

III

1. Elasticidad. — 2. Cohesión, clivaje, fractura, dureza

1. ELASTICIDAD. — El comportamiento de un cuerpo ante los ensayos que tienden a acercar o alejar unas de otras las partículas que lo constituyen, se llama *elasticidad*.

Son *deformaciones elásticas*, los cambios de forma y volumen que pueden sufrir los cuerpos por compresión o estiramiento; cuando la deformación producida llega a ser permanente, se dice que el *límite de elasticidad* ha sido alcanzado.

Cuando ese límite no se alcanza sino después de deformaciones considerables, se dice que el cuerpo es *elástico*, como la muscovita $[\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3]$, que se dobla sin romperse.

Los cuerpos que sometidos a un esfuerzo se rompen antes de que el límite de elasticidad sea alcanzado, son *frágiles*, como el cuarzo (SiO_2), el vidrio, etc. La resistencia a la ruptura se llama *tenacidad*.

Los que tienen un límite de elasticidad muy bajo, es decir, los que son poco elásticos y sufren deformaciones permanentes considerables, son: *dúctiles* si pueden estirarse como hilos sin romperse, como el oro, la plata, etc.; *malleables* cuando sin romperse pueden transformarse en láminas por el golpe del martillo, como la plata, el oro, el cobre, etc., y *flexibles* cuando se dejan doblar sufriendo una deformación sin llegar a la ruptura, como el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), las cloritas (silicatos ácidos hidratados), etc.

2. COHESIÓN, CLIVAJE, FRACTURA, DUREZA. — La fuerza que mantiene unidos los átomos y moléculas de los cuerpos es la *cohesión*.

En casi todos los cristales esta fuerza cambia con la dirección, manifestándose la variación por la propiedad que tienen la mayoría de poder dividirse fácilmente según direcciones determinadas. La división se produce siempre en la dirección de la cohesión mínima; por consiguiente la superficie de separación será perpendicular a esta dirección, y como en los cristales las direcciones paralelas son equivalentes, la superficie de separación debe ser un plano. A esta propiedad se le llama *clivaje*, y a la superficie de separación, *cara o plano de clivaje*.

Las direcciones de clivaje están, pues, en íntima relación con la estructura molecular de los cristales, y deben por lo tanto corresponder a caras posibles en ellos. Son casi siempre paralelas o perpendiculares a planos de simetría, pero pueden corresponder también a caras de

formas prismáticas o piramidales sencillas (lám. XXI a).

Pueden tener clivaje solamente aquellos cristales que tienen una neta diferencia de cohesión en direcciones distintas, siendo tanto más perfecto cuanto mayor es esta diferencia. La fuerza necesaria para producir el clivaje depende de la cohesión; en las micas (alúminosilicatos ácidos), cloritas (silicatos ácidos hidratados), etc., se produce con mucha facilidad, pues las láminas se separan fácilmente con la mano; en la calcita (CaCO_3), fluorita (CaF_2), para producirlo es necesario dar un golpe de martillo.

Son clivajes *muy perfectos* los de las micas, yeso, calcita, en que las superficies obtenidas son completamente planas y brillantes (láms. XXI a y IV); *perfectos* si las superficies son algo escalonadas y menos brillantes, como el de los feldespatos (silicatos aluminicos de calcio, sodio y potasio), fluorita, wolframita [$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$] etc.; *imperfectos* cuando las superficies obtenidas son irregulares como el zircón (ZrSiO_4), el rutilo (TiO_2), la turmalina (borosilicato complejo).

Fractura. — La superficie que se obtiene cuando se rompe un mineral, está íntimamente ligada con la cohesión y por consiguiente con la estructura.

Si el mineral posee clivaje, al romperse la separación se produce por los planos de clivaje y la superficie de fractura será un plano como sucede con el yeso, la galena (PbS), la fluorita, etc.

Los minerales en estado coloidal, como el ópalo (sílice hidratada coloidal) en los que no hay direcciones de diferente cohesión, y en los que tienen clivaje difícil como el cuarzo, la fractura se resuelve en elementos de superficies curvas (lám. XXVI); esta fractura se llama *concooidal*. Una fractura que no es ni plana ni concooidal se dice que

es *irregular* o *desigual* como la de la magnetita (Fe_3O_4), piritita (FeS_2), calcopiritita (FeCuS_2), etc.

Algunos minerales como el kaolín (silicato aluminico hidratado) y el ocre (limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) arcillosa), tienen fractura *terrosa*, otros como el cobre *ganchuda* (lám. XXVII), otros *astillosa*, como la lidita (variedad de calcedonia (SiO_2)).

✱ *Dureza*. — Es ésta otra propiedad que también depende de la cohesión. En mineralogía se define diciendo que es la resistencia que opone una cara pulida de un mineral a ser rayada por una punta de otro mineral o cuerpo cualquiera. Es indudable que el valor de esta dureza depende del carácter de la cara rayada, de la dirección en que se raya, de la forma y dureza de la punta con que se raya y de la fuerza que se emplea para rayar. Si un mineral se deja rayar será más blando que la punta con que se raya y viceversa.

Mohs, con el objeto de comparar entre sí la dureza de los minerales, estableció la siguiente serie o escala de trozos de 10 minerales cortados con caras planas y aristas vivas, de modo que pudieran ser rayados y rayaran fácilmente, dispuestos según la dureza ascendente :

1. Talco [$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$].
2. Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
3. Calcita (CaCO_3).
4. Fluorita (CaF_2).
5. Apatita [$\text{Ca}(\text{F},\text{Cl})\text{Ca}_4\text{PO}_4$].
6. Ortosa (KAlSi_3O_8).
7. Cuarzo (SiO_2).
8. Topacio [$\text{Al}_2(\text{F},\text{OH})_2\text{SiO}_4$].
9. Corindón (Al_2O_3).
10. Diamante (C).

Para ensayar la dureza de un mineral se prueba si es

posible rayarlo con los distintos términos de la serie, comenzando con el primero hasta llegar a aquel que lo raya. Se prueba entonces si se rayan mutuamente; si así fuera, el mineral tendrá la misma dureza que el término de la escala y si no su dureza estará comprendida entre la de ese término y la del anterior.

Por ejemplo: Si se trata de berilo $[\text{Be}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6]$ su dureza estará comprendida entre la del topacio ($D = 8$) que lo raya y a quien no raya y la del cuarzo ($D = 7$) que es el último que no lo raya, es decir, será $7 \frac{1}{3}$.

Cuando no se tiene la escala de Mohs, se pueden hacer determinaciones más o menos aproximadas con objetos cuya dureza es conocida; se usa generalmente la *uña* y la *hoja de un cortaplumas*. La dureza de la uña es 2, por consiguiente rayará a los minerales cuya dureza varía entre 1 y 2; con la práctica se puede apreciar si se trata de minerales de dureza 1 ó 2, según la presión que se haga para rayarlos.

El acero tiene una dureza de 6 a 6,5 y permite la comparación con minerales cuya dureza se aproxima a estos valores; pero además, con la práctica de su empleo (rayando minerales de dureza conocida) se puede apreciar con facilidad los grados de dureza precedentes de la escala. De modo que con estos dos objetos se podrá, si falta la escala de Mohs, determinar aproximadamente todas las durezas hasta la $6 \frac{1}{2}$.

—En términos generales se puede decir que son *blandos* los minerales que se dejan rayar por la uña, *duros* los que no raya la uña, pero sí el cortaplumas, y *muy duros* los que no son rayados por el cortaplumas.

La serie de Mohs no tiene una progresión regular exacta, porque la diferencia de dureza que hay entre sus distintos términos no es la misma.

Siempre que se trata de determinar la dureza de un mineral conviene romperlo para tener una superficie de fractura fresca, porque puede estar alterado en su superficie y presentar una dureza diferente; conviene también tener en cuenta que las superficies pulidas se rayan con más dificultad. Es necesario observar con una lupa la superficie del mineral después de rayado, para comprobar que el polvo que queda sobre él no es del término de comparación y que se ha producido la hendidura que indica que el mineral ha sido rayado.

Se comprueba por la experiencia que la dureza de un cristal varía con la dirección. Es evidente que la diferencia de dureza será tanto mayor en las distintas direcciones cuanto mayor es la diferencia de cohesión en las mismas. Para hacer determinaciones de esta variabilidad se utilizan aparatos llamados esclerómetros.

Ejemplos de minerales de diferente dureza.

Minerales de dureza 1o menor que 1: grafito (C), molibderita (MoS) talco ($\text{H}_2\text{Mg}_2(\text{SiO}_3)_4$).

De dureza 2: bismutinita (Bi_2S_3), antimonita (Sb_2S_3), cinabrio (HgS), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), azufre (S), silvita (KCl).

De dureza $2 \frac{1}{2}$: pirolusita (MnO_2), carnallita ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) argentita (Ag_2S).

De dureza 3: calcita (CaCO_3), bornita (Cu_5FeS_4), enargita ($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$).

De dureza 4: fluorita (CaF_2), blenda (ZnS), calcopirita (FeCuS_2).

De dureza 5 ó $5 \frac{1}{2}$: apatita ($\text{Ca}(\text{Cl},\text{F})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$) titanita (CaTiSiO_5), wolframita ($\text{Fe}, \text{Mn} \text{WO}_4$).

De dureza 6 ó 6,5: ortosa (KAlSi_3O_8) casi todos los silicatos (feldespatos, piroxenos, anfíloles).

De dureza 7 : cuarzo (SiO_2), epidoto, olivina [$(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$], turmalina (borosilicato complejo).

De dureza 8 : topacio ($\text{Al}_2(\text{OH}, \text{F})_2(\text{SiO}_4)_2$).

De dureza 9 : corindon (Al_2O_3).

De dureza 10 : diamante (C).

IV

PESO

Se sabe que el *peso específico* de un cuerpo es la relación entre el peso de un volumen dado de ese cuerpo y el peso de igual volumen de agua destilada a 4° centígrados, es decir, al máximo de densidad.

Es indudable que este peso depende no solamente de la substancia que constituye el cuerpo sino también de la *densidad* de los átomos y moléculas, es decir, de la estructura de la substancia; de ahí que los pesos específicos del diamante (cúbico) que es carbono y del grafito (hexagonal) que es igualmente carbono sean, de 3,52 y 2,25 respectivamente; el de la calcita (CaCO_3 trigonal), sea de 2,72 y el de la aragonita (CaCO_3 rómbico), sea de 2,94.

Pero la calidad de la substancia es, podría decirse, la que determina el peso específico. Así por ejemplo, los minerales que contienen Na, K, Ca, Sr, Mg, Mn, Si, casi todos los silicatos, son relativamente livianos, tienen un peso específico que varía entre 2 y 3,50; los que contienen As, Sb, Mo, Cu, casi todos los que contienen hierro, son pesados, tienen un peso específico que oscila entre 3,50 y 5,50; muy pesados con peso específico superior a 5,50, los que contienen Bi, Pb, Ag, Hg, Ni, W, Au.

En la práctica elemental conviene ejercitarse en apre-

ciar pesos específicos conocidos, porque por comparación con minerales de peso conocido puede saberse más o menos entre qué pesos está comprendido el del mineral que se estudia.

Determinaciones precisas del peso específico se hacen por varios métodos, el del picnómetro, el de las soluciones pesadas, el de la balanza hidrostática, etc. (1).

(1) Véase un tratado de Física o una Mineralogía Superior.

CAPITULO IV

PROPIEDADES QUÍMICAS

I

1. Polimorfismo. Isomorfismo. — 2. Composición química de los minerales

1. POLIMORFISMO. ISOMORFISMO. — A pesar de que la forma cristalina de una substancia es característica e inherente a su naturaleza química, una misma substancia, según las condiciones del medio ambiente (temperatura, presión, etc.) en que se consolida, puede presentar dos o más formas cristalinas diferentes entre sí. También diferentes substancias pueden tener formas cristalinas muy semejantes o idénticas.

Se llama *polimorfismo* a la propiedad que tiene una substancia de cristalizar, según las condiciones ambientes en que se encuentra, en dos o más formas que pertenecen a sistemas cristalinos diferentes y que tienen distintas propiedades físicas, o también a un mismo sistema, pero con propiedades físicas diferentes. Es decir, que *polimorfismo es la propiedad que tiene una substancia de formar estructuras moleculares y por lo tanto estructuras cristalinas distintas, según las condiciones en que cristaliza.*

Uno de los ejemplos más notables y más conocido es el del *carbono* que forma el diamante, cúbico con peso espe-

cífico 3,52, dureza 10, incoloro, transparente, con un brillo particular y característico, y el grafito, hexagonal, con peso específico 2,25, dureza de 0,5 a 1, de color gris obscuro casi negro, opaco, y con brillo metálico.

El *carbonato de calcio* también es polimorfo, se presenta como calcita, trigonal, ópticamente uniáxica, con clivaje fácil según las caras del romboedro, y peso específico 2,72 y como aragonita, rómbica, ópticamente biáxica, con clivaje piramidal y prismático y peso específico 2.94.

Otra substancia notable por su polimorfismo es el *silicato de aluminio*, que se presenta bajo las tres formas siguientes:

	Peso específico	Dureza
Al_2SiO_5 :		
Cianita triclínica.....	3.60	5-7
Sillimanita rómbica.....	3.24	6-7
Andalucita rómbica.....	3.18	> 7

(con propiedades ópticas muy diferentes)

La *silice* también, que puede presentarse en 7 formas cristalinas diferentes: cuarzo α trigonal hemiédrico pasa a cuarzo β hexagonal hemiédrico a 585° ; tridimita α rómbica a la temperatura ordinaria pasa a tridimita β hexagonal a 117° y la cristobalita α tetragonal o rómbica hasta los 230° y cristobalita β cúbica a temperaturas mayores. El *sulfuro de hierro*, que cristaliza en el sistema cúbico (pirita) con peso específico 5,1 y en el rómbico (marcasita) con peso específico 4,86. El *sulfuro de Zn* que puede ser cúbico (blenda) o hexagonal (wurtzita).

Las substancias que poseen una composición química análoga, que cristalizan en la misma forma o en formas semejantes y son capaces de mezclarse en todas las proporciones, se llaman isomorfas.

Son isomorfas, por ejemplo, la *fayalita* que es un ortosilicato de hierro (Fe_2SiO_4) y la *forsterita* que es un ortosilicato de magnesio (Mg_2SiO_4), porque tienen análoga composición química, cristalizan en las mismas formas del sistema rómbico y pueden mezclarse en proporciones variables, dando cristales perfectamente homogéneos, con propiedades variables e intermedias entre las de la fayalita y forsterita.

Estas mezclas, llamadas *mezclas isomorfas*, se conocen en este caso con el nombre de *olivina* y se expresan con la fórmula $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ que significa que el hierro y el magnesio se pueden substituir átomo por átomo en varias proporciones.

Las mezclas isomorfas constituyen las llamadas *series isomorfas* de minerales, cuyos miembros tienen una composición química análoga, cristalizan en el mismo sistema y en la misma clase de simetría o en sistemas diferentes (monoclínico o triclínico), pero con los paralelepípedos de su estructura del mismo tipo y del mismo tamaño, desarrollando las mismas formas cuyas caras forman ángulos que pueden diferir de muy pocos grados (hasta $2^\circ 30''$).

En estas series las propiedades físicas varían de un modo continuo con la proporción de los componentes. Así, en la importante serie de los *feldespatos plagioclásicos* formada por la mezcla de albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) la variación de las propiedades ópticas con la variación de los componentes es tan regular y continua, que de la determinación de estas propiedades se puede deducir con bastante precisión la proporción centesimal de los feldespatos componentes.

2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MINERALES. — Algunos minerales están formados por elementos o cuerpos sim-

ples en un estado tal de pureza que se dice que son nativos, como el azufre, el oro, la plata, el cobre, el arsénico, el bismuto, etc. Pero la gran mayoría de los minerales son cuerpos compuestos inorgánicos, cuya composición se expresa con las mismas fórmulas que se emplean en química.

Los cuerpos compuestos inorgánicos que se encuentran con mayor frecuencia en la naturaleza son :

Combinaciones de los metales con el azufre, selenio telurio, antimonio, arsénico, bismuto, como la pirita (FeS_2), la calcopirita (FeCuS_2), la antimonita (Sb_2S_3), la arsenopirita (FeAsS), la niquelita (NiAs), etc., etc.

Oxidos anhidros o hidratados como el cuarzo (SiO_2), la casiterita (SnO_2), el corindon (Al_2O_3), el rutilo (TiO_2), la hematita (Fe_2O_3), la limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), la hidrargilita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), etc., etc.

Haloides, formados por la combinación de los halógenos con los metales, como la sal común (NaCl), la fluorita (CaF_2), la atacamita [$\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$], etc., etc.

Sales oxigenadas, entre las que hay numerosos tipos: *carbonatos* como la calcita (CaCO_3), *sulfatos* como la anhidrita (CaSO_4), *fosfatos* como la apatita [$\text{Ca}(\text{Cl},\text{F})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$] *silicatos* como la wollastonita (CaSiO_3), *nitratos* como la sal nitro (NaNO_3), etc. Estas sales todavía pueden ser hidratadas como el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), o ácidas como la muscovita [$\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3$], etc.

Sin embargo, la composición química de los minerales no corresponde exactamente a la de los compuestos químicos que acabamos de mencionar. La composición puede variar por la posibilidad de asociarse en una determinada especie mineralógica, cantidades variables de moléculas isomorfas, dando cristales de mezcla como sucede en los granates, anfíboles, piroxenos, feldespatos, etc.

II

ENSAYOS QUIMICOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE LOS MINERALES

1. Elección del material. — 2. Instrumentos y reactivos.
3. Ensayos.

El examen morfológico y físico de los minerales no siempre basta para su reconocimiento; es menester a veces hacer algunos ensayos para poder determinar su composición química que, junto con los caracteres morfológicos y físicos, permiten hacer el diagnóstico de la especie mineral.

Sólo excepcionalmente, cuando se trata de minerales raros, de algún mineral nuevo o de saber el porcentaje de sus componentes, se requiere un análisis químico completo cualitativo y cuantitativo; en la mayoría de los casos basta hacer algunos ensayos rápidos y fáciles para investigar algún elemento que compruebe la determinación hecha con los caracteres físico morfológicos.

Estos ensayos se hacen generalmente por vía seca, es decir, usando el mineral y los reactivos secos. Son ensayos muy ventajosos porque son rápidos y de una gran sensibilidad.

Los que se hacen por vía húmeda son, generalmente, ensayos de solubilidad.

1. ELECCIÓN DEL MATERIAL. — La primera precaución que hay que tener para hacer el ensayo químico de un mineral es la elección del material que se va a analizar. Con frecuencia los minerales son impuros, ya sea por alteración o por mezcla; hay que procurar elegir el trozo lo más

puro que sea posible. Si se puede, es preferible elegir cristales y principalmente los pequeños, porque son casi siempre los más puros, y si no se tuvieran habría que examinar el mineral con una lente para distinguir la parte pura y homogénea que se elegirá para el ensayo. Es necesario tener en cuenta, también, la alteración que sufren en la superficie por acción de los agentes atmosféricos (agua, oxígeno, anhídrido carbónico); conviene elegir las partes donde esta alteración es menos manifiesta o bien romper la muestra y tomar una parte de la masa central que está casi siempre libre de alteración.

2. INSTRUMENTOS Y REACTIVOS. — Veamos ahora los instrumentos y reactivos utilizados en los ensayos y la manera de efectuar las experiencias para obtener rápidamente resultados satisfactorios.

Material necesario :

Martillito	Carbón
Yunque	Pinza de madera
Alicate	Pinza de acero
Mortero de ágata	Imán
Combustible	Cortaplumas
Soplete	Escala de dureza
Pinza de metal con puntas de platino	Escala de fusión
Hilo de platino	Varillas de vidrio
Tubos de ensayo	Lente pequeña
Lámina de plata	Soporte y tela metálica de amianto para las cápsulas
Cápsula de platino	Reactivos
Cápsula de porcelana	

El *martillito* será de acero templado (fig. 156), y la maza debe tener, como la de la figura, uno de sus extremos agudos.

El *yunque* es un paralelepípedo de acero pulido de $5 \times 5 \times 2$ cm. más o menos. Sirve para romper y pulverizar groseramente los minerales (fig. 157).

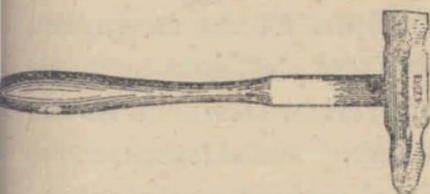


Fig. 156. — Martillo

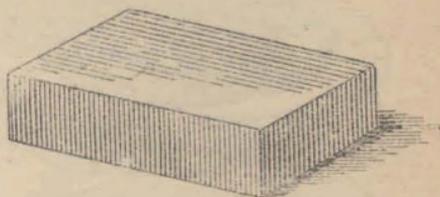


Fig. 157. — Yunque

Puede ser también un *yunque* especial que es casi un morterito (fig. 158) cuya maza *a* pasa a través de un anillo *b* que se adapta a la concavidad del mortero; este ani-

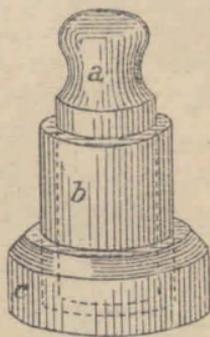


Fig. 158. — Yunque mortero

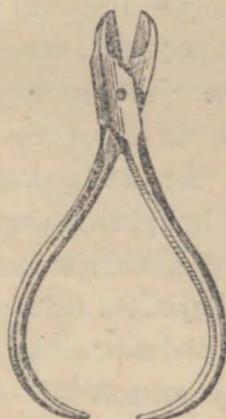


Fig. 159. — Alicates

llo impide que los trozos de mineral se escapen cuando se golpea con la maza (¹).

El *alicate* debe ser fuerte (fig. 159) y se usa para separar pequeñas astillas del mineral sin dañar las muestras.

(¹) Para evitar la oxidación, todo el material de acero debe guardarse untado con vaselina.

El *mortero de ágata* (fig. 160), de 6 ó 7 cm. de diámetro, se utiliza para pulverizar muy finamente los

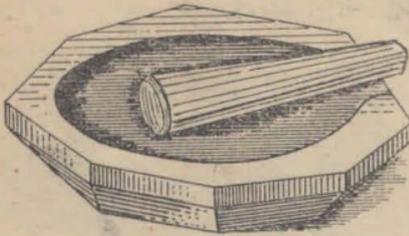


Fig. 160. — Mortero de ágata

cuerpos a ensayar después de haberlos triturado en el yunque. Si no se tuviera mortero de ágata se puede pulverizar el mineral frotando entre sí dos trozos, o sino en el yunque o en el mortero de acero. *Se tendrá mu-*

cho cuidado de limpiar bien ya sea el mortero de ágata, el de acero, el yunque y el martillo para evitar impurezas en el polvo.

Como combustible se utiliza cualquier llama siempre que no sea muy pequeña. Generalmente se utiliza la de un mechero Bunsen (fig. 161), la de una lamparita de alcohol (fig. 162) o la de una bujía. Al calor de cualquiera de estas llamas y en sus diferentes zonas se hacen todos los ensayos.

La llama luminosa de un mechero Bunsen, la de una lamparita de alcohol y la de una bujía se componen de tres partes principales (fig. 163) :

1ª En el centro un núcleo obscuro;

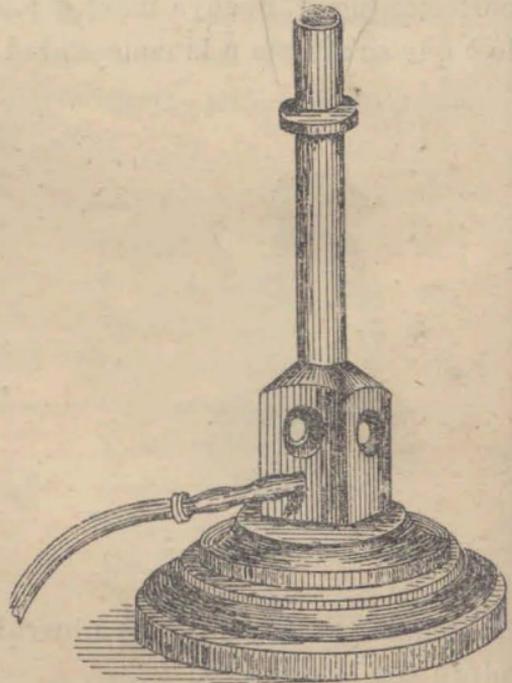


Fig. 161. — Mechero Bunsen

- 2ª Una zona brillante y luminosa que lo rodea;
- 3ª Una envoltura azul poco luminosa.

El núcleo obscuro está formado por gas no quemado. En la zona brillante, donde se quema solamente el hidrógeno, hay una cantidad de carbono incandescente que la hace luminosa debido a la combustión incompleta. Gracias al carbono que contiene actúa como reductora, por eso se llama *zona de reducción*. En la externa, por el

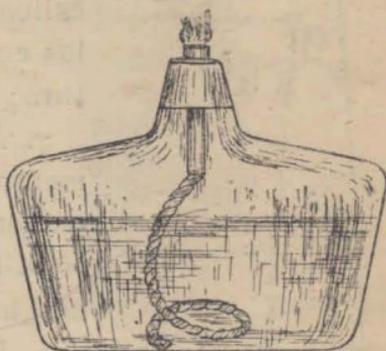


Fig. 162. — Lamparita de alcohol

contrario, la combustión es completa gracias al oxígeno que ella encierra, debido a lo cual se la llama *zona de oxidación*. Es también la zona más caliente de la llama.

Estas dos zonas de reducción y oxidación se pueden intensificar introduciendo en la llama una corriente de aire que hace que la combustión sea completa. En el mechero Bunsen, la corriente de aire llega mediante un orificio que hay en la parte inferior del tubo cilíndrico por donde pasa el gas (fig. 161). En las otras llamas la corriente se introduce por medio del soplete.

En la llama así intensificada, se distinguen dos zonas bien marcadas, una *interna azul de reducción* y otra *externa de oxidación* con regiones de intensidades diferentes. Estas

regiones son (fig. 164) :

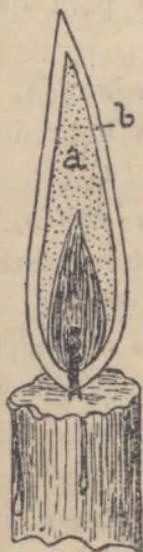


Fig. 163. — Llama de una bujía :
a, zona de reducción; b, zona de oxidación.

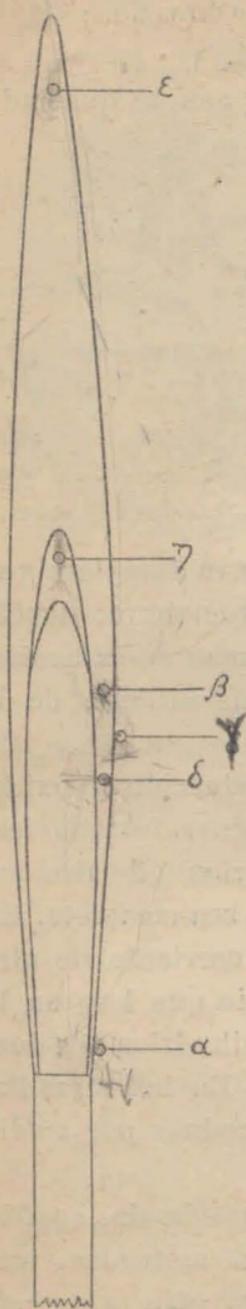


Fig. 164. — Llama
no luminosa

α , *Base de la llama*, donde la temperatura es más baja;

β , *Región de fusión*, es la parte más caliente de la llama y se utiliza para los ensayos que exigen alta temperatura;

γ , *Región inferior de oxidación*, es menos caliente que la anterior porque encierra un exceso de oxígeno y se utiliza sobre todo para las reacciones hechas por medio de las perlas;

ϵ , *Región superior de oxidación*, es a la vez caliente y rica en oxígeno y se utiliza principalmente para quemar la substancia;

δ , *Región inferior de reducción*, se utiliza generalmente para las reducciones sobre el carbón;

η , *Región superior de reducción*, se emplea sobre todo para obtener aureolas sobre el carbón.

El *soplete* (fig. 165), no sólo sirve para intensificar en la llama las zonas de oxidación y reducción, sino también para doblar la llama y concentrarla con más facilidad sobre el mineral cuando éste está sostenido por el carbón. Es un tubo de latón barnizado que consta, como se ve en la figura, de tres partes : un tubo *a*, ligeramente cónico cuya extremidad más ancha está provista de una embocadura de hueso o madera, y la otra se

introduce en una cámara, *b*, cilíndrica, que sirve para mantener aire y para condensar el vapor de agua; esta cámara termina en un tubo lateral, *c*, que tiene una abertura muy pequeña llamada pico. En los laboratorios bien montados, estos sopletes tienen pico de platino o esteatita, que son sustancias infusibles a las temperaturas obtenidas con ellos. Los sopletes de bronce, cobre o latón sin puntas infusibles no son convenientes, porque siempre un poco de cobre se funde y colora la llama de verde, lo que puede dar lugar a errores.

Para el buen resultado del trabajo hecho con el soplete, es menester no interrumpir en lo posible, mientras dura el ensayo, el dardo de llama que se dirige sobre el mineral. *Se debe respirar y soplar al mismo tiempo*, de modo que el operador no se vea obligado a interrumpir la emisión de aire para tomar aliento.

Para aprender a soplar respirando, el estudiante debe ensayar-se a respirar con fuerza teniendo entretanto el soplete en la boca y los carrillos inflados. Contrayendo luego levemente los músculos de los carrillos podrá impulsar por el soplete una corriente de aire no interrumpida; a medida que expulsa el aire de la boca la irá llenando con una nueva cantidad de aire aspirado por la nariz. Hay que evitar el soplar con aire de los pulmones porque esto fatiga y es nocivo a la salud.

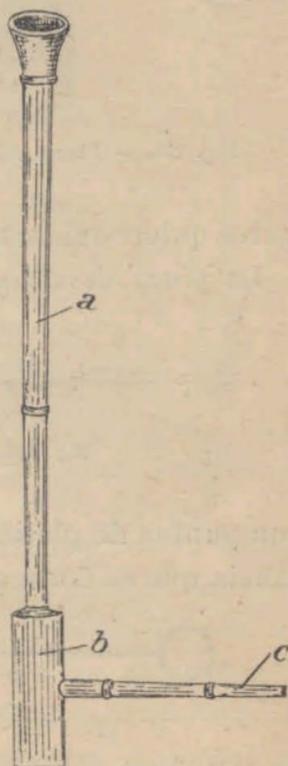


Fig. 165. — Soplete

Si se quiere obtener con el soplete una llama reductora, se coloca su extremidad cerca de la base de la llama (fig. 166),

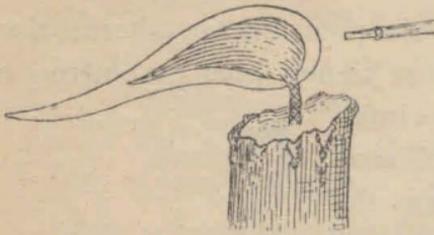


Fig. 166. — Llama reductora

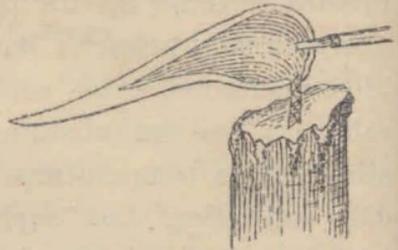


Fig. 167. — Llama oxidante

y si se quiere oxidante, se coloca dentro de la llama (fig. 167).

La *pinza de metal* debe ser como la de la figura 168,

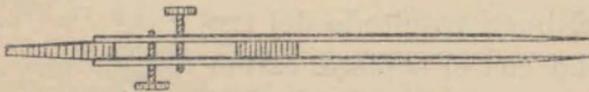


Fig. 168. — Pinza con puntas de platino

con puntas de platino, y se utiliza para sostener la sustancia que se trata con el soplete.

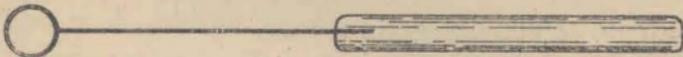


Fig. 169. — Hilo de platino

El *hilo* no debe ser muy fino, de 6 a 7 centímetros de longitud, soldado a una varilla de vidrio y con un gancho

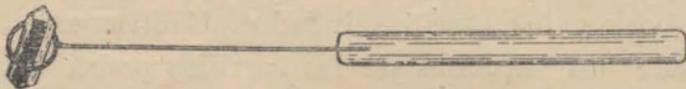


Fig. 170. — Hilo de platino sosteniendo un cristal

en la extremidad libre (fig. 169). Se utiliza para los ensayos de coloración de la llama, para las perlas y también para sostener el mineral, envolviéndolo con él (fig. 170),

para hacer los ensayos al soplete. Debe guardarse siempre en HCl diluído y para que esté perfectamente limpio, antes de usarse deberá quemarse varias veces en la llama.

Los *tubos de ensayo* son los comunes, que se utilizan para ensayos de solubilidad y algún otro ensayo por vía húmeda, y los tubos cerrados y abiertos que se emplean para los ensayos por vía térmica.

Los tubos cerrados son pequeños tubos de vidrio poco fusible, cerrados en una extremidad, y de 6 a 7 centímetros de largo y 5 a 6 mm. de diámetro (fig. 171). Sirven para calentar la substancia al abrigo del aire, sola o con un poco de reactivo fundente, y para examinar cómo se comporta a una temperatura que no pasa la de la fusión del vidrio.

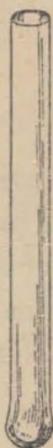


Fig. 171. — Tubo cerrado

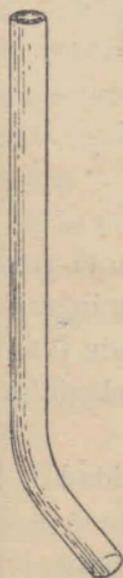


Fig. 172. — Tubo abierto

Los tubos abiertos son también de vidrio poco fusible, del mismo diámetro y longitud que los anteriores, abiertos en sus dos extremidades y acodados cerca de una de ellas (fig. 172). Se utilizan para quemar los minerales y para observar los productos de oxidación que se forman por acción del calor.

El *carbón* debe ser un trozo de carbón vegetal compacto sin fibras ni grietas, más o menos de $10 \times 5 \times 2,5$ cm. Por su infusibilidad, poca conductibilidad del calor y por su acción reductora, se utiliza para sostener la substancia en fosetas que se hacen con el cortaplumas para los ensayos de fusión, oxidación y reducción.

La *pinza de madera* (fig. 173) se utiliza para sostener los tubos de ensayo cuando se llevan a la llama. La *de acero* se utiliza para levantar trozos de substancia (fig. 174).

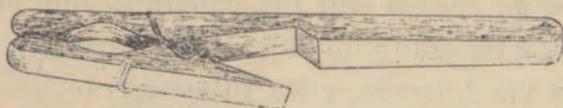


Fig. 173. — Pinza de madera

El *cortaplumas* es un instrumento indispensable. Se utiliza para determinar la dureza y en estos ensayos, para recoger el polvo del mineral, para hacer foseetas en el carbón y para recoger los residuos o glóbulos metálicos que en él se forman.

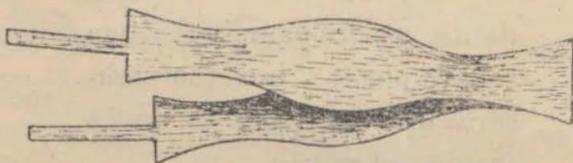


Fig. 174. — Pinza de acero

Escala de fusión. — Lo mismo que la dureza, el grado de fusibilidad ayuda a la determinación de los minerales. Se utiliza para estas determinaciones la escala de fusibilidad de Kobell, formada por 7 minerales bien elegidos y reducidos a astillas delgadas, a saber :

Antimonita (Sb_2S_3) : funde con mucha facilidad a la llama de una bujía.

Natrolita [$\text{H}_4\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$] : funde difícilmente a la llama de una bujía, y al soplete se transforma fácilmente en una esferita.

Almandino [$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)_6$] : funde fácilmente al soplete en gotas esféricas.

Actinolita [$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2)_2$] : funde al soplete

no muy fácilmente, con formación de una gota aplastada.

Ortosa (KAlSi_3O_8) : funde al soplete sólo en las aristas.

Broncita [$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$] : al soplete funden apenas las aristas.

Cuarzo (SiO_2) : es completamente infusible al soplete.

Es indudable que las sustancias infusibles al soplete lo son a temperaturas más elevadas.

La determinación del grado de fusibilidad de una sustancia es una operación muy delicada. Se toma con la pinza de puntas de platino una escama o astilla delgada del mineral, y se trata de fundirla primero en la llama de una bujía o en la base de la llama no luminosa del mechero Bunsen, y luego en la punta del dardo del soplete o en la zona de fusión de la llama de Bunsen, comparando el resultado obtenido con el de los minerales tipos de la escala colocados en las mismas condiciones.

Si el mineral es metalífero conviene hacer este ensayo sobre el carbón porque el metal puede unirse al platino y hacerlo fusible.

Antes de fundir la astilla hay que observar sus bordes con la lente para ver si se redondean por la acción del calor.

Si el mineral decrepita se reduce a polvo bien fino, se humedece con agua y se lleva sobre el carbón donde se lo trata a la llama del soplete. El polvo se une así fácilmente y se puede observar su fusibilidad.

Reactivos. — Los principales reactivos para los ensayos son :

Carbonato de sodio, mezclado con el mineral a determinar facilita las fusiones sobre el carbón; sirve también

para la disgregación de substancias insolubles o infusibles (silicatos, etc.).

Cianuro de potasio, se utiliza como reductor.

Bisulfato de potasio, se emplea como oxidante en tubo cerrado para caracterizar la mayoría de los ácidos.

Bórax y sal de fósforo, sirven como fundentes para caracterizar algunos óxidos metálicos que se disuelven en ellos colorando las perlas de fusión de colores que varían según se las caliente en llama oxidante o reductora.

Estaño y zinc metálico, se usan para las reducciones.

Fluoruro de calcio, se utiliza mezclado con el bisulfato de potasio para la investigación de los compuestos del boro.

Nitrato de cobalto en solución al 5 %, se emplea para investigar algunos cuerpos que dejan sobre el carbón residuos blancos fijos; se humedece el residuo con una gota de solución y se calienta fuertemente al soplete; algunos elementos toman así coloraciones características.

Magnesio metálico, se emplea en tubo cerrado para la investigación del fósforo.

Acido clorhídrico, se usa como disolvente y para caracterizar algunos elementos que coloran la llama. Se moja apenas una astillita del mineral sostenido por el hilo de platino o con la pinza, y se calienta en la llama reductora.

Acido sulfúrico diluído, se utiliza como disolvente y, concentrado, para caracterizar ácido bórico y fosfórico en los minerales, procediendo en la misma forma que con el ácido clorhídrico.

Acido nítrico se emplea como disolvente.

Papeles reactivos. Los más usados son los de tornasol

rojo y azul, y el papel al acetato de plomo; sirven, los primeros, para determinar la alcalinidad o acidez de gases y vapores que se desprenden de los tubos cerrados o abiertos, y el segundo, para caracterizar el ácido sulfhídrico (H_2S).

3. ENSAYOS. — Se trabaja siempre con *pequeñas cantidades de mineral y de reactivos*.

1. Ensayos efectuados calentando el mineral en la llama, con la pinza o el hilo de platino; en tubo abierto o cerrado

a) *Ensayo directo del mineral a la llama*

Se toma una astilla delgada del mineral, se sostiene con el hilo de platino o con la pinza de puntas de platino y se coloca primero en la llama sin soplete y luego en el dardo producido por él. Si se trabaja con la llama no luminosa del mechero de Bunsen, se lo coloca primero en la base de la llama y luego en la zona de fusión y oxidación (¹).

Con este ensayo se puede observar lo siguiente:

1° *Grado de fusibilidad*: en la forma ya indicada.

2° *Si la substancia se quema, si desprende vapores con olor y color*:

Casi todos los sulfuros, por ejemplo, blenda (ZnS), galena (PbS), calcopirita ($CuFeS_2$), etc., se queman con desprendimiento de gases sulfurosos con olor a azufre quemado; los arseniuros y sulfoarseniuros desprenden vapores arsenicales con olor a ajo, muchas sales que tienen

(¹) Si se sospecha que el mineral pueda contener cobre, en lugar de material de platino se usan astillas de amianto.

antimonio desprenden humos blancos de óxido de antimonio. Algunos minerales se ponen friables, es decir, se pulverizan como los carbonatos (calcita CaCO_3 , etc.) por pérdida de anhídrido carbónico y transformación en óxidos; el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), por pérdida de agua, etc.

3° *Si la substancia colora la llama :*

Cuerpos que la coloran sin adición de reactivos : Cuerpos que la coloran de violeta :

Sales de potasio Violeta pálido (visible a través de un vidrio de cobalto)

Cuerpos que la coloran de azul :

Cloruro de cobre.....	Azul púrpura
Algunas sales de plomo.....	Azul celeste
Compuestos de arsénico.....	Azul pálido
Compuestos de antimonio.....	Azul pálido

Cuerpos que la coloran de verde :

Algunas sales de cobre (excepto el cloruro).....	Verde esmeralda o Verde azulado
Algunas sales de bario.....	Verde amarillo
Algunas sales de molibdeno.....	Verde amarillo

Cuerpos que la coloran de amarillo :

Sales de sodio, coloración invisible a través de un vidrio de cobalto.

Cuerpos que la coloran de rojo :

Algunas sales de calcio.....	Rojo ladrillo
Algunas sales de litio.....	Rojo carmín
Algunas sales de estroncio.....	Rojo escarlata

Cuerpos que la coloran en presencia de reactivos : Calentados al soplete después de haber sido humedecidos con ácido clorhídrico. — En general los cloruros coloran más fácilmente la llama que las otras sales porque son más volátiles ; por eso, si el mineral no se volatiliza directamente a la llama, se le humedece con ácido clorhídrico y por medio de la pinza o del hilo de platino se lleva a la llama. (Se ponen en un vidrio de reloj algunas gotas de ácido clorhídrico y se moja en él la astillita de mineral sostenida por el hilo o por la pinza.)

Calentados al soplete después de haber sido humedecidos con ácido sulfúrico concentrado (se procede en la misma forma que con el ácido clorhídrico) :

Ácido bórico y boratos	Verde
Compuestos del fósforo	Verde amarillo
Compuestos del molibdeno	Verde amarillo

Calentados al soplete con una mezcla de bisulfato de potasio y fluoruro de calcio :

Ácido bórico y boratos	Verde esmeralda
Silicatos que contienen boro	Verde esmeralda
Compuestos de molibdeno	Verde amarillo

Resumiendo, tenemos que los elementos que coloran la llama son :

Sodio	Amarillo
Potasio	Violeta
Litio	Rojo carmín
Estroncio	Rojo escarlata
Calcio	Rojo ladrillo
Cobre	Verde esmeralda o azulado
Bario	Verde amarillo
Molibdeno	Verde amarillo

Fósforo	Verde amarillo
Boro	Verde esmeralda
Plomo	Azul celeste
Arsénico	Azul claro
Antimonio	Azul claro
Cloruro de cobre.....	Azul púrpura

b) Ensayos en tubo cerrado.

Este ensayo se hace para calentar el mineral solo o con reactivos al abrigo del aire. El tubo debe secarse previamente a la llama (a la no luminosa del mechero Bunsen o a la del soplete de las otras llamas).

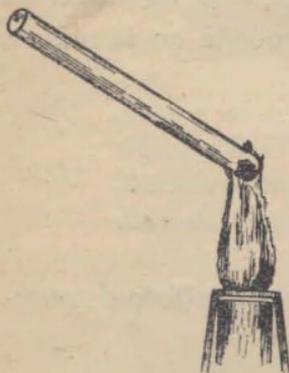


Fig. 175. — Tubo cerrado en la llama

1. *Ensayos sin reactivos.* — Se coloca un pequeño fragmento del mineral en el tubo y se calienta (a la llama no luminosa del mechero Bunsen o a la del soplete de las otras llamas) primero suavemente y luego hasta la temperatura de fusión del vidrio, teniendo cuidado de colocarlo casi horizontalmente como lo indica la figura 175.

Se puede observar lo siguiente :

Desprendimiento de agua : Desprenden agua los minerales hidratados como el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), etc.; y algunos silicatos ácidos que al calentarse se descomponen y dan agua, como las micas, etc.

El mineral decrepita : Los principales minerales que decrepitan son :

Blenda (ZnS)

Azurita [$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]

Calcopirita (FeCuS_2)

Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Malaquita [$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]

Sal gema (NaCl)

Fluorita (CaF_2), etc.

Cambio de color, que puede ser permanente o durar mientras el mineral esté caliente.

Cambian de color definitivamente :

Apatita de varios colores [$\text{Ca}(\text{Cl}, \text{F})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$].	Se decolora
Azurita, [$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$].	Azul, se pone negra
Calcita transparente (CaCO_3)	Se pone opaca
Dioptasa (H_2CuSiO_4)	Verde esmeralda, se pone negra
Fluorita (CaF_2) de varios colores	Se decolora
Malaquita [$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$].	Verde, se pone negra
Cuarzo (SiO_2), ahumado, violeta o amarillo...	Se decolora
Turmalina (borosilicato)	De varios colores, se decolora
Turquesa (fosfato con aluminio y cobre)....	Azul, se pone negra
Zircón (ZrSiO_4)	El rojo jacinto se decolora
Limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	Amarilla o parda, se pone negra

Adquieren su color después del enfriamiento :

Hematita roja (Fe_2O_3)	Pardo negro en caliente
Rubí (Al_2O_3)	Verde en caliente
Granate verde o negro	Se pone opaco en caliente, etc.

El mineral desprende gases colorados o incoloros con o sin olor; hay que observar si estos gases corroen el vidrio, si son ácidos o alcalinos (si son ácidos enrojecen el papel azul de tornasol que se pone en la boca del tubo y si son alcalinos ponen azul el papel rojo de tornasol), si son combustibles, es decir, si arden al acercarles un fósforo encen-

dido o si avivan la combustión al acercarlos una pajita con un punto en ignición.

El mineral puede dar sublimados blancos o colorados, fusibles o infusibles, cristalizados o sin cristalizar (se observan con una lente para ver si son cristalinos).

Principales minerales que dan sublimados en tubo cerrado :

Sublimado gris metálico : arsenopirita (FeAsS) y algunos arseniuros;

Sublimado amarillo : azufre y casi todos los sulfuros, pirita (FeS_2), calcopirita, (CuFeS_2) etc. ;

Sublimado anaranjado : arsenopirita, oropimento (As_2S_3) y otros sulfoarseniuros;

Sublimado rojo : antimonita (Sb_2S_3);

Sublimado negro (espejo metálico) : cinabrio (HgS).

2. *Ensayos con reactivos.* — *Ensayo con bisulfato de potasio.* Se pulveriza finamente el mineral y se mezcla bien con una cantidad igual de bisulfato de potasio fundido y bien pulverizado.

Por este medio se pueden reconocer : los *cloruros* que desprenden ácido clorhídrico (vapores incoloros de olor picante que enturbian una gota de nitrato de plata en la extremidad de una varilla de vidrio); los *fluoruros* y minerales que contienen fluor, por desprendimiento de ácido fluorhídrico que corroe el vidrio; los *nitratos* por desprendimiento de vapores rutilantes (mezcla de bióxido y peróxido de nitrógeno) que se reconocen por el color pardo.

Desprenden ácido clorhídrico :

Atacamita [$\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$]

Carnallita ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Sal gema (NaCl)

Sylvita (KCl)

Etc.

Desprenden ácido fluorhídrico :

- Fluorita (CaF_2)
- Apapita [$(\text{Cl} \cdot \text{F}) \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$]
- Criolita ($\text{AlF}_3 \cdot \text{NaF}$)
- Micas (silicatos ácidos)
- Topacio [$\text{Al}_2(\text{OH}, \text{F})_2\text{SiO}_4$]
- Triplita [$(\text{Mn}, \text{F}) (\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$]
- Etc.

Desprenden vapores rutilantes :

Nitratos

Ensayo con magnesio metálico para la investigación del fósforo.

Se mezcla una parte de mineral pulverizado con dos o tres veces su peso de magnesio y se calienta durante 10 minutos; se deja enfriar y se agrega agua. Si hay fósforo en el mineral, se desprende hidrógeno fosforado con olor a ajo que se quema con llama bordeada de verde.

e) Ensayos en tubo abierto

Se coloca un pequeño trozo de mineral en la parte curva del tubo y se calienta como lo indica la figura 176.

Se observa desprendimiento de gases y formación de sublimados.

Los principales minerales que desprenden gases son :

- Gases con olor a azufre quemado.. Azufre, sulfuro y sulfosales
- Vapores con olor a ajo..... Arsénico y arseniuros



Fig. 176. — Tubo abierto en la llama

Forman sublimados :

Blanco cristalino.....	Arsénico y arseniuros
Blanco no cristalino.....	Antimonita (Sb_2S_3)
Amarillo.....	Minerales con bismuto
Amarillo soluble en amoniaco.....	Arsenopirita ($FeAsS_2$)
Gris metálico.....	Cinabrio (HgS)

II. Ensayos sobre el carbón

Para estos ensayos se hace sobre el carbón, por medio del cortaplumas, una foseta cónica donde se deposita una pequeña cantidad de la substancia a analizar. Se sostiene el carbón como lo indica la figura 177, de modo que el mi-

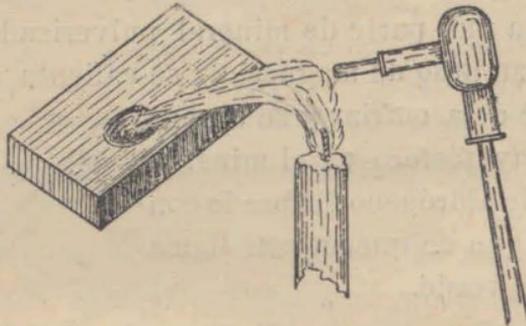


Figura 177

neral sea alcanzado sólo por la punta externa de la llama, es decir, por la llama oxidante, y se sopla largo rato observando si se producen reacciones de oxidación, que se manifiestan a veces por desprendimientos de gases y formación de aureolas con o sin residuo metálico.

Así, los sulfuros desprenden gases de anhídrido sulfuroso con olor a azufre quemado; los arseniuros dan vapores de anhídrido arsenioso con olor a ajo; los antimonuros dan humos blancos, inodoros, de óxido de antimonio.

Se forman aureolas cuando el mineral tiene algún me-

tal que forma óxidos o anhídridos que se volatilizan depositándose alrededor del ensayo.

Para ver los residuos metálicos y las aureolas más fácilmente, se hace el ensayo mezclando la substancia con poco carbonato de sodio y humedeciendo el conjunto con una gota de agua, así la reducción es más fácil y más rápida. Conviene mezclar el mineral con el carbonato y humedecerlos antes de llevarlos sobre el carbón, y para que la reducción sea aún más rápida, agregar a la mezcla un poco de polvo de carbón. Se calienta fuertemente el todo con llama reductora y se ven sobre la escoria fundida, si la reducción ha sido bien hecha, puntos brillantes que son gránulos metálicos.

Estos gránulos metálicos pueden ser con aureola o sin aureola.

Dan gránulos sin aureola :

Partículas irregulares magnéticas Hierro

Glóbulo :

Rojo o negro, maleable Cobre
Blanco brillante y maleable Plata
Blanco maleable Estaño

Dan glóbulos con aureola :

Glóbulo gris brillante con aureola amarilla en caliente y en frío Plomo
Glóbulo blanco rojizo, mate, frágil, con aureola amarillo naranja en caliente y amarillo limón en frío Bismuto
Partículas irregulares grises y aureola cristalina amarilla en caliente y blanca en frío..... Molibdeno

Burdon
Peri

Pueden producirse también aureolas sin residuo :

Aureola blanca muy volátil que se quema con llama azulada y se forma lejos del ensayo.....	Arsénico
Aureola amarilla en caliente, blanca en frío	Zinc
Aureola blanca, muy volátil que se quema con llama azulada y se forma cerca del ensayo.....	Antimonio

Sobre el carbón se hace también el ensayo con nitrato de cobalto. Se coloca el mineral en la fosea hecha en el carbón y después de larga incandescencia o de fusión con carbonato de sodio, se le agrega una gota de solución de nitrato de cobalto (si se usa mucho nitrato, la masa después de calentada se vuelve negra o gris) y se calcina fuertemente al soplete.

Si la substancia se colora de azul contiene..	Aluminio
Si se colora de verde amarillo contiene.....	Zinc
Si se colora de verde azulado contiene.....	Estaño

III. Reacción hepar

Para reconocer los sulfatos por vía seca, se mezcla el mineral con un exceso de carbonato de sodio y polvo de carbón y se le trata con llama reductora. Se saca luego la escoria con un cortaplumas, raspando el carbón, se la coloca sobre una lámina de plata bien limpia y se humedece el todo con una gota de agua. Después de unos minutos se examina la lámina, si se trata de un sulfato, se habrá formado en ella una mancha negra de sulfuro de plata.

IV. Ensayo de coloración de las perlas

Muchos óxidos metálicos tienen la propiedad de disolverse en vidrios obtenidos por fusión de bórax o de sal de fósforo dándoles una coloración característica que es diferente según que se trate en llama reductora u oxidante.

En la extremidad del hilo de platino, perfectamente limpio, se hace una argollita que se calienta al rojo y se introduce en la sal de fósforo o en el bórax. Se lleva esta pequeña cantidad de substancia a la llama hasta fundirla y formar una perla perfectamente limpia, transparente e incolora (hay que hacer girar el hilo continuamente para evitar que la perla se caiga). Mientras está caliente se acerca al polvo del mineral para que se le adhiera una *pequeñísima cantidad* y se trata luego con llama oxidante o reductora hasta que el polvo esté completamente disuelto.

Coloran la perla de bórax :

	Llama oxidante	Llama reductora
Hierro :		
Caliente	Amarillo	Verde
Frío	Incoloro	Verde
Níquel :		
Caliente	Pardo	Gris
Frío	Pardo	Gris turbio
Cobalto :		
Caliente	Azul	Azul
Frío	Azul	Azul
Manganeso :		
Caliente	Violeta amatista	Incoloro
Frío	Violeta rojizo claro	Incoloro

	Llama oxidante	Llama reductora
Urano :		
Caliente	Amarillo anaranjado	Verde sucio
Frío	Incoloro o amarillo oro	Verde
Cobre :		
Caliente	Verde	Incoloro o rojo pardo
Frío	Verde o azul (1)	Incoloro o rojo pardo, opaca
Molibdeno :		
Caliente	Amarillo	Pardo claro transparente
Frío	Incoloro	Pardo turbio
Wolframio :		
Caliente	Amarillo claro	Incoloro-amarillo
Frío	Incoloro	Pardo amarillo
Vanadio :		
Caliente	Amarillo pardo	Verde pardusco
Frío	Amarillo claro	Verde esmeralda
Títano :		
Caliente	Incoloro	Amarillo
Frío	Incoloro	Violeta
Cromo :		
Caliente	Amarillo	Verde esmeralda
Frío	Verde	Verde esmeralda

En la perla de sal de fósforo las coloraciones son iguales, menos para los siguientes metales :

	Llama oxidante	Llama reductora
Molibdeno :		
Caliente	Verde amarillo	Pardo obscuro
Frío	Amarillo	Verde esmeralda

(1) Depende de la concentración.

	Llama oxidante	Llama reductora
Wolframio :		
Caliente	Incoloro o amarillo	Gris azul
Frío	Incoloro	Azul claro
Caliente : por adición de óxi- do de hierro..	—	Amarillo
Frío	—	Rojo sangre
Cromo :		
Caliente	Verde sucio	Verde rojizo
Frío	Verde esmeralda	Verde esmeralda
Titano :		
Caliente	Amarillo	Amarillo
Frío	Incoloro	Violeta
Frío : por adi- ción de óxido de hierro....	—	Rojo sangre

Los colores de todas estas perlas pueden ser más intensos si se toma mayor cantidad de polvo.

V. Ensayos por vía húmeda

En los ensayos por vía húmeda se identifican los elementos que forman los minerales, mediante las reacciones que tienen lugar cuando las sustancias están al estado de solución, de modo que para estos ensayos lo primero que debe hacerse es solubilizar la sustancia.

Los disolventes habituales son: *el agua, el ácido clorhídrico, el ácido nítrico y el agua regia.*

Para probar la solubilidad se pulveriza, para aumentar la superficie de ataque, una pequeña cantidad de mineral; se toma un poquito de ese polvo, se lo pone en un tubo de ensayo y se prueba su solubilidad : *en agua fría y caliente,*

ácidos débiles y fuertes (clorhídrico, nítrico, agua regia) diluídos y concentrados, en frío y en caliente. Si fuera necesario ensayar con cada uno de estos reactivos sucesivamente, habría que tomar cada vez una nueva porción de mineral y lavar bien el tubo de ensayo.

Si el mineral no fuera soluble, como sucede con la mayoría de los silicatos, se transforma en una sal soluble. Para esto, el mineral pulverizado se *disgrega* fundiéndolo con 8 a 10 veces su peso de carbonato de sodio puro y seco, utilizando generalmente para la fusión una cápsula de platino. La masa fundida se solubiliza en agua o en ácidos.

La disgregación puede ser hecha también con álcalis cáusticos a la temperatura de ebullición, y todavía con ácido fluorhídrico (en cápsulas de platino), o ácido sulfúrico.

Solubilización en agua. — Son solubles en agua muy pocos minerales.

Cloruros, bromuros, yoduros alcalinos.

Carbonatos alcalinos.

Sulfatos alcalinos.

Sulfatos de magnesio y otros metales del grupo del hierro.

Boratos alcalinos y ácido bórico.

Nitratos alcalinos.

Solubilización en ácido nítrico, clorhídrico y agua regia.
— Muchos minerales insolubles en el agua, son solubles en uno o en otro de estos ácidos. Los minerales solubles en estos ácidos son :

Sulfuros, seleniuros, telururos, antimoniuros, arseniuros, sulfoarseniuros, sulfoantimoniuros.

Carbonatos, que se disuelven con efervescencia por desprendimiento de anhídrido carbónico.

Tungstatos, molibdatos, niobatos, uranatos, etc.

Boratos, fosfatos, titanatos, vanadatos.

Los silicatos son casi todos insolubles en los ácidos, pero hay algunos que son solubles en ácido clorhídrico con depósito de sílice gelatinosa ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Para otras reacciones véase un tratado de Química Analítica.

CAPITULO V

GÉNESIS Y YACIMIENTO DE LOS MINERALES

I

GENESIS

La génesis de los minerales en la naturaleza es muy variada y muy compleja, tanto más, cuanto que un mineral puede formarse de varias maneras.

El proceso más simple de origen natural de los minerales es el de los que se forman en soluciones acuosas por evaporación del disolvente, como el de las sales que se depositan en el fondo de los lagos salados. La mayoría de estos lagos son simples depresiones, que durante las épocas lluviosas se llenan de aguas cargadas de sales tomadas de los terrenos circundantes por disolución. Estas aguas se evaporan durante las estaciones secas, y las sales que contienen disueltas se van depositando en el fondo y en la costa de la depresión, transformándose con frecuencia el lago en un banco salino. Son ejemplos de este tipo, los salarés de la Puma de Atacama, en los que se depositan principalmente sal común (NaCl), yeso, ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) borato de sodio y kaolín (silicato hidratado de aluminio); las Salinas Grandes (en el límite de las provincias de Córdoba, Santiago del Estero y Catamarca), que tienen una extensión de más de 21,000 km^2 y contienen casi exclusivamente sal común; y en general todas las salinas de las regiones desérticas.

También por evaporación de agua marina se forman y se formaron en el pasado, yacimientos salinos más potentes y más importantes. Los principales yacimientos salinos que se encuentran sepultados en distintas zonas de la corteza terrestre, se deben haber formado por evaporación de agua marina. Estos depósitos, en la mayoría de los casos, son de sal común y yeso, las dos substancias que existen en mayor cantidad en el agua de mar; a veces se hallan sobre los depósitos de estas sales, otros de magnesio y potasio. Ejemplo clásico de estos depósitos es el yacimiento salino de Stassfurt.

Las sales disueltas en las aguas marinas o en las de los ríos pueden ser fijadas por los organismos. Así, muchas algas calcáreas y algunos musgos fijan las sales de calcio contenidas en las aguas. Con frecuencia gran cantidad de animales inferiores asimilan las sales de calcio para formar una cáscara como los foraminíferos, una conchilla como los moluscos y braquiópodos o un sostén como los corales y madreporas. Estos animales toman del agua del mar, no el carbonato de calcio que fijan, sino el sulfato de calcio que está en mayor proporción y lo transforman en carbonato.

Las enormes cantidades de carbonato de calcio así fijadas, poco a poco cristalizan y forman calcita (CaCO_3 trigonal) y aragonita (CaCO_3 rómbico). En los bancos de madreporas y corales es frecuente que estas sales reaccionen más o menos enérgicamente con las sales de magnesio y se transformen en dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ trigonal).

La sílice es fijada por las diatomeas, radiolarios, etc.

Los depósitos de limonita que se encuentran en las aguas estancadas debèn su origen a la acción de una bacteria. Al mismo origen se debe también la formación de azufre del hidrógeno sulfurado en las fuentes termales, la

formación de nitratos alcalinos de compuestos orgánicos, etc.

A veces el depósito de las sustancias minerales contenidas en las aguas se debe a la pérdida de algún componente gaseoso. Así se forman las incrustaciones de carbonato de calcio (travertina) en los objetos sumergidos, por pérdida del anhídrido carbónico que el agua contiene y que permite al carbonato estar en solución. De la misma manera se forman las estalactitas y estalacmitas.

Pueden también formarse los minerales por acción de los agentes atmosféricos (agua, oxígeno, anhídrido carbónico) sobre los minerales formados en la profundidad. Así se forman óxidos, hidróxidos, carbonatos y otras sales oxigenadas, de sulfuros y sulfosales metálicas por oxidación. Los compuestos de hierro se oxidan e hidratan fácilmente dando limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) que impregna todo de un color ferruginoso.

Por acción de estos agentes se forman también el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) de la anhidrita (CaSO_4), la serpentina [$\text{H}_4 (\text{Mg}, \text{Fe})_3 \text{Si}_2\text{O}_9$] de la olivina [$(\text{Fe}, \text{Mg})_2 \text{SiO}_4$], las arcillas y el koalín de los feldespatos, etc.

Pero la gran mayoría de los minerales, que son los que constituyen las rocas y los metalíferos y no metalíferos que forman los filones y a veces concentraciones dentro de las rocas, tienen un origen ígneo ⁽¹⁾ y muy complejo.

Su formación ha sido siempre un problema de mucho interés, pero bastante obscuro hasta los últimos decenios en que se ha podido interpretar en gran parte, gracias a los progresos de la físico-química. Se sabe hoy que todos ellos se originan de masas ígneas, fluídas, llamadas *magmas*, que provienen de las partes profundas de la corteza

(1) Del latín *igneus*, de *ignis* = fuego.

terrestre, y que están formadas por soluciones mixtas constituidas predominantemente por silicatos y mucha sílice libre; contienen, además, escasas proporciones de óxidos metálicos y de la larga serie de los metales pesados, oro, plomo, plata, cobre, etc., y gran cantidad de gases y vapores llamados agentes mineralizadores o neumatolíticos (¹), que son principalmente agua, anhídrido carbónico, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, ácido bórico.

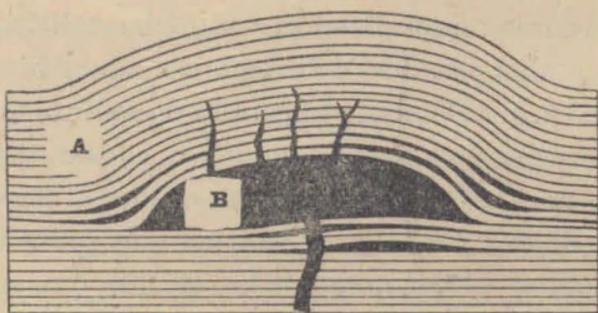


Fig. 178. — Lacolito : A, intruido en las capas B, de la corteza terrestre

Estos magmas ascienden a través de la corteza terrestre en forma de *lacolitos* (²) (fig. 178) enfriándose paulatinamente y llegan a temperaturas, a las cuales gran parte de las distintas substancias que los forman, una tras otra, alcanza su punto de saturación y cristalizan, comenzando así su consolidación y diferenciación.

Este proceso de diferenciación y consolidación comienza con la segregación de minerales de hierro (magnetita Fe_2O_4), de fósforo (apatita $Ca (C,F) Ca_4 (PO_4)_3$), de titanio (titanita, $CaTiSiO_6$), de zirconio (zircón $ZrSiO_6$); siguen

(¹) Significa *gases de las piedras*.

(²) Significa *potente masa de piedra*.

luego los silicatos colorados ricos en magnesio, hierro y calcio, que son la biotita, la olivina, los piroxenos y anfíboles; después los silicatos de aluminio y calcio o de aluminio, calcio y sodio o potasio, que son los feldespatos, y por último el cuarzo (SiO_2) si el magma contiene sílice en exceso. Estos primeros productos en su variada combinación constituyen las *rocas ígneas*.

Pero con la consolidación y formación de las rocas no ha terminado la consolidación del magma; queda aún una solución de composición distinta de la original, muy rica en agentes mineralizadores o neumatolíticos y una serie de metales pesados (cobre, plomo, zinc, hierro, plata, cobalto) probablemente al estado de sulfuros, sulfuros dobles, cloruros, etc. Estas soluciones tienen temperaturas mucho más bajas que el magma original, pero gracias a su gran fluidez y a la gran cantidad de gases que contienen, tienden a escaparse por las grietas que se forman en las rocas que están en consolidación. Durante esta migración, en que la temperatura y presión van siendo cada vez menores, se depositan en las grietas, rellenándolas y formando los filones, en orden determinado, cierto grupo de silicatos y minerales metalíferos y no metalíferos, terminando el proceso con la emanación de los últimos restos de ácido sulfhídrico, anhídrido carbónico y agua.

Los agentes neumatolíticos que se desprenden (fenómeno que se llama *neumatolisis*) y arrastran otros cuerpos en forma de combinaciones volátiles o gaseosas, a veces reaccionan con las masas minerales que atraviesan y dan lugar a la formación de nuevos minerales. De este origen son los yacimientos estanníferos de San Salvador y Cerro del Fraile en Catamarca; los filones de minerales de estaño que se encuentran dentro del granito son debidos a

emanaciones de fluoruros de estaño que en contacto con los silicatos de los granitos, se descomponen para dar bióxido de estaño o casiterita, y varios compuestos fluorurados como fluoritas (CaF_2), topacio [$\text{Al}_2(\text{F},\text{OH})_2(\text{SiO}_4)_2$], etc.

A los agentes neumatolíticos se debe también la formación de minerales en la boca de las fumarolas volcánicas.

Son igualmente de mucha importancia las enérgicas acciones que la intrusión de las masas eruptivas junto con los agentes mineralizadores producen en las rocas que están en contacto; estas modificaciones, a veces muy profundas, se conocen con el nombre de *metamorfismo de contacto*. Así se formó el yacimiento de magnetita (Fe_3O_4) de la mina «Sarmiento» de la región de Characate en Córdoba (fig. 179); la wollastonita $\text{Ca}(\text{SiO}_3)_2$, los granates (alúminosilicatos), la vesuviana (alúminosilicato ácido de Fe, Ca, Na y K), etc., en las calizas compactas, en contacto con las masas eruptivas de las sierras de Córdoba, etc. La cordierita ($\text{HMg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$), la andalucita (Al_2SiO_5), se forman por contacto en las rocas arcillosas ricas de alúmina y pobres de calcio.

II

YACIMIENTO DE LOS MINERALES

Para el conocimiento completo de un mineral es necesario estudiar también sus condiciones de yacimiento, porque nos proporcionan datos útiles para reconocer su origen y, si se trata de un mineral útil, para su explotación.

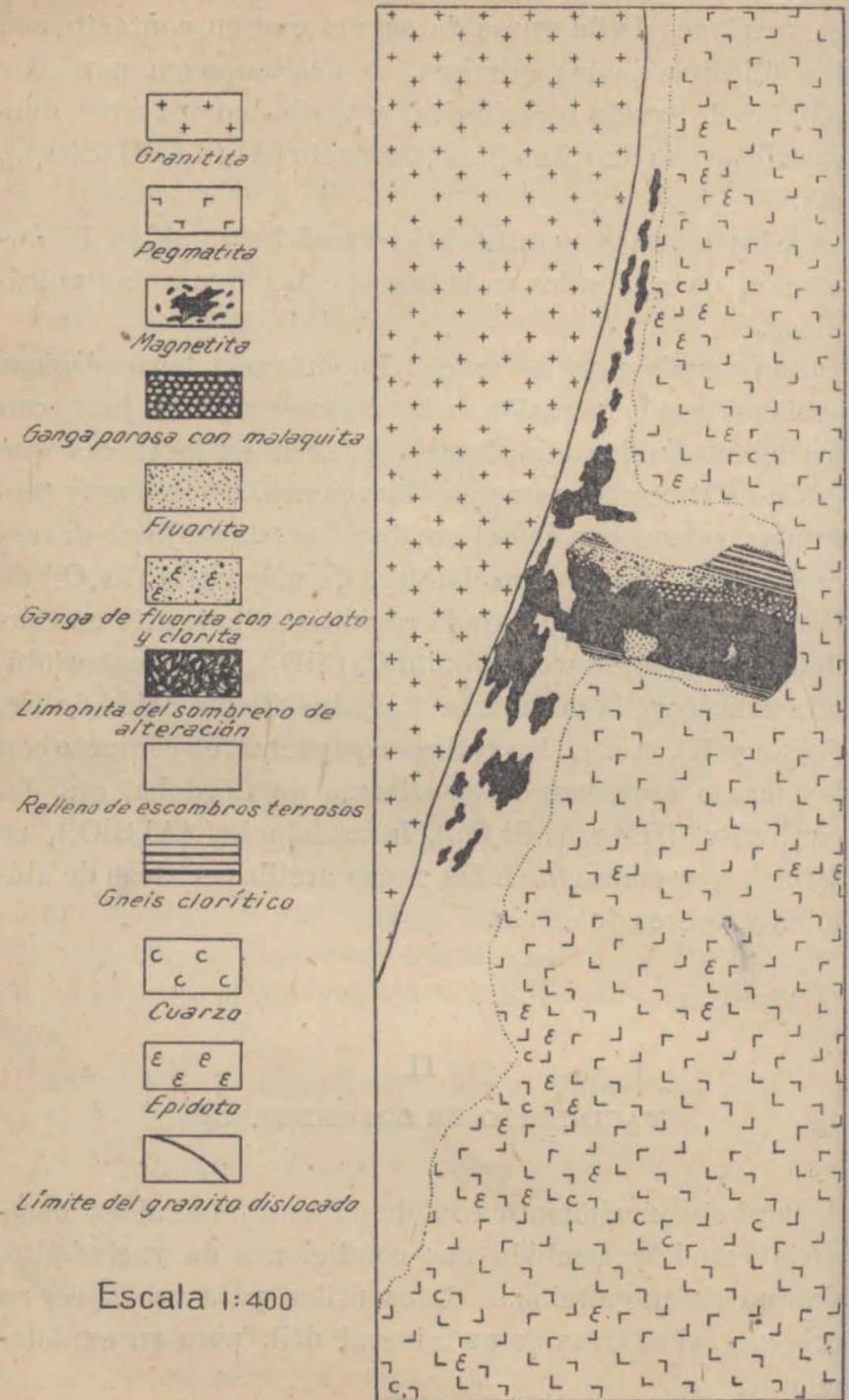


Fig. 179. — Bosquejo geológico de la mina « Sarmiento », Characate (Córdoba) según el doctor F. Pastore

Los yacimientos de los minerales pueden ser generales y especiales.

Los *yacimientos generales*, que son los más comunes, están formados por el conjunto de minerales que constituyen las rocas.

Estas pueden ser *simples*, o sea formadas por un solo mineral, como el mármol, formado por calcita (CaCO_3), o *compuestas*, es decir, constituídas por varios minerales, como el granito, formado principalmente por cuarzo, feldspatos y micas.

Por su origen las masas rocosas pueden dividirse en: *Eruptivas*, o ígneas que resultan, como hemos visto, de la consolidación por enfriamiento de un magma que proviene del interior de la tierra; estas rocas son de una composición mineralógica mixta, constan de silicatos con o sin sílice libre, óxidos metálicos, fosfatos, etc. Según el yacimiento pueden ser *abisales*, es decir, profundas, si se han consolidado en el interior de la corteza terrestre (granitos, gabbros, etc.), *filonianas*, si rellenan grietas o fracturas formando diques o filones como las pegmatitas, y *volcánicas* o *efusivas* si se consolidan en la superficie de la tierra a donde llegan por las erupciones volcánicas como los basaltos, la piedra pomez, etc. Todos los silicatos se encuentran en estas rocas.

Sedimentarias, que son las formadas por restos de rocas preexistentes, o bien por acumulación de restos orgánicos o por precipitaciones químicas.

Y por último los *esquistos cristalinos* formados por transformación de los dos tipos anteriores.

Los *yacimientos especiales* están formados por minerales útiles que pueden ser extraídos con ventaja y constituyen sólo el 0,001 % del total en la corteza terrestre que está formada casi en su totalidad por rocas.

El estudio de estos yacimientos constituye un capítulo de la geología en el que se estudia *la posición geológica, la forma, el contenido y el origen.*

Según las relaciones que estos yacimientos tengan con las rocas adyacentes se dividen en dos grandes grupos:

Singenéticos y epigenéticos.

Los primeros tienen el mismo origen que las rocas adyacentes y por lo tanto la misma edad; pueden ser de origen sedimentario o eruptivo. Se pueden dividir entonces en dos grupos:

a) Yacimientos de segregación magmática que son los de origen eruptivo y, por lo tanto, primario; y

b) Yacimientos sedimentarios de origen secundario, es decir, que están formados por la sedimentación y acumulación de minerales existentes en rocas que se han triturado y destruido por los agentes atmosféricos.

Los yacimientos epigenéticos son siempre más jóvenes que las rocas adyacentes y no pertenecen al mismo nivel.

Pueden ser:

a) Yacimientos de contacto.

b) Yacimientos filonianos.

YACIMIENTOS SINGENÉTICOS

a) *Yacimientos de segregación magmática.*

Las rocas eruptivas se forman por consolidación de magmas en los cuales cristalizan los minerales gradualmente en un orden definido, que depende de la composición química del magma y de las condiciones de cristalización.

Puede suceder que en estos magmas, al comenzar la

crystalización, se produzca una concentración local de un mineral. Se comprende así, que por este proceso de diferenciación magmática, se produzcan concentraciones de tal riqueza que pueden ser consideradas como yacimientos especiales.

Los minerales más comunes y más importantes que forman las segregaciones magmáticas son los óxidos y los sulfuros, y algunos como la magnetita titanífera (Fe_2O_4), la pirita magnética con níquel (FeS), la cromita (Cr_2FeO_4) y también el platino se presenta únicamente en yacimientos primarios de este tipo.

Los gigantescos yacimientos de minerales de hierro, en los que predomina la magnetita, del gran distrito minero de Kiirunna y Gellivare en el norte de Suecia, son considerados como yacimientos de segregación magmática dentro de las rocas graníticas o sieníticas. La magnetita titanífera e ilmenita (FeTiO_3) que se encuentran en rocas eruptivas en la mina de Tauro al sur de Alta Gracia, en Córdoba, y en Albigasta, en el sudeste de Catamarca, son de este origen.

La pirrotita níquelífera se encuentra siempre en rocas básicas. Los yacimientos más célebres son los de Sudbury en el Canadá. En la Argentina se conocen en la provincia de San Luis algunos afloramientos de rocas gábricas con pirrotita, sobre todo en la mina Virorco.

La existencia de la cromita en la República Argentina se ha comprobado en pequeñas partículas en algunas masas de serpentina de Alta Gracia, de Pantanillo y Colmayo, cerca de Soconcho, en el departamento de Calamuchita, en la sierra de Córdoba.

b) *Yacimientos sedimentarios.*

Se llaman así los depósitos de minerales que se deben a procesos de precipitación química o de separación y acumulación mecánica y constituyen siempre capas más o menos continuas de espesor y extensión variables.

Los minerales metalíferos más útiles que se extraen de estos yacimientos son principalmente los de hierro y manganeso.

Un tipo importante de estos yacimientos es el de los depósitos oolíticos a que pertenecen la mayoría de los de hierro. Son bancos de limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) en agregados oolíticos constituídos por pequeños núcleos que son, en general, de cuarzo envueltos por capas concéntricas de óxido de hierro.

En la Argentina tenemos yacimientos oolíticos de hierro en la región de Santa Ana, en Misiones; se les conoce con el nombre de *tacurú* y contienen hasta 30 por ciento de hierro.

Otro tipo de yacimientos sedimentarios es el de las arenas o aluviones metalíferos, que son depósitos arenosos blandos y sueltos, formados por destrucción de rocas con yacimientos metalíferos primarios.

A medida que las rocas se destruyen, las aguas arrastran los minerales más livianos quedando sólo los pesados. Se concentran así la magnetita, la cromita, el platino, el oro y otros minerales pesados.

Entre los yacimientos argentinos de esta clase merecen citarse, las arenas con magnetita de las playas del sur de Buenos Aires, los aluviones auríferos del noroeste argentino, los de Cañada Honda, de San Luis, y los del territorio de Neuquen. Son también importantes las enormes acumulaciones aluvionales del norte de Tierra del Fuego.

YACIMIENTOS EPIGENÉTICOS

a) *Yacimientos de contacto.*

Al hablar de la génesis de los minerales, hemos visto que durante la intrusión y consolidación de los magmas se producen escapes de gases y vapores, es decir, de agentes mineralizadores, que actúan sobre las rocas adyacentes dando lugar a la formación de nuevos minerales de contacto. Estas acciones de contacto son tanto mayores cuanto más cerca se está de la masa intrusiva.

La roca adyacente puede a veces reaccionar fácilmente con las combinaciones fluidas circulantes y llegar a formar parte de ellas, dejando así lugar para el depósito de nuevos minerales. Este proceso de substitución química ejecutado por los agentes magmáticos, se conoce con el nombre de *acción metasomática*.

Se atribuye este origen al importante yacimiento de magnetita y hematita de la isla de Elba en el Mediterráneo, que tiene dimensiones considerables y que se explota con éxito desde mucho tiempo.

En la Argentina, el único yacimiento metalífero de este tipo que se ha estudiado hasta ahora es el de magnetita de la mina «Sarmiento» en la región de Characate en Córdoba (fig. 179).

b) *Yacimientos filonianos*

Los yacimientos filonianos resultan del rellenamiento de grietas y fracturas de la corteza de la tierra, que constituyen series o sistemas de líneas y que corresponden a

dislocaciones o rupturas que se produjeron a un mismo tiempo (fig. 180 y lám. LIV).

Estos yacimientos, como los de contacto, están siempre relacionados con acciones metasomáticas. Hay que distinguir en ellos los minerales metalíferos y la ganga que es la masa mineral que los acompaña; estas gangas están

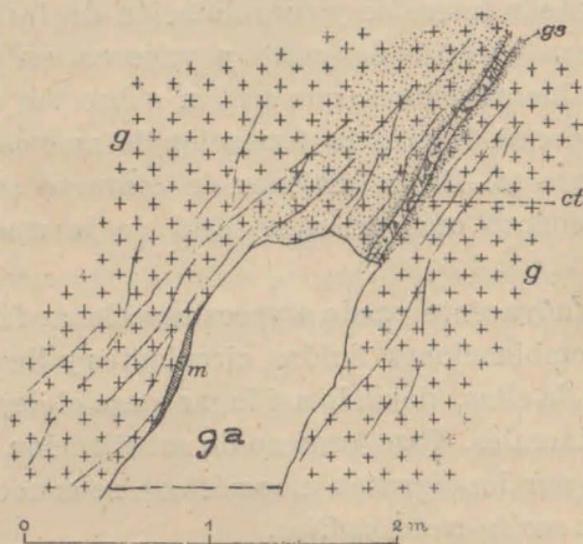


Fig. 180. — Veta de casiterita con zonas laterales de greisen en granito (San Salvador, Catamarca). *g* = granito; *gs* = greisen; *ct* = casiterita; *ga* = galería (según J. Keidel.)

constituídas generalmente por cuarzo (SiO_2), carbonatos y más raras veces baritina (BaSO_4).

Los filones que se encuentran en las partes más profundas de la corteza son de carácter más ígneo. Los que están más cerca de la superficie, que son la mayoría, se deben a depósitos formados por evaporación de aguas que vienen de la profundidad cargadas de sustancias disueltas y que a veces las disuelven de las rocas que atraviesan.

Los más superficiales son de origen neumatolítico como son los filones estanníferos de la región de Cerro del

Fraile y de San Salvador, en Catamarca, formados por rellenamiento de fracturas por exalaciones fluorestanníferas. En las paredes o salbandas de estos filones donde la casiterita (SnO_2) está acompañada de topacio y fluorita y de otros minerales de origen neumatolítico, la roca granítica que los encajona sufrió una alteración particular llamada *greisen*, que es una masa formada por cuarzo y muscovita con poca casiterita. De este origen son también los yacimientos de wolframita $[(\text{Fe}.\text{Mn}) \text{WO}_4]$ de las Sierras de San Luis, Córdoba, La Rioja, Catamarca y San Juan.

Son de origen hidrotermal los importantes filones de cuarzo aurífero de la Rinconada, Jujuy, y casi todos los filones de minerales de plomo, plata, cobre, de las sierras de Córdoba y San Luis y de las provincias andinas.

CAPITULO VI

CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES

Las especies mineralógicas dependen, como hemos visto, principalmente de la composición química, de ahí entonces que para su distribución en clases y órdenes, es decir, para su clasificación, sea necesario referirse a ella.

La estructura y las relaciones de polimorfismo e isomorfismo se consideran para establecer pequeños grupos dentro de las divisiones mayores de carácter puramente químico.

Las clasificaciones que se han seguido hasta hace poco son las de Tschermak y Dana. Actualmente P. Niggli, cuya clasificación seguimos en lo posible, de acuerdo a nuevas investigaciones químicas hace algunas modificaciones a la clasificación de Dana y agrupa los 12 tipos químicamente establecidos, de acuerdo a su origen :

I. Elementos	} Con frecuencia típicamente filonianos.
II. Combinaciones de los metales con S, Se, Te, As, Sb, Bi.....	
III. Óxidos, hidróxidos y óxidos salinos ...	
IV. Boratos,.....	} Predominantemente de origen hidrotermal.
V. Carbonatos, nitratos.....	
VI. Combinaciones halogenadas, sulfatos ..	
VII. Cromatos, wolframatos, molibdatos, uranatos.....	} Frecuentemente de origen hidrotermal y pneumatolítico.
VIII. Fosfatos, vanadatos, arseniados	
IX. Tantalatos, niobatos.....	
X. Titanatos, zirconatos toriados	

- XI. Silicatos } Principalmente en
rocas eruptivas y
metamórficas.
- XII. Compuestos orgánicos.

Debido al carácter elemental de este manual, solamente describiremos de cada tipo los minerales más comunes y abundantes, sobre todo en la República Argentina, y los comunes en las rocas.

I

ELEMENTOS NATIVOS

Diamante

Etimología. — De adamos, indomable.

Composición química. — C puro.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema cúbico y ordinariamente forma octaedros y hexaquisoctaedros simples o combinados (fig. 115). Los cristales son siempre completos aunque con frecuencia con caras curvas (fig. 10), deformados y con aristas corroídas, lo que nos indica que se han formado dentro de un magma, antes de su consolidación. Muy raras veces forma agregados compactos.

Tiene brillo adamantino muy fuerte, característico e inconfundible; es transparente y, cuando es puro, completamente incoloro, aunque puede ser amarillento, rojo, anaranjado, verde, azul, pardo y a veces negro.

Es muy duro, posee la dureza más elevada que se conoce, que es 10; liviano, su peso específico es 3,52; muy frágil y tiene un clivaje fácil y perfecto paralelo a las caras de octaedro que se utiliza para tallarlo. Su fractura es concoidal.

Caracteres químicos. — Se quema si se calienta fuertemente en contacto con el aire. Es inatacable por la mezcla de clorato de potasio y ácido nítrico y es muy resistente a los agentes atmosféricos.

Yacimientos. — Los yacimientos más importantes que se conocen son los primarios de Kimberley y otras regiones del Africa Austral inglesa, donde el mineral se encuentra dentro de una roca básica peridotítica (formada principalmente por olivina) que rellena chimeneas de varios centenares de metros de diámetro producidas por explosiones volcánicas. Estos yacimientos son los que dan la mayor parte de la producción mundial.

Sin embargo, casi todos los yacimientos de diamante son secundarios, es decir, yacimientos aluvionales. De éstos fueron muy importantes los de la India, que dieron las piedras más puras, grandes y célebres. Yacimientos aluvionales son también los del Brasil (Minas Geraes, Bahía Goyaz, Matto Grosso y Paraná), Australia y Borneo, sudoeste de Africa, Guayana Inglesa, etc.

Usos. — Es bien conocido el uso del diamante, cuando es puro, como piedra preciosa por su brillo, dureza e inalterabilidad. El brillante más grande que se ha encontrado es el llamado Cullinan, cuyo peso es de 3025 quilates (un quilate = 200 miligramos), encontrado en una mina cerca de Pretoria.

Grafito

Etimología. — Del griego *graphos* = escribir.

Sinonimia. — Plumbagina.

Composición química. — C puro.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema hexago-

nal ⁽¹⁾ y se presenta en láminas de contorno hexagonal y también formando agregados hojosos, columnares, fibroso-radiados, escamosos, granulares, compactos y hasta terrosos.

Tiene brillo metálico o común, es opaco, de color gris casi negro, muy blando y liviano, con dureza $\frac{1}{2}$ -1 y peso específico 2,25; es untuoso al tacto y mancha los dedos y el papel. Se cliva perfectamente según {0001}, es buen conductor del calor y la electricidad y no funde al soplete.

Caracteres químicos. — Calentado en el aire se oxida con mucha lentitud. Tratado con la mezcla de clorato de potasio y ácido nítrico, se oxida, poniéndose primero amarillento y luego blanco por transformación en ácido melítico.

Yacimientos. — Se lo encuentra en yacimientos de segregación magmática en Siberia, en una roca eruptiva cerca de Irkutsk. Forma también yacimientos filonianos mucho más importantes desde el punto de vista industrial, como los de Ceylán y los de Ticonderoga en el Estado de Nueva York. Más comunes aun son los yacimientos de origen orgánico que constituyen esquistos grafiticos, abundantes en Baviera, Bohemia, Méjico, Madagascar, etc.

En la Argentina, los yacimientos de grafito conocidos carecen de importancia por su impureza y reducida cantidad. Se conocen, en San Juan, en la Sierra de Pie de Palo y en el centro de la Sierra de San Luis.

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : c = 1 : 1,3859$$

$$\angle 0001 : 10\bar{1}1 = 58^\circ \angle 0001 : 22\bar{4}6 = 42^\circ 44'$$

Las formas más comunes son :

$$\{ 0001 \}, \{ 11\bar{2}0 \}, \{ 10\bar{1}1 \}, \{ 22\bar{4}6 \} \text{ y } \{ 11\bar{2}1 \}.$$

Usos. — Puro, se utiliza en la fabricación de lápices; se usa también para hacer crisoles refractarios para la fusión del acero, y para proteger de la oxidación atmosférica objetos de hierro que se calientan en el aire; como lubricante, como conductor en galvanoplastia, etc.

Azufre

Composición química. — S puro.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico ⁽¹⁾ y forma cristales de hábito piramidal, hermosos por su perfección y tamaño; la forma más frecuente es la de bipirámide rómbica combinada con el tercer pinacoide y con un prisma rómbico de primera clase (lám. XXIX). Puede también presentarse en agregados compactos, esféricos, reniformes.

Tiene brillo vivo adamantino en las caras de cristal, y resinoso en la fractura. Cuando es puro es de color amarillo limón vivo, pero puede ser amarillo pardo si tiene impurezas bituminosas, o medio grisáceo si está mezclado con sustancias calcáreo arcillosas; su raya es blanquecina.

Es frágil, blando y liviano, tiene dureza, 2 y peso específico 2,07; su fractura es concoidal o irregular. Es muy mal conductor del calor y de la electricidad.

(1) Relación axial :

$$a : b : c = 0,81309 : 1 : 1,90339.$$

Las formas más comunes son :

$$\begin{aligned} & \{ 111 \}, \{ 113 \}, \{ 101 \}, \{ 011 \}, \{ 001 \}, \{ 110 \} \\ \sphericalangle (110) : (1\bar{1}0) = 78^\circ 13' 42'', (001) : (101) = 66^\circ 52' 8'' \\ & (001) : (011) = 62^\circ 17' 1''. \end{aligned}$$

Caracteres químicos. — Funde ⁽¹⁾ fácilmente, se quema con llama azulada y da gases de olor característico. Es soluble en cloroformo y sulfuro de carbono.

Yacimientos. — Los yacimientos más importantes de azufre se encuentran sepultados en el subsuelo entre rocas sedimentarias antiguas, donde está mezclado con yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y arcillas margosas (arcillas algo calcáreas). Posiblemente en estos yacimientos se debe su origen a la alteración del yeso por la acción de carburos de hidrógeno. Yacimientos importantes de esta naturaleza se encuentran en Sicilia y Estados Unidos. En la Argentina se encuentran pequeñas formaciones de este tipo en el yeso mesozoico marino de la Sierra de Vaca Muerta, en Neuquen.

Yacimientos de menor extensión e importancia son los de las regiones de volcanes extinguidos o de actividad reducida, donde el azufre se deposita por sublimación, como son los yacimientos de Pozzuoli, en Italia, y de la isla de los Milos, en el Japón. En la Argentina el yacimiento de Copahue, en Neuquen, y los de numerosos volcanes extinguidos de las regiones andinas (Mendoza, cerros Peteroa y El Sosneado) San Juan, Salta y Los Andes (cerros Tuegles y Azufreras) todos poco importantes, son de ese tipo.

Las aguas termales sulfhídricas suelen también depositar azufre, por la oxidación del hidrógeno sulfurado que tienen disuelto, por acción de bacterias. También en las termas de Copahue hay una pequeña producción de esta naturaleza (azufre esponjoso, blanquecino) y se atribuye también este origen a los pequeños depósitos de la Laguna Caliente en Jujuy.

(1) Aunque la fusión y volatilización son caracteres físicos, los coloco entre los caracteres químicos porque generalmente van acompañados de transformaciones o fenómenos químicos.

Buckman

Usos. — Se emplea en la agricultura, para combatir la fíloxera de la vid y otros parásitos vegetales, para blanquear substancias orgánicas y como desinfectante. Se utiliza también para fabricar sulfuro de carbono, ácido sulfúrico, explosivos, cerillas, para la vulcanización de la goma elástica, etc. En la preparación de moldes substituye con ventaja al yeso.

Oro

Composición química. — Au puro o con plata como impureza.

Caracteres físicos. — Pertenece al sistema cúbico y se presenta en pequeños cristales deformados casi siempre en forma de octaedros, rombododecaedros y cubos. Más común es encontrarlo en formas esqueléticas o en pajuelas, láminas delgadas y gránulos, a veces algo grandes y redondeados, llamados pepitas (lám. XXX).

Tiene brillo metálico vivo y es opaco. Su color varía del amarillo oro al amarillo claro debido a que se encuentra casi siempre mezclado con plata. Es blando, su dureza es de $2\frac{1}{2}$ -3, dúctil, muy maleable y muy pesado, su peso específico varía y alcanza a 19,3 cuando es puro.

Caracteres químicos. — Funde al soplete en un glóbulo metálico amarillo, dúctil y maleable. Es insoluble en agua y en los ácidos, pero se disuelve en agua regia.

Yacimientos. — El oro nativo se encuentra, con pocas excepciones, en venas de cuarzo que atraviesan rocas cristalinas (granitos, filitas, gneis, etc.), donde forma hilos, láminas, escamas o masas formadas por la aglomeración de cristales. Las pajuelas o escamas pueden ser tan pequeñas que no alcanzan a veces a verse a simple vista, y así sucede que algunos trozos de cuarzo donde el oro no se ve,

en el análisis descubren altos porcentajes. Los minerales asociados son: pirita (FeS_2), calcopirita (FeCuS_2), blenda (ZnS), galena (PbS), casi siempre auríferos. Yacimientos de este tipo son los importantes de California, Alaska, Australia, Urales, Perú, etc. En la Argentina, yacimientos filonianos son el de Intiguasi, en San Luis, y algunos de la Rioja y Córdoba.

El oro que se explota no se extrae generalmente de estos yacimientos, sino de los aluviones formados por la destrucción de los filones de cuarzo aurífero. Hay yacimientos importantes de este tipo en California, Siberia, Alaska, Australia. En nuestro país los yacimientos aluvionales son numerosos aunque pequeños, los principales son los de Rinconada, en Jujuy, Cañada Honda, en San Luis, río Blanco, en Famatina, (La Rioja), los de los afluentes del río Neuquen y los de las acumulaciones glaciales en Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (Páramo). Estratificados también, pero de tipo particular, son los célebres depósitos de Witwatersrand en Africa.

Los sulfuros cúpríferos de Capillitas, en Catamarca, y Famatina, en la Rioja, contienen también pequeñas proporciones de oro.

Usos.— Es bien conocido su empleo en la fabricación de monedas, alhajas y objetos de adorno donde no se emplea sino aleado con cobre, plata y platino.

Plata

Composición química.— Ag, con impurezas de oro, cobre y algunas veces platino, antimonio, bismuto y mercurio.

Caracteres físicos.— Se presenta en cristales del sistema cúbico semejantes a los del oro, deformados, alargados,

esqueléticos, y como él, también se presenta en hilos, láminas, escamitas o en masas irregulares (lám. XXXI).

Tiene brillo metálico y es opaca, su color, en fractura fresca es blanco de plata, pero comúnmente en las superficies viejas es gris pardo o azulado, porque por alteración se cubre de una delgada capa de sulfuro de plata. Su raya es blanco de plata.

Como el oro, es dúctil y maleable, blanda y muy pesada, su dureza es de $2\frac{1}{2}$ -3 y su peso específico 10,5 cuando es pura. Tiene fractura ganchuda y es muy buena conductora del calor.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente al soplete dando un glóbulo maleable, dúctil que tratado con llama oxidante da una aureola roja de óxido de plata. Es soluble en ácido nítrico, la solución tratada con ácido clorhídrico precipita el cloruro de plata blanco.

Yacimientos. — La plata nativa no es tan frecuente como el oro por su mayor facilidad de combinarse y dar compuestos sulfurados. Es principalmente de estos minerales sulfurados y de sulfuros de plomo argentíferos, de donde generalmente se la extrae. Sin embargo, en forma nativa como masas irregulares, formas arborescentes e hilos se encuentra en filones que atraviesan generalmente gneis y otros esquistos del cuerpo de las montañas.

Los principales centros productores de plata han sido y son Méjico con sus yacimientos de Sonora, Durazno, Guanajuato, y Perú con el importante yacimiento de Huantaya.

En la República Argentina, como en general, los yacimientos de plata se encuentran siempre mezclados con los de plomo y zinc. En el norte, lo mismo que para el oro, se encuentran una cantidad de vetas argentíferas. Los cri-

deros de plata nativa, minerales de plomo, plata y zinc más importantes están en las regiones mineras de Capillitas, en Catamarca, y Famatina (Cerro Negro, La Caldera, El Tigre), en La Rioja. Los yacimientos de Famatina (grupo de minas de Cerro Negro) son notables por las hermosas formaciones de plata nativa filamentosa y argentita (Ag_2S), rosicler claro (Ag_2AsS_3), y rosicler obscuro (Ag_2SbS_3).

También la galena de muchos yacimientos es más o menos argentífera ⁽¹⁾ y ya comienzan a aprovecharse las pequeñas cantidades de este metal en las fundiciones de plomo.

Cobre

Composición química. — Cu, puro.

Caracteres físicos. — Es cúbico, cristaliza en cubos y también en tetraquishexaedros bastante grandes, deformados y a veces maclados; más común es encontrarlo en agregados arborescentes o ramificados (láms. XXVII y XXIb) y también en hilos, láminas y masas irregulares.

Tiene brillo metálico y es opaco. Es de color rojo característico y no es raro encontrarlo manchado de verde o azul cuando está expuesto a las acciones atmosféricas, por cubrirse de una capa de carbonato de cobre formado por alteración.

Es blando y muy pesado, tiene dureza $2\frac{1}{2}$ -3 y peso específico 8,9, es dúctil, maleable y buen conductor del calor y la electricidad. Tiene fractura ganchuda.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente al soplete dan-

(1) Véase yacimientos de minerales de plomo.

do un glóbulo negro en la superficie por oxidación, que sólo o con ácido clorhídrico colora la llama de verde azulado o azul. Es soluble en los ácidos.

Yacimientos. — Debido a la gran facilidad que tiene para oxidarse, raras veces se encuentra en grandes masas al estado nativo, y casi nunca forma yacimientos aluvionales como el oro. El único yacimiento de cobre nativo importante es el de la península de Keweenaw, en el Lago Superior, Norte América, donde se halla en grandes masas y bien cristalizado; en Sudamérica es notable el de Corocoro en Bolivia. En la República Argentina se encuentra en los basaltos augíticos de Misiones y parte de Corrientes, pero no se conoce exactamente la importancia de estos yacimientos. También en el sombrero de alteración ⁽¹⁾ de algunas minas, como la de Chacabuco, en Salta, y las de otras provincias andinas.

Usos. — Son numerosas las aplicaciones del cobre; se lo utiliza en la fabricación de tubos e hilos, monedas y objetos de adorno y domésticos; aleado con el estaño da el bronce y con el zinc, el latón.

(1) Parte superior de los yacimientos en que los minerales primarios (sulfuros, etc.) se destruyen por la acción química de las aguas meteóricas.

II

COMBINACIONES DE LOS METALES
CON S, Se, Te, As, Sb, Bi

Antimonita

Sinonimia. — Estibnita.

Composición química. — Sb_2S_3 con 71,4 % de Sb.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico ⁽¹⁾ y se presenta en cristales prismáticos largos, con caras estriadas longitudinalmente y terminados con pirámides puntiagudas (lám. XXXII). Es común encontrarla en agregados cristalinos aciculares o fibroso-radiados, bacilares o granulosos compactos.

Tiene brillo metálico vivo en las superficies frescas o caras de clivaje; es opaca, de color gris plomo, gris acero o gris azulado oscuro, a veces algo iridiscente; su raya es del mismo color. Es blanda y pesada, con dureza 2 y peso específico 4,6; fácilmente séctil ⁽²⁾; con clivaje perfecto según $\{010\}$ y fractura algo concoidal.

Caracteres químicos. — Funde muy fácilmente a la llama de una bujía y se quema completamente dando olor a azufre quemado y humos blancos de óxido de antimonio. En tubo cerrado funde y da primero un sublimado amarillo de azufre, y luego un sublimado blanco que no tarda

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : b : c = 0,99257 : 1 : 0,1788.$$

Las formas más comunes son :

$$\{110\}, \{010\}, \{361\}, \{111\}, \{121\}, \{210\}, \\ \angle (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 89^\circ 34', (110) : (111) = 39^\circ 4', (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 69^\circ 22'.$$

⁽²⁾ Que puede cortarse con el cuchillo.

en ponerse rojo. Sobre el carbón funde con desprendimiento de anhídrido sulfuroso y formación de aureola blanca azulada cerca del ensayo que desaparece y se quema con llama azulada, al tratarla con llama reductora.

Es soluble en ácido clorhídrico con desprendimiento de hidrógeno sulfurado de olor a huevos podridos, que ennegrece el papel al acetato de plomo. Con potasa concentrada, el polvo se colora de amarillo ocre y en gran parte se disuelve.

Yacimientos. — Se la encuentra en filones de cuarzo, en granito, gneis, a menudo acompañada de varios minerales de antimonio producidos por su alteración. En depósitos metalíferos se halla asociada con blenda (ZnS), galena (PbS), cinabrio (HgS), baritina (BaSO₄), cuarzo (SiO₂); a veces acompaña al oro nativo.

Son notables los yacimientos de Wolsberg, en el Harz; los de Felsöbanya, en Hungría, y los de Ichinokawa, en el Japón, por sus grandes y espléndidos cristales.

En la República Argentina se encuentra en la región de San Antonio de los Cobres, en Los Andes, en mina Coruro y otras minas que se explotan en Jujuy, y en la quebrada de Cébila, en Catamarca. Este último yacimiento ha producido bastante mineral durante algunos años.

Usos. — Es el principal mineral para la extracción de antimonio.

Molibdenita

Etimología. — Del griego *molybdos* = plomo, nombre dado en la antigüedad a las sustancias que se creía contenían plomo, entre las que se incluían el grafito y algunos compuestos de antimonio.

Composición química. — MoS con 60 % de Mo.

Caracteres físicos. — Forma láminas de contorno hexa-

gonal, o prismas cortos con estriaciones paralelas a la base; es más común en agregados finamente granulados, laminares o en escamas.

Tiene brillo metálico y se asemeja bastante al grafito porque, como éste, es untuosa al tacto y deja raya gris si se frota sobre un papel. Es de color gris plomo o gris azulado con reflejos algo rojizos y su raya es netamente gris o gris verdosa.

Es blanda y pesada, tiene dureza $1\frac{1}{2}$ y peso específico 4,8. Posee clivaje perfecto, paralelo a {0001} y las láminas son séctiles y flexibles pero no elásticas.

Caracteres químicos. — Colora la llama de verde amarillo. Sobre el carbón y al soplete, con o sin carbonato de sodio, desprende gases sulfurosos y forma una aureola amarilla en caliente y blanca en frío que, tratada con llama oxidante se pone rojo cobre y con llama reductora azul. Es difícilmente soluble en ácido nítrico, dejando residuo blanco; soluble en potasa cáustica, y si a la solución se le agrega estaño y ácido clorhídrico, el líquido se pone azul.

Yacimientos. — Dividida en partículas muy finas se la encuentra generalmente intercalada en granitos, sienitas, gneis, calcáreos y otras rocas cristalinas. Los yacimientos más importantes son los de Arendal en Noruega. Son importantes también los yacimientos filonianos estanníferos del Erzgebirge por la presencia de molibdenita.

En la Argentina se encuentran yacimientos sin importancia, en filones de cuarzo en la Sierra de la Huerta, de San Juan, en la Sierra de los Llanos cerca de Carrizal, en La Rioja, y otros dos en el departamento de Calamuchita, en Córdoba. En San Luis se ha encontrado en filones con galena y vanadatos, en Catamarca en las venas de wolframita de San Antonio, y en Neuquen, región de Chachil, en una diorita.

Usos. — Se utiliza como mineral de molibdeno, para la fabricación de aceros especiales y para la preparación de molibdato de amonio, que es un reactivo muy usado.

Galena

Etimología. — Del latín *galena*, nombre que se daba a los minerales de plomo.

Sinonimia. — Galenita.

Composición química. — PbS con 86,6 % de Pb.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema cúbico en forma de cubos, octaedros y también combinaciones de varias formas holohédricas (fig. 118). Es muy común en agregados granulosos de grano grueso hasta impalpable.

Tiene brillo metálico vivo y es opaca. Su color es gris plomo en las superficies frescas, o gris azulado y su raya es gris plomo. Es blanda y muy pesada con dureza de $2\frac{1}{2}$ y peso específico 7,5. Posee clivaje cúbico perfecto, visible también en los agregados cristalinos de grano grueso o medio.

Caracteres químicos. — Al calor de la llama, casi siempre decrepita. Es fusible. Sobre el carbón, sola o mezclada con carbonato de sodio, da gases sulfurosos, glóbulo gris de plomo, blando maleable y una aureola amarilla en frío y en caliente de óxido de plomo. En tubo abierto da gases sulfurosos y en tubo cerrado da sublimado de azufre.

Es soluble en ácido nítrico con separación de azufre y formación de sulfato de plomo; si se adiciona a esta solución ácido clorhídrico se forma un precipitado blanco de cloruro de plomo soluble en agua caliente. Si a la solución nítrica diluída se le agrega yoduro de potasio, se forma un precipitado amarillo, característico de yoduro de plomo soluble en caliente. Es soluble también en ácido

clorhídrico con desprendimiento de hidrógeno sulfurado, y la solución, por enfriamiento, precipita el cloruro de plomo blanco e insoluble.

Yacimientos. — Es uno de los sulfuros más comunes y el mineral de plomo más abundante e importante. Se encuentra en capas, venas y filones a veces muy potentes, en rocas cristalinas y no cristalinas, con frecuencia asociada con piritita (FeS_2), blenda (ZnS), marcasita (FeS_2), calcopiritita (FeCuS_2), etc., en gangas de cuarzo (SiO_2), baritina (BaSO_4). Calcita (CaCO_3), etc., y también mezclada con otras sales de plomo (cerusita (PbCO_3), anglesita (PbSO_4)). Son muy importantes los filones del Harz, los de Freiberg, en Sajonia, los de Příbram, en Bohemia, y los yacimientos de España, muchas minas de Inglaterra en Derbyshire, Cumberland.

En la Argentina, sus yacimientos se encuentran siempre mezclados a los de los minerales de zinc y plata, principalmente en la gran faja de las provincias andinas, que se extiende desde la frontera boliviana hasta el sur de Mendoza. Los grupos mineros más importantes son, comenzando por el norte, los de la región de Pumahuasi y los de la región de Yavi, en Jujuy, los del oeste de Famatina, en La Rioja, los de la región de Castaño Viejo, en San Juan, los de Paramillo de Uspallata explotados desde el siglo XVII por su contenido de plata y los de la región de San Rafael, en el sur de Mendoza. En el centro argentino hay también minas de cierta importancia en la sierra de Córdoba y San Luis y en la Patagonia existen algunos yacimientos en el Este del Río Negro y Oeste de Neuquén y Chubut.

Usos. — Se utiliza no sólo como mineral de plomo sino también como mineral de plata, pues aunque ésta se encuentra en pequeña cantidad se la extrae fácilmente.

Argentita

Etimología. — Del latín *argentum* = plata.

Sinonimia. — Argirosa, plata sulfurada, plata vítrea.

Composición química. — Ag_2S con 87,1 % de plata.

Caracteres físicos. — Es uno de los más ricos minerales de plata; cristaliza en el sistema cúbico y forma cubos y octaedros, pero es más frecuente encontrarla en agregados cristalinos compactos, en capas o incrustante.

Tiene brillo metálico y es opaca. Su color y su raya son gris plomo negruzco. Es blanda, séctil y muy pesada, con dureza $2-2\frac{1}{3}$, y peso específico 7,2. Su fractura es gan- chuda.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente. Al soplete, con cianuro de potasio, da gases sulfurosos y glóbulo de plata. En tubo abierto da gases con olor a azufre quemado.

Es soluble en ácido nítrico con depósito de azufre. La solución nítrica, con ácido clorhídrico, precipita cloruro de plata blanco, soluble en amoníaco.

Yacimientos. — Se encuentra como mineral característico, con otros minerales de plata, en filones metalíferos. Los yacimientos más importantes son los de Méjico (Guanajuato), los de Nevada (Comstock Lode), los de Chile (Chanarcillos), los de Erzgebirge y Freiberg en Sajonia, los de Hungría. En la Argentina, sólo se encuentra en el grupo de minas de Cerro Negro en Famatina, La Rioja, asociado a plata nativa, rosicler claro (Ag_2AsS_3), rosicler obscuro (Ag_3SbS_3) y sulfuros de cobre.

Usos. — Se utiliza como mineral de plata.

Blenda

Etimología. — Del alemán *blenden* = cegar, por el reflejo de los clivajes.

Sinonimia. — Esfalerita.

Composición química. — ZnS con 67 % de Zn y con hierro y cadmio como impurezas.

Caracteres físicos. — Cristaliza en formas meroédricas del sistema cúbico, principalmente tetraedros combinados. Es más común encontrarla formando agregados cristalinos granulados finos o compactos, laminares.

Tiene brillo adamantino o resinoso y es transparente o translúcida. Pura es casi incolora, pero es más frecuente amarilla, parda, gris o negra por impurezas de hierro (sobre todo FeS_2), roja o verde; la raya siempre es blanquecina, pardusca o amarilla.

Es dura y pesada, su dureza es 4 y su peso específico 4,4. Se cliva fácil y perfectamente según las caras del rombo-dodecaedro y posee fractura concoidal.

Caracteres químicos. — Funde difícilmente y decrepita al soplete. En tubo abierto da gases sulfurosos y generalmente cambia de color. Sobre el carbón, mezclada con carbonato de sodio da, si tiene cadmio como impureza, una aureola rojo pardo de óxido de cadmio y luego una amarilla en caliente y blanca en frío de óxido de zinc; si no tiene cadmio da la última aureola solamente. Si tiene hierro como impureza, en la escoria queda un residuo magnético. La aureola de zinc tratada con una gota de solución de nitrato de cobalto y con llama oxidante se colora de verde característico (verde de Rinmann).

Yacimientos. — Generalmente se encuentra asociada a la galena en filones que atraviesan rocas eruptivas y sedimentarias, también asociada a calcopirita ($FeCuS_2$), bariti-

na (BaSO_4), fluorita (CaF_2), siderita (FeCO_3), y en las minas de plata; en masas de considerable magnitud de origen metamórfico, se halla llenando cavidades en calcáreos.

Notables por sus lindos cristales son algunas localidades de Santander, en España; de Sala, en Suecia, de Cumberland, Derbyshire, Cornwall, en Inglaterra; de Freiberg, en Sajonia, Příbram, en Bohemia, Kapnik, en Hungría.

En la Argentina, en las condiciones generales indicadas, se encuentra en los yacimientos de galena en Jujuy, Salta, Paramillo de Uspallata, en Mendoza; al oeste de Famatina y en la región de Marayes, en San Juan.

Usos. — Se utiliza como mineral de zinc y es uno de los principales minerales de donde se lo extrae.

Cinabrio

Etimología. — Significa *sangre de dragón* y se supone originario de la India, donde se aplicaba a una resina fósil.

Composición química. — HgS con 68,2 % de Hg.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema trigonal (¹), pero los cristales son raros y mal desarrollados; es más común formando masas granulares muy impuras.

Tiene brillo adamantino vivo, a veces tirando a metálico, en las superficies de clivaje y caras de cristal, y es transparente u opaco. Cuando es puro es de color rojo de cochinilla o rojo vermellón, sino algo pardusco; su raya es escarlata. Es blando y muy pesado, su dureza es 2,

(¹) Relación axial :

$$a : c = 1 : 1,14526.$$

$$\angle (0001) : (10\bar{1}1) = 52^\circ 54' 15'', \quad (0001) : (10\bar{1}2) = 33^\circ 28'.$$

Las formas más comunes son :

$$\{ 10\bar{1}0 \}, \{ 10\bar{1}1 \}, \{ 40\bar{4}5 \}, \{ 20\bar{2}1 \}, \{ 0001 \}, \{ 10\bar{1}2 \}.$$

su peso específico 8,1. Tiene clivaje perfecto paralelo a $\{10\bar{1}0\}$ y fractura irregular o astillosa.

Caracteres químicos. — Al soplete se volatiliza completamente. En tubo cerrado sin reactivos da un sublimado negro de sulfuro mercuríco, y mezclado con carbonato de sodio da mercurio metálico. Calentado cuidadosamente en tubo abierto da gases sulfurosos y el mercurio metálico se deposita en las paredes frías del tubo en forma de globulitos. Sobre el carbón da desprendimiento de gases sulfurosos y vapores mercuriales. Es soluble en agua regia.

Yacimientos. — Se encuentra como impregnación en diversas rocas, casi siempre en pequeña cantidad y en filones asociado con pirita (FeS_2), antimonita, sulfuros de cobre, etc. Los yacimientos más importantes son los de Almadén, en España, los de Nikitowka, en Rusia y los de California.

En nuestro país, su existencia no ha sido comprobada, a pesar de algunas referencias sobre su hallazgo en las provincias del norte.

Usos. — Es el principal mineral para la obtención del mercurio.

Calcosita

Etimología. — Del griego *chalcos* = cobre.

Sinonimia. — Colcosina, Redruthita.

Composición química. — Cu_2S con 79,8 % de Cu.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,970.$$

Formas más comunes :

$$\begin{aligned} & \{001\}, \{100\}, \{010\}, \{110\}, \{011\}, \{021\} \\ & \angle (100) : (110) = 30^\circ 12' 30'', (001) : (011) = 44^\circ 07' 50'' \\ & (001) : (101) = 59^\circ 1' 50''. \end{aligned}$$

y se la encuentra comúnmente formando agregados granulados o compactos.

Tiene brillo metálico no muy vivo, es opaca, de color gris obscuro, con iridiscencia azulada en las superficies viejas y con frecuencia manchada de verde por alteración; su raya es gris oscura. Es algo dura y pesada, tiene dureza $2\frac{1}{2}$ -3 y peso específico 5,7. Su fractura es concoidal.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente y colora la llama de verde. Sobre el carbón, con carbonato de sodio y llama reductora, da glóbulo de cobre. En tubo cerrado no se descompone; en tubo abierto da gases sulfurosos. Es soluble en ácido nítrico colorando la solución de verde; si se diluye y se agrega amoníaco, la solución se vuelve azul.

Yacimientos. — Se la encuentra siempre asociada a los otros minerales de cobre. Los yacimientos más importantes son los de Siberia, Bolivia y Estados Unidos.

En la Argentina abunda principalmente en Famatina, La Rioja, y Capillitas, Catamarca, asociada a otros sulfuros de cobre, hierro, arsénico, etc., e igualmente en otras regiones mineras, como el grupo de la mina Chacabuco en Salta, al norte de Mendoza, etc.

Usos. — Se la utiliza como mineral de cobre.

Pirita

Etimología. — Del griego *pyr* = fuego, por las chispas que produce por percusión.

Sinonimia. — Pirita de hierro.

Composición química. — FeS_2 con 46,6 % de Fe, y oro como impureza.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema cúbico, forma cubos con caras estriadas, octaedros y varias formas meroédricas (lám. XXXIII). Se presenta también

como agregados cristalinos granulados de grano fino y compactos.

Posee brillo metálico vivo, es opaca, de color amarillo bronce característico y raya negra o verdosa. Es bastante dura y pesada de dureza 6 ó 6,5 y peso específico 5. Tiene fractura irregular o concoidal.

Caracteres químicos. — Es fusible al soplete y quema con llama azulada (S) y olor a azufre quemado. En tubo cerrado da sublimado de azufre y residuo metálico magnético. Sobre el carbón, desprende gases sulfurosos y deja residuo magnético que no colora la llama de verde azulado ni solo, ni con ácido clorhídrico. Es insoluble en ácido clorhídrico, pero soluble, en ácido nítrico con depósito de azufre. Se altera frecuentemente en hidróxidos de hierro (limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) y goethita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)).

Yacimientos. — Es uno de los sulfuros más comunes. En cubos de dimensiones gigantescas se ha encontrado en las minas de Cornish; los yacimientos ferríferos de la isla de Elba y muchos otros tienen espléndidos cristales de piritita. Junto con otros minerales (calcopiritita (FeCuS_2), arsenopiritita (FeAsS), etc.), se halla también incluida en rocas diversas formando yacimientos de segregación magmática.

En la Argentina es muy frecuente, pero siempre se presenta en pequeñas cantidades; en Famatina, La Rioja, es relativamente abundante sobre todo en las minas Anita y San Pedro. Otro yacimiento algo notable es el de la mina La Carolina en el norte de San Luis.

Usos. — Se utiliza como mineral de azufre para preparar el ácido sulfúrico: cuando es aurífera, para extraer el oro.

Bismutinita

Sinonimia. — Bismutina.

Composición química. — Bi_2S_3 con 81,2 % de Bi.

Caracteres físicos. Cristaliza en el sistema rómbico ⁽¹⁾ en cristales aciculares, parecidos a los de antimonita, es más común encontrarla en agregados granulosos, finos, compactos, foliáceos o fibrosos.

Tiene brillo metálico y es opaca, de color gris plomo tirando a blanco o amarillento, con raya gris plomo oscuro. Es algo blanda y muy pesada, con dureza 2 y peso específico 7,1. Posee clivaje perfecto según $\{010\}$ y fractura concooidal.

Caracteres químicos. — Fácilmente fusible a la llama de una bujía. En tubo abierto, desprende gases sulfurosos y forma un sublimado blanco que funde en gotas de color pardo cuando está caliente y amarillo opaco cuando se enfría. Sobre el carbón da olor a azufre quemado y luego funde en un glóbulo de bismuto y una aureola de óxido de bismuto de color amarillo limón; se distingue de la de plomo porque mezclada con yoduro de potasio y sometida al soplete se pone roja.

Es fácilmente soluble en ácido nítrico caliente; la solución se enturbia al agregar agua.

Yacimientos. — Se halla casi siempre junto a minerales de zinc, plata y cobre en filones metalíferos que acompañan granitos y otras rocas eruptivas.

(¹) Relación axial :

$$a : b : c = 0,9679 : 1 : 9850.$$

Formas más comunes :

$$\{100\}, \{010\}, \{110\}, \{130\}, \{101\}$$

$$(100) : (110) = 44^\circ 4', (001) : (101) = 45^\circ 30', (001) : (011) = 44^\circ 34'$$

En grandes cantidades se encuentra en filones de zinc y plata en Bolivia.

En la Argentina se encuentra en Catamarca (Los Cerrillos), en La Rioja, en la Sierra de Velasco, en varios puntos de la Sierra de San Luis, en Córdoba (Cosquín) y en el departamento de Calingasta, en San Juan, donde hay un yacimiento importante.

Usos. — Se utiliza como mineral de bismuto.

Bornita

Etimología. — Nombre dado en honor de Ignacio von Born (1742-1791), distinguido mineralogo.

Sinonimia. — Cobre abigarrado, pecho de paloma, cobre pinacea.

Composición química. — Cu_2FeS_4 con 55,5 % de Cu y 16,4 % de Fe.

Caracteres físicos — Cristaliza en el sistema cúbico, pero los cristales son raros e imperfectos; casi siempre se presenta en agregados granulosos, finos, compactos.

Tiene brillo metálico y es opaca. En la fractura fresca es de color bronceado tirando al rojo cobre, pero expuesto al aire se cubre de una pátina de oxidación iridiscente con vivos colores; de ahí que se le llame cobre abigarrado; su raya es negro grisáceo pálida.

Es dura y pesada, la dureza es 3 y el peso específico 5. Tiene fractura concoidal o irregular.

Caracteres químicos. — Fusible al soplete. En tubo cerrado da sublimado amarillo de azufre y residuo magnético. En tubo abierto da vapores sulfurosos. Sobre el carbón, con o sin carbonato de sodio, da glóbulo magnético que mojado con ácido clorhídrico colora la llama de verde azulado. Soluble en ácido nítrico con separación de azu-

fre y coloración verde; si se diluye la solución y se agrega amoníaco se pone azul y precipita el hidrato de hierro rojo pardo.

Yacimientos. — Se la encuentra asociada a otros minerales de cobre en filones metalíferos.

En la Argentina es abundante principalmente en Famatina, La Rioja, y en Capillitas, Catamarca, asociada con los otros minerales de cobre (calcopirita, calcosita, etc.), y en otras minas de las provincias andinas.

Usos. — Se utiliza como uno de los más ricos y mejores minerales de cobre.

Calcopirita

Etimología. — Del griego *chalcos* = cobre, y *pyr* = fuego, pirita de cobre, nombre dado por Henckel (1725).

Sinonimia. — Pirita de cobre, cobre amarillo, bronce de cobre.

Composición química. — CuFeS_2 con 34,5 % de Cu y 30,5 % de Fe.

Caracteres físicos. — Cristaliza en varias formas meróedricas del sistema tetragonal ⁽¹⁾; los cristales no son raros, pero es más común encontrarla en agregados granulares, compactos o mamilares (lám. XXIII).

Tiene brillo metálico vivo, es opaca, de color amarillo latón, a veces iridiscente cuando las superficies son viejas; su raya es gris verdoso oscuro. Posee dureza $3\frac{1}{2}$ ó 4, peso específico 4,2 y fractura irregular.

(¹) Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,98525.$$

Formas más comunes :

$$\begin{aligned} & \{ 001 \}, \{ 100 \}, \{ 111 \}, \{ 201 \}, \{ 101 \} \\ (001) : (101) &= 47^\circ 34' 30'', (111) : (1\bar{1}\bar{1}) = 70^\circ 7' 30''. \end{aligned}$$

Caracteres químicos. — Fusible. En tubo cerrado decrepita y da sublimado de azufre y residuo magnético. En tubo abierto desprende gases sulfurosos. Sobre el carbón, con o sin carbonato de sodio, da gases sulfurosos y glóbulo magnético que mojado con ácido clorhídrico o solo, colora la llama de verde azulado.

Soluble en ácido nítrico con depósito de azufre y coloración verde; si se diluye la solución y se le agrega amoníaco, se pone azul y precipita el hidrato de hierro rojo pardo.

Yacimientos. — Es, como la galena y la piritita, uno de los minerales metalíferos más comunes. Se encuentra en algunos yacimientos de segregación magmática en rocas básicas y principalmente en filones metalíferos junto con piritita, tetraedrita, sulfuros de níquel, cobalto, etc., en gneis y esquistos cristalinos.

No es escaso en la Argentina; el yacimiento más importante es el de Capillitas, Catamarca, donde está mezclado con calcosita, enargita, bornita, cobre gris ($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$), blenda, galena, magnesita (MgCO_3), piritita. Se halla además en las minas de cobre de Famatina, en La Rioja, en la mina Mercedes, en Córdoba, donde forma un yacimiento de segregación magmática junto con magnetita; en los Andes (San Antonio de los Cobres), Jujuy y Salta (sierra de Zenta), en San Juan, Mendoza (Burrero).

Usos. — Es el mineral de cobre más común; junto con la piritita se usa para la preparación del ácido sulfúrico y del residuo se extrae el cobre.

Enargita

Etimología. — Del griego *enarges* = evidente.

Sinonimia. — Guayacanita.

Composición química. — $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ con 19 % de As y 48,3 % de Cu; con Fe, Zn, Pb, Au, Sb como impurezas.

Caracteres físicos. — Se presenta en pequeños cristales rómbicos ⁽¹⁾ con caras prismáticas estriadas, pero generalmente como agregado granular compacto.

Posee brillo metálico vivo, es opaca, de color gris negruzco y raya del mismo color. Es dura y pesada, de dureza 3 y peso específico 4,4. Tiene clivaje prismático $\{110\}$ muy perfecto y característico.

Caracteres químicos. — Fusible. En tubo cerrado decrepita y da sublimado de azufre; a una temperatura más alta funde y da sublimado de sulfuro de arsénico. En tubo abierto da gases sulfurosos y vapores arsenicales con olor a ajo; a veces puede dar un sublimado de sulfuro de antimonio porque puede contener antimonio como impurezas.

Sobre el carbón desprende gases sulfurosos y vapores con olor a ajo y da un glóbulo metálico de cobre que, directamente o mojado con ácido clorhídrico, colora la llama de verde azulado.

(¹) Relación axial :

$$a : b : c = 0,8711 : 1 : 0,8248.$$

Formas más comunes :

$$\{100\}, \{010\}, \{001\}, \{110\}, \{120\}, \{310\}, \\ \{101\}, \{102\}, \{0,11\}, \{111\}, \{112\}.$$

$$(100) : (110) = 41^\circ 1' 30'', \quad (001) : (101) = 43^\circ 26' 15''$$

$$(001) : (011) = 39^\circ 31'.$$

Es soluble en ácido nítrico, la solución verde diluída y adicionada de amoníaco se pone azul. La solución alcalina de soda cáustica tratada con ácido clorhídrico da un precipitado amarillo de sulfuro de arsénico.

Yacimientos. — Es un mineral característico de los Andes americanos: Montana, Arizona, Méjico, Perú, Chile, Argentina. En nuestro país es muy común en los yacimientos cupríferos de Famatina (La Rioja) y Capillitas (Catamarca), en agregados granulosos compactos y cristales perfectos mezclados con otros minerales de cobre.

Usos. — Se utiliza como mineral de cobre.

Tetraedrita

Etimología. — Nombre dado en alusión a la forma en que cristaliza.

Sinonimia. — Cobre gris, cobre pavonado.

Composición química. — $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$. Hay una gran variedad en la composición centesimal, el Sb puede en parte estar reemplazado por el As y el Cu por Zn, Fe y hasta Ag.

Caracteres físicos. — Como su nombre lo indica, cristaliza en tetraedros y otras formas meroédricas del sistema cúbico, pero se la encuentra con más frecuencia en agregados granulosos gruesos, finos o compactos.

Tiene brillo metálico, es opaca y a veces translúcida en los bordes; color gris oscuro y raya negra o pardo rojiza. Es dura y pesada, tiene dureza 3-4 y peso específico 4,5-5, y fractura irregular.

Caracteres químicos. — Las reacciones químicas varían en las distintas variedades.

En tubo cerrado funde y da un sublimado rojo fuerte de oxisulfuro de antimonio; cuando hay mercurio aparece un espejo gris de mercurio y cuando hay arsénico un sublimado blanco de trisulfuro de arsénico. En tubo abierto funde y da gases sulfurosos y un sublimado blanco de óxido de antimonio; si hay arsénico un sublimado cristalino volátil se condensa con el de óxido de antimonio, y si hay mercurio se condensan pequeños globulitos metálicos. Sobre el carbón funde y da una aureola de óxidos de antimonio, arsénico y zinc, si contiene estos dos elementos; con carbonato de sodio, sobre el carbón, da glóbulo metálico con reacciones de cobre y a veces de hierro. En este ensayo se pone bien de manifiesto el arsénico por el olor.

Es soluble en ácido nítrico con coloración verde y separación de azufre y trióxido de antimonio.

Yacimientos. — Está siempre asociada a calcopirita, galena, blenda y otros minerales de cobre, plomo y plata.

En la Argentina es poco abundante; se encuentra en Capillitas y Famatina, en la región de Castaño Nuevo, en San Juan, en la región de San Rafael, en Mendoza.

Usos. — Se utiliza como mineral de cobre, y si es argentífera o mercurial, para la extracción de plata o mercurio.

Arsenopirita

Sinonimia. — Mispiquel, pirita arsenical.

Composición química. — FeAsS con 34 % de Fe y 46 % de As.

Caracteres físicos. — Forma cristales prismáticos, gene-

ralmente maclados, que pertenecen al sistema rómbico (1). Se presenta también en agregados granulosos compactos o fibroso-radiados.

Es de brillo metálico y opaca. Tiene color blanco de estaño o blanco de plata en la fractura fresca o sino blanco amarillento o grisáceo; raya negro grisácea. Es dura y pesada, de dureza $5\frac{1}{2}$ -6 y peso específico 5. Tiene fractura irregular.

Caracteres químicos. — Es fusible. En tubo cerrado da primero un sublimado anaranjado de sulfuro metálico y luego un sublimado gris-obscuro, brillante de arsénico metálico. En tubo abierto da gases sulfurosos y un sublimado blanco, cristalino de anhídrido arsenioso. Sobre el carbón da gases sulfurosos y vapores arsenicales con olor a ajo, y deja un residuo magnético de hierro metálico.

Es soluble en ácido nítrico; la solución, con amoníaco, da un precipitado rojizo de hidrato de hierro.

Yacimientos. — Se encuentra en grandes masas incluidas en serpentina (roca básica) y junto con otros minerales metalíferos en filones de rocas cristalinas.

En la Argentina sus yacimientos son bastante raros y siempre pequeños. Existe en Real Viejo (La Rioja) y en la región de San Rafael, en Mendoza.

Los seleniuros y los telururos son en general minerales escasos. En nuestro país se han encontrado solamente

(1) Relación axial :

$$a : b : c = 0,67726 : 1 : 1,18817.$$

Formas más comunes :

$$\begin{aligned} & \{ 010 \}, \{ 001 \}, \{ 110 \}, \{ 101 \}, \{ 012 \}, \{ 011 \} \\ & (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 68^{\circ}7', (001) : (101) = 69^{\circ}19' \\ & (001) : (011) = 89^{\circ}54'50''. \end{aligned}$$

seleniuros y en Cacheuta (Mendoza), en la sierra de Umango (La Rioja) y también en Tinogasta (Catamarca). Son :

La *eucairita* (nombre dado por Berzelius, del griego *eukayros* = oportunamente, porque fué encontrada poco después que se descubriera el selenio : $(Cu_2Se . Ag_2Se)$ de color entre blanco de plata y blanco de plomo, brillo metálico, dureza $2\frac{1}{2}$ y peso específico 7,5. Se encuentra en pequeñas cantidades en un filón de la sierra de Umango, en La Rioja.

La *umanguita* (de Umango, La Rioja) : Cu_2Se_2 , de color rojo cereza obscuro, con tinte violáceo y azulado en la fractura fresca, raya negra, brillo metálico, opaca, fractura concoidal, dureza 3 y peso específico 5-5,6. Se encuentra en el mismo filón que la anterior.

La *zorguita*. Seleniuro de plomo y cobre, de color gris plomo claro u obscuro, a veces tirando a rojo, amarillo bronce o azulado ; raya oscura, brillo metálico, dureza $2\frac{1}{2}$ y peso específico 7,5. Se encuentra en Cacheuta, Mendoza.

La *cacheutita* (de Cacheuta, Mendoza) : Que parece ser una mezcla mecánica de varios seleniuros.

III

OXIDOS, HIDROXIDOS Y OXIDOS SALINOS

Cuarzo

Etimología. — Del alemán *quarz*.

Sinonimia. — Cristal de roca.

Composición química — SiO_2 con 46,7 % de Si.

Caracteres físicos. — Cristaliza en formas hemiébricas

del sistema trigonal (¹) en prismas hexagonales combinados con romboedros y trapezoedros (lám. XXXIV b). Las combinaciones a veces presentan formas que parecen del sistema hexagonal; pero si uno de estos cristales se somete a la acción del ácido fluorhídrico, se formarán sobre la superficie de las caras, pequeñas figuras de corrosión regulares, orientadas, como se ve en la figura 181, en posición paralela en las caras alternas de modo que el eje de simetría hexagonal se convierte en trigonal. Es frecuente encontrarlo también en agregados cristalinos granulados de grano grande o pequeño.

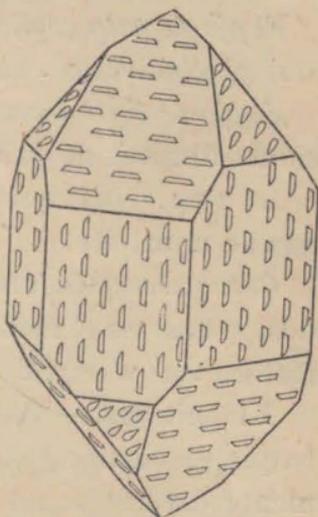


Figura 181

Tiene brillo vítreo o graso; es frágil, muy duro y liviano, tiene dureza 7 y peso específico 2,6. Su fractura es concoidal.

El cuarzo puro es incoloro y transparente y se llama *cuarzo hialino* o *crystal de roca*, pero generalmente está teñido de varios colores como :

La *amatista*, que es la variedad violeta ;

El *cuarzo ahumado*, pardo transparente, colorado por partículas coloidales de titanio ;

El *citriño* o *falso topacio* o *topacio del Brasil*, amarillo ;

(¹) Relación axial :

$$a : c = 1 : 1,09997.$$

Formas más comunes :

$$\{ 10\bar{1}0 \}, \{ 10\bar{1}1 \}, \{ 11\bar{2}1 \}, \{ 01\bar{1}1 \}, \{ 51\bar{6}1 \}$$

$$(0001) : (10\bar{1}1) = 51^{\circ}47'10'', \quad (10\bar{1}1) : (10\bar{1}1) = 38^{\circ}13'$$

$$(10\bar{1}0) : (51\bar{6}1) = 12^{\circ}1'.$$

y otras variedades rosadas y de varios colores en masas opacas o semiopacas como :

El *jacinto de Compostela*, de color rojo sangre por inclusiones de hematita ;

El *cuarzo praso*, verde por inclusiones de clorita (silicato ácido hidratado) y anfíbol (silicato complejo) ;

El *ojo de gato gris*, que contiene inclusiones fibrosas de amianto (silicatos complejos) ;

El *ojo de tigre*, amarillo rojizo pardo, que contiene inclusiones fibrosas de óxido de hierro ;

La *aventurina*, que contiene hematita escamosa o láminas de mica, etc.

Caracteres químicos. — Infusible e insoluble en los ácidos, menos en el ácido fluorhídrico. En la perla de sal de fósforo da un esqueleto esponjoso.

Yacimientos. — Es el mineral más común y más abundante que se conoce y se encuentra en yacimientos completamente diversos.

En agregados y masas compactas forma bancos en los esquistos cristalinos y casi siempre la ganga de los filones metalíferos.

Forma parte de una gran cantidad de rocas eruptivas, principalmente de las pegmatitas, en las cuales constituye masas puras explotables ; también forma gran parte de muchas rocas sedimentarias (arenas, areniscas) y metamórficas (cuarcitas, etc.).

Cristales lindísimos se encuentran en grietas y cavidades de rocas cristalinas formando a veces drusas.

En nuestro país existe en grandes cantidades en las sierras de Córdoba, San Luis, San Juan, La Rioja y Catamarca, y el de algunos yacimientos, como el de Las Vizcacheras, de San Luis, se explota y se utiliza para la fabricación de vidrio y en cerámica. Se explotan también las

cuarcitas de S. E. de la provincia de Buenos Aires, que se emplean para construcciones.

Usos. — Algunas variedades coloradas, transparentes o vistosas, se usan en joyería y para objetos de adorno. Las variedades hialinas se emplean en aparatos de física porque son muy transparentes para los rayos ultravioletas. El cuarzo compacto y las arenas puras, blancas, constituyen la materia prima para la fabricación del vidrio; se utiliza también para fabricar cápsulas y otros recipientes infusibles para laboratorios.

Calcedonia

Etimología. — De *Calcedonia*, ciudad de Bitinia.

Composición química y caracteres físicos. — Se denominan así, todas las variedades de sílice anhidra con estructura fibrosa finísima, radiada o paralela que forman generalmente concreciones.

Al microscopio se ve que las fibras son birrefringentes y parece, según las últimas investigaciones, que no son más que una variedad fibrosa de cuarzo.

Tiene casi las mismas propiedades físicas que el cuarzo, aunque con brillo de cera y ligeramente translúcida. Es blanca o grisácea, pero, como el cuarzo, puede tener varios colores debido a inclusiones o impurezas como :

La *carneola* o *cornalina*, que es rojiza;

El *plasma*, que es verde oscuro;

La *crisoprasa*, verde manzana claro;

El *heliotropo* o *pedra de sangre*, con manchas rojas semejantes a gotas de sangre;

El *pedernal*, *silex* o *flint*, pardo, rosado, gris o amarillento;

La *lidita*, *pedra lidia*, *basanita*, o *pedra de toque*, negra, de fractura áspera y estructura muy fina; se usa en joyería para la prueba del oro (deja sobre ella una raya que se somete al ataque del agua regia) y por su color, dureza, tenacidad y el brillo que adquiere al pulirlo, en la fabricación de joyas;

El *jaspe*, opaco, impuro y fuertemente colorado de pardo, rojizo, verdoso, grisáceo y negruzco. Hay una variedad translúcida, blanquecina, ligeramente celeste, que se llama *jaspe de porcelana* por su semejanza con la porcelana china;

Las *ágatas*, que son las variedades con zonas de diversos colores (lám. XXXV);

El *ónix*, que es el ágata cuyas bandas o zonas presentan colores que contrastan.

Caracteres químicos. — Son los mismos que los del cuarzo.

Yacimientos. — Se forma siempre por evaporación de soluciones silíceas, acuosas, que acompañan a las rocas volcánicas durante su erupción, y generalmente rellena en ellas amígdalas o burbujas cuyo tamaño puede alcanzar hasta 7 m. Con frecuencia el relleno no es completo y la superficie interna está tapizada de cristales de cuarzo hialino; es común también que quede dentro de la burbuja una cierta cantidad de agua, constituyendo lo que se llama un *enhidro*. Son comunes en los meláfiro (rocas volcánicas básica) del sur del Brasil, Misiones y Uruguay, de donde se extraen casi todas las calcedonias y ágatas utilizadas en el comercio.

Opalo

Etimología. — Del latín *opalus* = piedra preciosa.

Composición química. — $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, la cantidad de agua varía entre 3 % y 15 %.

Caracteres físicos. — Es una substancia coloidal, liviana (p. e. = 2,2.) dura ($D = 5 \frac{1}{2}$ - $6 \frac{1}{2}$), con brillo vítreo débil, incolora y transparente si es pura, puede también ser lechosa, opalescente, semiopaca o colorada por impurezas, formando distintas variedades como :

El *ópalo noble*, iridiscente, debido a fisuras sumamente finas ;

La *hialita*, que es el ópalo incoloro transparente que forma pequeñas concreciones en algunas rocas eruptivas ;

La *fiorita*, que es el ópalo blanco, con brillo nacarado ;

La *geyserita*, es el ópalo que forma grandes concreciones en la boca de las fuentes termales, como en los geysers de Islandia, de Nueva Zelandia, del parque nacional de Yellowstone ;

El *ópalo de fuego*, de color rosa ;

El *ópalo común*, blanco o de diversos colores ;

El *semiópalo*, pardo, muy común aun en grandes masas.

Sílice coloidal es también la *harina fósil* o *kiesel-gur* originada por el depósito de diatomeas (algas), y el *trípoli* producido principalmente por el depósito de esqueletos de radiolarios.

Los troncos fósiles silicificados constituyen el *ópalo xiloide* en el que la estructura celular se conserva perfectamente.

Caracteres químicos. — Calentado fuertemente en tubo cerrado da agua y decrepita. Es insoluble en los ácidos menos en el fluorhídrico ; es también soluble en los álcalis cáusticos.

Yacimientos. — En la Argentina se encuentra en infiltraciones en rocas sedimentarias en Cochinoa, Jujuy (ópalo noble), en filones de galena en Jujuy y en los de manganeso en Santiago del Estero (Los Ancoches) y Córdoba (Aguada del Monte), también en Río Chico (ópalo noble) cerca de Camarones, en Chubut, y en maderas silicificadas en varios puntos de Patagonia.

Usos. — Se usan en joyería las variedades iridiscentes y las de lindo color. La harina fósil se emplea en la fabricación de la dinamita y el tripoli para pulir metales.

Corindón

Etimología. — Del sánscrito, *koruvinda*.

Composición química. — Al_2O_3 con 52,9 % de Al.

Caracteres físicos. — Forma cristales trigonales, hemiédricos ⁽¹⁾, prismáticos o piramidales y a veces se presenta en masas granulares compactas.

Tiene brillo adamantino vivo y cuando es puro es incoloro, pero generalmente está colorado de colores vivos, su dureza es muy elevada, es el término 9 de la escala de Mohs, y su peso específico es 4.

Por su dureza, brillo, transparencia, inalterabilidad y variados colores, se usa como piedra preciosa. Las variedades usadas son :

El *zafiro blanco*. que es el corindón puro y transparente;

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : c = 1 : 1,3673.$$

Formas más comunes :

$$\{ 0001 \}, \{ 10\bar{1}1 \}, \{ 22\bar{4}3 \}, \{ 10\bar{1}0 \}, \{ 02\bar{2}1 \}.$$

$$(0001) : (10\bar{1}1) = 57^\circ 34' 8'', (0001) : (22\bar{7}3) = 61^\circ 11'.$$

El *zafiro azul* ;

El *rubí*, rojo ;

La *amatista oriental*, violeta ;

El *topacio oriental*, amarillo ;

La *esmeralda oriental*, verde ;

La *asteria*, variedad que tiene luminosidad interna, estrellada.

La variedad granular compacta teñida de color pardo por óxido de hierro, se llama *esmeril*.

Caracteres químicos. — Es infusible al soplete e inatacable por los ácidos aun por el fluorhídrico. Finamente pulverizado y disgregado con Na_2CO_3 se obtiene una solución que permitirá caracterizar el Al ; si se humedece un papel de filtro con esa solución, se le agrega una gota de una solución diluída de $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ y se calcina se obtiene una coloración azul característica (reacción de Thénard).

Yacimientos. — Como mineral de segregación magmática, forma parte de filones pegmatíticos. Se encuentra también en yacimientos de contacto en gneis, esquistos cristalinos, calcáreos, etc. ; como inclusiones en rocas efusivas, como basalto. Masas espáticas y cristales grandes se encuentran en los Urales, en Carolina, Canadá, Madagascar.

Las variedades usadas como piedra preciosa se encuentran en yacimientos secundarios aluvionales. El rubí, se encuentra principalmente en Birmania, el zafiro, en Siam y Ceylán.

En la Argentina se ha encontrado rubí, pero de mala calidad, cerca de Monteagudo, Tucumán.

Usos. — Las variedades limpias y transparentes se usan en joyería. El esmeril pulverizado se usa para pulir metales y piedras duras.

Hematita

Etimología. — Del griego *haima* = sangre, nombre dado por Teofrastus a las variedades terrosas, que suponía eran sangre coagulada.

Composición química. — F_2O_3 con 70 % de Fe.

Caracteres físicos. — Cristaliza en romboedros combinados con otras formas del sistema trigonal (¹), a veces reducidos a láminas muy delgadas (figs. 107, 108 y 109). Más comunes en la naturaleza son los agregados laminares fibrosos o fibroso radiados, concrecionales con superficies mamilares, reniformes o estalactíticas; granulosos y compactos o terrosos (láms. XII, XXII).

Las variedades no terrosas tienen brillo metálico, o semimetálico, color gris de acero oscuro, a veces, superficialmente iridiscente y un tanto rojizo y raya roja. Las variedades terrosas, llamadas *ocres rojos*, tienen el color rojo del polvo de las otras variedades y son mates.

La hematita en cristales de lindo brillo metálico se llama *hierro oligisto* o *hematita especular* y la de estructura laminar, *hematita micácea*, por su parecido con la mica biotítica.

Las variedades no terrosas son duras y pesadas, tienen dureza variable entre $5\frac{1}{2}$ y $6\frac{1}{2}$ y peso específico 5,2.

Caracteres químicos. — Infusible al soplete. Sobre el carbón se pone magnética. En tubo cerrado la variedad roja cambia de color mientras está caliente. Colora las per-

(¹) Relación axial :

$$a : c = 1 : 1.36557.$$

Formas más comunes :

$$\{ 0001 \}, \{ 10\bar{1}1 \}, \{ 10\bar{1}0 \}, \{ 01\bar{1}2 \}, \{ 11\bar{2}0 \}$$

$$(0001) : (10\bar{1}1) = 57^\circ 37' 4'' , (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 94^\circ .$$

las de bórax y de sal de fósforo con los colores característicos del hierro (1). Es poco soluble en ácido clorhídrico, colora la solución de amarillo. En esta solución se pueden hacer las reacciones del Fe.

Yacimientos. — Es el más distribuido y más importante de los minerales de hierro. Se encuentra en yacimientos independientes o bien formando parte de toda clase de rocas, especialmente esquistos cristalinos y rocas sedimentarias. Su origen, aunque casi siempre neumatolítico, es también muy variado; cristaliza por evaporación de soluciones acuosas, se forma por reacciones entre el vapor de agua y los componentes volátiles de las emanaciones volcánicas (lavas del Vesubio, Etna, Stromboli), por sustituciones metasomáticas en calcáreos, esquistos arcillosos y tobas diabásicas. Se origina con frecuencia por alteración de otros minerales ferríferos, especialmente durante el metamorfismo regional y de contacto; también por deshidratación de limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), por oxidación superficial de magnetita (Fe_3O_4).

Los yacimientos más importantes son los de la isla de Elba, notables por sus cristales; los de Alemania, Suecia, España, Norte América, etc.

En la República Argentina no se conocen hasta ahora yacimientos muy importantes. El yacimiento que puede considerarse el mejor de los hasta ahora conocidos, es el de origen neumatolítico que se encuentra en el margen del granito joven cerca de San José, en el norte de Tinogasta, en Catamarca. Del mismo origen son los criaderos en forma de intercalaciones, nidos y vetas que se conocen de Los Andes, del Aconquija, de Catamarca, Jujuy y varios puntos de San Juan, Mendoza y San Luis.

(1) Véase página 135.

Burton

Casiterita

Etimología. — Del griego *cassiteros* = estaño.

Composición química. — SnO_2 con 78,6 % de Sn.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema tetragonal ⁽¹⁾ en prismas combinados con bipirámides, frecuentemente maclados en una macla característica (fig. 132) llamada *pico de estaño*. También forma agregados cristalinos fibroso radiados, reniforme, granuloso finos o compactos.

Su brillo es vítreo o adamantino en las caras de cristal y graso en las superficies de fractura; a veces puede ser algo metálico. Su color puede ser amarillento, rojizo, pardo rojo, pardo y negro. Su polvo blanco o amarillento. Es muy dura y muy pesada, tiene dureza de $6\frac{1}{2}$ y peso específico 7.

Caracteres químicos. — Infusible. Al soplete, en llama oxidante, es inalterable. Sobre el carbón, con carbonato de sodio o cianuro de potasio y llama reductora, da pajuelas de estaño metálico, blanco, maleable, solubles en los ácidos. En la solución clorhídrica se pueden hacer las reacciones del Sn. Es insoluble en los ácidos.

Yacimientos. — Como mineral primario es de origen neumatolítico y está siempre íntimamente relacionada con rocas eruptivas ácidas, como granitos, pórfidos cuarcíferos traquitas cuarcíferas, donde se encuentra distribuída for-

(¹) Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,67232.$$

Formas más comunes :

$$\{ 110 \}, \{ 100 \}, \{ 101 \}, \{ 321 \}.$$

$$(001) : (101) = 33^\circ 54' 50'', (110) : (111) = 40^\circ 26' 40''.$$

mando rocas de mezcla o bien en filones; siendo éste siempre el yacimiento más común.

La intrusión de estas masas de casiterita, origina en las vecindades de la roca que la encajona, una alteración profunda llamada *greisen*, que es una masa granular formada por cuarzo y mica blanca mezclados con casiterita.

En estos yacimientos filoniamos está siempre acompañada de minerales neumatolíticos, como turmalina (borosilicato complejo), topacio ($\text{Al}_2(\text{F}, \text{OH})_2\text{SiO}_4$), apatita ($\text{Ca}(\text{Cl}, \text{F})\text{Ca}_4\text{PO}_4)_2$), scheelita (CaWO_4), wolframita ($(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$), molibdenita, mica de litio, etc.

Debido a su gran resistencia a los agentes atmosféricos se encuentra en yacimientos aluvionales.

La región estannífera más célebre es la de Erzgebirge, de Sajonia y Bohemia; son importantes también los yacimientos de la península de Malaca, de Cornwall y de Bolivia.

En la Argentina, el yacimiento más importante de casiterita es el de San Salvador, Belén, Catamarca y luego el de Mazan, La Rioja. Existen otros yacimientos menos importantes en Catamarca en Cerro del Fraile, Cerro Soconto, Flores Amarillas, Durazno. *PIRQUITAS JUTUY.*

Usos. — Es el principal mineral de estaño.

Psilomelano

Etimología. — Del griego *psilos* = brillante, y *melas* = negro.

Composición química. — Bióxido de manganeso con cantidades variables de hierro, bario y potasio. Contiene hasta 90 % de MnO_2 .

Caracteres físicos. — Se presenta en agregados compactos fibroso radiados concrecionados, arriñonados, esta-

lactíticos, racimosos (lám. XXV), y entonces es duro, negruzco y con brillo semimetálico; pero también se halla en masas terrosas, livianas, de color pardo, blandas, que manchan las manos y que constituyen la variedad llamada *wad*; y todavía en dendritas negras o pardas en las grietas de muchísimas rocas.

El peso específico varía entre 3,7 y 4,7.

Caracteres químicos. — En tubo cerrado da agua. Colora la perla de bórax de violeta (Mn) (1). Es soluble en ácido clorhídrico con desprendimiento de cloro (Mn); la solución colora la llama de verde por el boro y de violeta (visible a través del vidrio de cobalto) por el potasio.

Yacimientos. — Es un mineral de manganeso bastante común. Se lo encuentra en capas que alternan con piro-lusita (MnO_2). Los yacimientos principales son los del Harz, Johanngeorgenstadt, Schneeberg, Ilmenau, Turingia y Hungría.

En la Argentina existen algunos yacimientos constituidos por filones que permiten la explotación. Los principales son los filones de larga extensión que se encuentran en la Sierra Norte de Córdoba, llamada también Sierra San Pedro, en las provincias de Córdoba y Santiago del Estero (Aguada del Monte, con mineral que tiene 80-90 % de MnO_2 , Piedra Pintada, La Cama Cortada, Los Hoyos, Agua de la Cal en Córdoba, y los Ancoches, El Remanso, Ambargasta, Pingollo, Las Chacras, Ocan, en Santiago del Estero).

(1) Véase página 135.

Limonita

Etimología. — De *limón*, radical de origen desconocido.

Composición química. — $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ con 59,8 % de Fe.

Caracteres físicos. — La limonita es, probablemente, una mezcla de proporciones variables de una substancia cristalina y una coloidal. Se presenta a veces en agregados cristalinos fibroso radiados, generalmente oolíticos, concrecionados, estalactíticos, y otras veces granulosa compacta o terrosa.

Las variedades de textura cristalina tienen brillo sub-metálico, las otras son mate. Las primeras son de color pardo muy oscuro, casi negro y las segundas son amarillo pardo, pero el polvo de ambas siempre es amarillento pardo. Las variedades cristalinas son duras, tienen dureza $5\frac{1}{2}$, las otras son mucho más blandas. El peso específico es 3,8.

Las variedades terrosas son las conocidas como *ocre amarillo* y *tierra siena*.

Caracteres químicos. — Es infusible. Calentada en tubo cerrado da agua; al soplete sobre el carbón, se pone negra y magnética. Es soluble en ácido clorhídrico, colorando de amarillo la solución. En esta solución se hacen las reacciones del Fe.

Yacimientos. — Es uno de los minerales más comunes, ya sea en bancos o capas sedimentarias independientes, ya como pigmentación pardo rojizo o pardo amarillo de muchas rocas.

En la mayoría de los casos se origina por alteración de otros minerales de hierro (hematita, magnetita (Fe_3O_4), piritita, siderita (FeCO_3) y otros minerales ferríferos) por

acción de los agentes atmosféricos y ácidos orgánicos. También puede formarse por deposición en el fondo de lagos por acción de los organismos.

Yacimientos importantes se encuentran en Baviera, Harz, Luxemburgo, Suecia, etc.

En la Argentina se encuentra, oolítica, en yacimientos sedimentarios, principalmente en Misiones en la región de Santa Ana; se conoce con el nombre de *tacurú* y contiene hasta 30 % de hierro.

Pirolusita

Etimología. — Del griego *pyr* = fuego, y *lusein* = lavar, porque se usa para sacar las tintas pardas de los vidrios.

Composición química. — MnO_2 contiene hasta 79,5 % de MnO , porque suele tener agua como impureza.

Caracteres físicos. — Su morfología no está del todo definida aún. Se presenta en agregados fibroso radiados (lám. XV), bacilares, con brillo metálico, medio metálico o común y de color acero hasta negro de hierro. Su raya es negra.

Es relativamente pesada, su peso específico es 4,8; blanda, con dureza $2-2\frac{1}{2}$; friable y mancha los dedos de negro.

Caracteres químicos. — Es infusible. Colora las perlas de bórax y de sal de fósforo de color violeta.

Es soluble en ácido clorhídrico con desprendimiento de cloro. En tubo cerrado algunas variedades suelen desprender agua que la tienen como impureza.

Yacimientos. — Los yacimientos más importantes de este mineral son los del Harz, Turingia, los de Tschiatury en el Cáucaso, los de la India, el Brasil.

En la Argentina, en forma de concreciones en areniscas arcillosas, existen yacimientos en Tucumán (departamento de Burruyacú), en San Luis (Socoscora, San Francisco y Pílon en San Francisco), en San Juan (Sierra de la Huerta en la quebrada de San Pedro), en Jujuy, en los Andes, en Buenos Aires (Sierra de la Ventana), y en Entre Ríos (Canal de Hernandarias).

Usos. — Se utiliza en la industria del vidrio y en siderurgia.

OXIDOS SALINOS

Magnetita

Etimología. — De Magnesia, localidad de Macedonia.

Composición química. — Fe_2O_4 con 72,4 % de Fe.

Caracteres físicos. — Cristaliza en octaedros, rombo-dodecaedros simples o combinados con otras formas del sistema cúbico. Se encuentra también en agregados cristalinos laminares, granulados, gruesos, finos o compactos.

Tiene brillo metálico, submetálico o casi mate, color negro o gris de acero, raya negra y fractura desigual. Es dura y pesada, tiene dureza $5\frac{1}{2}$ - $6\frac{1}{2}$ y peso específico 5,1; es fuertemente magnética y a veces con magnetismo polar.

Caracteres químicos. — Es infusible al soplete; en llama oxidante pierde el magnetismo. Los otros caracteres son como los de la hematita.

Yacimientos. — Es un mineral muy común y se encuentra en distintos yacimientos; los más importantes son los de segregación magmática y los de contacto con sustitución metasomática, como son los de Kiirunna y Guellivari, en Suecia.

Es muy común en las rocas eruptivas básicas (basaltos,

melafiros, gabbros, dioritas) como componente primario y como producto de alteración de otros minerales que contienen hierro.

En la República Argentina se encuentra en Mina Sarmiento, región de Characate, Córdoba, en un yacimiento metasomático, el único de este origen que hasta ahora se ha encontrado. Los demás yacimientos que se conocen son de segregación magmática, como el de la Sierra de Ancasti al oeste de Albigasta, Catamarca, que contiene mucho titano, algunos de la Sierra de Córdoba; o de contacto, como algunos de Córdoba, Aconquija y Famatina, pero todos son de poco valor.

Usos. — Es el mineral de hierro más importante para su extracción.

IV

BORATOS

Ulexita o boronatrocalcita

Etimología. — Llamada así en honor de Ulex, que fué el primero que dió un análisis exacto del mineral.

Sinonimia. — Hayesina, tinkalcita.

Composición química. — $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Caracteres físicos. — Se presenta en masas redondeadas, de estructura afieltrada, formadas por cristales monoclinicos aciculares, de brillo sedoso, color blanco, muy blandas y muy livianas: dureza 1 y peso específico 1,6 (lám. XVII).

Caracteres químicos. — Funde fácilmente con intumescencia en una perla vítrea transparente. Directamente colora la llama de amarillo obscuro (Na y Ca) y mojada en ácido sulfúrico la colora momentáneamente de verde

intenso (B). En tubo cerrado da agua y es algo soluble en agua caliente.

Yacimientos. — Es un mineral de formación secundaria, debido a emanaciones volcánicas. Se encuentra sobre todo en Chile, junto con los yacimientos de salitre, en Esmeralda Co., Nevada, y en nuestro país en los salares de la Puna (Los Andes) y de Jujuy formando yacimientos formidables que representan para el futuro un renglón de primer orden para la minería argentina (R. Beder) (láms. LXVI y LXVIII). El mineral de Jujuy tiene una situación más ventajosa para su explotación.

Usos. — Se emplea para la extracción del bórax.

Bórax o Tinkal

Etimología. — Del árabe *bourac* = blanco (Larousse).

Composición química. — $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ con 36 % de B_2O_3 .

Caracteres físicos. — Forma cristales prismáticos monoclinicos ⁽¹⁾, a veces muy largos y con frecuencia estriados, con clivaje perfecto según $\{100\}$. Se encuentra también en agregados granulosos de grano grueso.

Tiene brillo vítreo o resinoso, algunas veces es transparente u opaco y mate. Generalmente es blanco, a veces gris azulado o verdoso y tiene raya blanca. Es blando y

(¹) Relación axial :

$$a : b : c = 1,0995 : 1 : 0,5632$$

$$\beta = 106^\circ 35'$$

Formas más comunes :

$$\{100\}, \{110\}, \{010\}, \{001\}, \{\bar{1}11\}$$

$$(001) : (100) = 73^\circ 25', \quad (100) : (110) = 46^\circ 30'$$

$$(001) : (101) = 29^\circ 53' 50'', \quad (001) : (011) = 28^\circ 21' 30''$$

liviano, con dureza $2\frac{1}{2}$ y peso específico 1,7. Tiene fractura concooidal.

Caracteres químicos. — Es inestable al aire, se pone turbio y friable porque se deshidrata.

Funde hinchándose considerablemente y se transforma luego en una masa vítrea, limpia e incolora. Calentado al soplete, después de haber sido humedecido con ácido sulfúrico concentrado, colora la llama de verde, lo mismo si se funde con una mezcla de partes iguales de bisulfato de potasio y fluoruro de calcio. Es soluble en agua.

Yacimientos. — Disuelto en el agua de los lagos, en cuyas costas se depositan cristales durante la estación seca, se encuentra principalmente en California, Nevada y en el Tibet. En nuestro país en agregados granulosos compactos se halla en el Salar del Hombre Muerto en la Puna, Los Andes.

Usos. — El bórax natural tiene menos importancia que el obtenido de otros compuestos del boro. Se utiliza en la soldadura de los metales, en farmacia, en tintorería, en la fabricación de vidrios y esmaltes, en química para los ensayos en la perla, etc.

V

CARBONATOS Y NITRATOS

CARBONATOS

Calcita

Sinonimia. — Espato de Islandia.

Composición química. — CaCO_2 con 56 % de CaO.

Caracteres físicos. — Cristaliza en formas hemiédricas

del sistema trigonal ⁽¹⁾ y forma cristales que tienen una gran riqueza de formas. Se presenta en romboedros agudos u obtusos, escalenoedros simples o combinados (*dientes de perro*), prismas combinados con romboedros, y es frecuente todavía encontrar maclas (figs. 13, 14, 15, 16, 105, 106, 126, 133 y láms. XXXVIa, XXXVIb y XXXVII). Forma también agregados fibrosos de fibras finas o gruesas, granuloso gruesos, finos, compactos, espáticos y de forma tuberosa, nodular, mamilar, de rosas (láms. VIII y XXVIII), etc.

Tiene brillo vítreo y birrefringencia muy fuerte (lám. XXVIII). Cuando es pura, es incolora y transparente o blanca, pero puede tener diversos colores debido a impurezas; su raya es siempre blanca o blanquecina. Es dura y liviana; su dureza es 3 y su peso específico 2,7; tiene clivaje romboédrico perfecto.

Caracteres químicos. — Al soplete no funde y se pone friable porque pierde anhídrido carbónico y se transforma en óxido de calcio que se hincha al mojarlo con agua.

Es soluble en ácido clorhídrico diluído y frío con efervescencia (CO₂). Mojada con ácido clorhídrico colora la llama de rojo ladrillo debido al calcio.

Yacimientos. — Es, como el cuarzo, uno de los minerales más comunes. Se la encuentra en yacimientos de origen primario como ganga de filones metalíferos; en estos yacimientos son frecuentes lindísimos cristales de hábito y forma muy variados.

(1) Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,85430.$$

Formas más comunes :

$$\{ 0001 \}, \{ 10\bar{1}1 \}, \{ 10\bar{1}\bar{1} \}, \{ 01\bar{1}2 \}, \{ 61\bar{7}5 \}$$

$$(0001) : (\bar{1}011) = 44^{\circ}36'34''.$$

Rellena también grietas y cavidades, no sólo de rocas calcáreas o ricas de carbonato de calcio, sino también de rocas eruptivas donde se depositó por evaporación de aguas que contenían carbonato de calcio en disolución. A esta categoría de yacimientos pertenecen los grandes cristales, incomparables por su limpieza y magnitud, que rellenan las cavidades y grietas de basaltos de Islandia (*Eskifjord*) y que se llaman *espato de Islandia*.

En agregados cristalinos granulados compactos, de grano grueso, fino y hasta impalpable, forma grandes masas que constituyen los *mármoles* y *calizas*. Estos yacimientos son de origen orgánico.

En la Argentina es muy abundante, se encuentran todas las variedades. Como es largo enumerar todos los yacimientos, señalaremos sólo los más importantes.

El *espato de Islandia* en lindos cristales grandes y transparentes se halla principalmente en Yoccina, Mendiolaga y Sobremonte, en Córdoba.

Los *mármoles* y *calizas* se encuentran, sobre todo, en muchos puntos de las Sierras Pampeanas y en las sierras de la provincia de Buenos Aires.

Se explotan algunos yacimientos de *mármoles* como el de La Calera (cantera de mármol del Congreso) en Córdoba, el de San Rafael, en Mendoza (*mármol verdoso*), el de la cantera El Pantano, cerca de la Toma, en San Luis (mármol verde), el del Calvario, cerca de Salta y otros en Jujuy (lám. LIX).

La explotación de las *calizas* tiene un desarrollo más importante, principalmente en la sierra de Córdoba, donde desde hace años se han establecido canteras y hornos de cal, como en Malagueño que tiene el establecimiento más importante del país, en Yoccina, La Falda, La Cumbre, etc. También se explotan en la Sierra de San Luis, en la

Sierra de Guasayán, en Santiago del Estero y en algún punto de San Juan, La Rioja, Tucumán, Río Negro y Neuquen. Sierras Bayas, San Jacinto, San Nicolás y Olavarría, en Buenos Aires, forman otra zona calera de bastante importancia. Se explota también piedra de cal en las cercanías de Paraná, en Entre Ríos.

Usos. — El *espato de Islandia* se utiliza en la fabricación de aparatos de polarización. Los *mármoles* en construcciones y las *calizas*, a veces en pavimentos (véredas) y en general para la fabricación de cal.

Dolomita

Etimología. — De Dolomieu (1750-1801) mineralogo que la estudió en 1791 y señaló algunos de sus caracteres.

Composición química. — $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ con 30 % de CaO y 21,7 % de MgO.

Caracteres físicos. — Cristaliza en formas hemiédricas del sistema trigonal ⁽¹⁾ y forma generalmente romboedros casi siempre maclados (lám. XXXVIII). Es común encontrarla formando agregados cristalinos granulados de grano grueso, fino y muy fino.

Tiene brillo vítreo, un poco nacarado y es transparente, translúcida u opaca. Cuando es pura es blanca, pero puede ser blanco rojiza, blanco verdosa, verde, rosa, amarilla, gris, parda o negra; su raya siempre es blanca o blanquecina. Es algo más dura y más pesada que la calcita, tiene

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,83224.$$

Formas más comunes : romboedros de distintos tamaños y clases combinados con prismas.

$$(0001) : (10\bar{1}0) = 43^\circ 51' 37''.$$

dureza $3\frac{1}{2}$ -4 y peso específico 2,8. Posee clivaje romboédrico perfecto y fractura concooidal.

Caracteres químicos. — Con ácido clorhídrico diluído y frío no da efervescencia muy sensible. Mojada con ácido clorhídrico colora la llama de rojo ladrillo (Ca). La solución clorhídrica, adicionada de amoníaco, da un precipitado blanco de hidrato de magnesio. Las soluciones clorhídricas de las variedades amarillas, con amoníaco precipitan hierro bajo forma de hidrato de color rojo pardo que se mezcla con el de magnesio y enmascara un poco la reacción.

Yacimientos. — En lindos cristales, se halla en yacimientos metalíferos filonianos o de contacto, y junto con calcita rellena grietas en calcáreos. También se encuentra en agregados compactos formando rocas, y entonces es de origen orgánico.

En cristales es escaso en la Argentina; existe en algunos filones metalíferos en forma la ganga. Como roca es más abundante y se la encuentra en Sierras Bayas, cerca de Olavarría, en Buenos Aires (dolomita amarilla) donde se explota para utilizarla como material de construcción; y en algunas partes de San Juan, Mendoza y Jujuy.

Usos. — Es la materia prima para la obtención del magnesio y de las sales de magnesio. Se utiliza mucho como material de construcción (zócalos, escaleras, etc.).

Son también carbonatos trigonales, la *magnesita* ($MgCO_3$), incolora o blanca, de brillo vítreo, dureza 4 y peso específico 3; la *siderita* ⁽¹⁾ ($FeCO_3$), de color amarillo claro, si es pura y fresca y hasta pardo obscura por alteración,

(1) De *sideros* = hierro.

con brillo nacarado o vítreo, dureza 4 y peso específico 3,6; la *smithsonita* ⁽¹⁾ ($ZnCO_3$), blanca si es pura o gris amarillenta o rosácea, con dureza 5 y peso específico 4,4; la *rodocrosita* ⁽²⁾ ($MnCO_3$) de color rojo carne, de dureza 4 y peso específico 3,5.

Todos ellos son solubles en ácido clorhídrico con efervescencia.

Aragonita

Etimología. — De Aragón, España.

Composición química. — $CaCO_3$ con 56 % de CaO .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico ⁽³⁾, y forma cristales generalmente prismáticos y con frecuencia maclados según una cara de prisma, dando un conjunto con una simetría pseudohexagonal (lám. XXXIX). Es común encontrarla en agregados fibrosos o fibroso radiados, oolíticos (láms. XL y XX).

Tiene brillo vítreo y es transparente, incolora, blanca o colorada por impurezas. Es algo más dura y pesada que la calcita, tiene dureza $3\frac{1}{2}$ ó 4 y peso específico 2,9. Posee clivaje perfecto, paralelo a $\{010\}$ y fractura algo conchoidal.

⁽¹⁾ Nombre dado en honor de Smithson, fundador de la Smithsonian Institution de Washington.

⁽²⁾ Del griego *rodhos* = rosa, y *chromos* = color.

⁽³⁾ Relación axial :

$$a : b : c = 0,6224 : 1 : 0,7205.$$

Formas más comunes :

$$\begin{aligned} & \{ 100 \}, \{ 010 \}, \{ 110 \}, \{ 102 \}, \{ 011 \} \\ (100) : (110) &= 31^\circ 54', (001) : (101) = 49^\circ 10' 42'' \\ (001) : (011) &= 35^\circ 46' 30''. \end{aligned}$$

Caracteres químicos. — Como la calcita, es infusible y se transforma en óxido de calcio por el calor. Es soluble en ácido clorhídrico con efervescencia y la solución colora la llama de rojo ladrillo.

Para distinguirla químicamente de la calcita, se toma la misma cantidad de polvo de las dos sustancias y se colocan en tubos de ensayos diferentes. Se agrega a los dos tubos la misma cantidad de solución de nitrato de cobalto y se calientan los dos tubos durante el mismo tiempo; el polvo de calcita se pone azul y el de aragonita, lila (prueba de Mengen).

Yacimientos. — Es mucho menos abundante que la calcita. Se la encuentra, junto con zeolitas, en cavidades y grietas de rocas eruptivas jóvenes, principalmente basaltos (Bohemia, Eschwege, Keiserstuhl), en forma coraloide sobre capas de yeso o minerales de hierro, donde forma las llamadas *flores de hierro* (Karnten); en lindos cristales dentro de yeso y arcilla (Aragón, Molina, Valencia); acompañada de azufre, en lindísimos cristales en forma de drusas enormes, en Sicilia; y, con gran frecuencia y mayor abundancia, en agregados escamosos, fibroso radiados formando costras, capas o concreciones originadas por evaporación de aguas termales. El carbonato de calcio de las conchillas de los moluscos es también aragonita.

En la Argentina se halla en cristales grandes (10 × 2 cm.) dentro de arcilla en Quebrachito, Distrito Cañas, Catamarca; también en filones de cuarzo junto con malaquita, azurita, cerusita en Mina Rosario, Cruz del Eje, Córdoba; en Mina Castaño, en San Juan. Es más común en forma de agregados fibrosos, como los de La Zonda, en San Juan; Río Blanco, en La Rioja; Agua Dulce, en Jujuy; Puente del Inca, en Mendoza, etc.

La *estroncianita* (SrCO_3) blanca con dureza $3\frac{1}{2}$ y peso específico 3,7; la *whiterita* ⁽¹⁾ (BaCO_3) con dureza $3\text{-}3\frac{1}{2}$ y peso específico 4,3; la *cerusita* ⁽²⁾ (PbCO_3) con dureza $3\text{-}3\frac{1}{2}$ y peso específico 6,5, son también, carbonatos rómicos.

Malaquita

Etimología. — Del griego *malachos* = verde, en alusión a su color.

Composición química. — $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ con 71 % de Cu, y plomo y zinc como impurezas.

Caracteres físicos. — Forma cristales finos, aciculares, que pertenecen al sistema monoclinico ⁽³⁾, pero con frecuencia se la encuentra en agregados fibroso radiados con aspecto de costras, nódulos, mamilas.

Los cristales tienen brillo adamantino o vítreo, los agregados fibrosos tienen brillo más o menos vítreo y a menudo son mate, color verde característico con polvo o raya verde más pálido. Es dura y relativamente pesada, con dureza 3,5 y peso específico 4. Tiene clivajes perfectos según $\{001\}$ y $\{010\}$ y fractura algo concooidal o irregular.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente al soplete y colora la llama de verde. En tubo cerrado desprende agua;

⁽¹⁾ En honor de Whitering, que la descubrió.

⁽²⁾ De *cerussa*, nombre dado por Plinio.

⁽³⁾ Relación axial :

$$a : b : c = 0,88093 : 1 : 0,40118$$

$$\beta = 118^\circ 10'.$$

Formas más comunes :

$$\{100\}, \{010\}, \{110\}, \{\bar{1}01\}$$

$$(100) : (001) = 61^\circ 50', \quad (100) : (110) = 37^\circ 50'$$

$$(001) : (\bar{1}01) = 27^\circ 5' 30'', \quad (001) : (011) = 19^\circ 28' 40''.$$

sobre el carbón, con carbonato de sodio, da glóbulo de cobre. Es soluble en ácido clorhídrico diluído y frío con efervescencia.

Yacimientos. — Es un mineral de cobre muy frecuente, y el más común y característico de los productos de alteración atmosférica de los minerales de este metal. En todos los yacimientos cupríferos se encuentra en forma de pátinas sobre los minerales de cobre principalmente.

Muy raras veces constituye grandes masas arriñonadas como en Mednorudjansk en los Urales, en Chile, en Rodesia. Lindos cristales se encuentran principalmente en la mina Queen, en Arizona, Norte América y en Siegenschen.

En nuestro país, no falta en ninguno de los yacimientos de minerales de cobre, pero en ninguna parte en masas considerables.

Usos. — Si es muy abundante se utiliza como mineral de cobre. También se emplea como mineral decorativo por su lindo color verde.

Azurita

Etimología. — De *azur*, voz francesa que significa azul.

Sinonimia. — Chessylita.

Composición química. — $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ con 69,2 % de CuO .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema monoclinico en cristales de hábito variado y llenos de caras.

Tiene brillo vítreo, color azul intenso y raya algo más clara. Su dureza es $3\frac{1}{2}$ y su peso específico 3,8. Posee clivaje perfecto paralelo a $\{021\}$ y fractura concoidal.

Caracteres químicos. — Reacciona lo mismo que la malaquita, a la cual acompaña casi siempre.

Yacimientos. — Se encuentra en yacimientos análogos a los de la malaquita, pero es mucho más escasa.

En Chessy, cerca de Lyon, se hallan lindísimos cristales y en la Argentina, en algunas minas de Capillitas, Catamarca.

Usos. — Como mineral de aplicación tiene poca importancia.

NITRATOS

Nitratina

Sinonimia. — Salitre, nitrato de Chile, nitrato de sodio.

Composición química. — NaNO_2 con 36,5 % de Na_2O .

Caracteres físicos. — Cristaliza en formas análogas a las de la calcita, pero casi nunca forma cristales perfectos; por lo general se la encuentra en masas cristalinas granulares, blancas o teñidas por impurezas.

Tiene brillo vítreo; es transparente, incolora o débilmente colorada, blanda y liviana, con dureza $1\frac{1}{2}$ -2 y peso específico 2,2. Posee clivaje romboédrico perfecto y fractura concoidal, raras veces visible.

Caracteres químicos. — Sobre el carbón deflagra y colora la llama de amarillo intenso (Na). En tubo cerrado, con bisulfato de potasio, da vapores rutilantes (N) y es delicuescente y soluble en agua.

Yacimientos. — En masas terrosas, impuras, mezclada con sal común y yeso, se encuentra cerca de la superficie del suelo en extensos yacimientos que abarcan desde Tarapacá hasta Taltal, en Chile, y en las cercanías de Bolivia.

En la Argentina no se conocen yacimientos importantes y parece que casi todos los llamados de salitre, no son sino

eflorescencias de sal común mezcladas a veces con otras sales solubles.

Se conocen yacimientos en Barreales, Macho-Guayaco. Santa Lucía, en Córdoba, que se han explotado temporalmente para los usos locales.

Usos. — Se utiliza como fertilizante y para preparar la sal nitro (KNO_3) muy escasa en la naturaleza.

VI

HALOIDES Y SULFATOS

HALOIDES

Halita *(piedra de mar)*

Etimología. — Del griego *hals* = mar, y *lithos* = piedra.

Sinonimia. — Sal gema, sal común, sal marina, sal de roca.

Composición química. — NaCl con 39,4 % de Na.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema cúbico y los cristales son generalmente cubos con caras cóncavas (fig. 9) (lám. XLI). Con más frecuencia forma agregados espáticos, granulosos y a veces fibroso radiados.

Tiene brillo vítreo y es transparente o translúcida. Pura es incolora, pero con frecuencia es de color gris por inclusiones arcillosas, pardo por inclusiones bituminosas, rosado por inclusiones de óxido de hierro. Posée dureza $2\frac{1}{2}$, peso específico 2,1 clivaje cúbico perfecto y fractura concoidal.

Caracteres químicos. — Colora la llama de amarillo intenso y deflagra. En tubo cerrado decrepita y con bisulfato de potasio desprende ácido clorhídrico que enturbia una gota de nitrato de plata suspendida de una varilla

de vidrio. Tiene sabor salado agradable y es soluble en agua.

Yacimientos. — Es uno de los minerales más importantes. Se lo encuentra, acompañado de yeso y anhídrita, en grandes bancos incluídos en rocas arcillosas y originados por evaporación de agua marina; también en yacimientos superficiales de menor importancia, en las regiones desérticas donde se forma por evaporación de lagos y lagunas saladas (lám. LVII). Algunas veces se halla como producto de sublimación en algunos cráteres volcánicos. Es además, el principal componente salino del agua de mar, en la que está en la proporción de 3 por ciento.

Los yacimientos mundiales más importantes son los de Stassfurt, los de Wieliczka, en Galitzia, los de Salzkammergut, en Austria, los de Cardona, en España, etc.

En nuestro país es muy común, se la encuentra en cantidades enormes, en cuencas suaves llamadas salinas. Algunas de ellas se explotan y pueden dar un producto superior a la sal importada.

Las salinas más grandes (21.000 km²) son las Salinas Grandes que se extienden por las provincias de Córdoba, Santiago del Estero, La Rioja y Catamarca. Existen además en Los Andes (Salares de la Puna), en Jujuy (Salinas Grandes), en Catamarca (Salina de Pipanaco, Laguna Verde, etc.), en Tucumán, en La Rioja, en San Luis (Laguna Bebedero que se explota en gran escala), en Buenos Aires, en Neuquen, en Río Negro, en Chubut y en Santa Cruz.

Usos. — Es bien conocido su empleo en la alimentación; además se utiliza en numerosas industrias químicas (fabricación de soda, carbonato y sulfato de sodio).

Sylvita

Etimología. — Es la *sal digestiva Sylvii* de los antiguos químicos, de donde Benden sacó el nombre de *Sylvina*.

Sinonimia. — Sylvina.

Composición química. — KCl con 52,4 % de K.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema cúbico y forma cubos; es más común en agregados granulados, compactos.

Tiene brillo vítreo vivo y si es pura es transparente, incolora o blanca, puede ser azulada o amarillenta. Es blanda y liviana, su dureza es 2 y su peso específico 1,9. Tiene clivaje cúbico perfecto y fractura irregular.

Caracteres químicos. — A la llama se volatiliza colorándola de violeta; en tubo cerrado decrepita, si se le agrega bisulfato de potasio desprende ácido clorhídrico; tiene sabor desagradable y es soluble en agua.

Yacimientos. — Se encuentra siempre mezclada con sal gema, pero en proporciones mucho menores, principalmente en Stassfurt, Alsacia, Galitzia y en DalloI al norte de Dancalia, donde parece ser bastante abundante. A veces se halla lo mismo que la halita, como producto de sublimación en las lavas volcánicas (Vesuvio).

En nuestro país no se conoce hasta ahora ningún yacimiento.

Usos. — Es uno de los principales minerales de potasio; se lo utiliza para la preparación de otras sales de potasio y como abono en agricultura.

Fluorita

Sinonimia. — Espato fluor.

Composición química. — CaF_2 con 51,1 % de Ca.

Caracteres físicos. — Pertenece al sistema cúbico y forma cubos u octaedros y otras formas combinadas (láms. V y XLII). Se presenta también en agregados granulares compactos, gruesos o finos.

Tiene brillo vítreo a veces muy vivo, es transparente o translúcida, blanca o colorada de varios colores, violeta, azul, amarillo, rosado, verde; su raya siempre es blanca. Es dura y liviana, su dureza es 4 y su peso específico 3,1; tiene clivaje octaédrico perfecto (lám. XXI a) y fractura irregular.

Caracteres químicos. — Funde difícilmente al soplete en un esmalte blanco y colora la llama de rojo ladrillo.

Las variedades coloradas, por el calor se decoloran y algunas cambian de color. En tubo cerrado sin reactivos decrepita, con bisulfato de potasio desprende vapores de ácido fluorhídrico que corroen el vidrio. Es soluble en ácido sulfúrico con desprendimiento de vapores de ácido fluorhídrico (1).

Yacimientos. — Es un mineral filoniano de origen neumatolítico e hidrotermal.

Forma filones en calcáreos, esquistos y otras rocas cristalinas y con frecuencia la ganga de filones metalíferos, donde está acompañada de otros minerales que contienen

(1) A veces el HCl concentrado y caliente, la ataca pero es porque está íntimamente mezclada con SiO_2 . En este caso, el poco ataque que el HCl produce por la acción de las masas desarrolla HF que ataca a la SiO_2 dando HFSiO_3 , ácido que ataca a la fluorita y pone de nuevo el HF en libertad.

fluor, como la turmalina (borosilicato complejo), la lepidolita (mica de litio), el topacio $[Al_2(F, OH)_2(SiO_4)]_2$, la apatita $[Ca(Cl, F)Ca_3(PO_4)_2]$.

Lindos cristales se encuentran en Sajonia, Bohemia y sobre todo en Inglaterra (Durhan, Derbyshire, Cumberland). En forma espática, se encuentra, principalmente, en filones en los granitos de Baveno en Lago Maggiori y en los de Strigan en Silesia, en esquitos cristalinos en San Gotardo, en calcáreos en Pargas, etc.

En la Argentina se conoce un importante filón de varios lugares entre San Roque y Tanti, en la Sierra de Córdoba; se halla también en el Cerro Uritorco, frente a Capilla del Monte, Córdoba, y en Talita, en el departamento de San Martín, de San Luis. Algunos yacimientos como el de Carlos Paz, en Córdoba, se explotan.

Usos. — Se utiliza como fundente en la fabricación de porcelana y vidrio y en la industria metalúrgica; para la fabricación del ácido fluorhídrico, y las variedades muy limpias y transparentes, para la fabricación de lentes de aparatos de óptica. También como material decorativo.

Criolita

Etimología. — Del griego *kryos* = frío, y *lithos* = piedra, *pie-
dra de hielo*, por su semejanza con el hielo.

Composición química. — Na_3AlF_6 con 32,9 % de Na y 12,85 % de Al.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema monoclínico, y forma cristales prismáticos, pero con más frecuencia agregados cristalinos granulados, compactos.

Tiene brillo húmedo, es transparente o translúcida, blanca y como su nombre lo indica, parecida al hielo,

puede ser también rojiza, pardusca y hasta negra. Posee dureza $2\frac{1}{3}$ -3, peso específico 2,9, dos clivajes perfectos paralelos a $\{001\}$ y $\{110\}$ y fractura irregular.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente al soplete, colora la llama de amarillo intenso y da una masa infusible de óxido de aluminio. Sobre el carbón, con nitrato de cobalto da una masa azul (Al). Calentado en tubo cerrado con bisulfato de potasio o con ácido sulfúrico concentrado, desprende ácido fluorhídrico que corroe el vidrio.

Yacimientos. — Es, en su mayor parte, un mineral de origen neumatolítico, y el único yacimiento verdaderamente importante que se conoce es el de Ivigtud, en Groenlandia, que está en relación con una masa granítica intruída en el gneis. En nuestro país no se ha hallado todavía.

Usos. — Se utiliza principalmente para la electrometalurgia del aluminio y también como fundente en la fabricación de esmaltes, vidrios y porcelanas.

Atacamita

Etimología. — De *Atacama*, que es donde se encontró por primera vez.

Composición química. — $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ con 14,9 % de CuO .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico en forma de prismas, pero también constituye agregados cristalinos fibroso confusos o granulados y compactos.

Es de brillo adamantino vítreo, transparente o translúcida, de color verde esmeralda o verde negruzco, con raya verde manzana; dura y relativamente liviana (dureza $3\frac{1}{2}$ y peso específico 3,7). Tiene clivaje perfecto según $\{010\}$ y fractura concoidal.

Caracteres químicos. — En tubo cerrado da agua y un sublimado gris, con bisulfato de potasio desprende ácido clorhídrico. Al soplete tiñe la llama de verde azulado. Es soluble en amoníaco con coloración azul y fácilmente soluble en los ácidos.

Yacimientos. — Se encuentra en lindos cristales en el desierto de Atacama, en Copiapó, Chile, en Bolivia y en Wallaroo, en Australia. También se halla en el Vesubio como producto de sublimación. Stelzner la cita de la Sierra de los Llanos y de las minas de Calamuchita, en Córdoba.

Usos. — Si es abundante se utiliza para extraer el cobre.

Carnallita

Etimología. — De von Carnall, minero alemán.

Composición química. — $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ con 14,1 % de K y 8,7 % de Mg.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico, pero es raro encontrarla en cristales; forma generalmente agregados cristalinos granulados y compactos.

Tiene brillo vítreo un poco grasoso cuando es pura y entonces es incolora o blanca como la leche, pero es común con brillo un poco metálico y color rosado por inclusiones de hematita escamosa. Es transparente y translúcida, blanda, liviana, con dureza 2 y peso específico 1,6. Tiene fractura concoidal.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente al soplete y colora la llama de violeta. En tubo cerrado da agua, si se agrega bisulfato de potasio desprende ácido clorhídrico. Tiene sabor amargo, es delicuescente y soluble en agua; la solución acuosa con nitrato de plata da un precipitado blanco (Cl), y con fosfato de sodio y cloruro de amonio da un precipitado blanco (Mg).

Yacimientos. — El yacimiento más importante es el de Stassfurt, donde forma la parte superior de la potente masa salina de origen marino. Hay también yacimientos en Alsacia y en Cataluña, cerca de Barcelona.

En nuestro país no se ha encontrado aún.

Usos. — Es un mineral muy importante para la obtención de las sales de potasio usadas como abono en agricultura y para muchos usos industriales.

SULFATOS

Baritina

Etimología. — Del griego *barys* = pesado.

Sinonimia. — *Espato pesado.*

Composición química. — $BaSO_4$ con 65 % de BaO .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico ⁽¹⁾ y se presenta por lo común en cristales tabulares según $\{001\}$ o alargados según el eje *a* o el *b* (fig. 122 y lám. XLIII).

Tiene brillo vítreo y es transparente, translúcida u opaca. Cuando es pura es incolora o blanca, pero con frecuencia está teñida de colores vivos, amarillo, verdoso, azul claro o pardusco; su raya siempre es blanca. Tiene dureza 3, peso específico 4,5, clivaje perfecto según $\{001\}$ y menos fácil según $\{110\}$ y fractura concoidal.

Caracteres químicos. — Al soplete funde con dificultad

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : b : c = 0,8152 : 1 : 1,3136.$$

Formas más comunes :

$$\{001\}, \{110\}, \{011\}, \{102\}, \{100\}, \{010\}$$

$$(110) : (110) = 78^\circ 22', \quad (011) : (011) = 105^\circ 26'$$

$$102 : 102 = 102^\circ 17'.$$

y colora la llama de verde amarillento. Sobre el carbón, con carbonato de sodio, se reduce a sulfuro que se reconoce por el desprendimiento de hidrógeno sulfurado al agregar al residuo una gota de ácido clorhídrico. Se reconoce el bario al llevar a la llama el residuo mojado en ácido clorhídrico. Da reacción *hepar*.

Yacimientos. — Es un mineral muy común, especialmente como ganga de filones metalíferos. Se la encuentra también en yacimientos de origen metasomático y en concreciones de estructura fibroso radiada.

En la Argentina el yacimiento más importante es el del Portezuelo, al oeste de Chañar, en el departamento de Sobremonte, en Córdoba, donde forma filones de varios metros de ancho en una zona de 4 kilómetros de largo; otro filón importante es el de Cachí, Las Heras, Mendoza. Se encuentra, además, en varios yacimientos de galena en Jujuy (Pumahuasi), en La Rioja (Famatina), Catamarca, San Juan, Córdoba (cerro Uritorco) y Neuquen (mina Campana Mahuída).

Usos. — Es la materia prima para la preparación de las sales de bario. Se utiliza también en pintura.

Anhidrita

Etimología. — De *a*, privativo, e *hidros*, agua, *sin agua*.

Composición química. — CaSO_4 con 41,2 % de CaO .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico ⁽¹⁾,

(¹) Relación axial :

$$a : b : c = 0,8933 : 1 : 1,0008.$$

Formas más comunes :

$$\begin{aligned} & \{ 001 \}, \{ 110 \}, \{ 100 \} \\ (101) : (\overline{101}) &= 83^\circ 30', \quad (011) : (\overline{011}) = 89^\circ 57' \\ (110) : (\overline{110}) &= 83^\circ 33'. \end{aligned}$$

pero los cristales son poco frecuentes, es más común encontrarlos en agregados espáticos, fibrosos, laminares, granulares a veces muy finos.

Es de brillo nacarado, a veces, vítreo o graso, blanca si es pura, o grisácea, azulada, rojiza o rojo ladrillo, pero su raya siempre es blanca. Tiene dureza $3-3\frac{1}{2}$, peso específico 2,9, tres clivajes paralelos a los tres pinacoides de los que el más perfecto es el paralelo a $\{001\}$ y fractura irregular.

Caracteres químicos. — Funde fácilmente al soplete, colora la llama de rojo ladrillo y da un esmalte.

Fundida con carbonato de sodio la parte absorbida por el carbón, da reacción *hepar*. Es soluble en ácido clorhídrico.

En la superficie terrestre, expuesta a los agentes atmosféricos, se hidrata con notable aumento de volumen transformándose en yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Yacimientos. — Se encuentra en todas las formaciones, principalmente en estratos calcáreos que contienen por la general yeso y también es muy común entre capas de sal gema. En lindos cristales se halla sobre todo en los yacimientos salinos de Stassfurt, en Alemania, en los de Aussee, en Austria y en los de Berchtesgarden, en Baviera.

En la Argentina se ha encontrado en capitas dentro de arcilla, en el terciario inferior, en las perforaciones de muchos puntos del Chubut.

Yeso

Etimología. — Del latín *gypsum*.

Sinonimia. — Selenita.

Composición química. — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ con 32,5 % de CaO .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema monoclínico ⁽¹⁾, por lo común en las formas representadas en la figura 64. Son muy frecuentes las maclas sobre todo la de la figura 128 y la de la figura 127 y lámina IV a, llamada pico de lanza, en la que los individuos tienen las caras curvas. Se presenta también en agregados laminares espáticos, granuloso compactos, de aspecto sacaroide y fibrosos.

Las variedades translúcidas de aspecto ceroide se llaman *alabastro* y las fibrosas, de brillo sedoso, *sericolita*.

Tiene brillo vítreo o nacarado, es transparente, translúcido u opaco; incoloro, blanco, rojizo, pardusco, etc. Es blando y liviano, su dureza es 2 y su peso específico 2,3. Tiene clivaje perfecto según {010}, y fractura concooidal.

Caracteres químicos. — Al soplete se pone friable y funde fácilmente colorando la llama de rojo ladrillo. En tubo cerrado da agua y se pone friable y opaco. Es poco soluble en agua a la temperatura ordinaria y soluble en ácido clorhídrico; de las dos soluciones con hidrato de bario, precipita el sulfato de bario blanco y con oxalato de amonio, precipita el oxalato de calcio también blanco.

Yacimientos. — Se halla en grandes masas estratificadas, producidas por evaporación de agua marina, acompañada siempre a la sal gema en todos sus yacimientos. También se encuentra en yacimientos metalíferos donde

(1) Relación axial :

$$a : b : c = 0,6899 : 1 : 0,4124.$$

Formas más comunes :

$$\begin{aligned} & \{ 010 \}, \{ 110 \}, \{ 111 \}, \{ 101 \}, \{ 011 \} \\ (110) : (\bar{1}\bar{1}0) &= 68^{\circ}30', (100) : (\bar{1}01) = 69^{\circ}9'20'' \\ (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) &= 36^{\circ}12', (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 41^{\circ}20' \\ (101) : (100) &= 56^{\circ}55'. \end{aligned}$$

se forma por oxidación de sulfuros y acción del ácido sulfúrico y sulfatos solubles, así producidos, sobre el calcáreo. Igualmente se forma alrededor de las fumarolas volcánicas por acción del ácido sulfúrico sobre calcáreos producidos por descomposición de lavas.

En la Argentina es muy común. En enormes masas de edad mesozoica se encuentra en la Alta Cordillera de San Juan y Mendoza (Aconcagua) y Neuquen. En bancos y concreciones intercaladas en los depósitos terrestres de Patagonia, en San Julián (Santa Cruz), en los estratos de Paganzo (La Rioja) y en los depósitos pampeanos. En San Luis fueron explotados durante algún tiempo los yesos del cordón del Alto Pencoso y existen además los importantes criaderos del Gigante, La Cabra, Pozo Lucho, Masmonite, Varela y Cerrillos de la Salina.

El yeso que se explota es el de General Roca en Río Negro, el de La Paz, Pueblo Burgo y El Brete, en Entre Ríos, el de la formación petrolífera de Timbó, La Ramada, Vipos y Tatia en Tucumán y el yeso especial de Albígasta, Catamarca.

Usos. — Muy puro se utiliza en modelado; menos puro como material cementante, en la fabricación de cartones, en agricultura, etc.

La *epsomita*⁽¹⁾ o sal amarga de Inglaterra ($MgSO_4 \cdot 7HO_2$) cristaliza en el sistema rómbico, es incolora, soluble en agua y de sabor salino amargo. El compuesto artificial correspondiente es muy usado como purgante. Se encuentra disuelto en el agua de mar, en la de algunas surgentes y en la de lagos salados. En la Argentina se cita un yacimiento en la región llana de San Juan.

(1) De Epson, Inglaterra.

La *sal de Glauber* o *mirabilita* ⁽¹⁾ ($\text{Na}_2\text{SO}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) es monoclinica, blanca, transparente u opaca, con brillo vítreo, dureza $1\frac{1}{3}$ -2 y peso específico 1,4.

De esta sal se cita en nuestro país un yacimiento en la Salina de Guanacache en las provincias de San Juan y Mendoza y otros en Vipos en Tucumán y en Rosario de la Frontera en Salta.

VII

TUNGSTATOS, MOLIBDATOS, URANATOS

TUNGSTATOS

Wolframita

Composición química. — $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ con 76% de WO_3 .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema monoclinico y forma prismas según $\{110\}$ o cristales tabulares según $\{100\}$. En general forma agregados cristalinos granulosos, gruesos y espáticos.

Tiene brillo vivo casi metálico, a veces, adamantino o resinoso, color negro de acero, negro pardusco o pardo algo rojizo y raya casi negra o pardo rojo muy oscuro. Es dura y muy pesada con dureza $5\frac{1}{2}$ y peso específico 7,4; posee clivaje perfecto según $\{010\}$ y fractura irregular.

Caracteres químicos. — Al soplete, a veces, funde fácilmente en un glóbulo gris magnético; las variedades muy ferríferas funden con más dificultad. Colora la perla de sal de fósforo de amarillo en caliente y rojo sangre en

(1) Químico alemán de 1700, que descubrió la sal trabajando con ácido sulfúrico y sal común y la llamó *sal mirabile*.

frío en llama reductora (W con Fe); esta perla pulverizada y tratada con ácido fosfórico siruposo da un líquido azul que por adición de agua se pone amarillo y luego incoloro; si se agrega ácido nítrico al líquido azul obtenido con ácido fosfórico siruposo, se pone violeta (Mn).

El ácido clorhídrico concentrado la descompone con separación de un polvo amarillo pesado de anhídrido tungstico soluble en amoníaco; si se acidula con ácido clorhídrico esta solución amoniacal y se agrega una granalla de zinc, el líquido se pone azul (W) ¹.

Si se ataca intensamente con ácido nítrico, varias veces, hasta llevar a sequedad, se diluye luego, se le agrega un poco de óxido pulga y se calienta fuertemente, después de decantado el líquido se pone violeta (Mn).

Yacimientos. — Es el más común y abundante de los minerales de tungsteno. Es de origen neumatolítico y se encuentra generalmente en filones de cuarzo con mica, acompañado por una serie de minerales accesorios como apatita, berilo, turmalina negra, topacio; y a veces en yacimientos estanníferos (en el Erzgebirge).

Los yacimientos más importantes, desde el punto de vista industrial, son los de Portugal y España. Son importantes también los yacimientos de Birmania, Bolivia (Oruro), California y Colorado.

Nuestro país es muy rico en yacimientos de minerales de tungsteno y se cuenta entre los países más productores. Se conocen más de 50 yacimientos, destacándose sobre todo los de las sierras de San Luis, principalmente, y Cór-

(¹) Para ver bien la reacción a veces es necesario tratar con HCl y llevar a sequedad, lavar, luego de enfriado el tubo, de modo que no quede más que el WO₃ amarillo pegado a las paredes. Eliminada toda el agua, se disuelve el precipitado en una o dos gotas de amoníaco, se acidula con HCl y se le agrega una granalla de Zn.

doba donde se halla en filones de cuarzo y micas con muchos otros minerales como berilo, apatita, topacio, turmalina, pirita de hierro y de cobre, etc., que asoman ya en granitos, o en variados esquistos cristalinos. Se encuentra también y vinculada a veces con los yacimientos de casiterita, sobre todo en La Rioja (sierra de Velazco), Sierra de los Llanos y en Paganzo, en Catamarca (sierras del departamento de Belén), en San Juan (Sierra de Colanguil) (láms. LII, LIII, LIV).

Usos. — Es el principal mineral de donde se extrae el tungsteno utilizado en forma de aleaciones con otros metales sobre todo con hierro. Se emplea principalmente en la industria del acero, al que le hace aumentar la resistencia mecánica, térmica y química. Por su resistencia a la oxidación el W se utiliza en odontología sustituyendo al Pt.

Scheelita

Etimología. — En honor de Scheele, químico sueco que en 1781 descubrió el ácido túngstico en este mineral.

Composición química. — CaWO_4 con 80,55 % de WO_3 .

Caracteres físicos. — Forma casi siempre bipirámides que pertenecen al sistema tetragonal, pero es frecuente encontrarla en agregados cristalinos granulados y compactos.

Tiene brillo vivo adamantino o graso y es transparente u opaca, de color blanco, amarillento o pardusco, raya blanca; es dura y bastante pesada, tiene dureza $4\frac{1}{2}$ y peso específico 6. Es quebradiza y posee clivaje perfecto según $\{111\}$ y fractura concooidal o irregular.

Caracteres químicos. — Funde con dificultad. Bien pulverizada es soluble en ácido clorhídrico y nítrico con depósito amarillo verdoso de anhídrido túngstico. La solu-

ción clorhídrica colora la llama de rojo ladrillo (Ca). Calentada fuertemente con poca cantidad de ácido fosfórico siruposo da, por enfriamiento, una masa azul que se decolora por adición de agua; el líquido incoloro agitado con hierro pulverizado o con un clavito se pone primero violeta y luego azul intenso (W).

Yacimientos. — Es también un mineral de origen neumatolítico y como la wolframita se encuentra en filones de cuarzo en rocas cristalinas, pero con más frecuencia que ésta, está asociada a la casiterita. A veces forma yacimientos de contacto e inclusiones en rocas esquistosas.

En la Argentina hay muchos yacimientos y algunos de una riqueza excepcional; el más importante es el de la sierra del Morro (Loma Blanca) en San Luis, donde se halla formando una impregnación entre los planos de esquistosidad de un gneis biotítico, acompañada por cuarzo, epidoto y calcita. Se encuentra también y casi siempre mezclada con wolframita, en algunos puntos de la parte central y oriental de la Sierra de Córdoba, en otros puntos de San Luis (Los Buitres, Río de la Carpa); en Catamarca, en Cerro Negro, en el departamento de Belén, existe un filón formado por scheelita únicamente.

Usos. — Como la wolframita, se la utiliza para la extracción del wolframio.

MOLIBDATOS

Wülfenita

Etimología. — En honor de Wülfen (1728-1805), mineralogo austriaco que en 1785 escribió una monografía sobre los minerales de plomo de Carinthia.

Composición química. — PbMoO_4 con 39,3 % de MoO_3 y 60,7 % de PbO .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema tetragonal y forma cristales generalmente cuadrados, tabulares, a veces muy delgados y a veces de hábito prismático y bipiramidal. También forma agregados granulosos gruesos o finos.

Tiene brillo vivo adamantino o resinoso, es transparente o translúcida, de color amarillo limón, amarillo de cera, amarillo de miel y raras veces rojo anaranjado, gris o pardo, con polvo blanquecino o amarillo. Tiene fractura concooidal o desigual y clivaje perfecto según {111}. Es quebradiza, dura y bastante pesada, tiene dureza 3 y peso específico 6,8.

Caracteres químicos. — Al soplete decrepita y funde, y sobre el carbón, con carbonato de sodio, da glóbulo de plomo. Colora la perla de sal de fósforo de verde amarillento en llama oxidante y de verde oscuro hasta verde esmeralda, cuando se enfría, en llama reductora.

Es soluble en ácido sulfúrico, la solución se pone azul agregándole granallas de zinc (Mo). El ácido clorhídrico la descompone con separación de un polvo blanco amarillento, si se hace evaporar todo el ácido clorhídrico, se moja con agua el residuo y se le agrega una granalla de zinc, la solución se colora primero de azul, luego de verde y por último de pardo.

Yacimientos. — Es un mineral común y accesorio en los yacimientos de minerales de plomo; raras veces se lo encuentra en yacimientos metasomáticos, en calizas y dolomitas. Los yacimientos más importantes son los de Raibl y Bleiberg en Carinthia.

En nuestro país, Stelzner, la cita de Castaño Viejo en San Juan y Bodenbender, de Cañada Honda, en la sierra de la Cortadera, en Mendoza.

URANATOS

Uraninita

Sinonimia. — Pez blenda.

Composición química. — Es probablemente un uranato complejo de plomo y uranio cuya fórmula no está bien definida aún, y que contiene, además del uranio, cantidades variables de Fe, Ca, Ba, Y, Ce, La, Th, As, Bi y trazas de argón y helio.

Es en este mineral donde fué descubierto el radio, y es aun hoy el más importante de los uranatos porque, junto con sus productos de alteración, constituye una de las fuentes principales para la obtención del radio; contiene 0,00034 miligramos de radio por cada gramo de uranio.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema cúbico y generalmente en octaedros, pero forma también masas compactas con brillo y aspecto de pez, opacas de color pardusco, grisáceo, verdoso o negruzco, con polvo negro pardusco, verde oliva o grisáceo; con dureza entre 4 y 6 y peso específico muy elevado, hasta 9,5 y con fractura concoidal.

Caracteres químicos. — Es infusible al soplete. Soluble fácilmente en ácido nítrico; si de esta solución se elimina el ácido nítrico por evaporación y se le agrega agua acidulada con ácido acético y un gramo de acetato de sodio, se forman cristallitos amarillos de acetato de sodio y uranilo.

Es sensiblemente radioactiva.

Yacimientos. — Se encuentra principalmente en los

yacimientos argentíferos del Erzgebirge (Bohemia y Austria), en los montes Ulugurú, en Africa Oriental, en las famosas minas de Katanga, en el Congo Belga, en Colorado y Pensylvania en Norte América, en Portugal (Guarda) y en varias localidades de la India Británica.

En la República Argentina, los únicos datos que se tienen sobre yacimientos de minerales de uranio, se deben casi exclusivamente a Germán Ave-Lallemant, que los había descripto, hace 50 años, como accesorios en un filón aurífero con galena y piritita en Las Peñas y en las vetas cupríferas del Rincón de la Sierra en San Luis

Usos. — Se utiliza principalmente por su contenido de radio, también se usa para la fabricación de colores para vidrio y porcelana y para la preparación de acetato de uranio, que es un reactivo muy usado.

VIII

FOSFATOS, VANADATOS, ARSENIATOS, ANTIMONIATOS

Apatita

Etimología. — Del griego *apateis* = engañar. Nombre dado por Warner, antiguo mineralogo, por haberla confundido con agua marina, crisotilo, amatista, etc.

Sinonimia. — Fosforita, piedra fosfórica, piedra de espárrago, moroxita, francolita, lasurapatita, eupicroíta. Estos nombres son más bien que sinónimos, los de las diferentes variedades.

Composición química. — Es una mezcla isomorfa de $\text{CaClCa}_4(\text{PO}_4)_3$ y de $\text{CaFCa}_4(\text{PO}_4)_3$ que puede expresarse así $\text{Ca}(\text{F}, \text{Cl})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$. (1)

Caracteres físicos. — Cristaliza en formas muy combi-

(1) Mezcla isomorfa de cloroapatita y fl

nadas del sistema hexagonal ⁽¹⁾ (figs. 97 y 99), puede presentarse además en masas globulares, reniformes con textura fibrosa y también en agregados granulosos compactos gruesos o finos.

Tiene brillo vítreo tirando a resinoso y es límpida y transparente o turbia y opaca; incolora si es pura, pero por lo común tiene tonos amarillentos, verdes, violetas, pardos, azulados y hasta rojizos. Es el término 5 de la escala de Mohs, tiene peso específico 3,1 ó 3,2 y fractura concoidal.

Caracteres químicos. — Funde con dificultad al soplete y se decolora por el calor; en tubo cerrado con bisulfato de potasio desprende ácido clorhídrico y fluorhídrico. Es soluble en ácido nítrico y en clorhídrico; la solución nítrica con molibdato de amonio da un precipitado amarillo de fosfomolibdato de amonio; las soluciones con ácido sulfúrico dan un precipitado blanco de calcio; la solución nítrica con molibdato de amonio da un precipitado amarillo de fosfomolibdato de amonio. Humedecida con ácido colora la llama de verde pálido (P.).

Yacimientos. — Es un mineral muy común como componente accesorio de muchas rocas eruptivas en forma de cristales aciculares microscópicos; pero principalmente se encuentra en rocas cristalinas metamórficas (calizas sobre todo), en muchos filones metalíferos y a veces forma filones probablemente de origen neumatolítico (Noruega y Canadá).

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,7346.$$

Formas más comunes :

$$\{ 10\bar{1}0 \}, \{ 10\bar{1}1 \}, \{ 0001 \}, \{ 10\bar{1}2 \}, \{ 20\bar{2}1 \}$$

$$(10\bar{1}0) : (0001) = 48^{\circ}18', (20\bar{2}1) : (0001) = 59^{\circ}29'$$

$$(10\bar{1}2) : (0001) = 22^{\circ}59', (10\bar{2}1) : (0001) = 55^{\circ}43'30''.$$

En la Argentina los minerales fosfatados son muy escasos; de apatita se encuentran yacimientos sin importancia en varias minas de wolframita, en las pegmatitas de las Sierras Pampeanas y en mármoles de Valle Hermoso y Quilpo, en la Sierra de Córdoba.

Usos. — Cuando es abundante se usa en agricultura como fertilizante, directamente o transformado en perfosfato.

La *fosforita* es un mineral que tiene la misma composición que la apatita, pero mezclada con impurezas de arcilla, calcita, etc. Forma nódulos, costras, masas arriñonadas, pardas o blanquecinas. Es de gran importancia económica porque se usa como abono. Se encuentran yacimientos importantes en Estados Unidos y en el norte de Africa.

Cristaliza en la misma forma que la apatita, la *piromorfita* ⁽¹⁾ $Pb(Cl,F)Pb_4(PO_4)_3$ de brillo adamantino o graso, color generalmente verde o amarillento pardo o incolora, de dureza $3 \frac{1}{2}$ y peso específico 7. Funde fácilmente y da las reacciones del plomo. Es soluble en ácido nítrico, la solución, con molibdato de amonio da precipitado amarillo. Sobre el carbón funde con carbonato de sodio, y en tubo cerrado con bisulfato de potasio, desprende ácido clorhídrico y fluorhídrico.

Es muy común en los afloramientos de los yacimientos de plomo.

Bodenbender la cita de la Sierra de La Cortadera, en Mendoza, «en agregados arriñonados, en revestimientos y en masas terrosas dentro de cavernosidades de hierro pardo, pirolusita y cuarzo, junto con cloruro de plata». Stelzner la menciona de la mina Santa Cruz, en el departamento de Minas, en Córdoba.

(1) Del griego *pyr* = fuego y *morphos* = forma, por la forma globulosa que toma al calentarse.

Arseniatos (As)

La *mimetesita* ⁽¹⁾ $Pb(Cl,F)Pb_4(AsO_4)_3$ de brillo adamantino o graso, color amarillo, amarillo pardo o anaranjado, dureza $3\frac{1}{2}$ y peso específico 7,1. Funde fácilmente al soplete, da reacciones de plomo y sobre el carbón con llama reductora, da vapores arsenicales.

Es menos común que la piromorfita. En nuestro país Stelzner y Brackebusch la citan de la mina Santa Cruz, en el departamento de Minas, de Córdoba, con cerusita y galena.

Vanadatos

La *vanadinita* $Pb(Cl,F)Pb_4(VO_4)_3$ de color amarillento, rosado, pardo o rojo aurora, raya blanca o amarillenta, de dureza $3\frac{1}{2}$ y peso específico variable entre 6.6 y 7,2.

Soluble en ácido nítrico y clorhídrico. Si a la solución clorhídrica se le pone alcohol, se pone verde esmeralda (V); si se concentra luego a baño de María y se diluye con agua, el líquido se pone azul y forma depósito de cloruro de plomo. La solución nítrica con nitrato de plata da precipitado blanco de cloruro de plata. Al soplete decrepita; sobre el carbón con carbonato de sodio da glóbulo de plomo y aureola amarilla. Colora la perla de bórax, en llama oxidante, de amarillo pardo en caliente y amarillo claro en frío y en llama reductora de pardusco en caliente y de verde esmeralda en frío. En tubo cerrado con bisulfato de potasio da ácido clorhídrico y fluorhídrico.

En la Argentina se la conoce de los distritos mineros de Guaico y La Argentina, del departamento de Minas, en Córdoba; en Pumahuasi, en Jujuy, cerca de San Martín, en San Luis; en la Sierra de la Huerta, en San Juan.

(1) Significa *imita*, porque se parece a la piromorfita.

Antimoniatos

Antimonita (Kittel la incluye en sulfatos)

Triplita

Etimología. — Llamada así por estar formada por los tres componentes F, Mn, Fe.

Composición química. — $3[(\text{Fe}, \text{Mn})_3(\text{PO}_4)_2] \cdot (\text{Fe}, \text{Mn})\text{F}_2$
con 35,65 % de P_2O_5 .

Caracteres físicos — Cristaliza en el sistema monoclinico y se encuentra generalmente formando agregados cristalinos de grano grueso, de brillo resinoso, de color pardo o pardo negruzco, raya amarillenta, gris o parda. Tiene dos direcciones de clivaje perpendiculares entre sí, fractura algo concoidal, dureza $4-5\frac{1}{2}$ y peso específico que varía entre 3,4 y 3,8.

Caracteres químicos. — Es fácilmente fusible. En tubo cerrado da a veces un poco de agua; mezclado con bisulfato de potasio da ácido fluorhídrico. Humedecido con ácido sulfúrico colora la llama de verde amarillento pálido. Es soluble en ácido clorhídrico y nítrico. La solución nítrica con molibdato de amonio da un precipitado amarillo de fosfomolibdato de amonio. La misma solución calentada con óxido pulga, se pone violeta después de decantada (Mn). La solución clorhídrica con sulfocianuro de potasio o amonio da coloración rojo sangre (Fe).

Yacimientos. — Se encuentra en filones cuarcíferos acompañada de apatita, en Limoges en Francia, en Pialu, Silesia, en Helsingfors, Finlandia y en la República Argentina en las pegmatitas de las Sierras Pampeanas, sobre todo en San Blas, en Los Sauces, en La Rioja, donde hay importantes masas.

Descloizita

Etimología. — En honor de A. des Cloizeaux, mineralogista francés.

Composición química. — $(\text{Pb}, \text{Zn})_2 (\text{VO}_4)_2 \cdot \text{Pb} (\text{OH})_2$ con 22,7 % de V_2O_5 y con cobre y arsénico como impurezas.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico en cristales pequeños siempre agrupados, de color pardo-rojizo, muy brillantes, transparentes u opacos, o bien se la encuentra en agregados fibroso radiados con superficies mamilares.

Tiene raya anaranjada, rojo-parda o gris-amarillenta, fractura irregular a veces concoidal, dureza $3\frac{1}{2}$ y peso específico 6.

Caracteres químicos. — Es fusible al soplete. En tubo cerrado decrepita y da un poco de agua; sobre el carbón da glóbulo de plomo y aureola de óxido de plomo y de zinc. Es soluble en ácido clorhídrico y nítrico. La solución nítrica no precipita con nitrato de plata. Las demás reacciones son como las de la vanadinita.

Yacimientos. — Se encuentra principalmente en la Argentina, junto con otros minerales de vanadio, en los distritos mineros de la Argentina y del Guaico, departamento de Minas, en Córdoba, en Lake Vally, Nueva Méjico y cerca de Otavi, en Africa.

Usos. — Se utiliza como mineral de vanadio.

IX

NIOBATOS Y TANTALATOS

Columbita y tantalita

Etimología. — Columbita deriva de Columbia, nombre dado por Hatchelt en 1802.

Composición química. — La columbita $[(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_2]$ (Fe, Mn) y la tantalita $[(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_2]$ (Fe, Mn) difícilmente se encuentran separadas; por lo común forman mezclas isomorfas en varias proporciones que se expresan con la fórmula $[(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6]$ (Fe, Mn)₂.

Caracteres físicos. — Cristalizan en el sistema rómbico ⁽¹⁾ generalmente con hábito prismático.

Tienen brillo casi metálico, color negro-pardusco o negro, dureza 6 y peso específico variable según el contenido de tántalo, entre 5,4 y 7,3.

Caracteres químicos. — Son infusibles al soplete y casi inatacables por los ácidos. Después de fundidas con hidrato de potasio en un crisol de plata y diluídas con agua acidulada con ácido clorhídrico, dan un precipitado que sometido a ebullición con ácido sulfúrico diluído se pone blanco; por adición de zinc este precipitado se pone azul en caliente y se decolora por adición de agua.

Yacimientos. — Se encuentran en filones de pegmatitas

(¹) Relación axial :

$$a : b : c = 0,8285 : 1 : 0,8898$$

para la columbita.

Formas más comunes :

$$\begin{array}{l} \{ 100 \{, \{ 203 \{, \{ 103 \{, \{ 106 \{, \{ 001 \{, \\ \{ 130 \{, \{ 110 \{, \{ 133 \{, \{ 121 \{, \{ 010 \{. \end{array}$$

y en granitos, sobre todo en Baviera, en Krageroe, en Noruega, en Miask, en los Urales, en Fahlun, en Suecia, en Finlandia y en la criolita de Groenlandia.

En la Argentina, Stelzner, Brackebusch y Bodenbender, las citan de las sierras de Córdoba, San Luis y de la Sierra de la Huerta.

X

TITANATOS

Titanita

Sinonimia. — Esfeno.

Composición química. — CaTiSiO_5 , con 28,22 % de CaO y 41,51 % de TiO_2 .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema monoclinico (1) y generalmente en la forma que se ve en la figura 66.

Es de brillo adamantino o resinoso, de color verde claro, amarillo, pardo, pardo amarillento o verdoso, raya incolora; de dureza $5\frac{1}{2}$, peso específico 3,5 y fractura conoidal; es quebradiza.

Caracteres químicos. — Funde al soplete con dificultad. A la llama reductora colora la perla de bórax de amarillo pardo y la de sal de fósforo de amarillo en caliente y blanca en frío, esta última por adición de hierro,

(1) Relación axial :

$$a : b : c = 0,4272 : 1 : 0,6575, \quad \beta = 94^{\circ}38'$$

(datos que varían según los autores).

Formas más comunes :

$$\{001\}, \{\bar{1}01\}, \{\bar{1}02\}, \{\bar{1}32\}, \{011\}, \{110\}.$$

en frío es rojo sangre. El ácido clorhídrico la ataca en parte; si a la solución filtrada se le agrega estaño, la solución se pone poco a poco violeta y pasa al rosa si se le agrega agua.

Yacimientos. — Es un mineral accesorio de muchas rocas eruptivas (dioritas, sienitas) y de rocas metamórficas principalmente.

XI

SILICATOS

Olivina

Etimología. — Nombre dado por su color verde oliva.

Sinonimia. — Peridoto.

Composición química. — Es una mezcla isomorfa en proporciones variables de Mg_2SiO_4 (*forsterita*, blanca amarillenta) y de Fe_2SiO_4 (*fayalita*, verde botella obscuro).

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico⁽¹⁾ siendo la forma más común la de la figura 75. Es transparente o translúcida, de brillo vítreo, de color que varía del verde amarillo claro al verde oliva obscuro. Es muy dura y liviana, tiene dureza 7 y peso específico de 3,3 a 3,5. Posee clivaje según $\{010\}$ y una fractura fácil paralela a $\{001\}$.

Es común encontrarla parcial y totalmente alterada en silicatos de calcio, magnesio y hierro hidratado (*serpentina* e *iddingsita*)⁽²⁾.

⁽¹⁾ Las relaciones axiales varían según el contenido en Fe y Mg.

⁽²⁾ En honor de Iddings, petrólogo y geólogo norteamericano.

Caracteres químicos. — Al soplete es difícilmente fusible, sobre todo en las variedades que tienen poco hierro. El ácido clorhídrico la descompone y gelifica.

Yacimientos. — Es componente esencial de muchas rocas eruptivas, principalmente las volcánicas básicas, como meláfiros, basaltos, peridotitas, etc., y también de los meteoritos. Sus granos o cristales son muchas veces visibles y forman también nidos o acumulaciones granulares de varios centímetros de diámetro, como en los basaltos de Río Negro.

Usos. — Las variedades limpias, verdes y transparentes se utilizan como piedras preciosas.

GRUPO DE LOS PIROXENOS ⁽¹⁾ O GRUPO DE LA AUGITA ⁽²⁾

Este importante grupo de minerales comprende numerosos silicatos puros o en mezclas isomorfas.

Morfológicamente pueden ser rómbicos, monoclinicos o triclínicos, aunque de formas muy semejantes. Es característico para todos ellos, un clivaje fácil, paralelo a las caras del prisma $\{110\}$ que forman entre sí un ángulo casi recto, próximo a 87° , sus trazas pueden verse en las secciones transversales a estos clivajes (fig. 182).

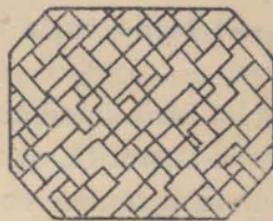


Fig. 182.— Corte transversal de un cristal de piroxeno

Los piroxenos rómbicos son silicatos de hierro y magnesio; los monoclinicos y triclínicos son silicatos de hierro, calcio, magnesio, sodio y aluminio, principalmente.

⁽¹⁾ Del griego *pyr* = fuego, y *xenos* = extraño, porque durante mucho tiempo se creyó que no era de origen ígneo.

⁽²⁾ Del griego, y significa *piedra brillante*.

Piroxenos rómbicos (1)

Son en general mezclas isomorfas de Fe (SiO₃) y Mg (SiO₃) de modo que su fórmula puede escribirse (Fe,Mg) (SiO₃). Los términos compuestos por Mg (SiO₃), se llaman *enstatitas* (del griego *enstatis* = oponer, porque es refractario), los que contienen hasta 15 % de hierro, *broncitas* (por su fuerte brillo y color bronceado) y los términos más ferríferos se llaman Hiperstenos (del griego *hyper* = muy, y *sthenos* = fuerte).

Forman cristales prismáticos con clivaje paralelo a {110}, las demás propiedades físicas, varían según el contenido de hierro y magnesio, principalmente las ópticas, que se utilizan para distinguirlos en las rocas.

La *enstatita* es de color blanco grisáceo, amarillento o pardusco; la *broncita* amarillenta, pardusca o verdosa y el *hipersteno* verde pardusco obscuro, pardusco, negro verdoso obscuro, o negro.

El brillo varía entre vítreo o nacarado y casi metálico.

La fusibilidad aumenta con el contenido de hierro desde la enstatita, que es infusible, hasta el hipersteno, que funde al soplete en un vidrio verdoso magnético.

Yacimientos. — Son minerales muy importantes como componentes de rocas eruptivas básicas (gabbros, peridotitas, piroxenitas, etc.). Los cristales más grandes se encuentran en los filones de apatita de Bamle, Noruega.

(1) En todos los piroxenos, las relaciones axiales y los ángulos de las caras varían con la composición química.

Piroxenos monoclinicos

Son los más importantes de todos y comprenden la *wollastonita* ⁽¹⁾, los *piroxenos diopsídicos*, *diópsido* ⁽²⁾, *dialaga* ⁽³⁾ *hedenbergita* ⁽⁴⁾ y los *piroxenos augíticos*.

La *wollastonita* es CaSiO_3 ; los *piroxenos diopsídicos* son mezclas de $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ y de $\text{FeCa}(\text{SiO}_3)_2$ principalmente, que se escriben así $(\text{Fe}, \text{Mg}) \text{Ca}(\text{SiO}_3)_2$. Las *augitas* ⁽⁵⁾ o *piroxenos augíticos* pueden ser alcalinos o no alcalinos; los no alcalinos son mezclas isomorfas complejas, formadas principalmente por $\text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2$ y $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ en cantidades predominantes y $\text{MgAl}_2(\text{SiO}_6)$; $\text{CaAl}_2(\text{SiO}_6)$ y $\text{FeAl}_2(\text{SiO}_6)$; y los alcalinos son la *jadeíta* ⁽⁶⁾, formada sobre todo por $\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2$, el *espodumeno* ⁽⁷⁾ $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$, la *egirina* ⁽⁸⁾, formada principalmente por $\text{NaFe}(\text{SiO}_3)_2$.

Los cristales que todos ellos forman, tienen generalmente hábito prismático del tipo de la figura 183 para los diopsídicos y del de la figura 184 para los augíticos. Poseen, como todos los piroxenos, clivaje prismático paralelo a $\{110\}$, son duros ($D = 6$) y relativamente livianos, con peso específico que varía, entre 3,3 y 3,6 según la composición.

Como en los rómbicos, las propiedades ópticas son muy

(1) De Wollaston, químico inglés (1766-1828).

(2) De *dis* = dos o doble, y *opsis* = apariencia.

(3) Significa *diferencia*, por los planos de clivaje o fractura diferentes.

(4) De *Hedenberg*.

(5) Deriva del griego, significa *pedra lustrosa* o *brillante*.

(6) Del chino *jad*.

(7) Deriva del griego y significa *ceniza colorada*.

(8) De *Aegir*, dios del mar de Islandia.

importantes, porque variando con la composición nos permiten determinar la variedad de piroxeno y hasta las cantidades centesimales de algunos de sus componentes.

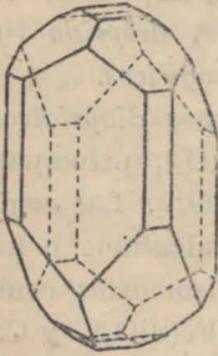


Fig. 183. — Cristal de diópsido

Son todos inatacables por los ácidos y funden más o menos fácilmente.

Principales variedades y yacimientos.

— La augita es el más común e importante de todos y constituye el tipo de los piroxenos augíticos no alcalinos. Forma casi siempre cristales prismáticos con brillo vítreo, negros y por transparencia verdes o pardos, según su composición. Es componente importante de muchas rocas eruptivas básicas (basaltos, andesitas, gabbros, piroxenitas, etc.). Cristales bien desarrollados, hasta de más de un centímetro de largo, se encuentran en andesitas al sur de Mendoza y de la Patagonia andina.

La *egirina* es una augita sódica de color verde oscuro o pardo, de brillo vítreo, frecuente en rocas eruptivas alcalinas (sienitas, eolilitas, fonolitas, etc.)

La *egirina* con la *augita* forman mezclas isomorfas llamadas *egirinaugitas* que son comunes en las rocas alcalinas.

La *jadeita*, que es también una *augita* sódica, es de color verde hasta verde negruzco y forma agregados muy tenaces, susceptibles de pulirse. Se encuentra formando filones, venas, también en esquistos cristalinos. Las mejores variedades casi blancas o verde esmeralda, de Birmania, son muy buscadas en Oriente para hacer objetos de adornos muy apreciados.

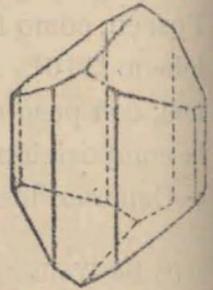


Fig. 184. — Cristal de augita

Entre los *piroxenos diopsídicos*, el *diópsido* es el más común. Forma lindos cristales, generalmente verdes, raras veces blancos, en grietas de rocas serpentinosas, con granate y clorita o incluídos en calcáreos cristalinos. Los yacimientos más importantes son los de Achmatowsk, en los Urales, los del valle de Ala, en el Piamonte. Aquí en la Argentina, se encuentra principalmente en las calizas cristalinas de Córdoba.

La *dialaga* es uno de los componentes característicos del gabbro, tiene color gris verdoso o pardo y brillo casi metálico; raras veces forma cristales perfectos.

La *wollastonita*, CaSiO_2 , es morfológicamente algo diferente de los demás piroxenos; forma cristales alargados según el eje *b*, pero más frecuentemente, agregados cristalinos fibrosos, fibroso radiados, bacilares o columnares; es blanca y de brillo sedoso (lám. XVI). Es un mineral característico de los calcáreos metamorizados por contacto; a veces puede ser de origen volcánico. En la Argentina es común en los calcáreos y mármoles de la Sierra de Córdoba y en la Sierra de la Huerta, en San Juan.

Piroxenos triclinicos

Son menos comunes y menos importantes que los otros. El más frecuente de todos es la *rodonita* ⁽¹⁾ $\text{Mn}_2(\text{SiO}_3)_2$ característica por su color rosado. Funde al soplete y se pone negra; tiene dureza 5-6, peso específico 3,5 brillo vítreo, fractura concoidal y polvo rosado. Se la encuentra en rocas metamórficas, sobre todo en rocas calcáreas formando venas y en los yacimientos de minerales de manganeso.

(1) De *rodhos* = rosa.

GRUPO DE LOS ANFÍBOLES

Este grupo, tan importante como el anterior, abarca un conjunto de especies que, como los piroxenos, cristalizan en sistemas diferentes, pero tienen estrechas analogías de forma, de caracteres ópticos y de composición química.

La composición química es análoga a la de los piroxenos, aunque más compleja; en su mayoría están formados por mezclas isomorficas en las que la molécula fundamental es $(\text{SiO}_3)_R$ donde R puede ser Fe, Ca, Mg, principalmente y también Mn, Na, K, H.

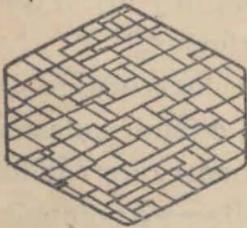


Fig. 185. — Corte transversal de un cristal de hornblenda.

Cristalizan en los sistemas rómbicos, monoclinico y triclinico y todos presentan un clivaje paralelo a dos caras del prisma $\{110\}$ que forman entre sí un ángulo comprendido entre 56° y 54° . Este clivaje se ve claramente en las secciones de los cristales transversales a él (fig. 185) y constituye el diagnóstico para diferenciarlos de los piroxenos.

Anfíboles rómbicos y triclinicos ⁽¹⁾

Estos anfíboles son poco importantes por ser escasos relativamente a los otros. Los rómbicos tienen una composición idéntica a la de los piroxenos rómbicos, es decir, $(\text{Fe, Mg})\text{SiO}_3$ y los triclinicos son de composición muy compleja.

⁽¹⁾ Las relaciones axiales y los ángulos de las caras varían según las especies.

Anfiboles monoclinicos (1)

Son los más numerosos e importantes; están formados por mezclas isomorfas representables principalmente por la fórmula $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_3)_4$ mezcladas a veces con distintos silicatos que contienen Al y Fe.

Los cristales son por lo general de hábito prismático, según un prisma de tercera clase, con clivaje paralelo a sus caras. Son duros ($D = 6$) y algo más livianos que los piroxenos, su peso específico es de 2,9 a 3,3 según la composición. Las propiedades ópticas varían con la composición y sirven para su determinación. Su fusibilidad varía con el contenido de Mg y son inatacables por los ácidos.

Principales variedades y yacimientos. — Las *hornblendas* (2) son los anfíboles más importantes y más comunes, son siempre ricas en Fe, Al y también en Na.

La *hornblenda verde común*, que es negro verdosa en masas gruesas y verde botella por transparencia, es un mineral esencial de muchas rocas eruptivas (dioritas, sienitas) y de muchos esquistos cristalinos (anfibolitas, etc).

La *hornblenda parda*, de color negro pardusco en masas y pardo rojizo en secciones delgadas, es muy rica en hierro y sodio y se encuentra preferentemente en rocas eruptivas básicas (basaltos, etc.)

La *tremolita* (de valle de Trémola, al sur de San Gotardo) que es $\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$, casi puro es de color blanco o gris y se presenta en cristales muy alargados, bacilares, casi siempre en agregados. Se la encuentra principalmente en los calcáreos metamórficos y también como producto de

(1) Las relaciones axiales varían según la composición química.

(2) Antiguo nombre alemán.

alteración de serpentina y olivina en muchas rocas serpentinosas y olivínicas.

La *actinolita* ⁽¹⁾, $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})_3(\text{SiO}_3)_4$ mezcla isomorfa en la que predomina el hierro, es de color verde azulado pálido hasta verde botella obscuro. Cristaliza también en cristales alargados (lám. XLIV) formando a veces agregados radiados.

Estas dos variedades, tremolita y actinolita, forman variedades fibrosas de fibras largas finas y flexibles que se separan fácilmente con los dedos y se llaman *asbestos* o *amiantos*.

GRUPO DE LOS FELDESPATOS ⁽²⁾

Se denomina *feldespatos* a un grupo de minerales que son silicatos de aluminio y uno o más metales alcalinos o alcalinotérreos; son en parte KAlSi_3O_8 como la *ortosa* y el *microclino*, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ como la *albita*, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ como la *anortita* y en parte *mezclas isomorfas* de albita y anortita como son todas las plagioclasas o feldespatos calcosódicos.

Morfológicamente pueden ser monoclinicos como la ortosa y triclinicos como el microclino y todas las plagioclasas.

Ortosa

Etimología. — De *ortos* = derecho, recto, en alusión a sus clivajes perpendiculares entre sí.

Composición química. — KAlSi_3O_8 .

Caracteres físicos. — Cristaliza como hemos dicho en el

(1) Del griego *actis* = rayo, y *lithos* = piedra.

(2) Del alemán *feld* = campo.

sistema monoclinico (1) y forma combinaciones típicas. como las que se ven en la figura 129. Son muy frecuentes y características, tres clases de maclas, la de Carlsbad (fig. 129) en la que casi siempre los individuos están interpenetrados, la de Baveno y la de Manebach y los grupos múltiples formados por la asociación de más de dos individuos maclados según dos o tres de estas maclas.

Posee clivaje fácil y perfecto paralelo a $\{010\}$ y a $\{001\}$, es decir, dos clivajes perpendiculares entre sí.

Tiene brillo vítreo y es limpia e incolora si es perfectamente pura, sino es blanca, o gris. Su dureza es 6 y su peso específico 2,56.

Caracteres químicos. — Al soplete funde difícilmente en los bordes y aristas de astillas delgadas. Los ácidos, excepto el fluorhídrico que la descompone fácilmente, la atacan muy poco.

Yacimientos y variedades. — Es uno de los silicatos más comunes como componente esencial de muchas rocas eruptivas como granitos, sienitas, pórfidos, traquitas, y de muchos esquistos cristalinos como gneis, etc.

La ortosa común en cristales blancos, rosados, o rojos se encuentra en geodas de muchos granitos.

Las variedades puras, límpidas, de grandes y lindos cristales a veces verdes por inclusiones de clorita, se llaman *adularia* (2), y de éstas, la variedad con reflejos algo nacarados, que es usada como piedra preciosa, *piedra de luna*.

(1) Relación axial :

$$a : b : c = 0,6585 : 1 : 0,5554, \quad \beta = 116^{\circ}3'.$$

$$(001) : (010) = 90^{\circ}; \quad (001) : (\bar{1}01) = 50^{\circ}16'; \quad (001) : (021) = 44^{\circ}56'$$

$$(010) : (110) = 67^{\circ}47'; \quad (010) : (\bar{1}11) = 63^{\circ}8'.$$

(2) De *Montes Adular*, San Gotardo, Suiza.

Las variedades vítreas, transparentes, que forman parte de algunas rocas volcánicas, se llaman *sanidina* ⁽¹⁾.

Feldespatos grandes y puros en cantidad apreciable, se encuentran en las pegmatitas en las Sierras Pampeanas de Córdoba, San Luis, La Rioja, San Juan y Catamarca. Las dificultades de transporte y los fletes elevados no permiten aún su explotación; el feldespato que se utiliza en Buenos Aires es traído de la Colonia, República Oriental del Uruguay.

La mayor parte de nuestros yacimientos de feldespato son de *microclino*, que es la variedad triclinica de KAlSi_3O_8 . Las formas cristalinas que posee son tan parecidas a las de la ortosa, que casi siempre hay que recurrir a las propiedades ópticas para reconocerlo.

Sus yacimientos son generalmente los mismos que los de la ortosa.

En Pike's Peak en el Colorado, en los Urales Centrales y en Madagascar se encuentra una variedad verde claro vivaz, que se llama *amazonita* o *pedra de las amazonas*, usada en joyería.

Usos. — Los dos se usan, agregados al kaolín, en la fabricación de porcelana.

Plagioclasas

Composición química. — Las series de las plagioclasas o feldespatos calcosódicos está constituída por la mezcla isomorfa de albita $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ y anortita $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ en todas proporciones.

Los términos de la serie son :

(1) Del griego *sanis* = tabla.

Albita (1).....	NaAl Si ₃ O ₈
Oligoclasa cuyo contenido de albita va- ría entre.....	95 y 75 %
Andesina (2) cuyo contenido de albita varía entre.....	75 y 50 %
Bitownita (4) cuyo contenido de albita varía entre.....	50 y 25 %
Labrador (3) cuyo contenido de albita varía entre.....	25 y 5 %
Anortita.....	CaAl ₂ (Si ₂ O ₈)

Caracteres físicos. — Son triclinicos (5) y sus cristales están siempre maclados polisintéticamente según una o dos maclas casi perpendiculares entre sí (fig. 134).

Tienen brillo vítreo y son transparentes y translúcidas, cuando son muy puras, sino blancas, a veces azuladas, rojizas, violáceas, o verde claro y con frecuencia con iridiscencia y juego de luces debido a inclusiones. Su polvo es incoloro. Poseen clivaje fácil según {010} y según {001}.

Tienen dureza 6 y su peso específico variable entre 2,63 y 2,75.

Las otras propiedades físicas, principalmente las ópticas, cambian gradualmente con la composición y son muy importantes para su determinación.

(1) De *albus* = blanco.

(2) De Andes.

(3) De la costa de Labrador, Norte América.

(4) De Bytown, ciudad del Canadá situada cerca de Ottawa.

(5) La relación axial $a : b : c$ y los ángulos α, β, γ varían según las especies, pero oscilan entre : 0,6352 : 1 : 0,5584 para albita y 0,6352 : 1 : 0,5505 para la anortita; $\alpha = 94^{\circ}14'$, $\beta = 116^{\circ}53'$, $\gamma = 87^{\circ}46'$ para la albita y $\alpha = 93^{\circ}9'$, $\beta = 113^{\circ}52'$, $\gamma = 91^{\circ}16'$ para la anortita.

Las formas más comunes son las representadas en las figuras 53, 54, 134 y 136.

Caracteres químicos. — Funden con dificultad en un vidrio incoloro o blanco. Los términos más ricos en Ca son atacables, aunque difícilmente, por los ácidos, mientras que los otros son casi inatacables.

Yacimientos. — Todas las plagioclasas se encuentran siempre en las rocas.

La *albita* y la *oligoclasa* son constituyentes de rocas ácidas (granitos, sienitas y esquistos cristalinos). La primera es común encontrarla también en cristales tapizando cavidades y grietas de esas mismas rocas. La *oligoclasa* a veces forma cristales de un tono rojizo algo iridiscente, por las inclusiones de hematita escamosa que contiene, es la variedad llamada *pedra de sol* o *aventurina*.

La *andesina* se encuentra en rocas de composición intermedia y raras veces forma cristales con contorno geométrico.

La *labradorita*, *bytownita* y *anortita* son componentes esenciales de rocas eruptivas básicas (basaltos, diabasas, gabbros, etc.). La *labradorita* es característica por los colores tan variados e iridiscuentes que puede presentar.

GRUPO DE LOS GRANATES

Los *granates* forman un grupo isomorfo constituido por mezclas de silicatos diversos, pero todos del tipo $R''_2 R'''_2 (SiO_4)_2$, en que el metal divalente R'' puede ser Ca, Fe'', Mg, principalmente y el trivalente R''' puede ser Al o Fe''', Cr.

Algunos de estos silicatos, que raras veces se encuentran puros, constituyen las especies llamadas :

Grosularia (1).....	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
Piropo (2).....	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
Almandino (3).....	$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
Ouwarowita (4).....	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$

Cristalizan en el sistema cúbico, siendo comunes las formas de rombododecaedro (lám. XLV), incositetraedro, solos o combinados (figs. 112, 119, 120).

Todos tienen brillo vítreo y colores muy diferentes según su composición. Son muy duros y livianos, su dureza varía entre $6\frac{1}{2}$ y $7\frac{1}{2}$ y su peso específico entre 3,4 y 4,3. Sus caracteres químicos también varían con la composición.

Principales variedades y yacimientos. — El *almandino* es el más común de todos los granates, es de color rojo o rojo vinoso y fácilmente fusible.

Se encuentra por lo general en rocas cristalinas ácidas, sean eruptivas o esquistosas. Los mejores cristales son los de Tirol, Noruega, Colorado y Alaska. En joyería se usan principalmente los extraídos de los aluviones de la India y Africa sud-occidental.

El *piropo*, formado principalmente por $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$, contiene siempre trazas de cromo. Es de color rojo sangre, infusible al soplete. Es característico de las rocas peridotíticas; se encuentra también como yacimiento secundario en los aluviones de Merowitz, en Bohemia, y de Zöblitz, en Sajonia de donde se extrae para usarlo como piedra preciosa. Es abundante en las rocas peridotíticas diamantíferas de Africa Austral.

(1) Del latín *grossularia* = grossellero.

(2) Del griego *pyropos* = parecido a fuego.

(3) Corrupección de *alabandicus*, nombre dado por Plinio y sacado de una ciudad de Asia Menor, donde se pulía el granate sirio.

(4) En honor de Ouwarof, ministro y literato ruso (1985-1855).

La *grosularia* $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ de color claro, amarillo, rojizo, verdoso y a veces incoloro. Se encuentra en los calcáreos metamorfizados por contacto.

Todas estas variedades, limpias y de lindo color, se usan en joyería, principalmente las variedades rojas (almandino y piropo) aunque las verdes son también muy buscadas (ouwarowita).

En la República Argentina se han encontrado granates (piropos) de lindo color, que pueden utilizarse en joyería, en los aluviones cerca de San Martín, y de Quinés, en San Luis y también en las arenas de Minã Clavero, en Córdoba.

Berilo

Etimología. — Del latín *beryllis* = piedra preciosa.

Composición química. — $\text{Al}_2\text{Be}_3(\text{SiO}_3)_6$.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema hexagonal ⁽¹⁾ y se presenta generalmente en cristales de hábito prismático (lám. XXXIV a), a veces de dimensiones considerables.

Tiene brillo vítreo, y puro es incoloro, pero con frecuencia se presenta teñido du verde vivo, constituyendo la variedad tan apreciada que es la *esmeralda*, o teñido de azulado pálido en el *agua-marina*, y más raras veces de amarillo o rojo.

Posee una fractura o clivaje basal, muy imperfecto, dureza $7\frac{1}{2}$ y peso específico 2,7.

Caracteres químicos. — Funde difícilmente al soplete y es inatacable por los ácidos.

Yacimientos. — Es el componente característico de

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,4989.$$

muchas rocas pegmatíticas filonianas. También se encuentra en cavidades y grietas en el granito; en esquistos micáceos y en esquistos calcáreos negros, sobre todo la *esmeralda* o *berilo noble*. Se encuentra esta variedad, principalmente en Colombia, cerca de Muzo, y en Santa Fe, de Bogotá. Más abundante, pero menos lindo, es el que se encuentra en los Urales (Tokowaja), en el Alto Egipto (Kosseir), en alguna localidad de los Alpes, en el granito de Noruega (Eidsvold) y en Norte América.

Las aguas-marinas se encuentran en los Urales (Ekaterinberg), en Siberia Oriental (Nertschinsk), en el Brasil (Minas Geraes) y en Madagascar.

El berilo común, en prismas que alcanzan dimensiones considerables, se encuentra sobre todo en Rabenstein, en Baviera, en Limoges, Francia, y en Grafton, en New Hampshire.

En la República Argentina abunda en Córdoba y San Luis, pero solamente se han encontrado algunos fragmentos de agua-marina, utilizable como piedra preciosa, en las pegmatitas de la sierra de San Luis.

Usos. — La *esmeralda* y el *agua-marina* se utilizan como piedras preciosas y las otras variedades para extraer el berilo.

GRUPO DE LA TURMALINA

Etimología. — De *turamali* (cingalese) nombre dado por los joyeros de Ceylán e introducido en Holanda con un lote de gemas de Ceylán en 1703.

Composición química. — Las turmalinas son silicatos muy complejos que pueden representarse esquemáticamente por la fórmula: $4 [(Al_2R_6(SiO_4)_3) \cdot [Al_2(B_2O_5)_2]$ en que R puede ser Na, Li, H, Mg, Fe'', Al, Fe'''; más raramente K, Cr, Ca, Mn.

Burton

Se pueden dividir en tres tipos químicos principales : las *alcalinas* o *turmalinas nobles* en las que predomina el sodio, son de colores claros;

las *turmalinas de magnesio* de color pardo; y

las *turmalinas negras* en las que predomina el hierro.

Caracteres físicos y químicos. — Cristalizan en el sistema trigonal ⁽¹⁾, formando cristales prismáticos, hemimorfos según el eje trigonal y fuertemente estirados en el sentido del alargamiento.

Tienen brillo vítreo y color muy variado aun en el mismo cristal. Las variedades alcalinas, que son las de color claro, son transparentes, pero las negras o ferríferas lo son sólo en láminas delgadas. Las variedades de color son fuertemente plecroicas. Son duras y livianas, tienen dureza 7 y peso específico 3.3,2.

La fusibilidad aumenta con el contenido de hierro. Son inatacables por todos los ácidos. Calentadas en la llama con una mezcla de fluorita (CaF_2) y bisulfato de potasio bien pulverizado, la coloran fugazmente de verde (B). Las variedades coloradas, menos las negras, por el calor se decoloran y todas se electrizan.

Yacimientos. — Se forman principalmente por acción de vapores y soluciones pneumatolíticas. Se encuentran asociadas siempre a cuarzo, feldespatos, micas, topacio, en rocas abisales ácidas (granitos), en aplitas, pegmatitas y en rocas de metamorfismo de contacto pneumatolítico.

Su gran dureza y su resistencia a los agentes químicos

(1) Relación axial $a : c$ varía con la composición química, pero oscila alrededor de 1 : 0,45.

Las formas más comunes son las de prismas tri y ditrigonales combinados con pirámides trigonales.

hacen que se encuentren en aluviones, sobre todo las turmalinas nobles.

Las mejores turmalinas son las de Madagascar, Minas Geraes, en el Brasil, Siberia, las de los aluviones gemíferos de Ceylán, etc.

En la Argentina es muy común, se encuentra en pegmatitas, granitos y gneis, en muchos puntos de las Sierras Pampeanas y también en casi todos los yacimientos de casiterita, wolframita, fluorita y otros minerales neumatóliticos.

Las variedades negras las confunden con carbón de piedra.

Usos. — Las variedades verdes se utilizan para obtener luz polarizada. Las claras, transparentes, son empleadas como piedras preciosas.

Topacio

Etimología. — Del griego *Topacio*, nombre de una isla del Mar Rojo y dado por Plinio.

Composición química. — $\text{Al}_2 [(\text{F}, \text{OH})_2 (\text{SiO}_4)_2]$.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema rómbico ⁽¹⁾ en cristales de hábito prismático y con frecuencia hemimorfos (fig. 77). Se presenta también en granos grandes o pequeños.

Tiene brillo vítreo; es transparente o translúcido, inco-

(1) Relación axial :

$$a : b : c = 0,5285 : 1 : 0,4770.$$

Formas más comunes son :

$$\begin{aligned} & \{ 111 \}, \{ 223 \}, \{ 001 \}, \{ 110 \}, \{ 120 \}, \{ 021 \}, \{ 041 \}, \{ 201 \} \\ (110) : (\bar{1}\bar{1}0) &= 55^\circ 43'; \quad (120) : (\bar{1}\bar{2}0) = 86^\circ 49'; \quad (021) : (0\bar{2}\bar{1}) = 87^\circ 18' \\ (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) &= 39^\circ; \quad (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 78^\circ 20'. \end{aligned}$$

loro si es puro, o sino, amarillo o azul verdoso como el *agua-marina*. Es muy duro, es el término 8 de la escala de Mohs, y su peso específico es de 3,5.

Caracteres químicos. — Es fusible al soplete. Calentado en tubo cerrado, sin reactivos, se pone rojo violáceo; con bisulfato de potasio da vapores de ácido fluorhídrico. Si se agrega un poco de mineral, finamente pulverizado a la perla de bórax, calentada hace hacer desaparecer la coloración verde, y si se calienta de nuevo largo rato al soplete, vuelve a aparecer una llama verde (F.). Es inatacable por los ácidos.

Yacimientos. — El topacio es un mineral típicamente neumatolítico, que se encuentra formando drusas en pegmatitas, granitos y en contactos neumatolíticos de distintas rocas. Lo acompañan el cuarzo, la mica, la turmalina, la casiterita, la fluorita, los feldespatos, etc.

Usos. — Cuando es puro, limpio y transparente se utiliza como piedra preciosa.

GRUPO DE LA ESCAPOLITA

Etimología. — Del griego *scapus* = bastón.

Este grupo constituye una serie isomorfa, tetragonal de silicatos de sodio, calcio y aluminio que a veces contienen Cl y CO₂ principalmente, y que se asemeja a la serie de los feldespatos porque tiene una variación gradual de composición; la cantidad de sílice aumenta con el aumento de álcalis (Na) y con el de cloro.

Hay también un cambio gradual en el peso específico y en las propiedades ópticas, lo mismo que en la resistencia a los ácidos.

Pueden formar agregados granulosos o fibroso radia-

dos y son generalmente de color blanco o grisáceo, aunque raras veces gris azulado, rojizo verdoso, amarillento o de color obscuro.

Yacimientos. — Las escapolitas pueden formarse por descomposición hidrotermal de epidoto, albita, mica, etc. Como formaciones primarias de origen neumatolítico se encuentran en gabbros, dioritas y a veces, junto con vesuviana, diópsido, granate, calcita, etc., en rocas de metamorfismo de contacto neumatolítico. Pueden ser también componentes de rocas eruptivas filonianas.

Vesuvianita

Etimología. — De Vesuvio.

Sinonimia. — Vesuviana.

Composición química. — Es un silicato complejo que puede expresarse por la fórmula: $(H, Fe, K, Na)Al_3Ca_6(Si_5O_{21})$ en la que el calcio puede ser reemplazado por Mg, Fe'', Mn, y el aluminio por Fe''', Si o Ti.

Caracteres físicos. — Forma cristales tetragonales generalmente prismáticos ⁽¹⁾ y se lo encuentra también formando agregados compactos y radiados. Su color varía mucho según la composición, son comunes los tintes verdes y pardos, mientras que los tonos amarillos y azules son rarísimos.

(¹) Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,5372.$$

Formas más comunes :

$$\{ 110 \}, \{ 101 \}, \{ 100 \}, \{ 210 \}, \{ 001 \}, \{ 311 \}, \{ 111 \}$$

$$(111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 50^\circ 39'; (001) : (101) = 28^\circ 15'; (111) : (001) = 37^\circ 13' 5''$$

$$(101) : (011) = 39^\circ 6'; (311) : (100) = 33^\circ 10'.$$

Tiene brillo vítreo, dureza $6\frac{1}{2}$ y peso específico entre 3,3 y 3,4.

Los caracteres ópticos varían con la composición y sirven, como en todos los silicatos, para determinar las variedades.

Caracteres químicos. — Al soplete funde con facilidad en un vidrio espumoso que gelifica con ácido clorhídrico.

Yacimientos. — Es un mineral típico de las zonas de metamorfismo de contacto de las rocas. Se origina en el contacto de las calizas con los silicatos de aluminio proporcionados por las intrusiones graníticas. El granate, el diópsido, la wollastonita y la calcita, son sus acompañantes. Raras veces se encuentra como componente de rocas eruptivas.

En la Argentina se encuentra especialmente en las calizas cristalinas de las sierras de Córdoba.

Zircón

Composición química. — $ZrSiO_4$ con 67,2 % de ZrO_2 .

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema tetragonal ⁽¹⁾, con frecuencia en las formas representadas en la figura 86; también se encuentra en granos irregulares. Tiene brillo vivo adamantino, es transparente o translúcido, incoloro de color variado, pardo, amarillento, rojizo, verdoso, o grisáceo; su polvo es blanco. Es muy duro ($D = 7,5$) y pesado, con peso específico 4,7. Tiene fractura concooidal o irregular.

(¹) Relación axial :

$$a : c = 1 : 0,640313.$$

Formas más comunes :

$$\left. \begin{array}{l} \{ 110 \}, \{ 110 \}, \{ 100 \}, \{ 311 \} \\ (001) : (101) = 32^\circ 38' 4'' , (110) : (111) = 47^\circ 50' . \end{array} \right\}$$

Caracteres químicos. — Es infusible al soplete e inatacable por los ácidos.

Yacimientos. — Es un mineral muy común como componente accesorio de muchas rocas eruptivas (granitos, sienitas, dioritas y rocas efusivas correspondientes) y de esquistos cristalinos, pero generalmente sus cristales son pequeños. En grandes cristales se halla en las sienitas de Noruega y de los Urales, y en los esquistos cristalinos del Canadá. También existe en aluviones en Ceylán, de donde se extraen cristales limpios y de lindo color que se usan en joyería.

Usos. — Cuando es puro y limpio se usa como piedra preciosa por su dureza, brillo vivo y color. Las variedades incoloras se cortan en rosas como el diamante, al que se parece bastante. Las variedades rojo claro se llaman *jacinto*.

GRUPO DE LAS MICAS

Etimología. — Del latín *micare* = brillar.

Con el nombre de *micas* se reúne un grupo de silicatos de aluminio y de metales alcalinos a los que se asocian frecuentemente magnesio y hierro.

Son monoclinicos o pseudohexagonales, con clivaje basal perfectísimo, y láminas de clivaje flexible y elásticas.

Según su composición se distinguen *micas alcalinas* y *micas ferromagnésicas*, pero aun en éstas siempre se encuentra un metal alcalino.

Las más comunes son, la *muscovita* que es una mica alcalina y la *biotita* que es ferromagnésica.

Muscovita

Etimología. — De Muscovia o Moscovia.

Composición química. — $H_2KAl_3(SiO_4)_3$

Caracteres físicos. — Se presenta en cristales tabulares ⁽¹⁾ de contornos rómbicos o hexagonales, pero con más frecuencia se presenta en pequeñas escamas aisladas o en agregados estrellados o plumosos, o bien en grandes láminas.

Tiene brillo vítreo y en láminas delgadas es completamente transparente. Es de color pardo muy claro; por eso se le llama mica blanca, pues las láminas delgadas de clivaje son casi incoloras; su dureza es $2\frac{1}{2}$, y su peso específico 2,8.

Caracteres químicos. — Funde difícilmente en los bordes. Calentada en tubo cerrado se descompone y desprende agua. Es inatacable por los ácidos, excepto el fluorhídrico, y es muy resistente a las acciones atmosféricas.

Yacimientos. — Es un mineral muy abundante como componente de rocas ácidas, mezclado con cuarzo y ortosa en los granitos, gneis, micasquistos, etc.

Usos → Las grandes láminas de clivaje, por la resistencia que presentan al calor, se utilizan como vidrios en estufas, hornos, etc.; se sacan de las pegmatitas, rocas graníticas filonianas, principalmente en Brasil, India y Canadá.

En la Argentina, en grandes láminas, se encuentra en filones de pegmatitas de donde se explota desde muchos años y con bastante éxito.

(1) Relación axial :

$$a : b : c = 0,5774 : 1 : 3,3128, \quad \beta = 90^{\circ}6'$$

Formas más comunes :

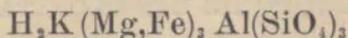
$$\{ 001 \}, \{ 010 \}, \{ 112 \}, \{ 221 \}.$$

Los yacimientos más importantes son los de Córdoba (Alta Gracia, Santa María, San Carlos, cerro Champaqui, Jaime Peters, Santa Clara, al norte de Pocho), los de San Luis (Pie del cerro Rosario, San Martín, La Carolina, Víbora Morada, Paso del Totoral, Rialto, Naschel, La Florida), los de San Juan (estancia Usnos, en la sierra de La Huerta), La Rioja (cerca de la Unión, en varios puntos de la sierra de Velasco), Catamarca (Morteros), Tucumán (Colalao del Valle, departamento de Tafí), los Andes (Antofagasta de la Sierra).

Biotita

Etimología. — Nombre dado en honor del físico francés Biot (1774-1862).

Composición química. — Es compleja y puede considerarse como una mezcla de varios silicatos, principalmente :



Caracteres físicos. — Es de todas las micas la que presenta cristales mejor desarrollados. Se la encuentra también en escamas o agregados compactos de escamas o láminas, pero nunca tan grandes como las de muscovita ⁽¹⁾.

Tiene brillo vítreo o nacarado en las superficies de clivaje; es de un color pardo variable desde el amarillo

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : b : c = 0,5574 : 1 : 3,2743, \quad \beta = 90^\circ,$$

Formas más comunes :

$$\{ 001 \}, \{ 010 \}, \{ 221 \}, \{ 111 \}, \{ 112 \}, \{ 101 \} \\ (001) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 81^\circ 19'; (001) : (\bar{1}01) = 80^\circ,$$

los correspondientes de la muscovita son semejantes.

pardo al pardo rojizo, pardo verdoso negro, cuando está en masas gruesas, por lo que se llama *mica negra*. En las secciones transversales al clivaje tiene fuerte pleocroísmo. Es blanda y liviana, su dureza es $2\frac{1}{2}$ y su peso específico 2,9-3.

Caracteres químicos. — Al soplete funde con dificultad en los bordes y es lentamente atacable por el ácido sulfúrico. Se altera fácilmente por los agentes atmosféricos.

Yacimientos. — Es la mica más común como componente de rocas desde las más ácidas como el granito hasta las más básicas como las peridotitas. En pequeñas escamas, forma parte también de los aluviones.

En las geodas de las proyecciones volcánicas del Vesuvio y del Lazio, se encuentran lindos cristales. En Siberia, en Miask, en los Urales, cerca del lago Baikal se encuentra en grandes láminas.

GRUPO DE LAS CLORITAS

Este grupo debe su nombre al color verde de casi todos sus miembros; comprende un conjunto de silicatos aluminicos de hierro y magnesio, libres de álcalis, relativamente pobres en sílice, hidratados, muy básicos y muy complejos.

Morfológicamente son semejantes a las micas; como ellas, cristalizan en el sistema monoclinico ⁽¹⁾, algunas

(¹) Relación axial:

$$a : b : c = 0,5773 : 1 : 2,2771, \quad \beta = 90^{\circ}20'.$$

Formas más comunes :

$$\{ 001 \}, \{ 010 \}, \{ 132 \}, \{ 401 \}, \{ 112 \} \\ (001) : (\bar{1}11) = 77^{\circ}53'; (001) : (112) = 66^{\circ}3'; (001) : (132) = 75^{\circ}37'.$$

veces tienen caracteres pseudo hexagonales o pseudotrigonales y un clivaje basal muy perfecto dando láminas flexibles, pero no elásticas.

Se presentan en cristales, bien distintos o en láminas, como las *ortocloritas*, o bien en agregados escamosos, fibrosos o terrosos como las *leptocloritas*, que tienen una composición química mucho más compleja que las anteriores.

Tienen brillo vítreo, a veces sedoso, color verde en varios tonos hasta negro pardusco, raya verde, dureza de 1 a 4 y peso específico de 2,6 a 3,6.

Son difícilmente fusibles y poco atacables por los ácidos.

Su origen es siempre secundario, se forman por alteración de silicatos de hierro y magnesio sin o con poca agua, como hornblendas, augitas, olivinas, turmalina, biotita.

Serpentina

Etimología y sinonimia. — *Serpentina* y sus sinónimos *ofita*, *lapis colibrinus*, aluden al color.

Composición química. — $H_4(Mg, Fe)_3Si_2O_{10}$.

Caracteres físicos y químicos. — Nunca se presenta en cristales distintos sino en agregados cristalinos laminares y fibrosos a veces tan finos y entrecruzados que a simple vista parecen compactos. El estudio óptico de estos agregados demuestra que cristaliza en el grupo trimétrico y probablemente en el sistema rómbico.

Es casi mate, de color verde en varios tonos, desde verde amarillo (*serpentina noble*) hasta verde negruzco. Es dura y liviana, tiene dureza 3-4 y peso específico 2,6-2,7.

Es difícilmente fusible en los bordes de astillas delgadas. En tubo cerrado da agua. Los ácidos la descomponen con desprendimiento de sílice libre.

Yacimientos y variedades. — La serpentina es siempre un mineral de origen secundario, formado por alteración de otros silicatos, principalmente de olivina; así, las rocas serpentinosas no son otra cosa que rocas peridotíticas (formadas en su mayor parte por olivina) casi del todo serpentinizadas. Los piroxenos rómbicos, por alteración, pueden formar una variedad de serpentina llamada *bastita*.

Las variedades más comunes son :

La *antigorita* (de valle Antigorio, Ossola), laminar, de color verde casi negro.

La *serpentina noble*, que es la variedad más compacta y de colores más claros.

Las *serpentinias fibrosas*, que se forman en las grietas de rocas serpentinosas compactas. Se llama *erisotilo* a la variedad de fibras cortas, normales a la pared angosta de las grietas, de color gris verdoso y brillo sedoso; si las fibras son blancas, largas, flexibles y susceptibles de hilarse y tejerse, se tienen las variedades filamentosas llamadas *asbestos* o *amiantos*.

Algunas variedades de color pardo que forman agregados afeiltrados como el *cuero de montaña*, el *corcho de montaña* y la *madera de montaña*, llamados así por su aspecto parecido con el cuero, el corcho y la madera.

Yacimientos de amianto explotable se encuentran en la Quebrada del Gato, en la Sierra de Pie de Palo, en San Juan; en el Balde, departamento de Cruz del Eje, Córdoba, se ha explotado un yacimiento durante algunos años; hoy se explota el de Calamuchita, de la misma provincia. Se conocen también yacimientos en Nogoli, frente al cerro Barroso y en el Barreal, al noroeste de San Francisco, en San Luis, y en Tinogasta, Catamarca.

Usos. — Las rocas serpentinosas, compactas o brechosas, con venas calcáreas, son usadas como piedras orna-

mentales. El amianto se utiliza para hacer tejidos, cartones, etc., incombustibles.

Talco

Etimología. — Según unos es de origen germánico y significa *pedra que se puede dividir*, otros la derivan del francés o del persa con la misma significación.

Composición química. — $\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$.

Caracteres físicos. — Es biáxico, pero aun no se conoce bien el sistema en que cristaliza, se considera rómbico o monoclinico.

Se presenta en agregados escamosos, laminares o compactos.

Tiene un clivaje perfecto semejante al de las micas y cloritas, siendo las láminas flexibles, pero no elásticas, tacto untuoso y brillo nacarado; en los agregados compactos el brillo es graso. Es de color verde manzana hasta blanco, liviano, con peso específico 2,7 muy blando, es el término 1 de la escala de Mohs.

Caracteres químicos. — Al soplete se esfolia y funde muy difícilmente en los bordes de las escamas o láminas. Calentado fuertemente después de mojado con solución de de cobalto se pone rojo pálido. No es atacable por los ácidos.

Yacimientos. — Como las serpentinas y las cloritas, es un mineral de origen secundario. Se origina generalmente por alteración de tremolita, más raras veces de piroxenos rómbicos, de olivina, etc.

Es común encontrarlo en los Alpes Occidentales y en Italia como componente esencial de rocas esquistosas llamadas *esquistos talcosos*. También se encuentra en los Alpes, formando bancos y capas en los esquistos cristalinos relacionados con rocas anfibólicas y calcáreas.

La *esteatita* o *pedra de sapo* es una variedad escamosa compacta, ferruginosa, de color gris verdoso que en muchos casos es un producto metasomático de silicificación de rocas dolomíticas. Es ésta la única variedad que se ha encontrado hasta ahora en la Argentina en varios puntos de la Sierra de San Luis (Monigote, Rincón de San Francisco, Rincón del Carmen y sobre todo en Pancanta) y Córdoba (Altantina, Ojo de Agua, Las Mostazas, Pozo de Chañar, Cuesta de Inés cerca de Casa Grande y Alta Gracia) donde se explota como mineral refractario para muchos hornos de cal.

Se citan también yacimientos en la quebrada de Piedra Pintada, en la Sierra del Pie de Palo, en San Juan.

La piedra escamosa, compacta, gris, amarilla o rojiza usada por los chinos y japoneses para hacer objetos pequeños de escultura, es una variedad de esteatita llamada *agalmatolita*.

Usos. — Se usa como lubricante seco y se agrega a los polvos de tocador y a los jabones.

Kaolinita

Etimología. — Corrupción del chino *Kauling*, nombre de una colina cerca de Jauchan Fu de donde se extraía el material.

Composición química. — $H_2Al_2(SiO_4)_2 \cdot H_2O$.

Caracteres físicos. — Cristaliza en el sistema monoclinico ⁽¹⁾ y raras veces presenta cristales bien formados; en

⁽¹⁾ Relación axial :

$$a : b : c = 0,5748 : 1 : 1,5997 \quad \beta = 96^\circ 49'.$$

Formas más comunes :

$$\{ 001 \}, \{ 010 \}, \{ 110 \}, \{ \bar{1}11 \}$$

$$(110) : (\bar{1}10) = 59^\circ 26'; (\bar{1}11) : (\bar{1}\bar{1}1) = 58^\circ 23'; (001) : (110) = 84^\circ 5'.$$

general se presenta en agregados escamosos de aspecto micáceo o en agregados terrosos muy porosos y flojos llamados comúnmente *kaolín*.

Las variedades cristalinas son de brillo nacarado, las otras son mate. Si es pura es de color blanco o blanquecino, pero puede tener diversos colores si tiene impurezas, es muy blanda y liviana, tiene dureza 1 y peso específico 2,5.

Caracteres químicos. — Es casi infusible al soplete. Calentada en tubo cerrado da agua. Empastada con agua y calentada fuertemente se endurece; mojado con nitrato de cobalto y calentado en llama oxidante se pone azul (Al).

Es atacable, en caliente, por ácido sulfúrico concentrado y por potasa cáustica.

Yacimientos. — En general es un mineral de origen secundario; se forma por alteración de minerales aluminicos, sobre todo feldespatos, bajo los efectos de acciones hidrotermales y neumatolíticas.

Los mejores bancos de kaolín son los formados por alteración de rocas graníticas o porfíricas pobres de hierro, como los de Meissen, Aul, cerca de Schneeberg en Sajonia, los de Carlsbad en Bohemia, los de Passau en Baviera, los de Limoges en Francia, etc.

Las variedades cristalinas escamosas de brillo nacarado llamadas *nacrita*, se encuentran sobre cuarzo en filones metalíferos del Erzgebirge y otras regiones; las variedades de escamas más finas hasta terrosas, acompañando al topacio, rellenan cavidades dentro de rocas graníticas.

En la República Argentina el más importante de los yacimientos es el del departamento de Pomán, en Catamarca, al oeste de la Sierra Ambato (Mutquín, Quebrada de Sijan) (lám. LV) donde aflora un granito completamente kaolinizado que produce, por lavaje, un kaolín de

la mejor calidad; pero a pesar de la gran cantidad de material y de su cómoda ubicación, aun no está explotado. En Amanao, Pipanaco, Chumbicha, en la misma provincia, hay yacimientos parecidos, pero menos importantes.

Se citan también yacimientos en la Quebrada del Zapallar, en San Luis, en Misiones y en varios puntos de Mendoza (San Rafael y los Cerrillos), en Getemani, Salta, pero aun no han sido investigados.

Los yacimientos que se citan de la sierra de Córdoba (San Antonio, Cosquín, Piedras Grandes) dan un material muy mezclado con calcita, o se componen exclusivamente de calcita en forma de polvo blanco (La Higuera, Alta Gracia).

GRUPO DE LOS EPIDOTOS

Etimología. — Del griego *epi* = sobre y *dotos* = que da, significa *añadir*, porque se aumentó el valor de los ángulos, cuando se supo que no eran todos rómbicos.

Comprende este grupo un conjunto de silicatos rómbicos y monoclinicos cuya composición responde a esta fórmula: $\text{OH}(\text{Al}, \text{Fe})\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$, en la que la cantidad de hierro y aluminio puede variar.

Pertenecen a él:

La *zoisita* ⁽¹⁾, rómbica cuya composición es principalmente $\text{OHCa}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.

Una serie monoclinica que comprende desde la *clinozoisita* ⁽²⁾ hasta el *epidoto ferrífero* o *pistacita* ⁽³⁾ cuya

(1) En honor del barón de Zois.

(2) Del griego *clinos* = inclinado.

(3) En alusión a su color verde pistacho.

composición puede representarse por la fórmula general $\text{OH}(\text{Al}, \text{Fe})\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.

La *prehnita* ⁽¹⁾ rómbica cuya composición es : $\text{HCa}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3$.

Un epidoto con manganeso, que es la *piemontita* ⁽²⁾ y otro con cerio, que es la *ortita* ⁽³⁾.

De todos éstos, los epidotos monoclinicos son los más importantes por ser los más comunes. Se presentan en cristales casi siempre alargados y con frecuencia en forma de agujas según el eje de simetría, o bien como granos cuando son componentes de algunas rocas.

Tienen clivaje perfecto según $\{001\}$ e imperfecto según $\{100\}$ ⁽⁴⁾ su peso específico varía entre 3,3 y 3,5 y su dureza entre 6 y 7. Su color también varía con la composición; así la *clinozoisita* pobre en hierro es incolora, gris, amarilla, verdosa o blanca; en los más *ferríferos* el color varía del verde oliva al verde oscuro, la *pistacita*, que es la que tiene más hierro, es verde pistacho, y la *piemontita* negro rojizo, rojo pardusco o rojo cereza.

Yacimientos. — Los minerales de este grupo pueden ser de origen hidrotermal y entonces rellenan cavidades o drusas en rocas eruptivas y rocas de dislocación meta-

⁽¹⁾ En honor de Prehis, que la descubrió en el cabo de Buena Esperanza.

⁽²⁾ De Piemont.

⁽³⁾ De *ortis* = derecho.

⁽⁴⁾ Su relación axial es :

$$a : b : c = 1,5787 : 1 : 1,8036 \quad \beta = 115^\circ 23'.$$

Formas más comunes :

$$\{100\}, \{010\}, \{\bar{1}01\}, \{101\}, \{110\}, \{\bar{1}\bar{1}1\}$$

$(001) : (100) = 64^\circ 37'$; $(010) : (\bar{1}01) = 63^\circ 42'$; $(001) : (101) = 34^\circ 43'$
 $(100) : (110) = 55^\circ$; $(010) : (\bar{1}\bar{1}1) = 35^\circ 15'$.

mórfica, mezclados con cuarzo, clorita, asbestos; pueden ser también minerales de rocas meso y epimetamórficas y producto de alteración de muchos silicatos de calcio y aluminio. Como minerales de contacto se encuentran siempre acompañados de granate, vesuvianita, augita, hornblenda, magnetita.

La *ortita* se encuentra como mineral primario en rocas eruptivas y pegmatitas.

El *epidoto* en grandes cristales tabulares en las pegmatitas de Sierras Pampeanas (San Luis, Córdoba, etc.). Como mineral de formación secundaria a expensas de plagioclasa y piroxeno o anfíbol, abunda a veces en pequeños granos en dioritas, gabbros y esquistos llamados anfíbolitas, principalmente en las sierras nombradas.

GRUPO DE ZEOLITAS

Etimología. — Del griego *zeo* = hervir y *lithos* = piedra.

Las zeolitas forman un grupo de minerales estrechamente relacionados por su composición, análogas condiciones de formación y yacimientos.

Son silicatos hidratados de aluminio y uno o más metales alcalinos o alcalinotérreos, principalmente sodio y calcio y más raramente potasio, boro o estroncio.

Debido a su contenido de agua, su dureza y su peso específico son bajos, así, la dureza varía entre $3\frac{1}{2}$ y $5\frac{1}{2}$ y el peso específico entre 2 y 2,4. La mayoría son de color blanco, pero las hay de tintes rojos o rosados por inclusiones de óxido de hierro y todas tienen brillo vítreo o nacarado.

Funden hinchándose, debido al desprendimiento de vapor de agua, que puede separarse también a temperatu-

ras no muy elevadas y aun, en algunas zeolitas, como la laumontita, a la temperatura y presión ordinarias.

Su origen es siempre secundario y se debe principalmente, a alteraciones hidrotermales de feldespatos.

Se encuentran por lo común en cavidades y venas de rocas ígneas básicas como basaltos, meláfiros, diabasas, etc., y en menor cantidad en granitos y gneis; existen también en algunos yacimientos metalíferos de origen hidrotermal.

Las especies más comunes son :

Apofilita ⁽¹⁾ $H_7KCa_4(SiO)_4 \cdot 4H_2O$ tetragonal, de color blanco o rojo carne con brillo entre vítreo y nacarado.

Estilbita ⁽²⁾ $(Ca,Na_2)Al_2Si_6O_{10} \cdot 6H_2$ monoclinica, blanca y con brillo vítreo.

Analcima. — ⁽³⁾ $NaAl(SiO_4 \cdot SiO_2)H_2O$ pseudocúbica de color blanco o rosado.

Natrolita. — ⁽⁴⁾ $H_4Na_2Al(Al(SiO_4)_2)$ rómbica, blanca o incolora.

Calamina

Etimología. — Corrupción de *cadmia*.

Caracteres químicos. — $Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$.

Caracteres físicos y químicos. — Cristaliza en el sistema rómbico, en cristales generalmente pequeños, con brillo vítreo, incoloros; los agregados cristalinos granulares y compactos son generalmente colorados por impu-

⁽¹⁾ Del griego *apophilliseis* = esfoliación.

⁽²⁾ Del griego *stilbm* = yo brillo.

⁽³⁾ Del griego *analcio* = impotente, porque difícilmente se electriza por frotamiento.

⁽⁴⁾ Llamada así por su contenido de sodio (Natrum).

rezas de amarillo, rojizo, gris o verde. Tiene dureza $4\frac{1}{2}$ -5 y peso específico 3,4.

Es casi infusible al soplete. En tubo cerrado decrepita y da agua. Sobre el carbón con carbonato de sodio da una aureola de óxido de zinc amarilla en caliente y blanca en frío. El ácido clorhídrico la ataca gelatinizándola; es soluble en una solución concentrada de potasa cáustica.

Yacimientos. — Es uno de los minerales de zinc más comunes. Junto con smithsonita ($ZnCO_3$) se encuentra en masas bien visibles en yacimientos de origen metasomático; los mineros llaman calamina a la mezcla de estos dos minerales.

Usos. — Se utiliza para extracción del zinc.

XII

COMPUESTOS ORGÁNICOS

Los minerales orgánicos de composición química bien definida son muy escasos. La mayoría, que son carburos de hidrógeno y carbones, pueden considerarse más bien como rocas que como minerales; son productos orgánicos fósiles más o menos transformados, constituidos en su mayoría por mezclas complejas de sustancias orgánicas.

SALES DE LOS ACIDOS ORGÁNICOS

Las más conocidas son: un oxalato de calcio llamado *whewellite* ($CaC_2O_4 \cdot H_2O$), monoclinico, incoloro o blanco, con brillo vítreo o perlado y blando. Se encuentra en los yacimientos carboníferos de Burgk en el valle de Plauen, en los de Brux, en Bohemia, y en los de Zurrekau, en Sajonia.

Un oxalato de hierro que es la *humboldita* ($2\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) rómbica, amarilla, de aspecto resinoso, muy blanda y liviana. Se la encuentra en los lignitos de Kolosoruk en Bohemia, en los de Gross-Almeroden, en Asia.

Una sal alumínica del ácido melítico, la *melita* ($\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), tetragonal, de color amarillo cera o miel, blanda y muy liviana, de brillo entre vítreo y graso. Se la encuentra sobre todo en Artern, Turingia.

CARBUROS DE HIDRÓGENO

Son en su mayoría mezclas complejas de composición química indefinida, líquidos como el petróleo o sólidos como la azoquerita y el ámbar.

Petróleos

Etimología. — De *petros* = roca, y *oleum* = aceite.

Los petróleos son, desde el punto de vista práctico, los más importantes de todos los carburos de hidrógeno. Son líquidos más o menos fluídos o viscosos, algo pegajosos, con aspecto de substancias grasas, incoloros o de color amarillo o pardo hasta negro y con olor característico. *desagregado*

Están formados por una mezcla en varias proporciones de distintos carburos de hidrógeno, de los que predominan, en los petróleos más comunes, los de la serie de las parafinas o los de la nafténica. Mezclados con los carburos de hidrógeno se encuentran, como impurezas, pequeñas cantidades de compuestos oxigenados, nitrógeno, azufre, agua e impurezas orgánicas.

Son, en general, más livianos que el agua, y de acuerdo a sus caracteres, se dividen en dos grandes clases que

són: *petróleos parafinosos* livianos y líquidos, y *petróleos asfálticos* pesados y viscosos.

Los primeros son los petróleos de color pardo chocolate o amarillo, fluidos, transparentes, de densidad 0,7-0,9, ricos en gases y bencina y en los carburos de hidrógeno de la serie de la parafina, pobres en azufre y que se evaporan fácilmente.

A ellos pertenecen los petróleos de Pennsylvania y, entre los argentinos, los del Neuquen y parte de los del Norte.

Los segundos, son los petróleos de color negro viscosos y pesados, de densidad 0,9-1,0, ricos en residuos y en azufre, pobres en los carburos de hidrógeno de la serie de la parafina y con tendencia a transformarse en asfalto. A esta clase pertenecen los petróleos de Rusia, California y de los de la Argentina, los de Comodoro Rivadavia y Cacheuta.

Sometidos a la destilación se obtienen: primero las naftas, bencinas y gasolinas, luego los kerosenes en general. Por último, quedan residuos que son esencialmente parafina, en los petróleos parafinosos y residuos más o menos viscosos o asfálticos en los otros.

Origen. — Hoy, es ya indiscutible que la mayor parte del petróleo se ha formado por una destrucción y transformación muy lentas de organismos animales y vegetales principalmente marinos, pertenecientes, en la mayoría de los casos, a la flora y fauna de golfos o bahías que por fenómenos geológicos se separaron del mar abierto.

Este proceso de transformación, que es en parte comparable a una destilación bajo presión, se efectuó en condiciones de presión, temperatura y tiempos muy variadas, por eso son tan variados los caracteres físicos y químicos de los petróleos naturales.

Yacimientos. — El petróleo se halla casi siempre en acumulaciones, por lo general invisibles y ocultas debajo de la corteza terrestre, en rocas generalmente sedimentarias, permeables, de origen marino, que pertenecen a todas las épocas geológicas desde la silúrica hasta las muy modernas. Estas acumulaciones están protegidas o retenidas por capas arcillosas impermeables, que constituyen bóvedas o techos hacia los cuales son empujados los petróleos por las aguas subterráneas.

Estos yacimientos no son exclusivos de latitudes, continentes, climas o alturas determinadas y, según el petróleo que contienen, se distinguen en yacimientos de petróleos parafinosos y yacimientos de petróleos asfálticos. Ocasionalmente se revelan ya por impregnación de las rocas de la superficie, por desprendimientos de gases o por la lenta surgencia en pequeños manantiales.

Los manantiales de petróleos parafinosos aparecen en la misma forma que los manantiales de agua y se los encuentra ya en las faldas de pequeñas alturas, en el lecho de algún arroyo o en las playas de mar. Tienen la forma de una pequeña depresión, de donde el petróleo surge lentamente. Con frecuencia acompañan al petróleo en estos manantiales gases ricos en metano y en otros carburos de hidrógeno gaseosos, hidrógeno sulfurado, anhídrido carbónico y hasta agua. Estos gases, por su fácil inflamación, producen fuegos de muy larga duración (hasta 2000 años) que, por su aspecto místico, han sido llamados fuegos eternos o fuegos sagrados. (SO. de Asia y SE. de Europa).

Los manantiales de petróleo viscoso son comunes en las regiones donde hay depósitos subterráneos de petróleos viscosos. Al salir se acumulan alrededor del orificio de salida, formándose una especie de elevación circular

que da al manantial el aspecto de una colina muy baja con uno o varios pequeños cráteres.

Los países más productores de petróleo son Norte América, Méjico, Rusia, Persia y Venezuela.

En nuestro país, en que la explotación y rendimiento va aumentando año por año, se distinguen las siguientes regiones petrolíferas.

1^a Formación petrolífera del Norte (Salta y Jujuy);

2^a Región petrolífera del Norte de Mendoza (Cacheuta);

3^a Región petrolífera andina (sur de Mendoza y noreste del Neuquen);

4^a Región petrolífera del centro del Neuquen (Plaza Huincul);

5^a Región del Sudeste del Chubut (Comodoro Rivadavia).

Formación petrolífera del Norte : Esta formación comienza en el norte de Tucumán y abarca Salta y Jujuy y las fajas vecinas del Chaco y del territorio de los Andes; es la prolongación de la meseta boliviana que llega hasta el lago Titicaca. Se conoce desde casi 100 años y ha sido estudiada por d'Orbigny, Brackebuch, Steinman y Bonarelli, Schiller, Feruglio, Heald, Mather y Schlagintweit.

Los afloramientos superficiales de petróleo son aquí muy numerosos, unos son de petróleo fluido, liviano, de color amarillo anaranjado, y otros de petróleo o asfalto como el de la laguna La Brea. Durante muchos años los pocos ensayos de perforación no dieron buen resultado debido, según parece, a que la ubicación de los pozos no había sido determinada con un criterio científico. Actualmente ya hay muchos pozos en muy buena producción, y se ha instalado una destilería.

Región de Cacheuta : Esta pequeña región, constituida

por una faja andina que se extiende de norte a sur y en la que se conoce la existencia del petróleo desde mucho tiempo, ha adquirido cierta celebridad, por ser la primera en que se ha llevado a cabo una explotación sistemática y en una época en que apenas se conocía algo de los otros yacimientos del país.

Las primeras investigaciones, puede decirse que fueron hechas por Stelzner en 1895 y en 1896 la Compañía Petrolífera Mendocina inició las primeras perforaciones que dieron malos resultados; las posteriores dieron petróleos de mala calidad, muy asfálticos y viscosos. Los trabajos hechos ahora son muy pocos para poder afirmar algo respecto a la conveniencia de seguir las explotaciones.

Hoy, la Dirección de Yacimientos Petrolíferos Fiscales sigue explotando la zona con muy buenos resultados.

Región Andina: Comprende la parte sur de Mendoza y el noroeste del Neuquen y es una región muy plegada y llena de fallas. Por la influencia del vulcanismo andino, se ha producido un violento desalojo de las acumulaciones petrolíferas, y roturas en la cubierta sedimentaria por donde ha sido expulsado el petróleo, quedando en las fracturas un relleno de asfalto (*albertita*, llamada impropriamente *rafaelita*).

Se encuentran en ella numerosos afloramientos y se conoce como la anterior desde mucho tiempo. Las primeras investigaciones empezaron con Roth y Burckhardt, en 1896, pero es a Windhausen, a Keidel y a Gröber, a quienes se deben los estudios detenidos de la geología de esta región.

Desde 1908 distintas compañías hicieron varias perforaciones, pero hasta ahora los resultados obtenidos no compensan los gastos.

Región del Neuquen (Plaza Huincul): Eran conocidas en

esta región, varias manifestaciones superficiales, pero fué en el año 1915 que surgió petróleo de una perforación de exploración hecha por la Dirección de Minas.

Las acumulaciones petrolíferas comienzan a una profundidad de 530 metros y el petróleo es más liviano que el de Comodoro Rivadavia, pero no tanto como el del norte.

Actualmente existen numerosos pozos en explotación de los que se aprovecha no sólo el petróleo, sino los gases de los horizontes superiores; hay también una destilería.

Región de Comodoro Rivadavia: Esta región comprende toda el área circunvecina del golfo de San Jorge y es hasta ahora la más rica de toda la República. Desde el 13 de diciembre de 1907 en que lo descubrió la Dirección de Minas al hacer un pozo de 535 metros en busca de agua, la producción aumenta rápidamente cada año. La mayor parte de la explotación hasta ahora ha sido hecha por cuenta del Gobierno y ha progresado enormemente después de la guerra mundial (antes de 1914 se habían hecho 13 pozos, hoy hay mucho más de 500, y tienen todas las instalaciones de los modernos campos petrolíferos y servicio de barcos petroleros especiales que traen el petróleo a los puertos de Buenos Aires, La Plata y Rosario). Esta región es la que provee principalmente el petróleo a la gran destilería fiscal de La Plata.

Los yacimientos de todas estas regiones se explotan hoy con resultados satisfactorios por la Dirección de Yacimientos Petrolíferos Fiscales.

Asfalto

Sinonimia. — Asfaltina, grahamita, albertita, rafaelita (¹).

En los petróleos viscosos tiene lugar una evaporación y eliminación de los carburos de hidrógeno volátiles a la vez que una polimerización y oxidación dando lugar a la formación de los *asfaltos*. Estos productos son duros, de brillo vítreo, color negro, o pardo oscuro, con fractura concoidal o astillosa y peso específico que varía entre 1 y 1,2. Se distinguen de los lignitos, con los cuales a veces se confunden, porque se ablandan con el calor fundiendo a 100° ó 120° y además son solubles en el petróleo líquido, nafta, benzol, poco solubles en cloroformo, casi insolubles en el sulfuro de carbono e inatacables por la potasa.

Se presentan en masas superficiales o vetas que no son sino el rellamamiento de fracturas por donde salió el petróleo.

En nuestro país se encuentran numerosos yacimientos y casi todos en la provincia de Mendoza (Región de San Rafael) y en el territorio del Neuquen (Auca Mahuída, región de Chos Malal), pero todos en una situación geográfica que encarece su explotación económica. El yacimiento más importante es el de Auca Mahuída, y los únicos donde se ha ensayado la explotación son los de San Rafael, que se encuentran dentro de la Cordillera y a veces a 3500 metros de altura.

Se conocen también yacimientos en Jujuy (Laguna de La Brea), en Chubut (Río Chico), en Santa Cruz (Lago Argentino) y en La Pampa Central (Salitral Negro).

(¹) Nombre impropio.

Es el combustible sólido natural que posee mayor poder calorífico y da mayor rendimiento de gases combustibles (hasta 62 %). Pero a pesar de esto, su empleo, tal como se lo encuentra en la naturaleza, presenta inconvenientes que le restan valor; en efecto, durante la combustión se pierden todos los productos volátiles, además decrepita, se rompe en trozos tan pequeños que salen por las grillas del hogar y se hincha tan considerablemente que impide el acceso de aire necesario a la combustión. De modo que si se quiere usarlo como combustible al estado natural, será necesario usar hogares especiales o sino prepararlo finamente molido.

Más conveniente sería la destilación del combustible para aprovechar los gases y los valiosos productos, tales como alquitrán, compuestos amoniacales, etc.

Además, nuestras asphaltitas tienen más valor por tener como característica, notable porcentaje de vanadio (382,2 k. de anhídrido vanádico por tonelada, según J. Keyle).

Succinita o ámbar

La succinita o ámbar es una resina fósil de composición química indefinida, formada por 79 % de C, 10,5 % de H y 10,5 % de O. Entra en su composición el ácido succínico ($C_4H_6O_4$) cuya presencia es característica y constituye el diagnóstico para diferenciarla de otras resinas fósiles.

Se encuentra formando grumos o nódulos sepultados en rocas sedimentarias.

Tiene brillo resinoso, color amarillo claro característico y a veces rojizo, granate, pardo o verdoso, dureza 3 y peso específico 1. A veces es perfectamente limpia y trans-

parente y encierra algunos restos de animales o vegetales muy bien conservados ; otras veces es semiopaca y nebulosa y entonces es muy apreciada para hacer boquillas y otros objetos.

Funde a 300° y es poco soluble en el alcohol y en el éter.

Los yacimientos más importantes son los de las costas del Báltico y los de la península de Sambaud.

CARBONES

Los carbones naturales contienen distintas proporciones de carbono, oxígeno e hidrógeno y se originan por descomposición de vegetales que, por circunstancias especiales, han sido acumulados en grandes cantidades y protegidos contra la putrefacción.

No hay ninguna duda acerca del origen orgánico del carbón natural, pues bajo el microscopio se puede reconocer la estructura vegetal y además, en las rocas que alternan con las capas de carbón, abundan plantas fósiles o sus moldes e impresiones.

El proceso de formación natural es análogo al de la fabricación del carbón de leña, en que se calienta la leña debajo de una capa que impide la circulación del aire despojándola de los gases inflamables y del alquitrán, quedando sólo el carbón.

En la naturaleza la descomposición de los vegetales se produce al abrigo del aire y según los vegetales, su antigüedad y su grado de transformación se formaron los distintos carbones que son : turba, lignito, hulla y antracita.

Turba

Etimología. — Del antiguo alemán *torff*.

Está formada por agregados de vegetales que se forman en climas fríos y húmedos a expensas de una flora de musgos y pequeñas plantas palustres.

Sus caracteres varían según el nivel del yacimiento turboso; así, las capas superficiales son de color pardo claro y están formadas por agregados flojos y poco apretados en los que la mayoría de los vegetales conservan muy bien sus caracteres estructurales. En las capas que siguen, el color va siendo cada vez más obscuro hasta negruzco y los agregados más apretados, estratificados y con sus caracteres vegetales menos visibles hasta compactos y asociados a una masa negra que forma el cemento de los fragmentos vegetales más o menos alterados.

Es un combustible pobre (contiene de 55 a 60 % de carbono), de muy bajo poder calorífico (5000 calorías) y muy rico en agua y cenizas; sin embargo se lo utiliza, después de desecado, directamente o pulverizado, o sino para fabricar coke que produce 7800 calorías, o medio coke con 6700 calorías.

En nuestro país, se encuentran turberas en el Sur de Santa Cruz, Tierra del Fuego y en la Isla de los Estados, se les atribuye una extensión de cerca 500 km². El material que se extrae produce 4600 calorías y se utiliza allí mismo como combustible.

Lignito

Es un carbón de edad generalmente terciaria, pero puede formarse actualmente en regiones pantanosas, templadas o tropicales.

Es liviano, con peso específico 1,3 de color pardo obscuro o negro, con textura compacta, a veces estratificada, y con estructura leñosa casi siempre bien visible. Se distingue de las turbas porque contiene mayor cantidad de carbono (de 65 a 78 %).

Es un buen combustible y muy apreciable donde falta la hulla y la antracita; produce de 5000 a 7400 calorías, y da de 40 a 45 % de coke.

Arde fácilmente con olor desagradable y por destilación seca da productos de reacción ácida porque contiene gran cantidad de ácido acético. Su polvo es algo soluble en una solución de potasa que colora de pardo.

Es el único carbón relativamente abundante en el país.

Los más antiguos corresponden al final del período triásico y se encuentran en la Precordillera de San Juan y Mendoza, en la parte occidental de los Sierras Pampeanas, y Neuquen y Chubut (Bajo de San Julián). Son de poca importancia y forman casi siempre mantos pequeños muy fracturados y dislocados.

Los yacimientos más recientes, que son los terciarios, se encuentran en la Patagonia en la faja andina que se extiende desde el sur del lago Nahuel-Huapí y en la costa atlántica al norte de San Julián.

Hulla

Se encuentra en las formaciones sedimentarias más antiguas constituyendo generalmente capas gruesas o delgadas de muchos kilómetros cuadrados que se extienden entre las rocas.

Es siempre de color negro y más brillante que el lignito, con textura compacta, escamosa o fibrosa, pero nunca con caracteres vegetales visibles a simple vista; tiene du-

reza 2 y peso específico 1,5-1,8; contiene de 75 a 92 % de carbono puro y no colora la solución de potasa.

Por destilación da origen a una mezcla de carburos de hidrógeno, hidrógeno y otros gases dejando un residuo que constituye el coque. Es de los productos de la destilación de donde se extrae el gas de alumbrado.

Se distinguen varias clases de hullas.

Las *de llama* (splintcoal, flamkohle) que contienen de 75 a 80 % de carbono, queman con llama larga y humo, producen 7600 calorías y dan por destilación gran cantidad de gases;

Las *hullas grasas* o *carbón de gas*, muy ricas en productos volátiles, que queman con llama corta y producen de 7800 a 8000 calorías;

Las *hullas semi grasas*, que queman con llama muy corta y casi sin humo, producen de 8300 a 8500 calorías, y de 70 a 75 % de coque;

Y por último, las *hullas secas* o *magras*, que contienen de 90 a 92 % de carbono, producen de 8700 a 8800 calorías y dejan de 78 a 80 % de coque pulverulento.

En nuestro país no se han encontrado aún yacimientos apreciables.

Antracita

Como la hulla, se encuentra en las formaciones sedimentarias más antiguas formando capas, masas lenticulares o nidos, a veces mezclada con hulla.

Es de color negro de hierro o negro grisáceo, con brillo metálico o casi metálico, dureza 2-2 1/2 y peso específico de 1,4 a 1,7 y fractura concoidal.

Contiene siempre más de 90 % de carbono, arde difícilmente con poca llama sin dejar coque, produce de 8400 a 8500 calorías y no colora la solución de potasa.

CAPITULO VII

CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE MINERALES

I. MINERALES CON BRILLO METÁLICO

a) Blanco de plata, blanco de zinc o blanco de estaño

Dureza 2-3 :

Bismutinita (pág. 176) $D = 2$, muy pesada. Color blanco de plata o blanco de zinc, hasta gris plomo, raya gris plomo.

Plata (pág. 161) $D = 2\frac{1}{2}$ -3, muy pesada. En la fractura fresca es blanco de plata y en las superficies viejas con frecuencia obscura, gris pardo, azulado o amarillento. Raya blanco de plata.

Dureza 5 $\frac{1}{2}$ -6 :

Arsenopirita (pág. 182). Bastante pesada. En la fractura fresca es blanco de estaño o de plata, sino blanco amarillenta o grisácea. Raya negro grisácea.

b) Color amarillo oro, amarillo latón, amarillo bronce o rojo cobre

Dureza 2 $\frac{1}{2}$ -3 :

Oro (pág. 160) $D = 2\frac{1}{2}$, muy pesado. Color amarillo oro claro o amarillo mostaza. Raya del mismo color. Maleable y dúctil.

Cobre (pág. 163) $D = 2 \frac{1}{2}$, muy pesado. Color rojo cobre, a menudo manchado de pardo; las superficies viejas están alteradas en cuprita (Cu_2O) de color rojizo o pardo, en malaquita, verde o en azurita azul.

Bornita (pág. 177) $D = 3$, pesada, de color rojo cobre o bronceado en la fractura fresca y de colores iridiscuentes principalmente azules o rojo violeta en las superficies viejas. Raya negra.

Dureza 4 :

Calcopirita (pág. 178), pesada, de color amarillo latón en las superficies frescas, y en las viejas pardusco con iridiscencias azules o rojas. Raya gris verdosa obscura.

Dureza 6-6 $\frac{1}{2}$:

Pirita (pág. 174) pesada, de color amarillo de bronce hasta amarillo oro, raya negro verdoso. Con frecuencia está alterada en limonita o hematita.

c) Color gris plomo, gris plomo rojizo hasta gris acero obscuro

Dureza 1 $\frac{1}{2}$ -3 :

Molibdenita (pág. 166) $D = 1 \frac{1}{2}$, pesada, de color gris plomo o azulado con reflejos rojizos. Raya gris o gris verdosa.

Antimonita (pág. 165) $D = 2$, pesada, de color gris plomo, gris acero o gris azulado obscuro, a veces algo iridisciente. Raya del mismo color.

Galena (pág. 168) $D = 2 \frac{1}{2}$, muy pesada. En las superficies frescas es gris plomo, sino gris azulado. Raya gris.

d) Color gris obscuro, gris acero, azul acero hasta negro de hierro

Dureza $1\frac{1}{2}$ -3 :

Grafito (pág. 156) $D = 1\frac{1}{2}$ -1, liviano, de color gris acero casi negro, es untuoso al tacto y mancha los dedos y el papel.

Pirolusita (pág. 198) $D = 2$ - $2\frac{1}{2}$, pesada, de color gris acero obscuro hasta negro de hierro. Raya negra. Mancha los dedos de negro.

Argentita (pág. 170) $D = 2$ - $2\frac{1}{2}$, muy pesada, su color y su raya son gris plomo negruzco.

Calcosita (pág. 173) $D = 2\frac{1}{2}$ -3, pesada, de color gris obscuro y raya del mismo color.

Enargita (pág. 180) $D = 3$, pesada, de color gris negruzco y raya del mismo color.

Dureza 3- $5\frac{1}{2}$:

Tetraedrita (pág. 181) $D = 3$ -4, pesada, de color obscuro y raya negra o parda.

Blenda (pág. 171) $D = 4$, pesada; de color negro de hierro, gris plomo o gris acero. Raya pardusca muy clara, clivaje casi siempre visible.

Wolframita (pág. 224) $D = 5\frac{1}{2}$, muy pesada; de color negro de acero, negro pardusco o pardo algo rojizo. Raya casi negra o pardo rojo obscura. A menudo en tablas gruesas, y con clivaje bien visible.

Dureza $5\frac{1}{2}$ y más :

Magnetita (pág. 199) $D = 5\frac{1}{2}$ - $6\frac{1}{2}$, pesada; de color negro o gris de acero y raya negra. Magnética.

Hematita (pág. 192) $D = 5\frac{1}{2}$ - $6\frac{1}{2}$, pesada, color gris acero obscuro, a veces superficialmente iridiscente y raya rojo pardo.

Casiterita (pág. 194) $D = 6 \frac{1}{2}$, muy pesada, color negro de hierro y raya amarillenta.

II. MINERALES DE BRILLO NO METÁLICO

a) Negros, negro grisáceos, negro azulados, negro verdosos o negro parduscos

Dureza $1-6 \frac{1}{2}$:

Grafito (pág. 156) $D = \frac{1}{2}-1$, liviano, con brillo medio metálico o mate, color negro de hierro hasta negro de acero; mancha los dedos y el papel.

Asfalto (pág. 279) $D = 1-2$, liviano, con brillo vítreo. Color negro de terciopelo o negro pardusco. Raya negro pardusca. Compacto, terroso y a veces pegajoso.

Antracita (pág. 284) $D = 2-2 \frac{1}{2}$, muy liviana. Brillo semi-metálico. Color y raya hasta negro pardusco. Compacta.

Hulla (pág. 283) $D = 2 \frac{1}{2}$, liviana. Brillo vítreo o graso. Color negro o negro pardusco. Con textura estratificada.

Biotita (pág. 261) $D = 2 \frac{1}{3}$, liviana, en hojas de clivaje elásticas y flexibles, de color negro pardusco o verdoso y de brillo vítreo.

Clorita (pág. 262) $D = 1-2 \frac{1}{2}$, liviana, y como la biotita se presenta en láminas de clivaje flexibles pero no elásticas, de brillo vítreo y de color verde negruzco. Raya verde obscuro.

Pirolusita (pág. 198) $D = 2-2 \frac{1}{3}$, pesada, de brillo medio metálico o común, color gris acero obscuro hasta negro de hierro, raya negra; a veces es friable y mancha los dedos.

Uraninita (pág. 229) $D = 4-6$, muy pesada, con brillo resinoso o graso, color negro de pez, raya verde oscura hasta pardusca.

Calcita (pág. 202) $D = 3$, liviana. Mate y generalmente en agregados granulados finos formando los calcáreos compactos negros.

Blenda (pág. 171) $D = 4$, pesada, de brillo adamantino, color negro pardusco hasta pardo, raya pardo muy clara.

Magnetita (pág. 199) $D = 5 \frac{1}{2}-6 \frac{1}{2}$, pesada de brillo semi-metálico o común, color negro o gris de acero, raya negra. Magnética.

Hematita (pág. 192) $D = 5 \frac{1}{2}-6 \frac{1}{2}$. Pesada, de brillo semi-metálico, color gris acero obscuro y raya rojo sangre, rojo cereza, o rojo pardo.

Limonita (pág. 197) $D = 5 \frac{1}{2}$, pesada, de brillo medio metálico, color negro pardusco, raya pardo amarillenta.

Psilomelano (pág. 195) duro, pesado, de brillo medio metálico, color y raya negro o negro azulado. Es frecuente el agregado fibroso radiado.

Wolframita (pág. 224) $D = 5 \frac{1}{2}$, muy pesada, de brillo adamantino o graso, color negro o pardo negruzco y raya negro pardusca. Clivaje visible.

Augita (pág. 242) dura, liviana y negra, de brillo vítreo o mate. Siempre en rocas y en general en cristales cortos.

Hornblenda (pág. 245) dura, liviana, negro verdosa. Brillo vítreo o mate. Generalmente en rocas o formando rocas.

Dureza $6 \frac{1}{2}-10$:

Casiterita (pág. 194) $D = 6 \frac{1}{2}$, muy pesada, de brillo vítreo, de color negro o negro pardusco, raya clara.

Turmalina (pág. 253) $D = 7$, liviana de brillo vítreo, color negro profundo. Los cristales son estriados longitudinalmente.

Calcedonia (pág. 187) $D = 7$, liviana, negra, de brillo de cera o mate: *lidita*.

b) Color pardo, pardo amarillento, pardo clavo de olor, pardo humo o pardo rojo

Dureza $1-2\frac{1}{2}$:

Asfalto (pág. 279). Blando y liviano, de brillo vítreo, color pardo obscuro hasta negro de pez, raya negro pardusca, y fractura concoidal. Con olor bituminoso.

Lignito (pág. 282) blando, liviano, mate, pardo obscuro casi negro o pardo más claro, generalmente estratificado y con estructura vegetal.

Mica (pág. 259) $D = 2\frac{1}{2}$, liviana; en hojas de clivaje elásticas, flexibles, con brillo vítreo, color pardo claro (muscovita) o pardo obscuro (biotita).

Dureza $2\frac{1}{2}-6\frac{1}{2}$:

Vanadinita (pág. 233) $D = 3\frac{1}{2}$, muy pesada, de brillo resinoso, color pardo rojizo, raya amarillenta. Casi siempre en agujas, o en agregados fibrosos.

Piromorfita (pág. 232) o *mimetesita* (pág. 233) $D = 3\frac{1}{2}$, muy pesada, de brillo adamantino o graso y color pardo verdoso o amarillento.

Descloizita (pág. 235) $D = 3\frac{1}{2}$, muy pesada, con brillo vítreo vivo, color pardo rojo.

Blenda (pág. 171) $D = 4$, pesada, de brillo adamantino, color pardo en todos los tonos, raya pardo clara. Clivaje casi siempre bien visible.

Hematita (pág. 192) $D = 5\frac{1}{2}-6\frac{1}{2}$, pesada, de brillo me-

dio metálico o común color pardo rojo, raya rojo cereza.

Limonita (pág. 197) $D = 3$ o más, o menos, pesada, de brillo medio metálico o común, color pardo, raya pardo amarillenta.

Dureza $4\frac{1}{2}$ - $5\frac{1}{2}$:

Scheelita (pág. 226) $D = 4\frac{1}{2}$, muy pesada, de brillo adamantino o graso, color pardo amarillento, a veces algo rojizo, raya casi blanca o blanca.

Triplita (pág. 234) $D = 4$ - $5\frac{1}{2}$, liviana, de brillo resinoso, color pardo o pardo negro y raya amarilla o gris parda.

Wolframita (pág. 224) $D = 5\frac{1}{2}$, muy pesada; color negro pardusco o pardo rojizo, raya negro pardusca, de brillo graso o adamantino. Clivaje visible.

Uraninita (pág. 229) $D = 4$ - 6 , muy pesada, de brillo graso o resinoso, color pardusco raya verde oscura hasta negro pardusca.

Dialaga (pág. 243) $D = 6$, liviana, de brillo casi metálico, color pardo de clavo. En rocas (gabbros) y raras veces en cristales perfectos.

Augita (pág. 242) $D = 6$, liviana, de brillo vítreo, color pardo negro.

Hornblenda (pág. 245) $D = 6$, liviana, con brillo vítreo, color pardo. Se encuentra generalmente en rocas volcánicas.

Titanita (pág. 237) $D = 5\frac{1}{2}$, liviana, de brillo adamantino o resinoso, color pardo, pardo amarillento, pardo verdoso, pardo obscuro, raya incolora. En rocas eruptivas o metamórficas.

Psilomelano (pág. 195) duro, pesado, con brillo medio metálico, color pardo casi negro, raya pardo oscura o negra.

Dureza 6 1/2-10 :

- Vesuvianita* (pág. 257) $D = 6 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo vítreo, color pardo o pardo verdoso, raya casi blanca, generalmente en rocas metamórficas.
- Casiterita* (pág. 194) $D = 6 \frac{1}{2}$, muy pesada, con brillo vítreo, color pardo rojizo o amarillento, hasta incolora o amarillo cuero claro.
- Calcedonia* (*jaspe*, pág. 187) $D = 7$, liviana, con brillo de cera, ligeramente translúcida, en los bordes, color pardo.
- Cuarzo ahumado* (pág. 185) $D = 7$, liviano, de brillo vítreo en las caras de cristal y graso en superficies de fractura, color pardo claro u obscuro, transparente o translúcido.
- Turmalina* (pág. 253) $D = 7$, liviana con brillo vítreo, color pardo claro u obscuro, cristales estriados longitudinalmente.
- Zircón* (pág. 258) $D = 7 \frac{1}{2}$, pesado, con brillo vivo adamantino o mate, color pardo claro, pardo amarillento o pardo rojizo, raya casi blanca.

c) Color rosa hasta rojo sangre

Dureza 2-6 1/2 :

- Cinabrio* (pág. 172) $D = 2$, muy pesado, de brillo adamantino o mate, color rojo de cochinilla o rojo escarlata, a veces tirando a gris plomo o negruzco, raya rojo escarlata.
- Carnallita* (pág. 218) Blanda, muy liviana, con brillo húmedo, transparente o translúcida, color rosado o rojizo, raya casi blanca.
- Yeso* (pág. 221) $D = 2$, liviano, con brillo adamantino o

sacaroide, color rojo sangre o rosado, raya casi blanca.

Calcita (pág. 202) $D = 3$, liviana, mate o con brillo vítreo, color rosado, o rojizo. Generalmente en agregados granulosos formando mármoles.

Anhidrita (pág. 220) $D = 3.3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo nacarado, a veces vítreo o graso, de color rojizo o rojo ladrillo, raya blanca.

Mimetesita (pág. 233) $D = 3 \frac{1}{2}$, muy pesada, con brillo adamantino o graso, color rojo anaranjado.

Vanadinita (pág. 233) $D = 3 \frac{1}{2}$, muy pesada, con brillo resinoso, color rojo rubí o rojo amarillento.

Wulfenita (pág. 227) $D = 3$, muy pesada, con brillo adamantino o resinoso, color rojo o rojo anaranjado.

Fluorita (pág. 215) $D = 4$, pesada, con brillo vítreo, color rosado, raya blanca.

Zeolitas (pág. 270) $D = 3 \frac{1}{2} - 5 \frac{1}{2}$, livianas, con brillo vítreo o nacarado, color rojo o rosado.

Apatita (pág. 230) $D = 5$, liviana, con brillo vítreo o resinoso, color rosa hasta rojo, raya blanca.

Hematita (pág. 192) $D = 5 \frac{1}{2} - 6 \frac{1}{2}$, pesada, con brillo medio metálico o mate, color rojo ladrillo, raya roja; generalmente en agregados pulverulentos o flojos, o compactos, fibrosos o fibroso-radiados.

Ortosa (pág. 246) $D = 6$, liviana, con brillo vítreo, color rojo amarillento o rojo carne, con 2 clivajes fáciles y perfectos perpendiculares entre sí.

Microclino (pág. 246) $D = 6$, liviano, con brillo vítreo, color rosa, rojo carne o rojo obscuro, con dos clivajes fáciles y perfectos pero no perpendiculares entre sí.

Oligoclasa (pág. 250) $D = 6$, liviana, con brillo vítreo, color rojo o rosado, semejante al microclino, pero con estriación de maclas polisintéticas, clivaje como los del microclino.

Dureza 6 1/2-10 :

- Cuarzo rosado* (pág. 184) $D = 7$, liviano, con brillo graso color rosado o rojo obscuro.
- Calcedonia (carneola)* translúcida, *jaspe rojo*, opaco y *heliotropo*, con manchas rojo sangre) (pág. 187) $D = 7$, liviana, con brillo de cera, color rojo o rojizo.
- Granate* (pág. 250) $D = 6 \frac{1}{2} - 7 \frac{1}{2}$, liviano, con brillo vítreo, color rojo jacinto, rojo sangre, rojo violeta, rojo amarillento.
- Turmalina* (pág. 253) $D = 7$, liviana, con brillo vítreo, color rosa, raya blanca, cristales estriados longitudinalmente.
- Zircón* (pág. 258) $D = 7 \frac{1}{2}$, pesado, con brillo vivo adamantino, color rojo jacinto.
- Corindón* (pág. 190) $D = 9$, liviano, con brillo vivo adamantino, color rojo rubí.
- Berilo* (pág. 252) $D = 7 \frac{1}{2}$, liviano, con brillo vítreo, color rosa.
- Opalo* (pág. 189) $D = 5 \frac{1}{2} - 6 \frac{1}{2}$, liviano, con brillo de cera, color rosado o rojo.

d) Color azul hasta violeta

Dureza 2-4 :

- Sylvita* (pág. 214) $D = 2$, muy liviana, con brillo vítreo, color azulado claro. Sabor desagradable.
- Halita* (pág. 212) $D = 2 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo vítreo, color azulado claro. Sabor salado.
- Yeso* (pág. 221) $D = 2$, liviano, con brillo vítreo, nacarado o sacaroide, color azulado.
- Bórax* (pág. 201) $D = 2 \frac{1}{2}$, muy liviano, con brillo vítreo, resinoso o mate, color azulado claro.
- Anhidrita* (pág. 220) $D = 3 - 3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo naca-

rado, vítreo o sacaroide, color azul pálido o azul violáceo.

Azurita (pág. 210) $D = 3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo vítreo, o mate, color azul intenso, raya más clara.

Fluorita (pág. 215) $D = 4$, pesada, con brillo vítreo, color azul claro u obscuro o violeta, raya blanca.

Baritina (pág. 219) $D = 3$, pesada, con brillo vítreo, color azul claro o pardusco.

Calcita (pág. 202) $D = 3$, liviana, con brillo vítreo o sacaroide, color azul pálido, raya blanca.

Dureza 5-6 $\frac{1}{2}$:

Apatita (pág. 230) $D = 5$, liviana, con brillo vítreo o resinoso, color azulado o violeta.

Opalo (pág. 189) $D = 5 \frac{1}{2}$ - $6 \frac{1}{2}$, liviano, con brillo de cera o mate, color azulado opalescente.

Labradorita (pág. 250) $D = 6$, liviana, con brillo vítreo, color azulado iridiscente.

Dureza 6 $\frac{1}{2}$ -10:

Cuarzo (pág. 184) $D = 7$, liviano, con brillo vítreo o graso, color azul (*cuarzo azulado o zafirino*) o violeta (*amartista*), transparente o translúcido.

Berilo (pág. 252) $D = 7 \frac{1}{2}$, liviano, con brillo adamantino, color azul claro (*aguamarina*), transparente o translúcido.

Turmalina (pág. 253) $D = 7$, liviana, con brillo adamantino o vítreo, color azul claro o azul negruzco, los cristales están estriados longitudinalmente.

Topacio (pág. 255) $D = 8$, liviano, de brillo adamantino, color azul claro.

Corindón (pág. 190) *zafiro*. $D = 9$, liviano, de brillo adamantino, color celeste hasta azul intenso.

e) Color verde claro, verde, negro verdoso

Dureza 1-10 :

Talco (pág. 265) $D = 1$, liviano, con brillo sedoso o mate, tacto untuoso, con clivaje laminar o sino en agregados compactos, color verde manzana.

Clorita (pág. 262) $D = 2 \frac{1}{2}$, muy liviana, en láminas de clivaje de brillo vítreo, flexibles, pero no elásticas, de color verde azulado, verde negruzco o verde puerro.

Malaquita (pág. 209) $D = 3 \frac{1}{2}$, algo pesada, con brillo adamantino, vítreo, sedoso o mate, color verde esmeralda.

Atacamita (pág. 217) $D = 3-3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo adamantino o vítreo, color verde esmeralda o verde obscuro raya verde profundo.

Serpentina (pág. 263) $D = 3-4$, liviana, casi mate, desde verde amarillo hasta verde negruzco. A veces en agregados fibrosos (*crisotilo, amianto, asbesto*).

Piromorfita (pág. 232) $D = 3 \frac{1}{2}$, muy pesada, con brillo adamantino o graso, color verde.

Fluorita (pág. 215) $D = 4$, pesada, de brillo vítreo, color verde claro, raya blanca.

Calcita (pág. 202) $D = 3$, liviana, de brillo algo vítreo o mate, color verde, generalmente en agregados granulados formando mármol verde.

Apatita (pág. 230) $D = 5$, liviana, de brillo vítreo o resinoso, color verde claro, raya blanca.

Diópsido (págs. 241 y 247) $D = 6$, liviano, de brillo vítreo, color verde claro u obscuro. Generalmente en grietas de rocas serpentinosas.

Dialaga (pág. 243) $D = 6$, liviana, de brillo vítreo, color verde grisáceo. Generalmente en gabbros

- Augitas alcalinas* (pág. 241) $D = 6$, livianas, de brillo vítreo, color verde obscuro. Generalmente en rocas eruptivas alcalinas.
- Jadeíta* (pág. 242) $D = 6$, liviana, casi mate, de color verde, hasta verde negruzco.
- Actinolita* (pág. 246) $D = 6$, liviana, de brillo vítreo, color verde azulado pálido o verde botella obscuro. En cristales alargados y a veces en agregados radiados.
- Titanita* (pág. 237) $D = 5 \frac{1}{2}$, liviana, de brillo adamantino o resinoso, color verde claro, raya incolora.
- Ortosa* (amazonita o piedra de las amazonas) (pág. 246) $D = 6$, liviana, de brillo vítreo, color verde claro vivo.
- Plagioclasas* (pág. 248) $D = 6$, livianas, de brillo vítreo, color verde claro iridiscente.
- Olivina* (pág. 238) $D = 7$, liviana, de brillo vítreo transparente o translúcida, color verde amarillo claro hasta verde oliva obscuro.
- Vesuvianita* (pág. 257) $D = 6 \frac{1}{3}$, liviana, de brillo vítreo, color verde o verde pardusco.
- Epidotos ferríferos* (pág. 268) $D = 6-7$, livianos, de brillo vítreo, color verde oliva hasta verde obscuro o verde pistacho.
- Calcedonia* (pág. 187) $D = 7$, liviana, de brillo de cera, color verde obscuro (*plasma*) o verde manzana (*crisoprasa*).
- Turmalina* (pág. 253) $D = 7$, liviana, de brillo vítreo, color verde en distintos tonos, pero claros. Cristales estriados longitudinalmente.
- Berilo (esmeralda)* (pág. 252) $D = 7 \frac{1}{2}$, liviano, con brillo vítreo, transparente o translúcido y color verde esmeralda en todos los tonos. También mucho menos brillante, con brillo casi resinoso, mate, opaco, en

cristales de fácil fractura transversal y color verde claro manchado.

f) Amarillos

Azufre (pág. 158) $D = 2$, liviano, frágil, con brillo vivo adamantino o resinoso, color amarillo limón o amarillo pardo.

Halita (pág. 212) $D = 2$, liviana, con brillo vítreo, color amarillo algo rojizo. Sabor salado.

Baritina (pág. 219) $D = 3$, pesada, con brillo vítreo transparente o translúcida, color amarillo claro o amarillo vivo, raya blanca.

Vanadinita (pág. 233) $D = 3 \frac{1}{2}$, muy pesada, con brillo resinoso, color amarillo claro, amarillo pardo o amarillo paja, raya blanca.

Wulfenita (pág. 227) $D = 3$, muy pesada, con brillo vivo adamantino o resinoso, color amarillo o blanco amarillento.

Mimetesita (pág. 233) $D = 3 \frac{1}{2}$, muy pesada, con brillo adamantino o graso, color amarillo o amarillo pardo.

Fluorita (pág. 215) $D = 4$, pesada, con brillo vítreo, color amarillo claro, raya blanca.

Aragonita (pág. 207) $D = 3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo vítreo o casi mate, color amarillo verdoso o amarillo pálido, raya blanca.

Dolomita (pág. 205) $D = 3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo vítreo o mate, color amarillo pálido o amarillo ocre, raya casi blanca o blanca.

Calcita (pág. 202) $D = 3$, liviana, con brillo vítreo o casi mate, color amarillo en distintos tonos. Generalmente en agregados granulados formando mármoles.

Blenda (pág. 171) $D = 4$, pesada, con brillo adamantino

o vítreo, color amarillo claro o amarillo pardo o verdoso, raya casi blanca.

Limonita (pág. 197) $D = 3$ ó más, o menos, pesada o liviana si el agregado es flojo, poroso o terroso; casi mate o mate, color amarillo pardo o amarillo ocre.

Apatita (pág. 230) $D = 5$, liviana, con brillo adamantino o resinoso, color amarillo claro.

Scheelita (pág. 226) $D = 4 \frac{1}{2}$, muy pesada, de brillo vivo adamantino o graso, color amarillo pálido o amarillo grisáceo, raya blanca.

Titanita (pág. 237) $D = 5 \frac{1}{2}$, liviana, de brillo adamantino o resinoso, color amarillo o amarillo pardusco y a veces tirando a verde.

Epidoto pobre de hierro (pág. 268) $D = 6-7$, liviano, de brillo vítreo, color amarillo verdoso.

Cuarzo (cuarzo citrino o falso topacio, pág. 185) $D = 7$, liviano de brillo vítreo o graso, color amarillo topacio, transparente o translúcido.

Zircón (pág. 258) $D = 7 \frac{1}{2}$, pesado, de brillo vivo adamantino, transparente o translúcido, color amarillento.

Topacio (pág. 255) $D = 8$, liviano, de brillo adamantino vivo, transparente o translúcido, color amarillo claro hasta amarillo rojizo.

Oasiterita (pág. 194) $D = 6 \frac{1}{2}$, muy pesada, brillo vítreo o adamantino color amarillento.

g) Blancos, gris claro, gris amarillento claro, muy débilmente colorados o incoloros

Talco (pág. 265) $D = 1$, liviano, de brillo algo nacarado, sedoso o mate y untuoso al tacto, color blanco a veces tirando a verde o amarillo. En láminas flexibles, pero

- no elásticas, o en agregados compactos fácilmente friables.
- Kaolinita* (pág. 266) $D = 1$, liviano, con brillo nacarado o mate, no es sedoso ni untuoso al tacto, color blanco o de colores muy claros por impurezas, a veces en agregados terrosos pulverulentos y blancos.
- Ulexita o boronatrocalcita* (pág. 200) $D = 1$, muy liviana, de brillo sedoso, color blanco. Generalmente en masas redondeadas de textura afieltrada.
- Yeso* (pág. 221) $D = 2$, liviano, de brillo vítreo o nacarado, transparente, translúcido u opaco incoloro o de color blanco puro o algo rosado. En agregados espáticos o granulosos.
- Muscovita* (pág. 260) $D = 2 \frac{1}{2}$, liviana, en láminas de clivaje de brillo vítreo, incoloras, transparentes, flexibles y elásticas.
- Bórax* (pág. 201) $D = 2 \frac{1}{2}$, liviano, de brillo vítreo, resinoso o mate, translúcido a veces, color blanco o blanco grisáceo.
- Halita* (pág. 212) $D = 2$, liviana, con brillo vítreo, transparente o translúcida, incolora, blanca o de colores muy pálidos, principalmente rosado. Sabor salado.
- Sylvita* (pág. 214) $D = 2$, muy liviana, con brillo vítreo, incolora o blanca, y transparente o translúcida.
- Nitratina* (pág. 211) $D = 1 \frac{1}{2}$ -2, liviana, brillo vítreo, transparente o translúcida, incolora o de colores pálidos.
- Asbesto o amianto* (pág. 264), dureza variable, generalmente muy blando, liviano, blanco o de colores claros; en agregados fibrosos, cuyas fibras pueden separarse fácilmente con la mano, o en agregados flojos o pulverulentos.
- Carnallita* (pág. 218) $D = 2$, muy liviana, con brillo vítreo, un poco graso, incolora o blanca como leche.

Dureza 2 1/2-4 1/2 :

Calcita (pág. 202) $D = 3$, liviana, con brillo vítreo o nacarado, incolora o blanca, o de colores muy claros. En cristales o agregados espáticos transparentes, translúcidos u opacos o en agregados granulosos.

Dolomita (pág. 205) Muy parecida a calcita.

Anhidrita (pág. 220) $D = 3-3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo vítreo o graso, blanca o ligeramente azulada o rojiza.

Baritina (pág. 219) $D = 3$, pesada, con brillo vítreo, incolora, blanca o ligeramente colorada.

Aragonita (pág. 207) $D = 3 \frac{1}{2}$, liviana, con brillo vítreo, incolora, blanca.

Oriolita (pág. 216) $D = 2 \frac{1}{2}-3$, liviana, con brillo húmedo, transparente o translúcida, blanca y con aspecto de hielo.

Fluorita (pág. 215) $D = 4$, pesada, brillo vítreo, transparente o translúcida, incolora o blanca. Clivaje bien visible.

Dureza mayor que 4 1/2 :

Calamina (pág. 271) $D = 4 \frac{1}{2}-5$, liviana, con brillo vítreo, incolora o de colores claros, amarillo, verde, rojizo, casi siempre en agregados cristalinos granulosos.

Wollastonita (pág. 241) $D = 6$, liviana, de brillo sedoso, comúnmente en agregados fibrosos y fibroso radiados, blanca.

Apatita (pág. 230) $D = 5$, liviana, brillo vítreo resinoso, transparente o translúcida, incolora o blanquecina.

Zeolitas (pág. 270) $D = 3 \frac{1}{2}-5 \frac{1}{2}$, livianas, de brillo vítreo o nacarado, blancas.

Opalo (pág. 189) $D = 5 \frac{1}{2}-6 \frac{1}{2}$, liviano, con brillo vítreo débil o céreo, incoloro transparente (*hialita*) o blanco con brillo nacarado o céreo (*fiorita*, *ópalo común*).

Ortosa (pág. 246) $D = 6$, liviana, con brillo vítreo o nacarado, transparente (*sanidina*), translúcida u opaca, blanca con reflejos de luz de luna (*pedra de luna*), o con brillo vítreo y tintes muy claros. Con dos clivajes perfectos perpendiculares entre sí.

Microclino y *plagioclasas* (págs. 246 y 248) $D = 6$, livianos, con brillo vítreo, blancos o de colores pálidos.

Cuarzo (pág. 184) $D = 7$, liviano, con brillo vítreo o graso, transparente u opaco, incoloro o blanco.

Topacio (pag. 255) $D = 8$, liviano, con brillo vivo adamantino, transparente o translúcido, incoloro o amarillo muy pálido.

Corindón (*zafiro blanco*, pág. 190) $D = 9$, liviano, con brillo vivo, adamantino, transparente, incoloro.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, H., *Combustibles sólidos de la República Argentina*, en *Boletín n° 12*, serie D, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1920.
- ALOISI, P. J., *I minerali delle rocce e la loro determinazione per mezzo del microscopio*, Milano, 1929.
- ARTINI, E., *Lezione de mineralogia e materiali da costruzione*, Milano, 1920.
- *I minerali*, terza edizione riveduta e ampliata, Milano, 1920.
- BARKER, T. V., *Graphical and tabular methods in crystallography*, London, 1922.
- BERNABÉ, J. F., *Los yacimientos de la Puna de Atacama*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, Sección Geología, Hidrología y Minería, tomo X, n° 5, Buenos Aires, 1915.
- BECK-BERG, *Abriss der Lehre von den Erzlagerstätten*, Berlin, 1922.
- BEDER, R., *Los yacimientos minerales de la República Argentina relacionados con las rocas ígneas de las diferentes épocas geológicas*, en *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba*, año XIV, n°s 1-2, 1927.
- *Breve recopilación de los yacimientos de materias explotables de la República Argentina*, en *Boletín n° 26*, sección B, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1921.
- *Informe sobre estudios geológico-económicos de la provincia de Catamarca*, en *Boletín n° 31*, serie B, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1922.
- *Las concreciones de mineral de manganeso en los estratos del terciario subandino de Puerta Quemada, departamento de Burruyacú (provincia de Tucumán)*, en *Publicación n° 16*, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1928.
- *Los yacimientos de mineral de plomo en el departamento de Yavi, en la provincia de Jujuy*, en *Publicación n° 38*, de la Direc-

Burruyacú

ción General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1928.

- *Las vetas con magnetita (martita) y las de wolframita de la pendiente occidental del Cerro del Morro (provincia de San Luis)*, en *Boletín n° 3*, serie B, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1913.
- *Los yacimientos de minerales de Wolfram en la República Argentina*, en *Boletín n° 12*, serie B, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1916.
- *Los filones de fluorita en la Quebrada del Río Seco, Departamento Chacabuco (provincia de San Luis); El yacimiento de mineral de tungsteno « Los avestruces », Departamento de San Martín (provincia de San Luis); Sobre la presencia de nitratos cerca de Ojo de Agua, Departamento de Minas (provincia de Córdoba)*, en *Boletín n° 6*, serie F, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1922.
- *Informe sobre la existencia de mineral de hierro en los alrededores de Potrerillos y Cacheuta en la provincia de Mendoza*, en *Publicaciones n° 6*, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1925.
- *Algunas observaciones sobre el yacimiento de mineral de hierro de la mina Romay, cerca de Albigasta (provincia de Catamarca)*, en *Publicación n° 2*, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1925.
- *Informe sobre un yacimiento de mineral de hierro en la Sierra de Paganzo (La Rioja)*, en *Publicación n° 12*, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1925.

BERTOLIO, S., *Canteras y Minas*, Barcelona, 1922.

BLUMER, E., *Die Erdöllagerstätten. Grundlagen der Petroleum Geologie*, Stuttgart, 1922.

BODENBENDER, GUILLERMO, *Los minerales, su descripción y análisis con especialidad de los existentes en la República Argentina*, Córdoba, 1899.

- *La Sierra de Córdoba. Constitución geológica y productos minerales de aplicación*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo I, n° 2, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires, 1905.

- *Parte meridional de la provincia de La Rioja y regiones limítrofes. Constitución geológica y productos minerales*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo VII, n° 3, sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires, 1912.
 - *El Nevado de Famatina (provincia de La Rioja)*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo XVI, n° 1, sección Geología, Mineralogía y Minería.
 - *Comunicaciones mineras y mineralógicas VI-XIV. VI. Onix-mármol de las provincias de San Luis y Mendoza. VII. Criaderos auríferos de la Rinconada (provincia de Jujuy). VIII. Criaderos de seleniuro de cobre, de sulfuro de cobre y de sulfuro de plata, etc. IX. Casiterita en la provincia de La Rioja. X. Plomo nativo (Jujuy). XI. Rutilo (nigrina) de la Sierra de Córdoba. XII. Ulexita (Boronatrocalcita) de Jujuy. XIII. Smithsonita (carbonato de zinc) de la Sierra de Córdoba. XIV. Aluminita de la provincia de Catamarca*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, tomo XVII, pp. 359-382, 1912.
- BOMBICI-VINASSA, *Mineralogia Generale*, terza edizione, Milano, 1906.
- BONARELLI, GUIDO, *La estructura geológica y los yacimientos petrolíferos del distrito minero de Orán, provincia de Salta*, en *Boletín* n° 9, serie B, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1914.
- *Tierra del Fuego y sus turberas*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, tomo XII, n° 3, sección Geología, Hidrología y Minas, Buenos Aires, 1917.
- CATALANO, L. R., *Yacimientos kaolínicos del Valle de los Sauces (La Rioja)*, en *Publicación* n° 22, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1916.
- *Geología económica de los yacimientos de boratos y materiales de las cuencas, Salar Cauchari, Puna de Atacama (territorio de los Andes)*, en *Publicación* n° 3, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1926.
- CREVALIER, A., *Exercices de cristallographie*, Paris, 1898.
- D'ACHIARDI, G., *Guida al corso di mineralogia*, Pisa, 1910.
- DANA, J. D., *The System of Mineralogy*, New York, 1920.
- DELÉTANG, L., *Contribución al estudio de las Salinas Argentinas. La*

- salina del Bebedero y sus relaciones con el sistema hidrográfico Andino o del Desaguadero*, en *Publicaciones n° 47*, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1929.
- División General de Minas, Geología e Hidrología : Sección Minas. Inspección y Estadística Minera. *Planos de los distritos mineros existentes en la República Argentina*. Escala : 1 : 2.500.000, Buenos Aires, 1907.
- DUPARC, L., ET MONIER, A., *Technique minéralogique et pétrographique*, Leipzig, 1913.
- Estadística del petróleo en la República Argentina durante el año 1928 y otros datos mineros*, en *Publicación n° 49*, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1929.
- EVALD, P. P., *Kristalle und Röntgenstrahlen*, Berlin, 1923.
- FREIBERG, B. VON, *Observaciones geológicas en la región de las ágatas de la Sierra Geral (Rio Grande do Sul, Brasil)*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de la República Argentina*, tomo XXX, pp. 129-170, Córdoba, 1927.
- GOLDSCHMIDT, V., *Kristallographische Winkeltabellen*, Berlin, 1897.
- GROTH, P. VON UND MIELEITNER, K., *Mineralogische Tabellen*, Munchen und Berlin, 1921.
- GROTH, P. VON, *Elemente der physikalischen und chemischen Kristallographie*, Munchen und Berlin, 1921.
- JOHANNSEN, A., *Manual of petrographic methods*.
- HOLMES, A., *Petographic methods and calculations*, London, 1923.
- KLOCKMANN, F., *Lehrbuch der mineralogie*, 9 und 10, Auflage, Stuttgart, 1923.
- KURG, C., *Lötrohrprobierkunde*, Berlin, 1925.
- LINK, G., *Grundriss der Kristallographie*, Jena, 1925.
- MANNUCCI, U., *Le pietri preziose*, Milano, 1911 (M. Hoepli).
- MICHEL LEVY, A., ET LACROIX, A., *Les Mineraux des Roches*, Paris, 1888.
- MIERS, H., *Manuel pratique de minéralogie*, Paris et Liége, 1906.
- NIGGLI, PAUL, *Tabellen zur allgemeinen und speziellen mineralogie*, Berlín, 1927.
- *Lehrbuch der mineralogie*. 1, *Allgemeinen mineralogie* ; 2, *Speziellen mineralogie*. *Zweite Auflage*, Berlin, 1924.
- PASTORE, F., *Informe geológico preliminar sobre el yacimiento de mag-*

- netita de la mina Sarmiento, región de Characate (Sierra de Córdoba), en Publicación n° 10, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1925.*
- *Minería, en Revista del Centro Estudiantes de Ingeniería, año XVII, n°s 230 y 231, Buenos Aires, 1921.*
- RASSMUSS, J. E., *Geología de los yacimientos de carbón en la República Argentina, en Boletín n° 23, serie B, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1920.*
- *El desarrollo de la industria petrolífera argentina y su importancia en la economía mundial, en Revista Economía Argentina, Buenos Aires, 1922.*
- REICHERT, F., *Los yacimientos de borato y otros productos minerales explotables del territorio de Los Andes (Puna de Atacama), en Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Minas, Geología e Hidrología, tomo II, n° 2, Buenos Aires, 1906.*
- RINNE, F., *Einführung in die kristallographische Formenlehre und elementare Anteilung zu kristallographisch-optischen sowie röntgenographischen Untersuchungen, Leipzig, 1922.*
- *Das feinbaulichen Wesen der Materie nach dem Vorbilde der Kristalle, Berlin, 1922.*
- SOBRAL, J. M., *La mina aurífera de San Román, Departamento de Tupungato (provincia de Mendoza), en Publicación n° 43, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1928.*
- SCHOENFLIES, A., *Teorie der Kristallstruktur, Berlin 1923.*
- SOMMERFELDT, E., *Praktikum der experimentellen mineralogie, Berlin, 1911.*
- STAPPENBECK, R., *Los yacimientos de minerales y rocas de aplicación de la República Argentina, en Boletín n° 19, serie B, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1918.*
- STELZNER, A., *Beiträge zur Geologie und Palaentologie der Argentinischen Republik, Berlin, 1885.*
- TSCHERMAK, G., *Lehrbuch der Mineralogie, Viena y Leipzig, 1915.*
- TUTTON, A. E. H., *The Natural History of Crystals, London, 1924.*
- *Crystallography and Practical Crystal Measurement, London, 1922.*
- VIOLA, C., *Trattato di Cristallografia, Milano, 1900.*

WINDHAUSEN, A., *Líneas generales de la constitución geológica de la región situada al oeste del golfo de San Jorge*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*, tomo XXVII, 1924.

WÜLFING, E. A., *Die 32 kristallographischen Symmetrieklassen und ihre einfachen Formen*, Berlin, 1924.

WALLERANT, F., *Traité de Minéralogie*, Paris, 1891.

WEINSCHENK, E., *Die gesteinsbildenden Mineralien. Dritte umgearbeitete Auflage*, Freiburg, 1915.

Consúltense también las revistas *Minería* e *Informaciones Petroleras* publicada por Y. P. F.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

INDICE ALFABETICO

- Actinolita, 246.
 Adularia, 247.
 Agalmatolita, 266.
 Agata, 188.
 Agregados cristalinos, 76.
 Agr. crist. bacilares, 77.
 » compactos, 77.
 » escamosos, 77.
 » espáticos, 77.
 » esponjosos, 77.
 » fibrosos, 77.
 » flojos, 77.
 » granulados, 77.
 » laminares, 77.
 » porosos, 77.
 » pulverulentos, 77.
 » terrosos, 77.
 Aguamarina, 252, 253.
 Albertita, 277.
 Albita, 49, 74, 75, 246, 249, 250.
 Alejandrita, 92.
 Almandino, 251.
 Alochromático, 93.
 Amatista, 185.
 Amatista oriental, 191.
 Amazonita, 248.
 Ambar, 280.
 Amianto, 246, 264.
 Analeima, 271.
 Andalucita, 110, 145.
 Andesina, 249, 250.
 Anfiboles, 76, 244.
 » monoclinicos, 245.
 » rómbicos, 244.
 » triclinicos, 244.
 Anglesita, 169.
 Angulos diedros, 24.
 Angulos diedros, constancia de los, 24.
 Anhidrita, 142, 220.
 Anisotropía, 12.
 Anortita, 246, 249, 250.
 Anortosa, 49.
 Antimonita, 165.
 Antimoniatos, 230.
 Antigorita, 264.
 Antracita, 284.
 Apatita, 62, 143, 230.
 Apofilita, 271.
 Aragonita, 55, 141, 207.
 Arcilla, 23, 142.
 Argentita, 170.
 Argirosa, 170.
 Aristas, 24.
 Arseniados, 154, 230.
 Arsenopirita, 71, 72, 182.
 Asbestos, 246, 264.
 Asfaltos, 279.
 Asociación de cristales, 70.
 Asociaciones paralelas, 71.

- Asteria, 191.
Atacamita, 217.
Augita, 52, 239, 241, 242.
Aventurina, 186, 250.
Azufre, 158.
Azurita, 210.
- Baritina, 71, 152, 219.
Basanita, 188.
Bastita, 264.
Berilo, 62, 252.
Biotita, 261.
Bipirámides, 46.
 » hexagonales, 61, 62.
 » rómbicas, 55.
 » tetragonales, 57, 58.
 » trigonales, 64.
- Birrefringencia, 85.
Bismutinita, 176.
Bismutina, 176.
Blenda, 17, 110, 171.
Boracita, 99.
Boratos, 200.
Bórax, 201.
Bornita, 177.
Boronatrocacita, 200.
Brillo, 91.
 » adamantino, 91.
 » graso, 91.
 » metálico, 91.
 » nacarado, 92.
 » resinoso, 92.
 » sacaroide, 92.
 » sedoso, 91.
 » vítreo, 91.
- Bronce de cobre, 178.
Broncita, 240.
Bytownita, 249, 250.
- Cacheutita, 184.
Calamina, 271.
Calcantita, 49.
Calcedonia, 187.
Calcita, 11, 13, 15, 18, 25, 72,
 74, 87, 141, 202.
Calcopirita, 178.
Calcosina, 173.
Calcosita, 173.
Calizas, 204.
Caracteres eléctricos, 98.
 » magnéticos, 100.
 » ópticos, 80.
 » térmicos, 96.
- Cara parametral, 34.
 » pinacoidal, 33.
 » piramidal, 33.
 » prismática, 33.
 » unitaria, 34.
- Caras, 24.
Caras, símbolo de las, 36.
Carbonatos, 154, 202.
Carbones, 281.
Carburos de hidrógeno, 273.
Carnallita, 218.
Carneola, 187.
Casiterita, 58, 73, 145, 153, 194.
Centro de simetría, 28.
Cerusita, 209.
Cianita, 49, 110.
Cinabrio, 172.
Citrino, cuarzo, 185.
Clasificación de minerales, 154.
Clases y sistemas de simetría, 30.
Clases de caras, 33.
Clinozoisita, 268, 269.
Clivaje, 102.
Clorita, 262.
Cobre, 163.

- Cobre abigarrado, 177.
» amarillo, 178.
» gris, 181.
» pavonado, 181.
» pinacea, 177.
- Cohesión, 102.
- Color, 92.
- Columbita, 236.
- Combinaciones de los metales con S, Sb, As, Se, Te, Bi, 154, 165.
- Composición química de los minerales, 111.
- Compuestos orgánicos, 155, 272.
- Constancia de los ángulos diedros, 24.
- Corindón, 190.
- Corcho de montaña, 264.
- Cordierita, 145.
- Cornalina, 187.
- Criolita, 216.
- Cristal de roca, 184.
- Cristales, 12.
- Cristales biáxicos, 89.
- Cristales, comportamiento ante la luz, 80.
- Cristales, comportamiento ante el calor, la electricidad y el magnetismo, 96.
- Cristales, crecimiento, 20.
- Cristales, estructura, 15.
- Cristales, imperfección en el crecimiento, 21.
- Cristales, modo de presentarse en la naturaleza, 70, 75.
- Cristales negativos, 89.
- Cristales, origen, 20.
- Cristales positivos, 89.
- Cristales, simetría, 26.
- Cristales uniáxicos, 89.
- Crisoberilo, 92.
- Crisoprasa, 187.
- Crisotilo, 264.
- Cristobalita, 110.
- Cromita, 149.
- Cuarzo, 12, 13, 71, 72, 99, 100, 144, 152, 153, 184.
- Cuarzo ahumado, 185.
- Cuarzo hialino, 185.
- Cuarzo praso, 186.
- Cubo, 67.
- Cuero de montaña, 264.
- Chessylita, 210.
- Descloizita, 235.
- Descripción de los minerales, 154.
- Dialaga, 241, 243.
- Diamante, 18, 22, 155.
- Diópsido, 241, 243.
- Disteno o cianita, 49, 110.
- Dolomita, 141, 205.
- Drusa, 76.
- Dúctil, 102.
- Dureza, 104.
- Egirina, 241, 242.
- Ejes cristalográficos, 31.
- Ejes de simetría, 26.
- Ejes de simetría equivalentes, 27.
- Eje digonal, 27.
» hexagonal, 27.
» tetragonal, 27.
» trigonal, 27.
- Elasticidad, 101.
- Elección del material, 113.
- Elementos nativos, 154, 155.

- Elementos cristalográficos, 35.
» de simetría, 26.
Enargita, 180.
Ensayo de coloración de las perlas, 135.
Ensayo directo del mineral a la llama, 125.
Ensayo en tubo abierto, 131.
Ensayo en tubo cerrado, 128.
Ensayos, 125.
Ensayos sobre el carbón, 132.
» por vía húmeda, 137.
» por vía seca, 125.
» químicos para el reconocimiento de los minerales, 113.
Enstatita, 240.
Epidoto, 76, 268.
Epsomita, 223.
Escala de dureza, 104.
Escala de fusión, 122.
Escalenoedros, 64.
Escapolita, 256.
Esclerómetros, 106.
Esfalerita, 171.
Esfeno, 237.
Esmeralda, 252, 253.
Esmeralda oriental, 191.
Esmeril, 191.
Espato de Islandia, 202, 204.
Espato fluor, 215.
Espato pesado, 219.
Espinelo, 68.
Espodumeno, 241.
Esquistos cristalinos, 147.
Estauroлита, 74.
Esteatita, 266.
Estibnita, 165.
Estilbita, 271.
Estroncianita, 209.
Eucirita, 184.
Eupicroíta, 230.
Falso topacio, 185.
Fayalita, 111, 238.
Feldespatos, 111, 142, 144, 246.
Fiorita, 189.
Flint, 187.
Flores de hierro, 208.
Fluorita, 18, 30, 145, 215.
Forma cristalina, 29.
Formas afiligranadas, 78.
» arborescentes, 78.
» arrañonadas, 78.
» combinadas, 29.
» concrecionadas, 78.
» dendríticas, 78.
» esquelíticas, 20, 21.
» estalactíticas, 78.
» holoédricas, 31.
» laminares, 78.
» mamilares, 78.
» meroédricas, 31.
» símbolo de las, 36.
» simples, 29.
» racimosas, 78.
Fosfatos, 230.
Fosforita, 230, 232.
Forsterita, 111, 238.
Fractura, 102, 103.
» astillosa, 104.
» concoidal, 103.
» desigual, 104.
» ganchuda, 104.
Fractura irregular, 104.
» terrosa, 104.
Frágil, 102.
Francolita, 230.

- Galena, 15, 168.
Galenita, 168.
Génesis de los minerales, 140.
Geoda, 76.
Geyserita, 189.
Goethita, 175.
Goniómetros, 30.
Grafito, 156.
Grahamita, 279.
Granates, 145, 250.
Greisen, 153.
Grosularia, 251, 252.
Grupo de la escapolita, 256.
 » turmalina, 253.
Grupo de las cloritas, 262.
 » micas, 259.
 » zeolitas, 270.
Grupo de los anfíboles, 244.
 » epidotos, 268.
 » feldespatos, 246.
 » granates, 250.
 » piroxenos, 239.
Grupo dimétrico, 41, 56.
 » isométrico, 43, 66.
 » trimétrico, 40, 46.
Grupos y sistemas cristalinos, 37.
Guayacanita, 180.
Halita, 212.
Haloides, 212.
Harina fósil, 189.
Hayesina, 200.
Hedenbergita, 241.
Heliotropo, 187.
Hematita, 65, 151, 192.
Hematita especular, 192.
Hematita micácea, 192.
Hexaquisoetaedro, 70.
Hialita, 189.
Hidrargilita, 112.
Hidróxidos, 184.
Hierro oligisto, 192.
Hipersteno, 240.
Homogeneidad, 12.
Hornblenda, 73, 245.
Humboldtita, 273.
Hulla, 283.
Hulla de llama, 284.
 » grasa, 284.
 » seca, 284.
 » semigrasa, 284.
Icositetraedro, 69.
Ilmenita, 149.
Índice de refracción, 84.
Idiocromáticos, 93.
Índices, 35.
Índices, Ley de la racionalidad
 de los, 35.
Instrumentos y reactivos, 114.
Isomorfismo, 109.
Jacinto de Compostela, 186.
Jadeíta, 241, 242.
Jaspe, 188.
Jaspe de porcelana, 188.
Kaolín, 142, 267.
Kaolinita, 142, 266.
Kiesel-gur, 189.
Labradorita, 249, 250.
Lacolitos, 143.
Lapis colibrinus, 263.
Laterita, 23.
Lasurapatita, 230.
Leucita, 69.
Leptocloritas, 263.

- Ley de la racionalidad de los índices, 35.
Ley de la constancia de los ángulos diedros, 24.
Ley de simetría, 27.
Lidita, 188.
Lignito, 282.
Limonita, 23, 142, 197.
Luz, 80.
» ordinaria, 82.
» polarizada, 82.
- Maclas, 70, 73.
Madera de Montaña, 264.
Magma, 142.
Magnesita, 206.
Magnetita, 143, 145, 149, 151, 199.
Malaquita, 209.
Maleable, 102.
Marcasita, 169.
Mármol, 204.
Melita, 273.
Metamorfismo de contacto, 145.
Mezclas isomorfas, 111.
Metasomática, acción, 151.
Micas, 259.
Microclino, 49, 76, 246, 248.
Mimetesita, 233.
Mirabilita, 224.
Minerales, 11.
Mispiquel, 182.
Molibdenita, 166.
Molibdatos, 224, 227.
Moroxita, 230.
Muscovita, 260.
- Natrolita, 271.
Neumatolisis, 144.
- Nicolita, 62.
Niobatos, 236.
Niquelita, 112.
Nitratina, 211.
Nitrato de Chile, 211.
Nitrato de sodio, 211.
Nitratos, 211.
- Ocre rojo, 192.
Octaedro, 68.
Ofita, 263.
Ojo de gato, 186.
Ojo de tigre, 186.
Oligoclasa, 249, 250.
Olivina, 55, 111, 142, 238.
Onix, 188.
Opalo, 23, 189.
» común, 189.
» de fuego, 189.
» xiloide, 189.
- Oro, 160.
Ortita, 269.
Ortocloritas, 263.
Ortosa, 246, 73, 75.
Ouwarowita, 251, 252.
Oxidos, 184.
Oxidos salinos, 184, 199.
- Paralelepípedo elemental, 16, 19.
Parámetros, 34.
Pecho de paloma, 177.
Pederal, 187.
Peridoto, 238.
Peso, 107.
Petróleos, 273.
Pez blenda, 229.
Piedra de las amazonas, 248.
Piedra de luna, 247.
» de sapo, 266.

- Piedra de sangre, 187.
» fosfórica, 230.
» de espárrago, 230.
» de toque, 188.
» lidia, 188.
- Piemontita, 269.
- Piezocuarzo, 100.
- Piezoelectricidad, 98.
- Pinacoides, 46.
- Pinacoide hexagonal, 60.
» tetragonal, 57.
» trigonal, 63.
- Pinacoides monoclinicos, 50, 51.
» rómbicos, 54, 55.
» triclinicos, 46, 47, 48, 49.
- Pirita, 18, 71, 72, 76, 174.
» arsenical, 182.
» de cobre, 178.
» de hierro, 174.
» magnética, 101, 149.
- Piroelectricidad, 98.
- Piromorfita, 232.
- Pirolusita, 198.
- Piropo, 251.
- Piroxenos, 239.
» augíticos, 241.
» diopsídicos, 241.
» monoclinicos, 241.
» rómbicos, 240.
» triclinicos, 243.
- Pirrotita, 149.
- Pistacita, 268, 269.
- Plagioclasas, 111, 248.
- Pleocroísmo, 94.
- Plano de simetría, 26.
» principal, 27.
» secundario, 27.
- Plata, 161.
- Plata sulfurada, 170.
» vítrea, 170.
- Plasma, 187.
- Platino, 149.
- Plumbagina, 156.
- Policroísmo, 94.
- Polimorfismo, 109.
- Prehnita, 269.
- Prismas, 46.
» hexagonales, 60, 61.
» monoclinicos, 51, 52.
» rómbicos, 55.
» tetragonales, 57.
» trigonales, 63, 64.
- Propiedades físicas, 79.
- Psilomelano, 195.
- Rafaelita, 279.
- Rayo ordinario, 89.
» extraordinario, 89.
- Reacción hepar, 134.
- Redruthita, 173.
- Refracción, Índice de, 84.
- Refracción, 82.
- Rocas, 12.
» abisales, 147.
» eruptivas, 147.
» filomianas, 147.
» ígneas, 144.
» volcánicas, 147.
- Rosicler claro, 163, 170.
» obscuro, 163, 170.
- Rodocrosita, 207.
- Rodonita, 243.
- Rombododecaedro, 67.
- Romboedros, 64.
- Rubí, 191.
- Rutilo, 59, 73, 75.

- Sales de los ácidos orgánicos, 272.
- Sal amarga, 223.
- » gema, 212.
 - » común, 212.
 - » de roca, 212.
 - » de Glauber, 224.
 - » marina, 212.
- Salitre, 211.
- Sanidina, 248.
- Scheelita, 58, 226.
- Selenita, 221.
- Semiópalo, 189.
- Serpentina, 142, 263.
- » fibrosa, 264.
 - » noble, 263, 264.
- Siderita, 206.
- Silex, 187.
- Silicatos, 238.
- Sillimanita, 110.
- Símbolo de las caras, 36
- Símbolo de las formas, 36.
- Simetría de los cristales, 26.
- Sistema cúbico, 66.
- » hexagonal, 59.
 - » rómbico, 53.
 - » monoclinico, 49.
 - » tetragonal, 56.
 - » triclinico, 46.
 - » trigonal, 63.
- Sistemas cristalinos, 37.
- » de simetría, 30.
- Smithsonita, 207.
- Substancias coloidales, 22.
- Substancias vítreas, 21.
- Succinita, 280.
- Sulfatos, 212, 219.
- Sylvina, 214.
- Sylvita, 214.
- Talco, 265.
- Tantalatos, 236.
- Tantalita, 236.
- Tenacidad, 102.
- Tetraedrita, 181.
- Tetraedro, 70.
- Tetraquishexaedro, 68.
- Textura, 77.
- » afieltrada, 77, 78.
 - » bacilar, 77, 78.
 - » escamoso concéntrica, 77, 78.
- Textura escamoso torcida, 77, 78.
- » estrellada, 77, 78.
 - » fibroso confusa, 77, 78.
 - » fibroso paralela, 77, 78.
 - » fibroso radiada, 77, 78.
 - » hojoso escamosa, 77, 78.
- Tinkal, 201.
- Tinkalcita, 200.
- Titanatos, 237.
- Titanita, 52, 143, 237.
- Topacio, 55, 145, 255.
- » del Brasil, 185.
 - » falso, 185.
 - » oriental, 191.
- Transparencia, 92.
- Travertina, 142.
- Tremolita, 245.
- Triaquisoctaedro, 68.
- Tridimita, 110.
- Triplita, 234.
- Tripoli, 190.
- Tungstatos, 224.
- Turba, 282.
- Turmalina, 88, 98, 253.
- Ulexita, 200.
- Umanguita, 184.

- Uranatos, 224, 229.
Uraninita, 229.
Vanadatos, 230.
Vanadinita, 233.
Vértices, 24.
Vesuvianita o vesuviana, 145,
257.
Whewelita, 272.
Witherita, 209.
Wolframatos, 224.
Wolframita, 153, 224.
Wollastonita, 76, 145, 241, 243.
Wülfenita, 227.
Wurtzita, 62, 110.
Yacimientos de contacto, 151.
» de minerales, 140,
145.
Yacimientos generales, 147.
» especiales, 147.
Yacimientos de segregación mag-
mática, 148.
Yacimientos epigenéticos, 148,
151.
Yacimientos filonianos, 151.
» sedimentarios, 150.
» singenéticos, 148.
Yeso, 22, 52, 72, 76, 142, 221.
Zafiro, 190.
» azul, 191.
» blanco, 190.
Zincita, 62.
Zircón, 58, 143, 258.
Zorguita, 184.
Zoisita, 268.
Zeolitas, 270.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

Sutton

5²/₂

Como ferubas vos
con tu elchero a
dano Reason



22

ÍNDICE

ii de la primera !!

ADVERTENCIA	7
ADVERTENCIA A LA SEGUNDA EDICIÓN	9

CAPTULO I GENERALIDADES

I. Minerales y rocas.....	11
II. 1. Cristales, homogeneidad y anisotropía.....	12
2. Estructura de los cristales	15 X
3. Origen y crecimiento. Formas esqueléticas. Substancias vítreas	20 X
4. Imperfección en el crecimiento.....	21
5. Substancias coloidales.....	22

CAPIPULO II PROPIEDADES MORFOLÓGICAS

I. 1. Caras, aristas, vértices.....	24 ✓
2. Constancia de los ángulos diedros.....	24
II. Simetría de los cristales.....	26 X
1. Elementos de simetría	26
2. Formas simples y combinadas.....	29
3. Clases y sistemas de simetría	30
4. Formas holoédricas y meroédricas.....	31
III. 1. Ejes cristalográficos.....	31
2. Clases de caras.....	33
3. Parámetros.....	34
4. Elementos cristalográficos.....	35
5. Índices. Ley de la racionalidad de los índices.....	35
6. Símbolo de las caras y de las formas.....	36

IV. 1. Grupos y sistemas cristalinos.....	37
I. Grupo trimétrico	40
II. Grupo dimétrico	41
III. Grupo isométrico.....	43
2. Grupo trimétrico.....	46
a) Sistema triclínico.....	46
b) Sistema monoclínico.....	49
c) Sistema rómbico.....	53
3. Grupo dimétrico.....	56
a) Sistema tetragonal.....	56
b) Sistema hexagonal.....	59
c) Sistema trigonal.....	63
4. Grupo isométrico. Sistema cúbico	66
V. 1. Asociación de cristales. Maclas	70
2. Modo de presentarse los cristales en la naturaleza.....	75
3. Agregados cristalinos.....	76

CAPITULO III

PROPIEDADES FÍSICAS

I. Comportamiento de los cristales ante la luz.....	80
1. Luz	80
2. Luz ordinaria y luz polarizada.....	82
3. Refracción.....	82
4. Índice de refracción.....	84
5. Birrefringencia	85
6. Cristales uniáxicos y biáxicos positivos y negativos.....	89
7. Brillo.....	91
8. Transparencia	92
9. Color.....	92
10. Pleocroísmo.....	94
II. Comportamiento de los cristales ante el calor, la electricidad y el magnetismo.....	96
1. Caracteres térmicos	96
2. Caracteres eléctricos.....	98
3. Caracteres magnéticos	100
III. 1. Elasticidad.....	101
2. Cohesión, clivaje, fractura, dureza.....	102
IV. Peso.....	107

CAPITULO IV

PROPIEDADES QUÍMICAS

I. 1. Polimorfismo. Isomorfismo	109
2. Composición química de los minerales	111
II. Ensayos químicos para el reconocimiento de los minerales	113
1. Elección del material	113
2. Instrumentos y reactivos	114
3. Ensayos	125
I. Ensayos efectuados calentando el mineral en la llama, con la pinza o el hilo de platino; en tubo abierto o cerrado	125
II. Ensayos sobre el carbón	132
III. Reacción hepar	134
IV. Ensayo de coloración de las perlas	135
V. Ensayos por vía húmeda	137

CAPITULO V

GÉNESIS Y YACIMIENTO DE LOS MINERALES

I. Génesis	140
II. Yacimiento de los minerales	145
Yacimientos singenéticos	148
a) Yacimientos de segregación magmática	148
b) Yacimientos sedimentarios	150
Yacimientos epigenéticos	151
a) Yacimientos de contacto	151
b) Yacimientos filonianos	151

CAPITULO VI

CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES

I. Elementos nativos	155
Diamante	155
Grafito	156
Azufre	158

Oro	160
Plata.....	161
Cobre	163
II. Combinaciones de los metales con S, Se, Te, As, Sb, Bi.	165
— Antimonita.....	165
Molibdenita.....	166
— Galena	168
Argentita	170
— Blenda	171
Cinabrio.....	172
Calcosita.....	173
— Pirita.....	174
Bismutinita	176
Bornita.....	177
Calcopirita.....	178
Enargita.....	180
— Tetraedrita	181
Arsenopirita.....	182
Eucairita	184
Umanguita.....	184
Zorguita.....	184
Cacheutita.....	184
III. <u>Oxidos</u> , hidróxidos y óxidos salinos.....	184
Cuarzo	184
Calcedonia.....	187
Opalo	189
Corindón.....	190
Hematita.....	192
Casiterita.....	194
Psilomelano	195
Limonita.....	197
Pirolusita.....	198
Oxidos salinos	199
— Magnetita.....	199
IV. Boratos.....	200
— Ulexita o boronatrocalcita	200
— Bórax o Tinkal.....	201
V. Carbonatos y nitratos.....	202
— Carbonatos.....	202

Calcita	202
Dolomita.....	205
Magnesita.....	206
Siderita.....	206
Smithsonita	207
Rodocrosita	207
+ Aragonita.....	207
Estroncianita.....	209
Whiterita.....	209
Cerusita	209
Malaquita.....	209
Azurita.....	210
- Nitratos.....	211
Nitratina.....	211
VI. Haloides y sulfatos.....	212
Haloides.....	212
Halita.....	212
Sylvita	214
Fluorita	215
Criolita.....	216
Atacamita.....	217
Carnallita.....	218
Sulfatos.....	219
Baritina	219
Anhidrita	220
Yeso.....	221
Epsomita.....	223
Mirabilita.....	224
VII. Tungstatos, molibdatos, uranatos	224
Tungstatos.....	224
Wolframita	224
Scheelita.....	226
Molibdatos	227
Wulfenita.....	227
Uranatos.....	229
Uraninita.....	229
VIII. Fosfatos, vanadatos, arseniados, antimoniados	230
Apatita.....	230
Piromorfita	232

Buckner

Mimetesita.....	233
Vanadinita.....	233
Triplita.....	234
Descloizita.....	235
IX. Niobatos y tantalatos.....	236
Columbita y tantalita.....	236
X. Titanatos.....	237
Titanita.....	237
XI. Silicatos.....	238
Olivina.....	238
Grupo de los piroxenos.....	239
Piroxenos rómbicos.....	240
Enstatita.....	240
Hipersteno.....	240
Piroxenos monoclónicos.....	241
Augita.....	242
Egirina.....	242
Jadeíta.....	242
Diopsido.....	243
Dialaga.....	243
Wollastonita.....	243
Piroxenos triclónicos.....	243
Rodonita.....	243
Grupo de los anfíboles.....	244
Anfíboles rómbicos y triclónicos.....	244
Anfíboles monoclónicos.....	245
Hornblenda verde común.....	245
Hornblenda parda.....	245
Tremolita.....	245
Actinolita.....	246
Grupo de los feldespatos.....	246
Ortosa.....	246
Microclino.....	248
Plagioclasas.....	248
Albita.....	250
Oligoclasa.....	250
Andesina.....	250
Labradorita.....	250
Bytownita.....	250

Anortita	250
Grupo de los granates	250
Grosularia	252
Piropo.....	251
Almandino.....	251
Ouwarowita.....	252
Berilo	252
Grupo de la turmalina.....	253
Topacio.....	255
Grupo de la escapolita.....	256
Vesuvianita.....	257
Zircón.....	258
Grupo de las micas	259
+ Muscovita.....	260
Biotita	261
Grupo de las cloritas.....	262
Serpentina.....	263
Talco.....	265
Kaolinita	267
Grupo de los epidotos.....	268
Clinozoisita	268
Zoisita	268
Pistacita.....	269
Prehnita.....	269
Piemontita.....	269
Ortita.....	269
Grupo de las zeolitas.....	270
Apoililita.....	271
Estilbita.....	271
Analcima	271
Natrolita.....	271
Calamina	271
XII. Compuestos orgánicos.....	272
Sales de los ácidos orgánicos.....	272
Carburos de hidrógeno	273
Petróleos	273
Asfalto	279
Succinita o ámbar.....	280
Carbones	281

Turba.....	282
Lignito.....	282
Hulla.....	283
Antracita.....	284

CAPITULO VII

CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS MINERALES

Clave para la determinación de los minerales.....	285
Bibliografía.....	303
Indice alfabético.....	309





YESO : Cristales bien desarrollados. Eisleben

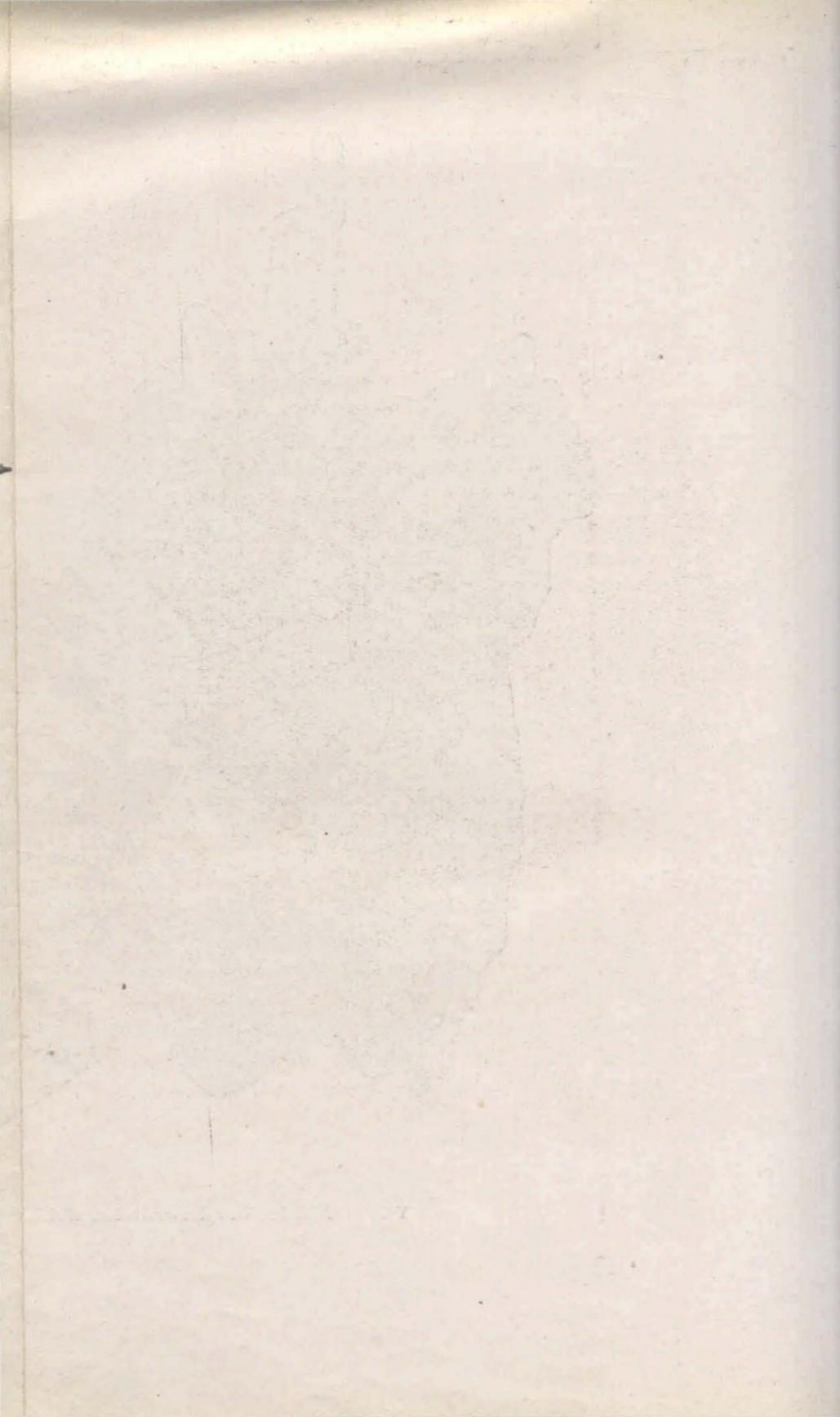
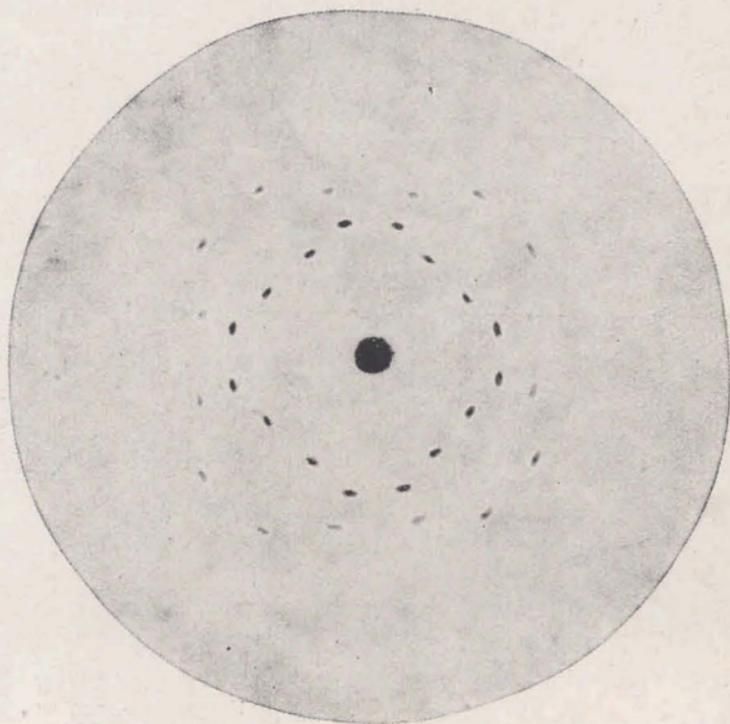


LÁMINA I

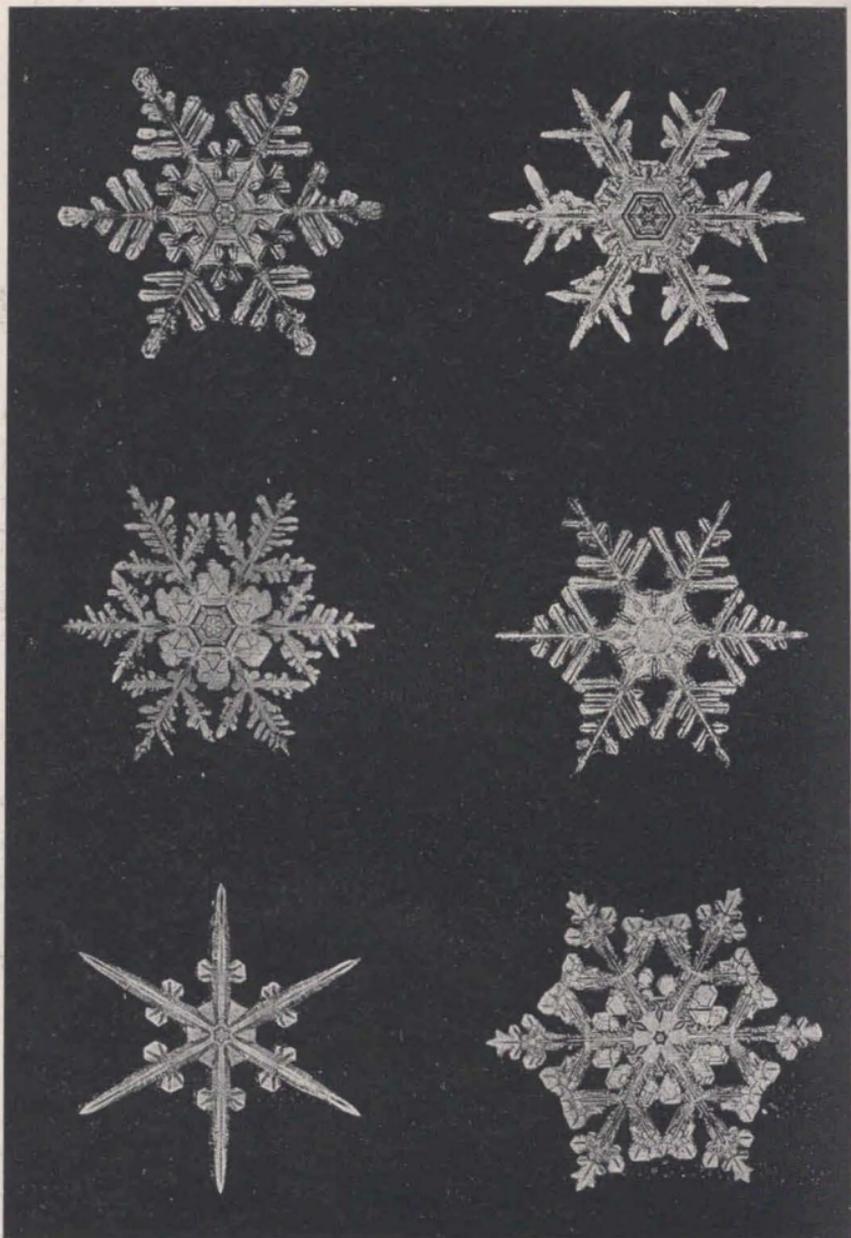


Del Museo de la Dirección General de Minas

BIBLIOTECA NACIO
DE MAESTRO



Radiograma, original de Laue, de una lámina de un cristal de blenda
De Tutton, *Natural History of Crystals*

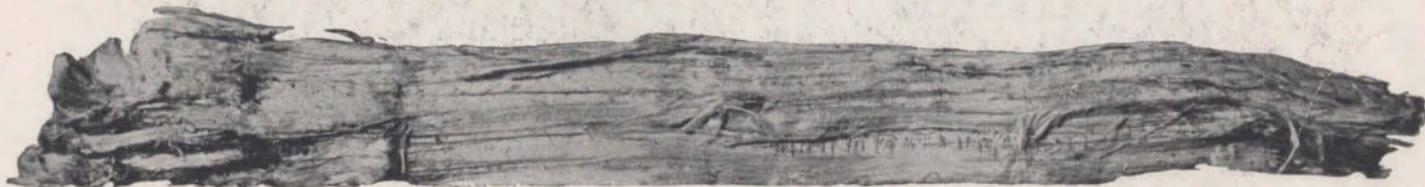


Cristales esqueléticos de hielo. De *Marvels of the Univers* (part. 5)



A

YESO : Macla en punta de lanza. Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



B

ASBESTO : Agregado cristalino fibroso. Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



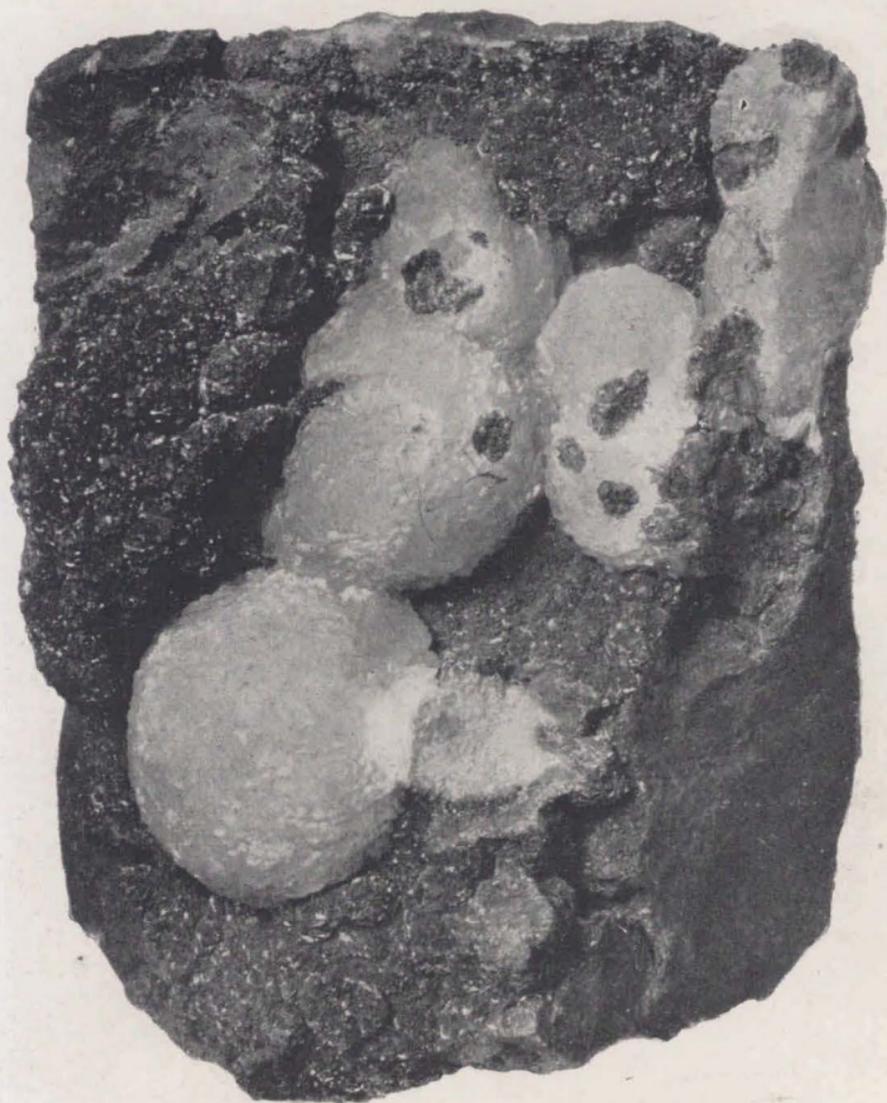
FLUORITA : Maclas de penetración. Cumberland (Inglaterra)
Propiedad de R. Rigal



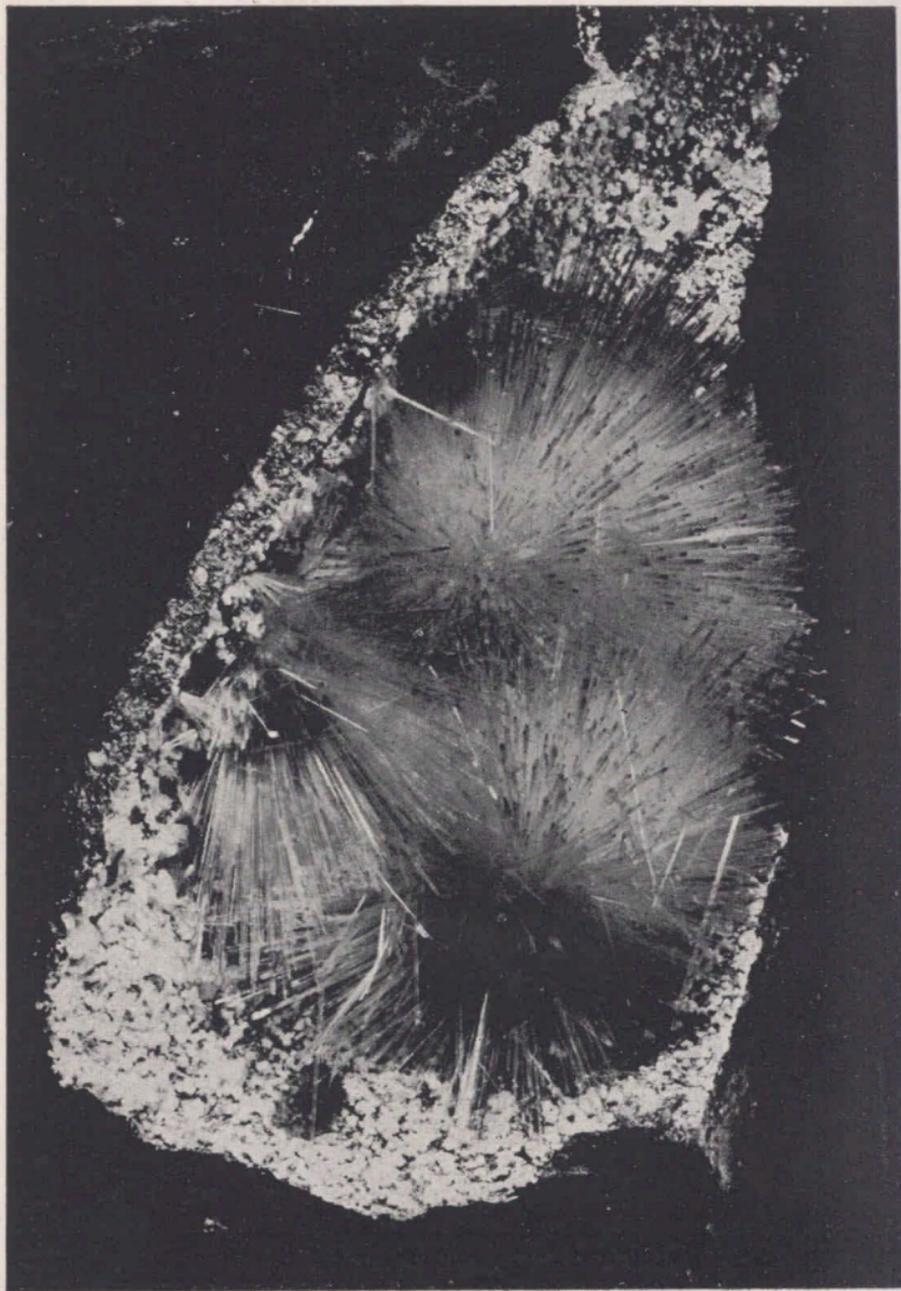
YESO : Asociación de cristales formando rosa
Tres Arroyos (Buenos Aires, Rep. Argentina). Propiedad de E. Mortola



YESO : Rosas formadas en rocas sedimentarias. Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



CALCITA : Cristales asociados formando esterolitas. Unkel-Rhin. Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



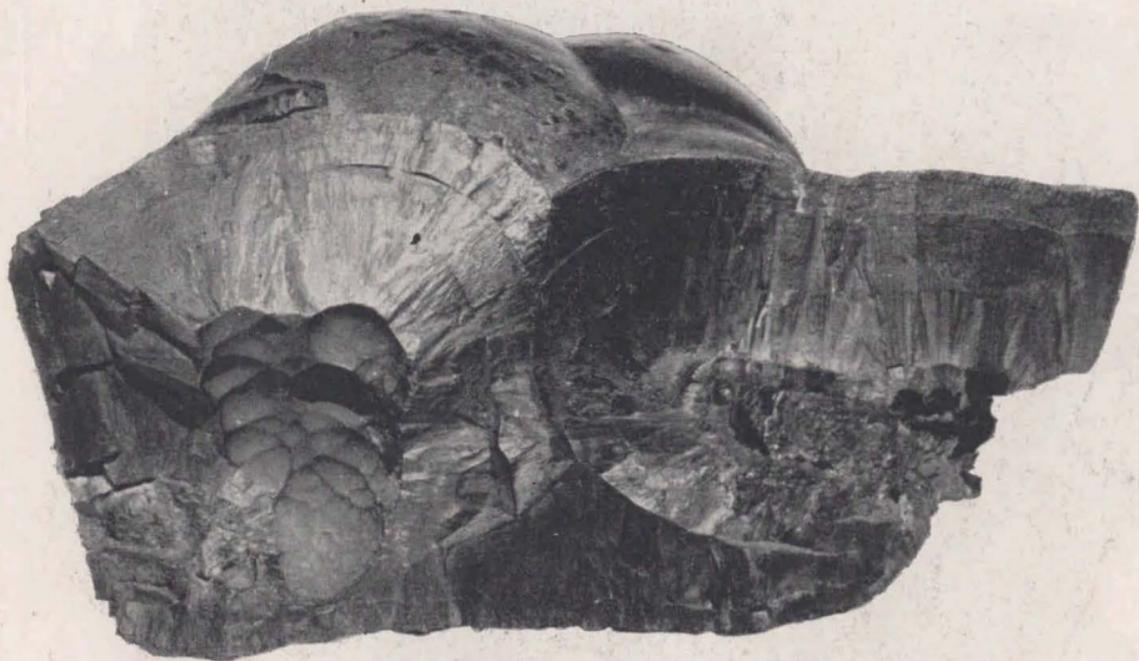
NATROLITA: Cristales aciculares en asociación radiada divergente. Leipa-Bohemia (Austria)
Del Museo de la Dirección General de Minas



CELESTINA (SrSO_4) : Cristales rómbicos formando drusa. Giona-Sicilia (Italia)
Del Museo de la Dirección General de Minas



GEODA DE CUARZO, var. *amatista*: Oberstein-Rhein (Oldenburg)
Del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires



HEMATITA : Agregado cristalino fibroso. Sajonia (Alemania).
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



GOETHITA (Fe_2O_3 , H_2O , rómbico) : Agregado cristalino fibroso radiado divergente
 Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



ZEOLITA : Agregado cristalino radiado divergente. Islandia
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



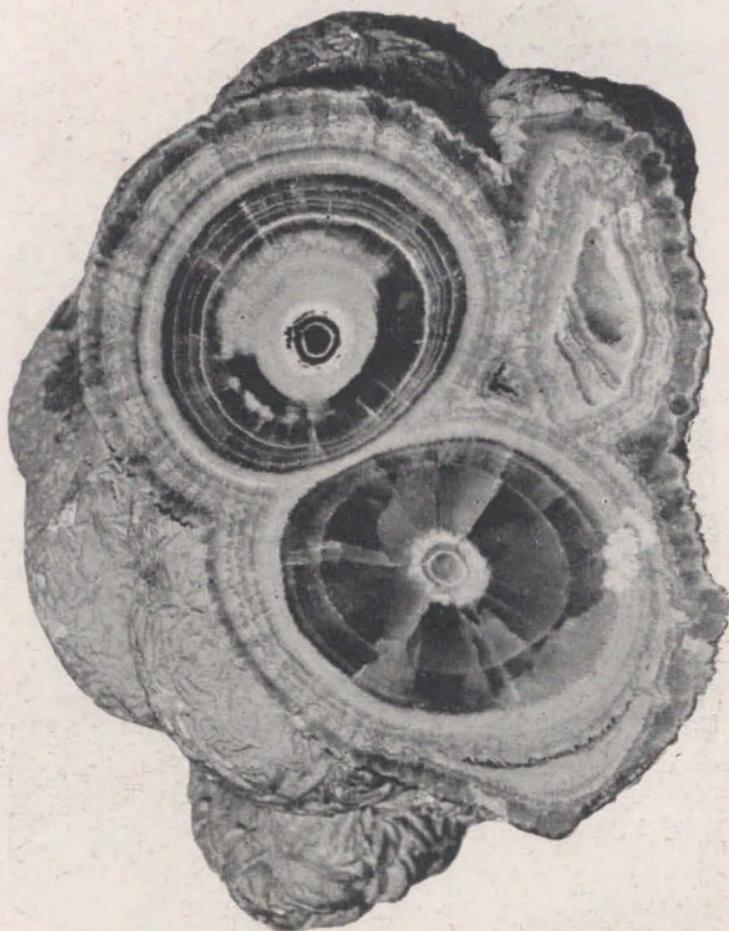
PIROLUSITA : Agregado cristalino fibroso estrellado. Sajonia
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



WOLLASTONITA : Agregado cristalino fibroso. Canteras de cal de San Marcos. Córdoba (Rep. Argentina)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



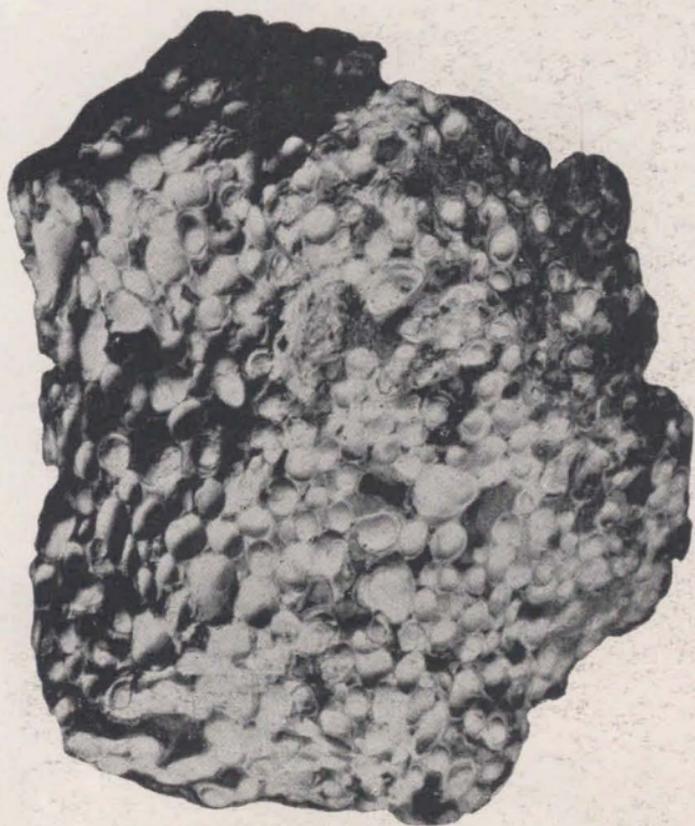
BORONATROCALCITA : Agregado cristalino fibroso confuso. Salar del Hombre Muerto. Territorio de los Andes (Rep. Argentina). Del Museo de la Dirección General de Minas.



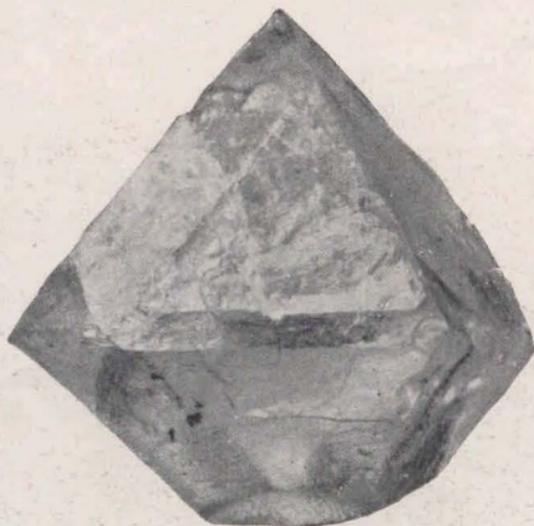
RODOCROSITA : Agregado cristalino concrecional concéntrico.
Mina « Restauradora », Capillitas, Catamarca (Rep. Argentina).
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales.



Forma dendrítica de un agregado cristalino de óxidos de manganeso y de hierro. Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

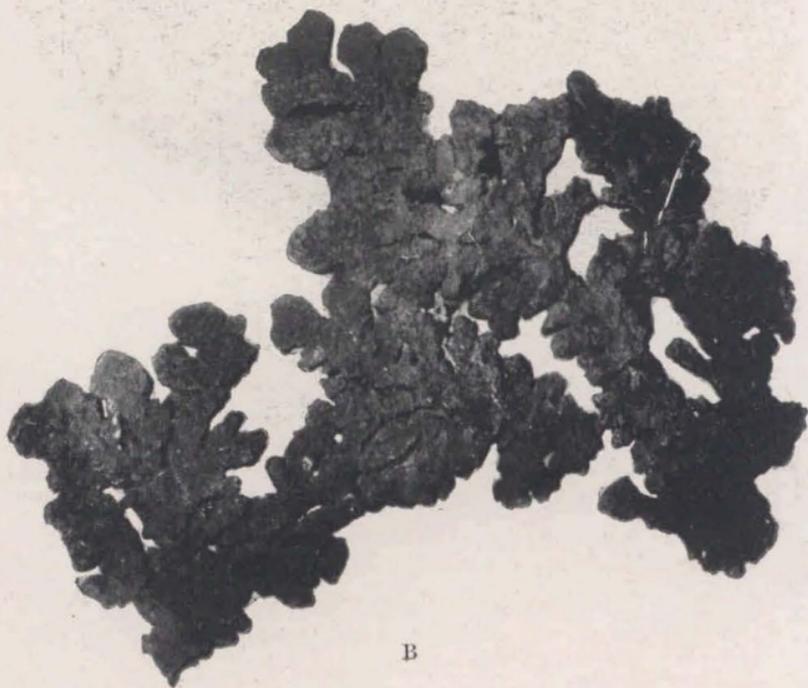


ARAGONITA : Agregado cristalino de forma oolítica. Karlsbad (Bohemia)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



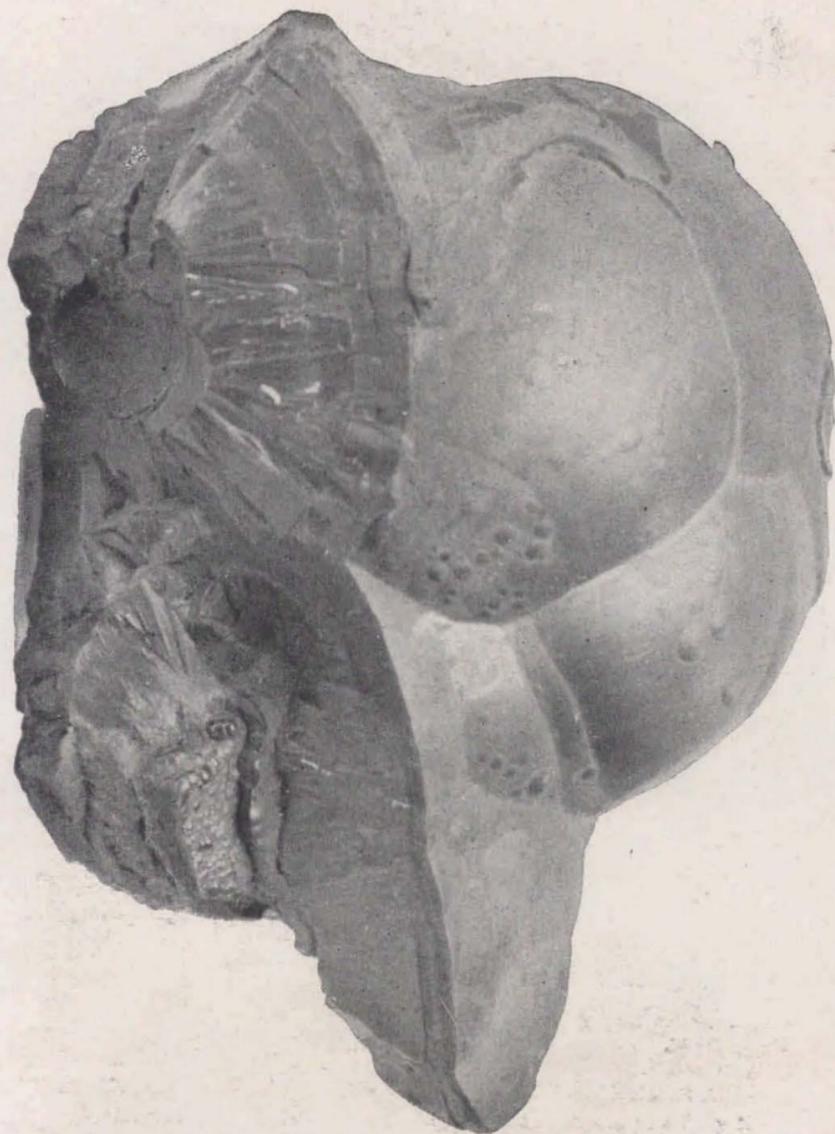
A

FLUORITA : Octaedro de clivaje. Kongsberg (Noruega)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

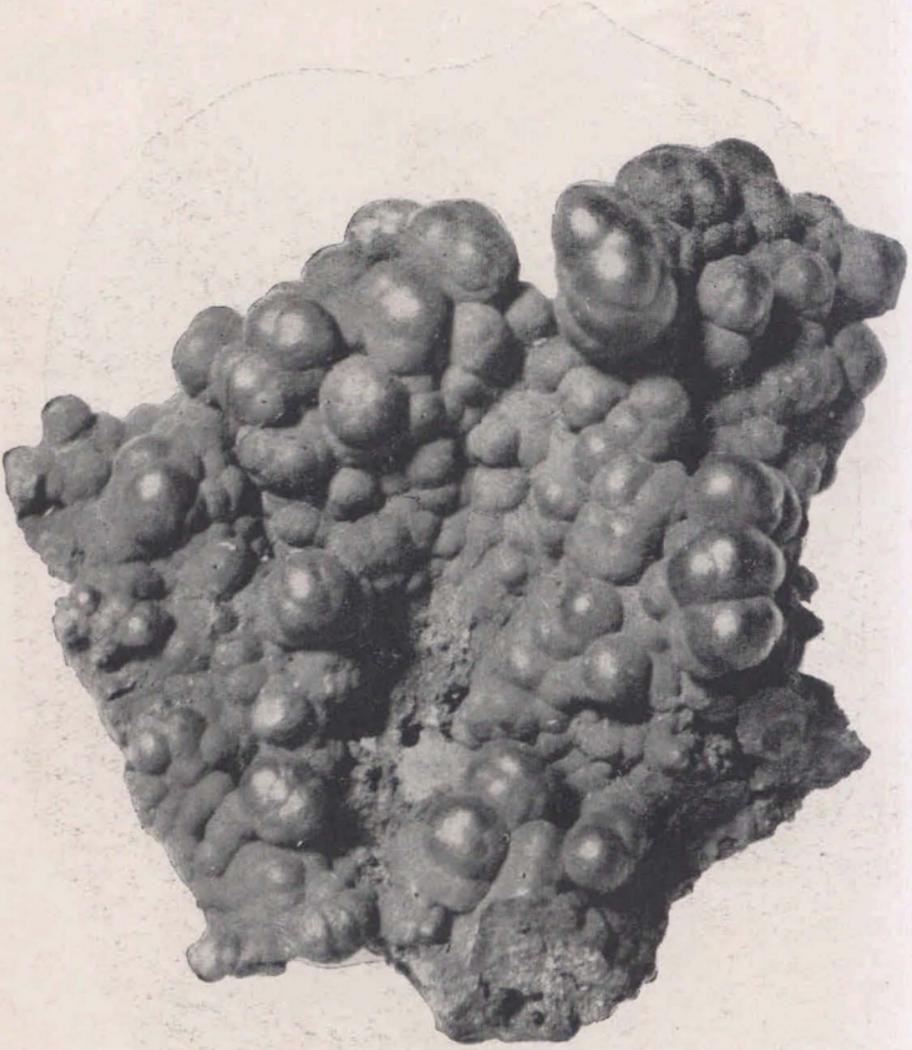


B

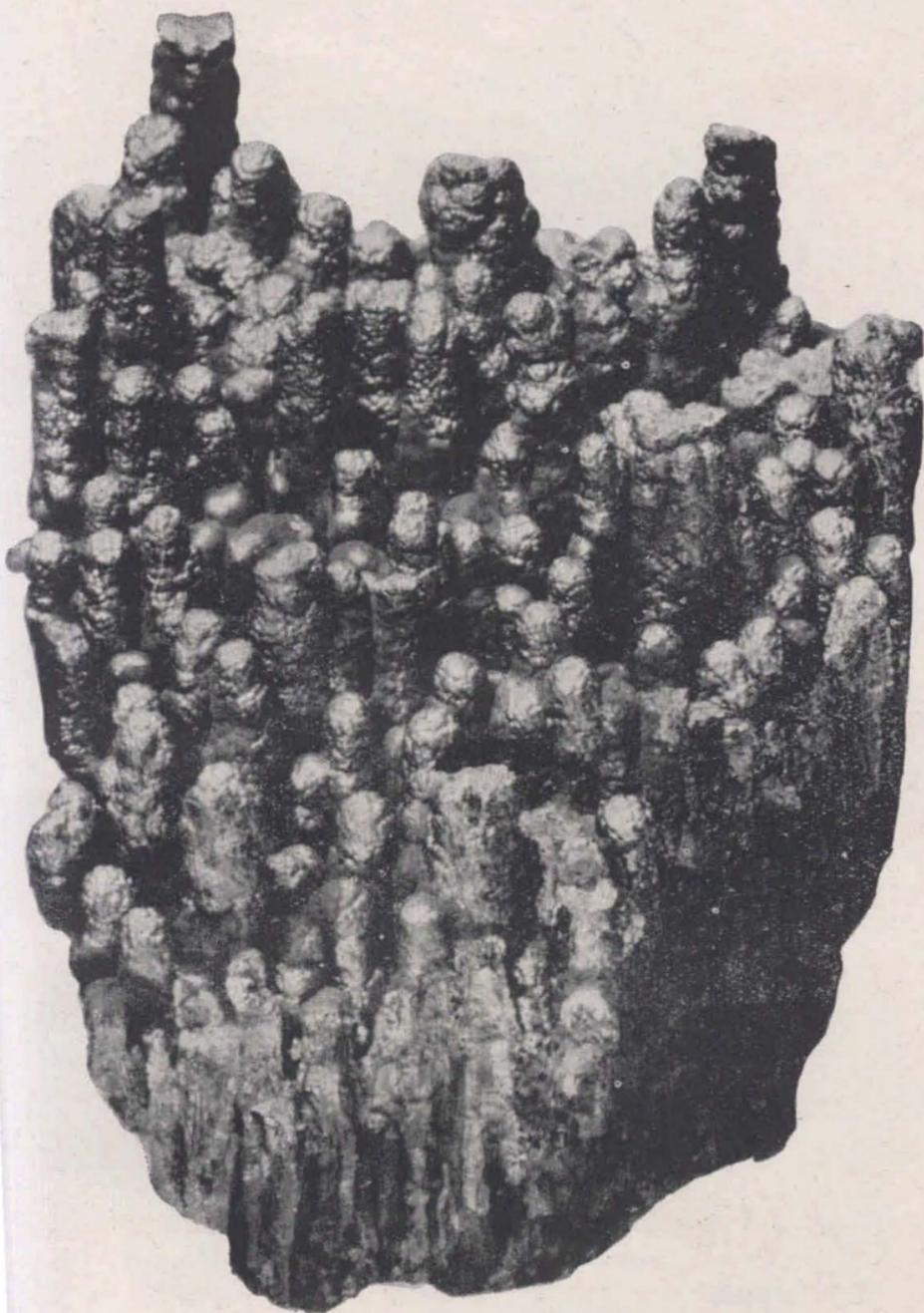
COBRE : Forma arborescente de un agregado cristalino. Chacarillas, Corocoro (Bolivia)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



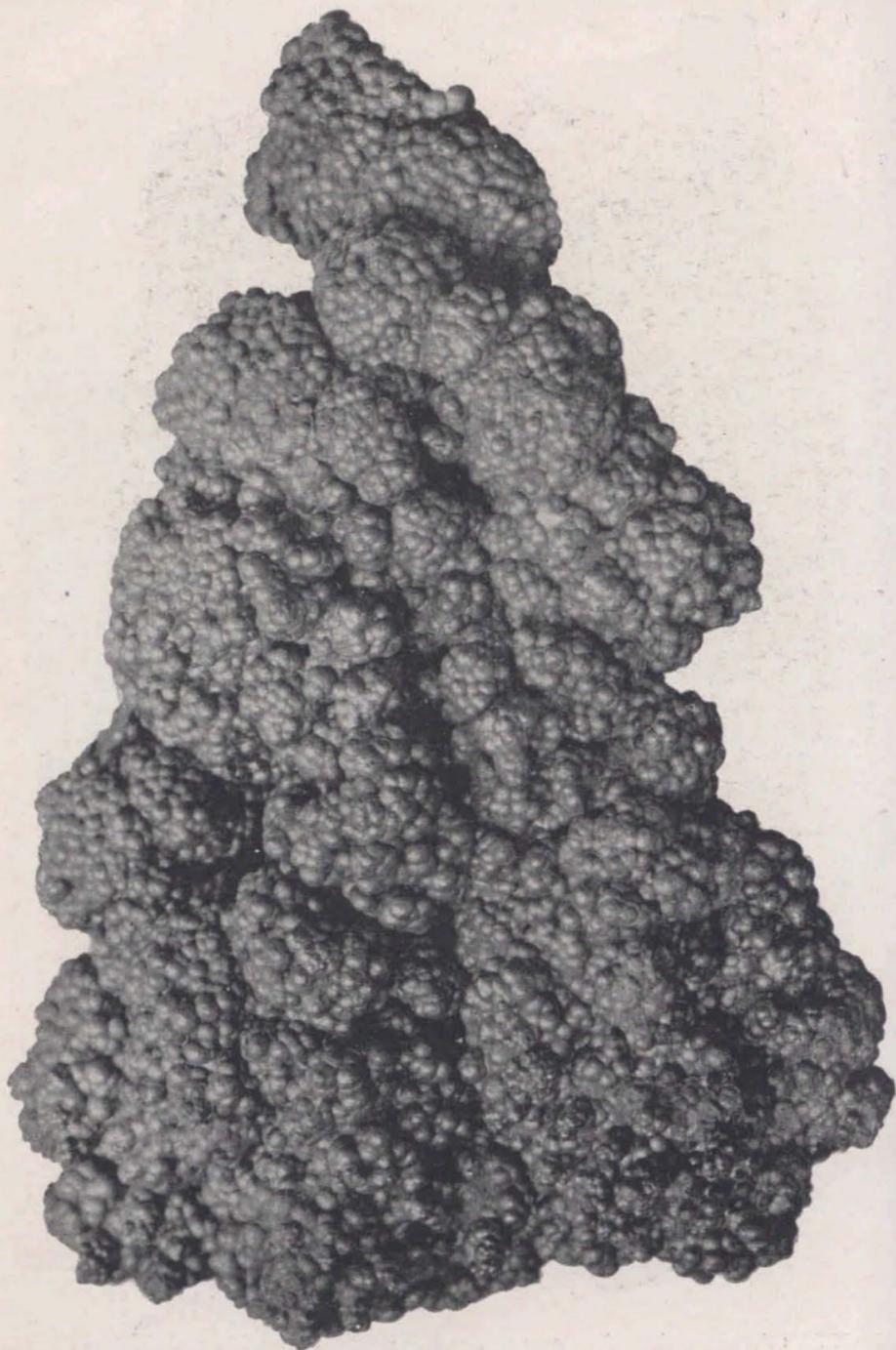
HEMATITA : Agregado cristalino de forma arriñonada. Sajonia (Alemania)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



CALCOPIRITA : Forma mamilar de un agregado cristalino, Cornwall (Inglaterra)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



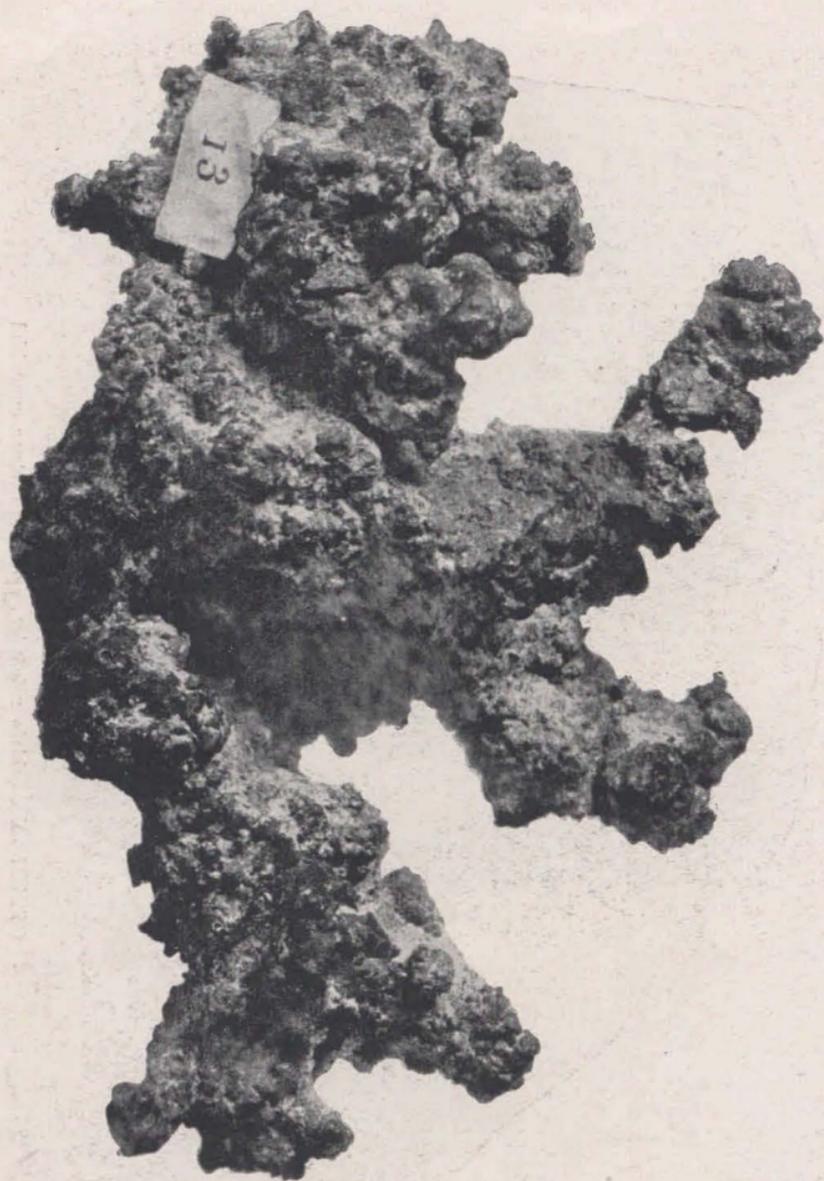
LIMONITA : Forma estalactítica de un agregado cristalino. Mina Morro de Bilbao (España)
Del Museo de la Dirección General de Minas



PSILOMELANO : Forma racimosa de un agregado cristalino. « Mina Morro »
de Mina Lafayette (Brasil). Del Museo de la Dirección General de Minas



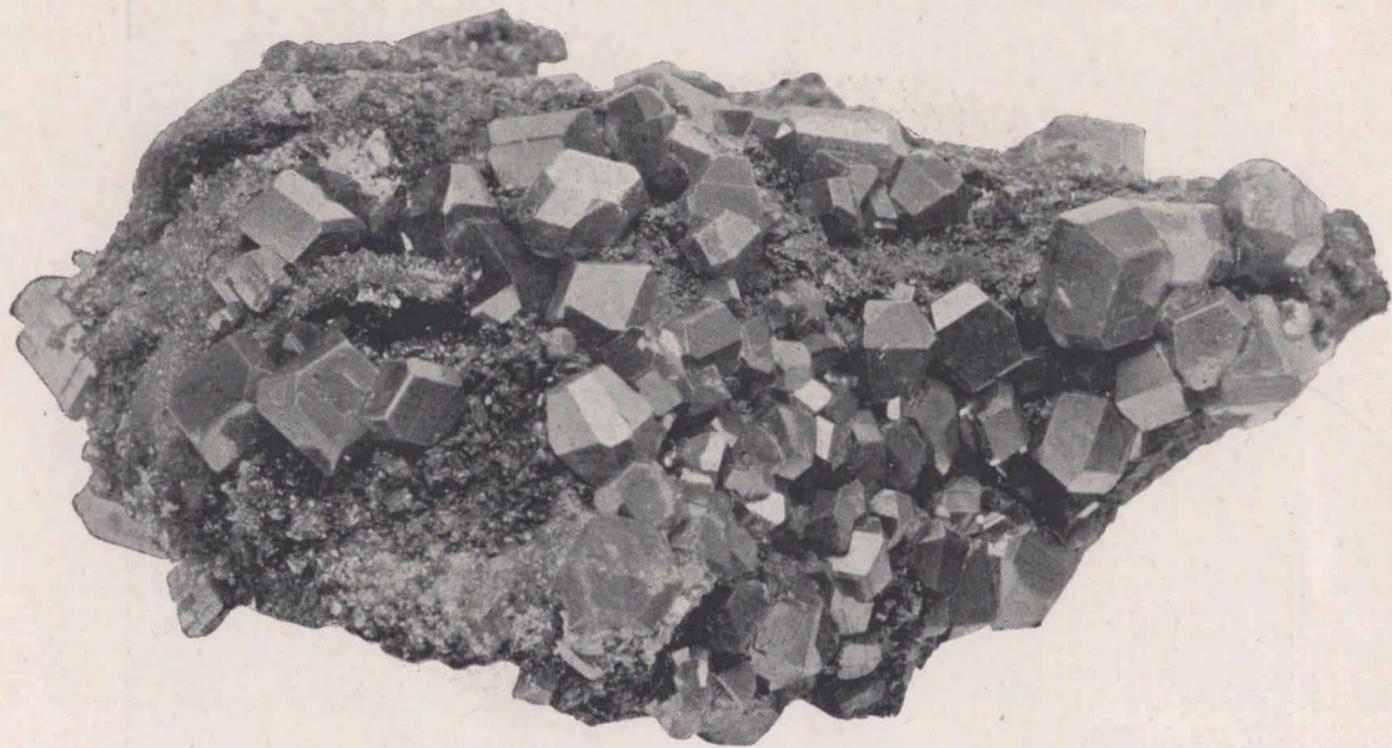
OBSIDIANA (vidrio volcánico, roca) : Fractura concoidal
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



COBRE NATIVO : Fractura ganchuda
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS





AZUFRE : Peticara, Romagna (Italia). Del Museo de la Dirección General de Minas

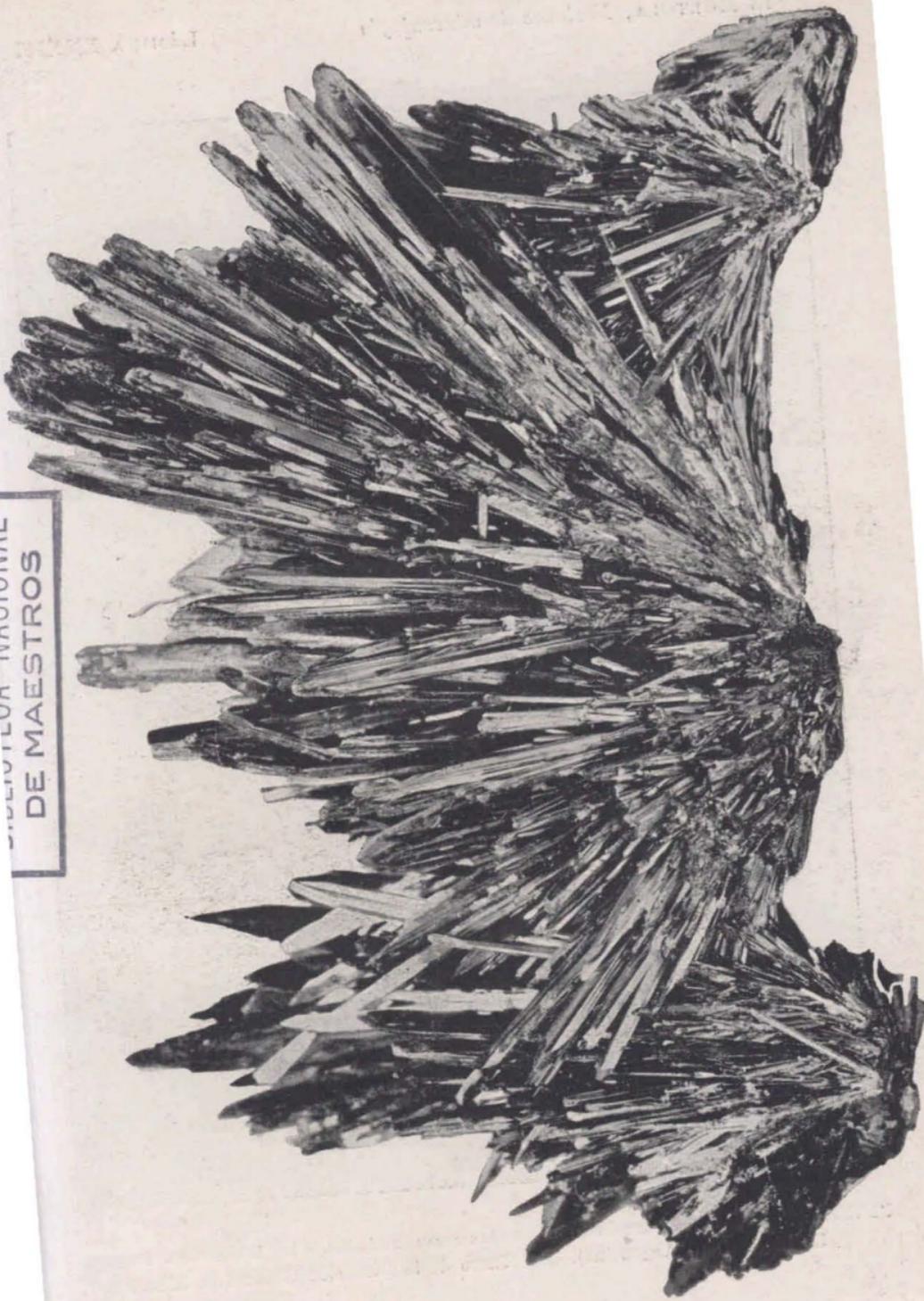


PEPITA DE ORO : Molde, peso original, 8 kilos. La Rinconada, Jujuy (Rep. Argentina).
Del Museo de la Dirección General de Minas



PLATA NATIVA : Mina Blanca, Cerro Rojo. Famatina, La Rioja (Rep. Argentina)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

DE MAESTROS



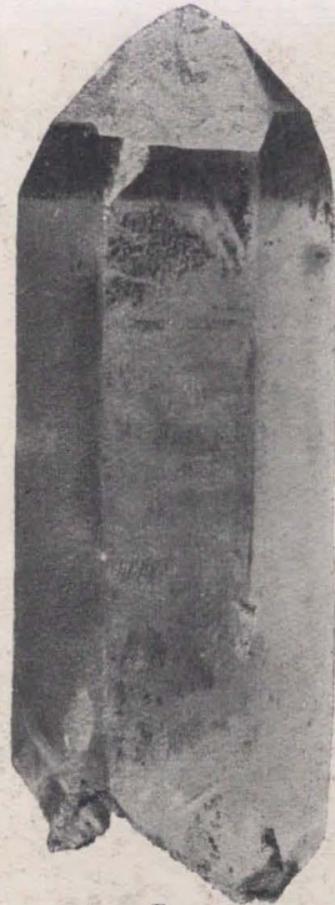


PIRITA : Cristales en forma de cubos con las caras estriadas. « La Irlandesa » Famatina
La Rioja (Rep. Argentina). Del Museo de la Dirección General de Minas



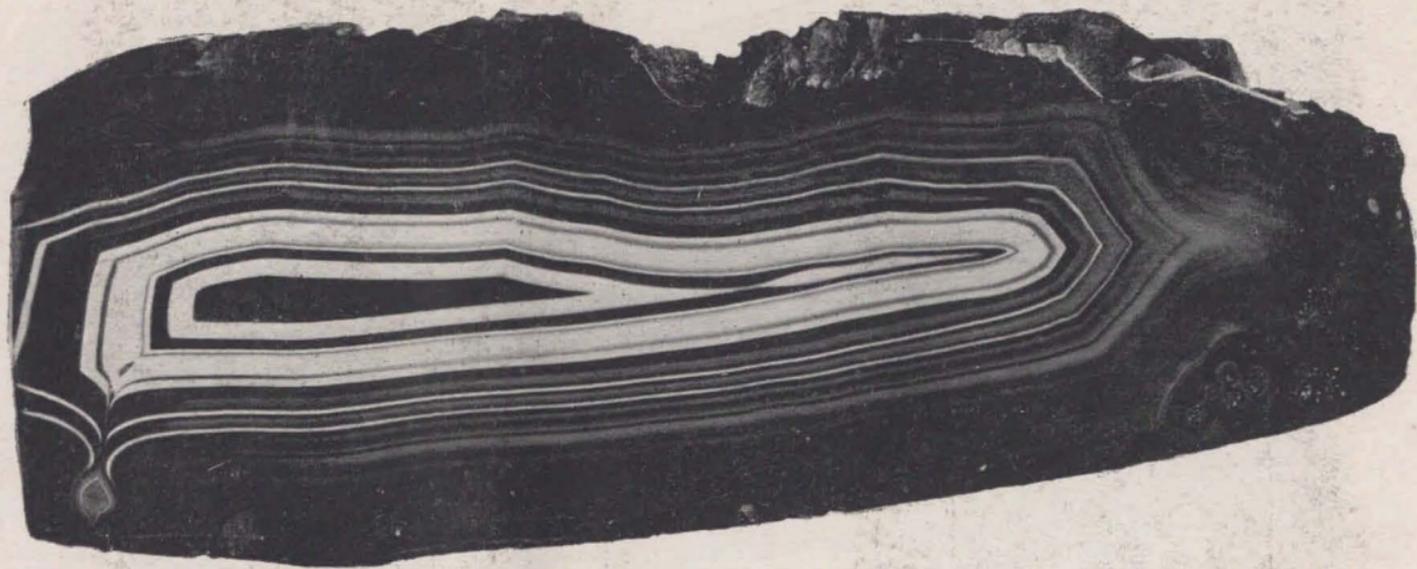
A

BERILO : Cristal prismático en cuyas caras se ven estriaciones longitudinales. Minas Geraes (Brasil). Del Museo Nacional de la Facultad de Ciencias.

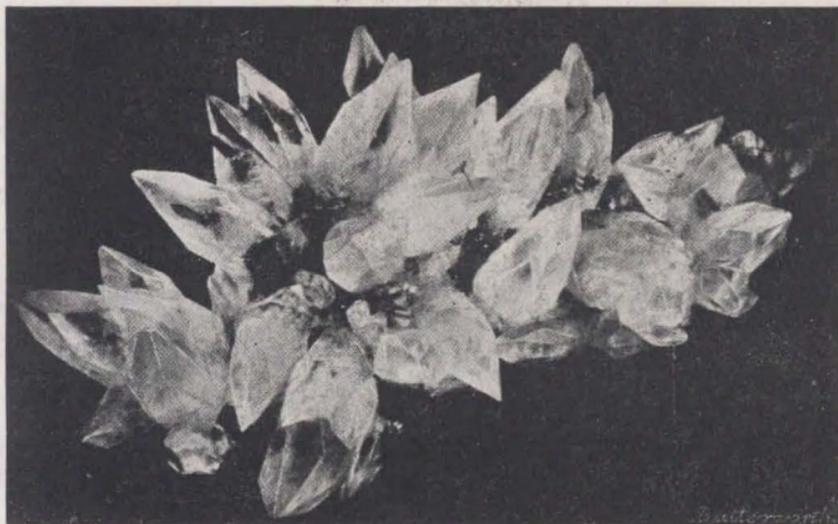


B

CUARZO : Favetsh-Grison (Suiza) Del Museo de la Dirección General de Minas.



AGATA. Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



A

CALCITA : Cristales en diente de perro (escaleonoédros)
De Tutton, *Natural History of Crystals*

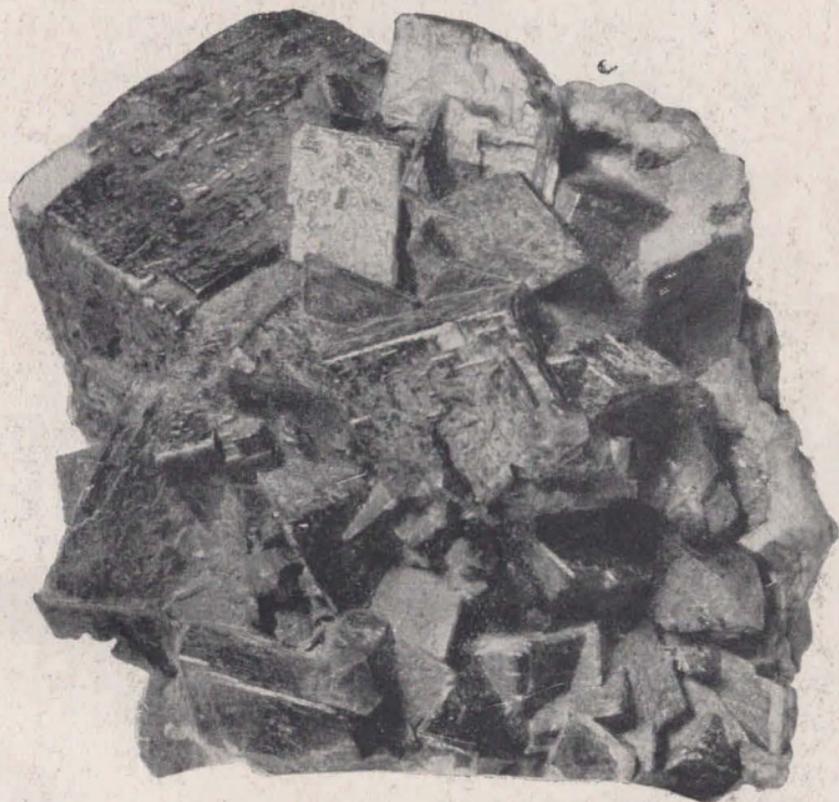


B

CALCITA : Prismas hexagonales. De Tutton, *Natural History of Crystals*



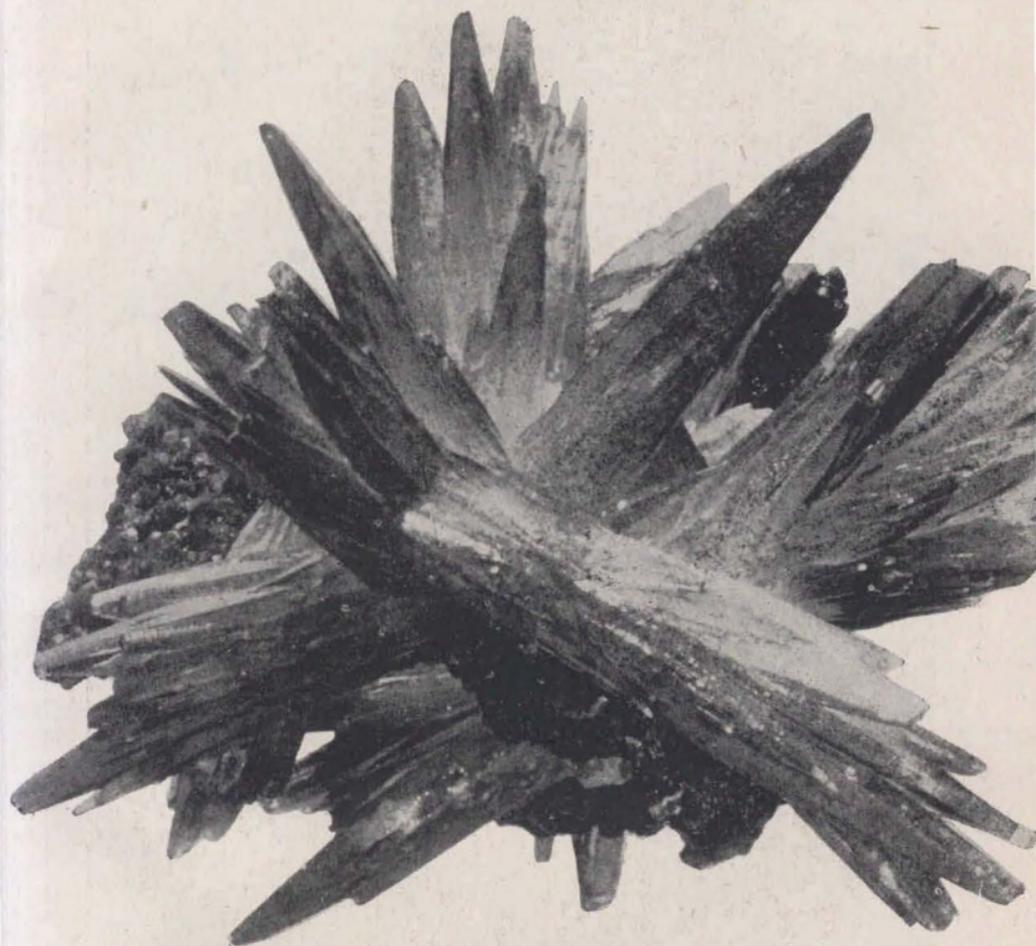
CALCITA en romboedros : Przi Bram (Checo-Slovaquia)
Del Museo de la Dirección General de Minas



DOLOMITA : Cristales en romboedros. Piamonte
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



ARAGONITA : Cristales maclados dando prismas pseudo-hexagonales. Giona-Sicilia (Italia)
Del Museo de la Dirección General de Minas



ARAGONITA : Cumberland (Inglaterra). Del Museo de la Dirección General de Minas



HALITA : Sal común. Laguna del Bebedero, San Luis (Rep. Argentina)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



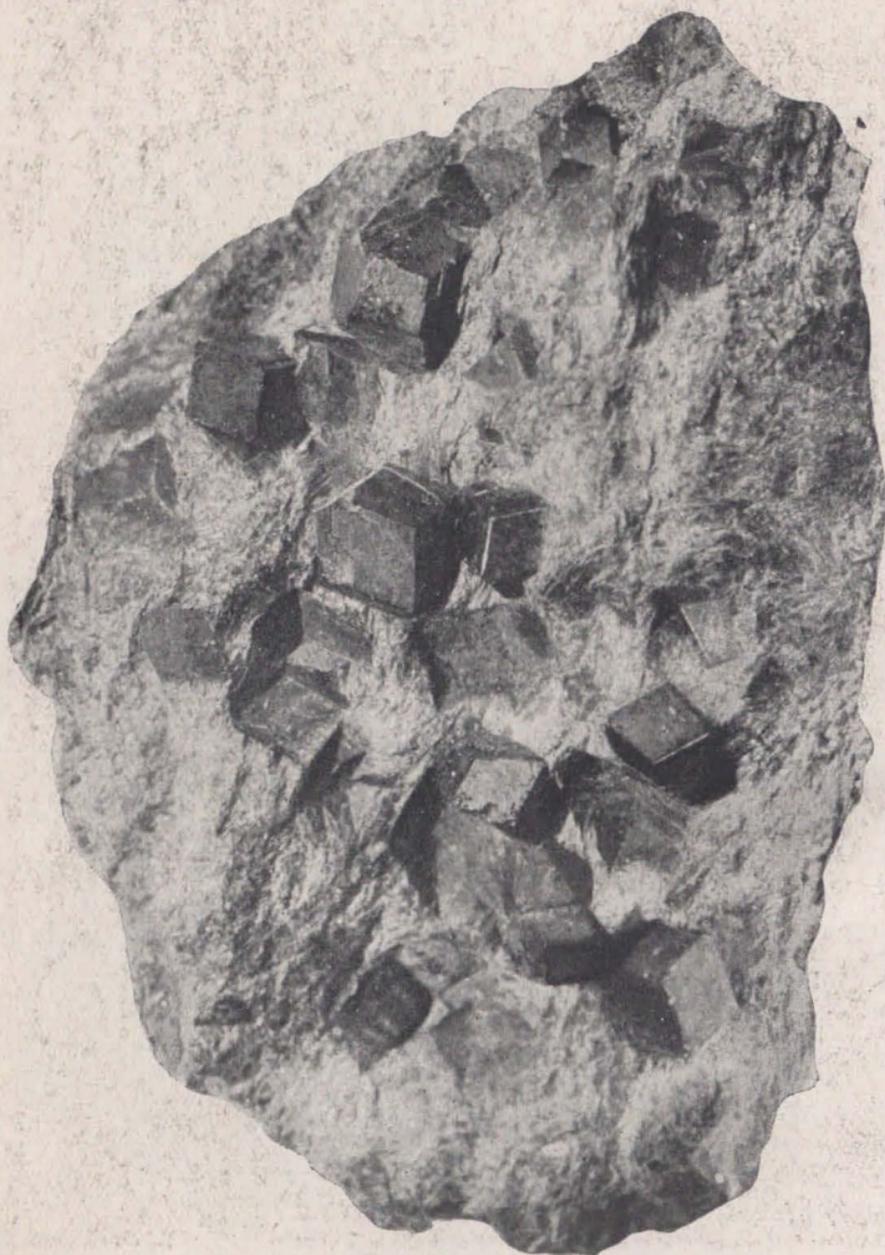
FLUORITA : Cristales cúbicos. Redruth-Cornwall (Inglaterra)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



BARITINA : Cristales rómbicos. Cumberland (Inglaterra). Del Museo de la Dirección General de Minas



ACTINOLITA : Greiner (Tirol)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



GRANATE : Cristales en rombododecaedros. Tirol
Del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires



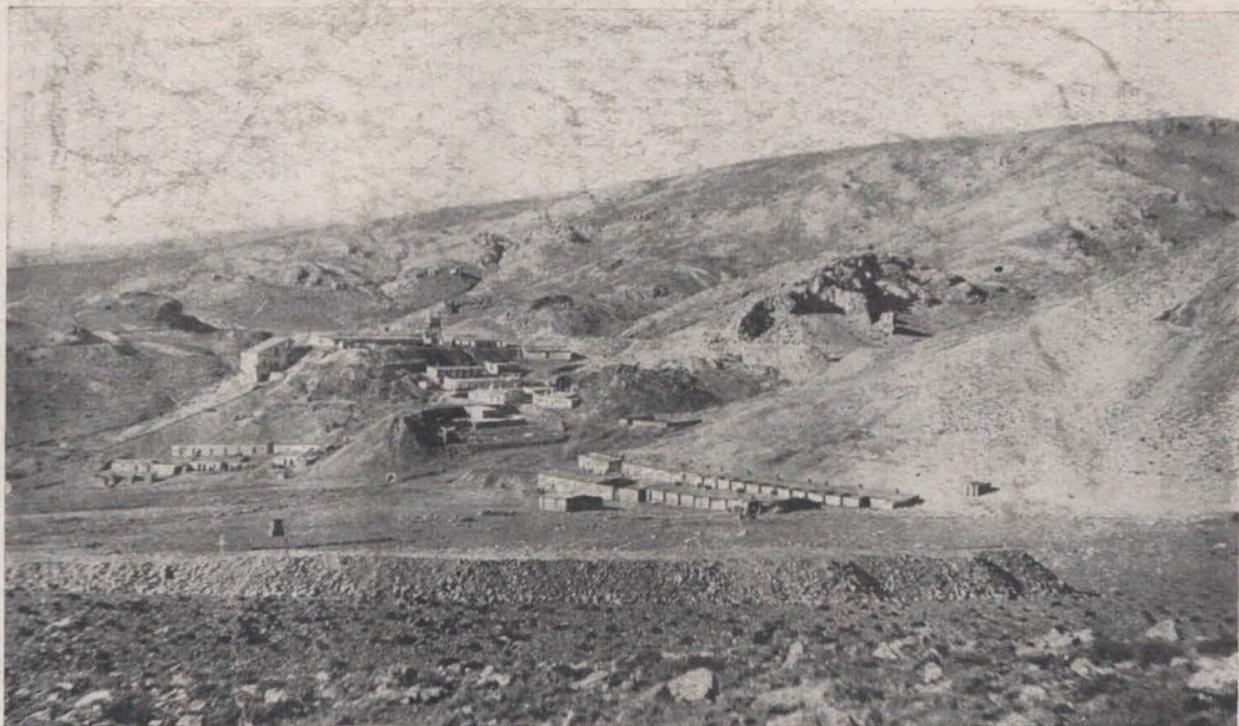
ESTRELLAS DE TURMALINA en granito : Capillitas, Catamarca (Rep. Argentina)
Del Museo de la Dirección General de Minas



BIOTITA : Ontario (Canadá)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



SOL DE MARCASITA [(FeS₂), rómbico]: Sparta-Illinois (Estados Unidos)
Del Museo Mineralógico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



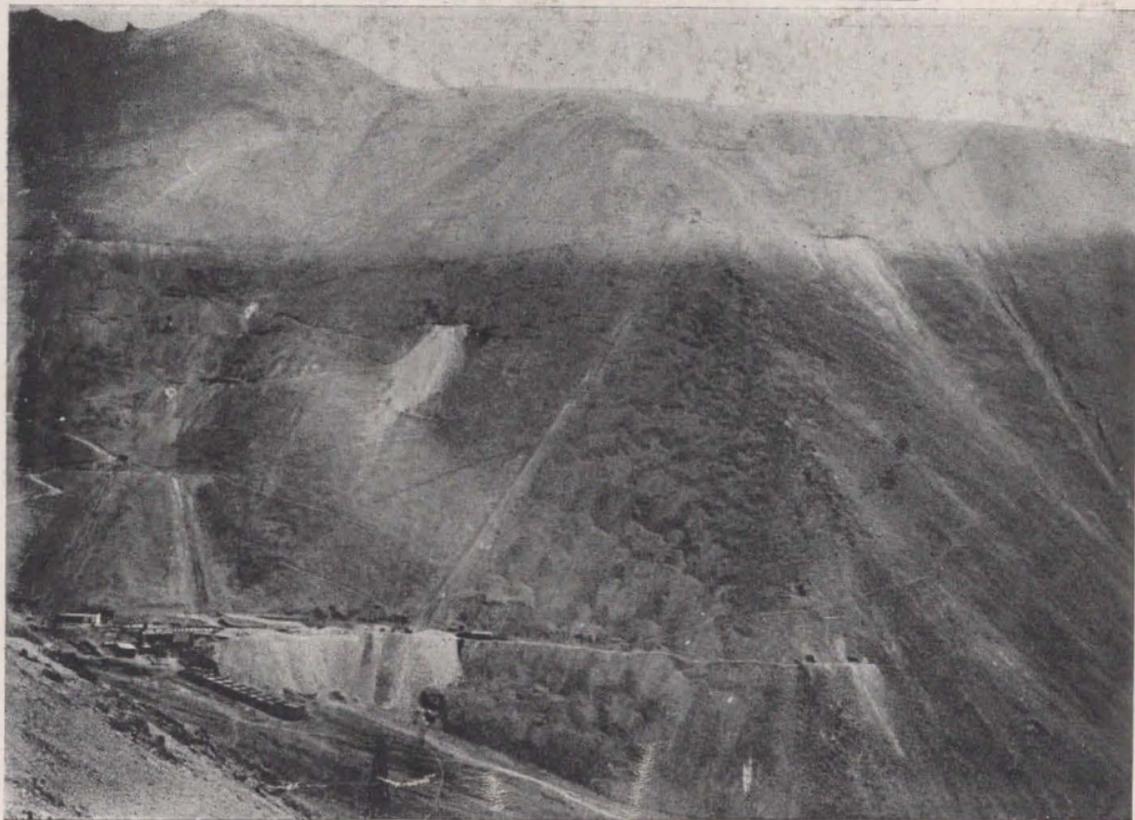
INSTALACION DE LA MINA DE COBRE « LA CONCORDIA ». Los Andes (Rep. Argentina)

Fot. L. R. Catalano. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas

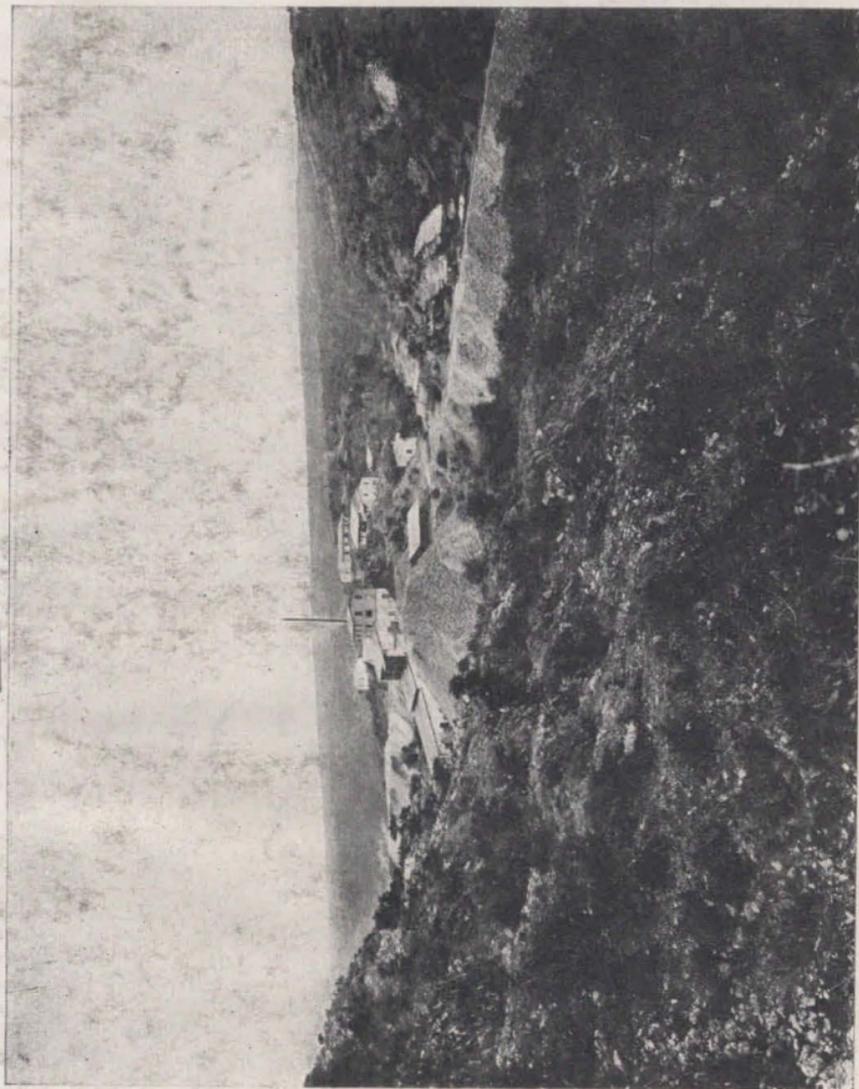


CAPILLITAS : Catamarca (Rep. Argentina)

Fot. R. Beder. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas

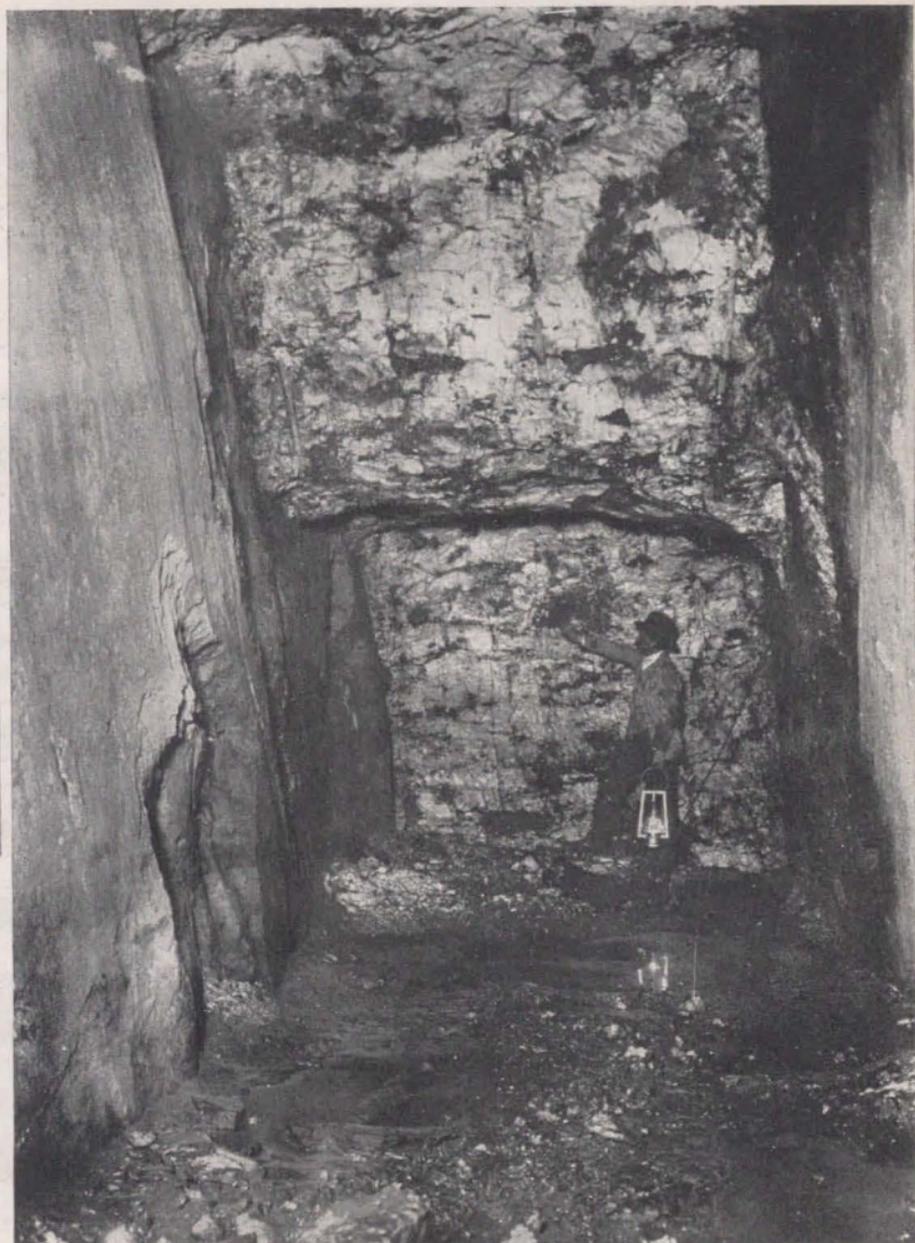


VISTA GENERAL DE LAS MINAS « LA MEJICANA ». Sierra Famatina. La Rioja (Rep. Argentina)
Fot. Florsdorf. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas





ENTRADA A UNA GALERIA EN LA MINA DE WOLFRAM «LOS CONDORES». Estación de Concarán, Sierras de San Luis
San Luis (Rep. Argentina) Fot. R. Beder. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas



DE MAESTROS

UNA VETA EN LA MINA DE WOLFRAM « LOS CONDORES ». Estación Concarán Sierra de San Luis (Rep. Argentina). Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas.



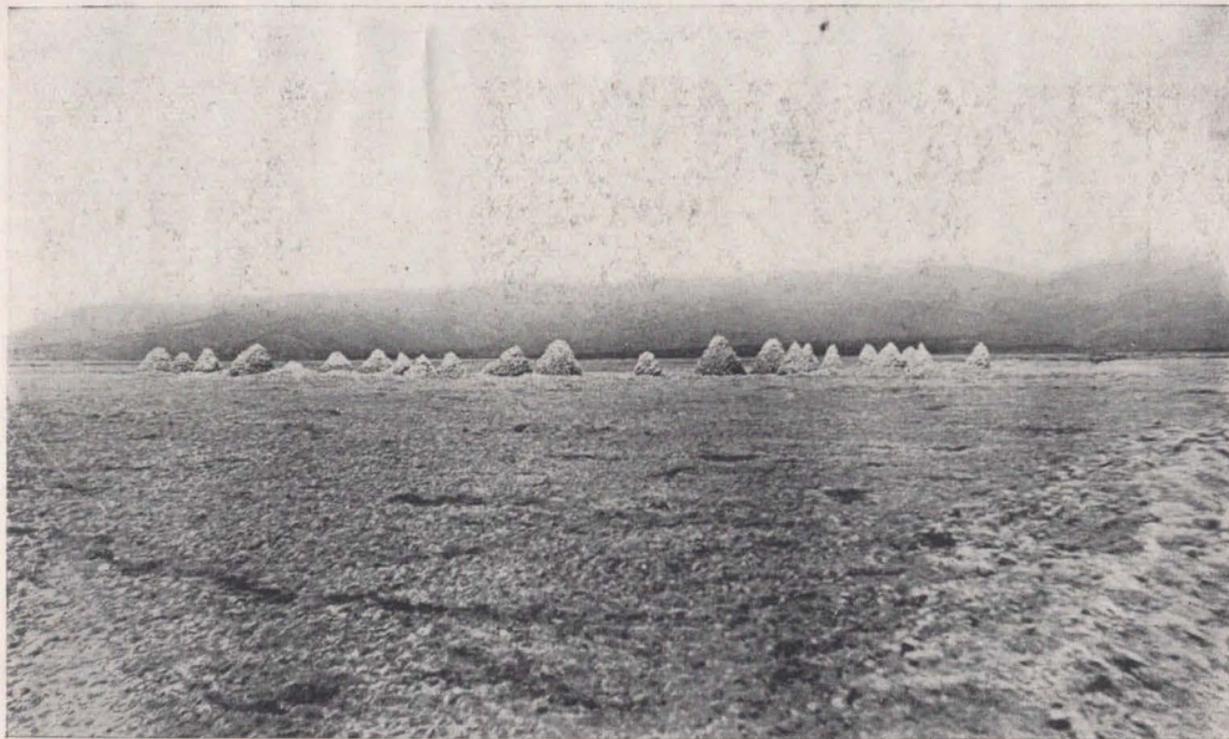
YACIMIENTOS DE KAOLIN Y TERRAZAS DE LA QUEBRADA DE SIJAN. Departamento Pomán, Catamarca
(Rep. Argentina). Fot. R. Beder. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas



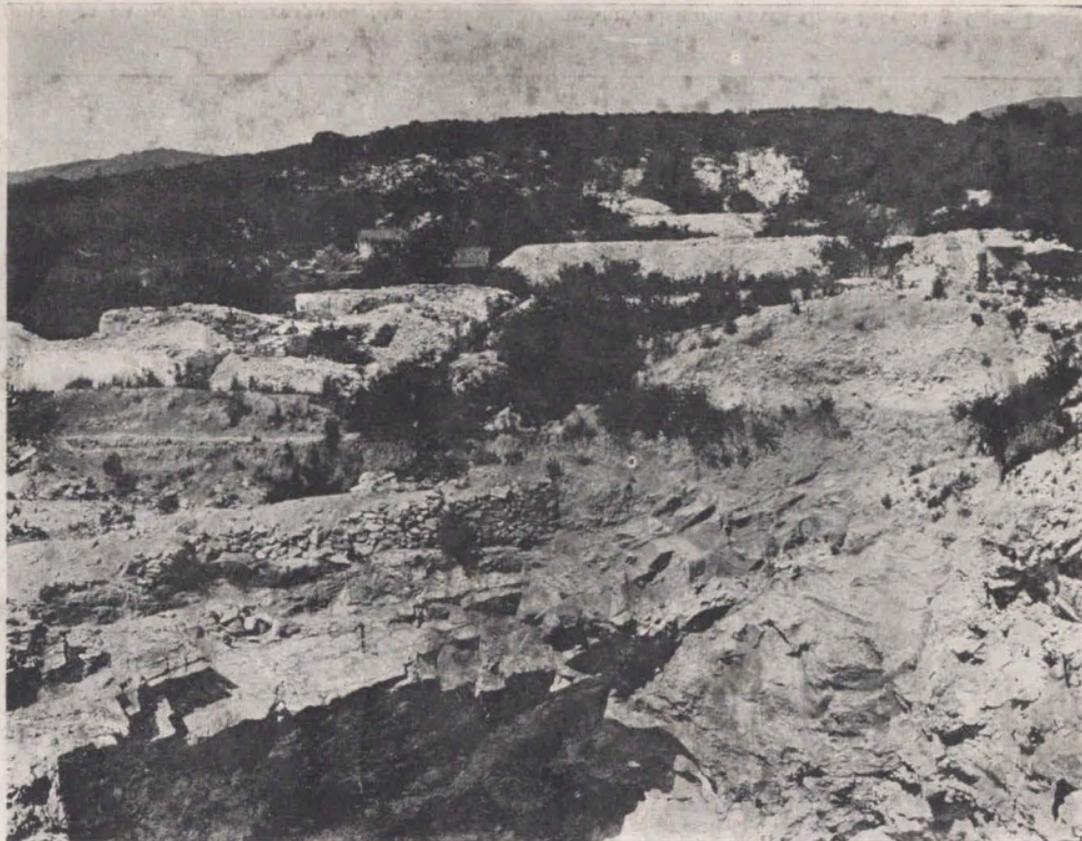
LUGARES DEL SALAR DE CAUCHARI que corresponden a las zonas de Carteos, 10, 12, 14, 15 y 16, donde existen los mayores depósitos de borato. Vista hacia el O. S. O. Mineral extraído. Se ven varias pilas de boratos. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas.



Superficies salinas resquebrajadas, por cuyas fisuras ascienden soluciones concentradas de sal; al evaporarse el agua, cristaliza el cloruro de sodio, levantando los bloques salinos superficiales. (Hay dos hombres de pie encima de los bloques levantados. Sur de Olaroz, Territorio de los Andes (Rep. Argentina). Fot. L. R. Catalano. 1923. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas.



Zona muy rica en boratos, correspondiente al salar de Cauchari, situada entre Casa Siberia y Casa Porvenir, mostrándonos el mineral extraído y apilado. Fot. L. R. Catalano. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas.



VISTA GENERAL DE LAS CANTERAS DE OVIEDO, Y ALVAREZ. Alta Gracia, Córdoba
(Rep. Argentina). Fot. R. Beder. Del Archivo fotográfico de la Dirección General de Minas



LAVADERO DE ORO EN EL ARROYO « LA CAROLINA ». San Luis
(Rep. Argentina). Fot. L. Délétang. Del Archivo fotográfico de la Direc-
ción General de Minas.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

em 49090

13/11/85.

MINERALOGIA

