

Car. Guy.
2.
VI/7/38

385 C:50
-C.

OMAR GARDET

no. 1980-E41-OR 32

APUNTES DE
MINERALOGIA Y GEOLOGIA

DONACIO
OMAR GARDET
Y FAMILIA

APUNTES DE MINERALOGIA Y GEOLOGIA

POR EL

Dr. LAMBERTO BERARDI

BIÓLOGO - QUÍMICO - FARMACÉUTICO

PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

PROFESOR DE LA ESCUELA NORMAL DE PROFESORES DE LA
CAPITAL FEDERAL

(CURSO DEL PROFESORADO)

PROFESOR DEL COLEGIO NACIONAL B. RIVADAVIA

PROFESOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE COMERCIO N.º 3

JEFE DE TRABAJOS DE LABORATORIO DEL INSTITUTO NACIONAL DEL
PROFESORADO SECUNDARIO

CUARTA EDICION

Ajustados a los programas vigentes para la materia
en las Escuelas Normales, y Colegios Nacionales
de la República Argentina

BUENOS AIRES

1938



Es propiedad del Autor
Queda hecho el Depósito que marca la Ley

Consideraciones Generales

Las dificultades encontradas en la enseñanza de la Mineralogía, durante los 12 años que llevo como profesor de la misma y la ausencia de un librito sencillo que, sin ahondar fundamentalmente los problemas, sepa presentarlos en forma clara, simple y fácil de recordar, me han inducido a publicar estos apuntes.

Con ese fin, he procurado desarrollar la parte de Cristalografía, con sencillez y claridad, teniendo en cuenta que la finalidad de su enseñanza no es hacer, del alumno de 2.º año de Escuelas Normales o de 5.º año de Colegios Nacionales, un cristalógrafo. Por consiguiente, me he limitado a lo indispensable, para llenar las exigencias del programa oficial, actualmente en vigencia.

Las bolillas VII y VIII (análisis de minerales) han sido tratadas con una cierta amplitud, por considerarlas las más importantes y las más interesantes, de la Mineralogía.

El criterio del Profesor sabrá reducir el material, cuando sus alumnos sean los de 2.º año Normal, que carecen de las nociones de química correspondientes.

La parte de Geología ha sido tratada bajo forma de resúmenes que permitan grabar, en el alumno, el concepto fundamental, evitándole el excesivo detalle que no puede recordar y sí puede confundirlo.

No pretendo, con este modesto trabajo, aumentar la valiosa bibliografía de esta ciencia; son, simplemente,

apuntes de Mineralogía y Geología, para los alumnos de 5.º año del Colegio Nacional y 2.º año de la Escuela Normal.

A ellos van dirigidos y ellos dirán si el fin perseguido de hacerles más fácil el estudio de esta materia, ha sido conseguido.

El Autor.

Buenos Aires, noviembre de 1929.

BREVES CONSIDERACIONES A LA 2.^a EDICION

Señores profesores:

Alumnos:

Heme aquí, en la 2.ª edición de mis "Apuntes de Mineralogía y Geología", de nuevo ante vosotros.

Gracias, ante todo, a los colegas que han querido apoyar mi obra y gracias, también, a los jóvenes estudiantes quienes, con su aceptación, me han probado que no en vano les dedicara este modesto trabajo.

Gracias, muy especialmente, a los señores Profesores:

Prof. A. Gentile, Escuela Normal, Mercedes, Buenos Aires.

Prof. Antonio Serrano, Colegio Nacional, Paraná, Entre Ríos.

Prof. Jorge Selva, Colegio Nacional, Santa Rosa, Pampa.

Dr. Adolfo Marrocco, Dolores, Buenos Aires; y otros más, que respondiendo a mi invitación, han querido hacerme llegar las indicaciones y sugerencias que han creído convenientes y a las cuales he accedido dentro de lo posible.

Aparece, esta 2.ª edición, retocada y aumentada.

Se aclaran las bolillas de Cristalografía, poniendo en letra más pequeña los capítulos correspondientes a los sistemas ortorrómbico, monoclinico y triclinico, a fin

de permitir, al profesor, enseñarlos o no, según crea conveniente.

Se agrega, al final del capítulo de Cristalografía y del de Mineralogía, un detalle completo de los trabajos prácticos que pueden realizarse.

He tratado de evitar errores y espero que los que se hayan podido deslizar, contra mi voluntad, y pese a mi atención, sean pocos y de menor importancia.

Si la aceptación prestada a la 1.^a edición, se repite con esta 2.^a, me consideraré satisfecho.

El Autor.

Buenos Aires, diciembre de 1933.

ANTE LA TERCERA EDICION

Señores profesores:

Aparece esta 3.^a edición, exigida por el éxito creciente de estos Apuntes, con numerosas ampliaciones y una prolija revisión.

En ella he tratado de intensificar, muy especialmente, la parte de trabajos prácticos, sin la cual, la enseñanza científica se convierte, para el alumno, en una sucesión inútil de hechos abstractos.

Con este fin, lleva esta edición un nuevo capítulo, dedicado, especialmente, a la clasificación de minerales y un ensayo de clave mineralógica, presentada bajo forma de cuadros, que he tratado fuera lo más sencilla y clara posible.

Los minerales que figuran en los cuadros han sido elegidos, especialmente, entre los más comunes, es decir, entre los que pueden conseguirse con mayor facilidad.

Se intensifican, también, los trabajos prácticos de Petrografía y Geología.

El Autor.

Buenos Aires, Enero de 1937.

Para la Cuarta Edición

Señores profesores:

Hace apenas pocos meses me presentaba ante vosotros con la 3.^a edición de estos Apuntes.

El éxito sin precedentes de la misma, agotada prácticamente en dos meses, motiva esta cuarta edición, cuya aspiración de mejoramiento se traduce en ligeros retoques en los capítulos de Cristalografía, Clave para análisis de minerales, y Bolilla VII de Geología (movimientos orogénicos y epirogénicos) ésta última por insinuación del doctor José Liebermann, profesor de la materia en el Colegio Nacional Bernardino Rivadavia.

L. Berardi.

Buenos Aires, Agosto de 1937.

PROGRAMA OFICIAL (1)

DE

MINERALOGIA Y GEOLOGIA

Para 5.º Año de los Colegios Nacionales y para
2.º Año de las Escuelas Normales

MINERALOGIA

- Bolilla I.** — Minerales y rocas; definiciones y ejemplos. Cristales. Hipótesis de Haüy. Estructura reticular. Cuerpos amorfos.
- Bolilla II.** — Observaciones prácticas sobre los minerales: superficie, brillo, transparencia, polvo, fractura, apegamiento, tacto, sabor, olor, color, dureza, flexibilidad, ductilidad, untuosidad, frío o conductibilidad, fluorescencia, fusibilidad, densidad, doble refracción.
- Bolilla III.** — Breves nociones de simetría. Centros, ejes y planos de simetría. Leyes cristalográficas. Ley de la convexidad de los ángulos. Goniómetros. Ley de la constancia de los ángulos. Formas simples. Pasaje de una forma simple a otra por el método de los truncamientos. Ley de los índices racionales. Ley de simetría. Formas holoédricas y hemiédricas. División de los cuerpos cristalizados en sistemas cristalinos de acuerdo a los elementos de simetría que poseen.
- Bolilla IV.** — Sistema cúbico. Su estudio sobre la forma primitiva. Elementos geométricos: caras, aristas y ángulos triedros. Notación. Elementos de simetría. Símbolos. Formas holoédricas más comunes: su derivación. Formas hemiédricas: su explicación. Ejemplos de cristales naturales del sistema cúbico.
- Bolilla V.** — Sistema cuadrático. Forma primitiva. Elementos geométricos. Notación. Elementos de simetría. Símbolos. Formas holoédricas principales: su obtención a partir de la forma primitiva. Formas hemiédricas. Ejemplos de cristales naturales que pertenecen al sistema cuadrático.

(1) Aprobado por el P. E. por decreto de fecha 31 de diciembre de 1936.

- **Bolilla VI.** — Idéntico estudio del sistema exagonal. Sistema romboédrico. Ejemplos de cristales naturales que pertenecen a estos sistemas.

Bolilla VII. — Estudio de los sistemas ortorrómbico y monoclinico. Formas sobre las cuales se estudian. Elementos geométricos y de simetría. Notación y símbolos. Formas holoédricas y hemiédricas.

Sistema triclínico. Ejemplos de cuerpos cristalizados que pertenecen a cada uno de estos sistemas. Idea de maclas. Ejemplos de cuerpos que se presentan generalmente maclados.

- x **Bolilla VIII.** — Algunas propiedades físicas: dureza, fusibilidad, brillo, densidad. Nociones químicas aplicadas a la determinación de los minerales. Oxidación y reducción. Estudio de la llama. Usos. Soplete: su empleo. Ensayos de coloración de la llama. Ensayos en tubos abiertos y cerrados. Ensayo sobre el carbón. Ensayo de Bunsen sobre una cápsula de porcelana. Perlas de bórax y sal de fósforo.

- x **Bolilla IX.** — Ensayos por vía húmeda. Principales disolventes. Disgregación. Reconocimiento de los principales metaloides y metales que entran en la composición de los minerales más comunes.

Bolilla X. — Idea de la clasificación de minerales. Metaloides y metales. Combustibles. Lámpridos.

Bolilla XI. — Óxidos y haloides. Carbonatos. Silicatos. Fedespátos y feldespátoides. Micas. Piroxenos. Anfíboles. Sulfatos. Boratos. Fosfatos. Nitratos, etcétera.

- x **Bolilla XII.** — Principales propiedades ópticas de los cuerpos cristalizados. Luz polarizada. Microscopio polarizante. Minerales mono y birrefringentes. Minerales opacos. Polarización cromática. Figuras en luz convergente que distinguen a un mineral monoaxial de uno biaxial. Minerales policróicos, etcétera.

PETROGRAFIA

Bolilla XIII. — Composición química media de las rocas. División de las rocas. Rocas ígneas: su composición química y mineralógica. Minerales esenciales y accesorios. Textura. Tipos principales. Idea de clasificación racional de rocas eruptivas. Principales rocas eruptivas. Rocas sedimentarias: su formación. Principales rocas sedimentarias. Rocas metamórficas: (idea sobre el metamorfismo). Principales rocas metamórficas.

GEOLOGIA

- Bolilla XIV.** — La Tierra. Forma, volumen y densidad. Plataformas continentales, continente, zócalo continental (plataforma submarina), borde continental.
Mar epicontinental.
Enumeración, distribución e ideas generales sobre las plataformas continentales.
Cuencas oceánicas, talud continental, depresiones y fosas.
Enumeración, distribución e ideas generales sobre las cuencas oceánicas.
- Bolilla XV.** — Nociones sobre la vida en los continentes. La vida en el medio marino; zonas nerítica, batial y abisal.
- Bolilla XVI.** — Ciclo de los fenómenos geológicos, litogénesis, orogénesis y gliptogénesis.
- Bolilla XVII.** — Sedimentación.
Sedimentos de origen detritico, orgánico y químico.
Facies.
Dirección e inclinación de los estratos. El clinómetro.
- Bolilla XVIII.** — Concordancia. Discordancia. Diversas formas. Hiatos. Pliegues. Diversos tipos.
Fallas. Diversos tipos
- Bolilla XIX.** — El ciclo del agua en la Naturaleza.
Consideraciones generales sobre las aguas subterráneas.
Napas freáticas y artesianas (ascendentes y surgentes).
- Bolilla XX.** — Movimientos orogénicos. Movimientos epirogénicos. Transgresiones y regresiones marinas.
- Bolilla XXI.** — Volcanes. Erupciones. Productos de las erupciones volcánicas.
- Bolilla XXII.** — Caracteres generales de las eras: agnotozoica, paleozoica, mesozoica, cenozoica y psicozoica.
Principales ciclos de movimientos orogénicos.
- Bolilla XXIII.** — Nociones sobre la geología de la República Argentina.
- Bolilla XXIV.** — Breves nociones sobre los yacimientos de los minerales y de las rocas.
- Bolilla XXV.** — Breve noticia histórica de las exploraciones geológicas en la República Argentina.
- Bolilla XXVI.** — Geología de la Capital Federal y provincia de Buenos Aires.

El programa de Mineralogía y Geología para 2.º año de las Escuelas Normales es el mismo que acabamos de detallar, suprimiendo la Bolilla IX (Ensayos por vía húmeda) y la Bolilla XII (Principales propiedades ópticas de los cuerpos cristalizados).

Dicho programa suprime también los temas: "Nociones químicas aplicadas a la determinación de los minerales. Oxidación y reducción. Estudio de la llama. Usos", correspondientes a la Bolilla VIII.

Creo, sin embargo, prudente aconsejar a mis colegas no suprimir esa parte de la Bolilla VIII por ser, a mi criterio, indispensable, precisamente para los alumnos de 2.º año de las Escuelas Normales que carecen de las nociones de química necesarias.

MINERALOGIA

BOLILLA I

Minerales y rocas: definiciones y ejemplos. Cristales y cuerpos amorfos. Constitución de los cristales. Hipótesis de Håüy. Estructura reticular. Isomorfismo. Polimorfismo. Pseudomorfismo. Formas imitativas. Cristalización: sus procedimientos.

Minerales y rocas: definiciones y ejemplos:

La mineralogía es la ciencia que estudia los minerales.

Mineral es todo cuerpo homogéneo, natural e inorgánico, que constituye la corteza terrestre.

Se llama homogénea toda substancia igual en todas sus partes, o sea, cuando cada partícula de la misma presenta las propiedades del conjunto.

El cuarzo, por ejemplo, es un cuerpo natural (que nos ofrece la Naturaleza), inorgánico y en el cual, todas sus partículas presentan las propiedades del conjunto: siendo por lo mismo homogéneo.

Por consiguiente, si el cuarzo es un cuerpo natural, inorgánico y homogéneo, que constituye la corteza terrestre, podemos afirmar, sin temor a dudas, que el cuarzo es un mineral.

Roca, es el mineral o conjunto de minerales, dignos de tenerse en cuenta, por su gran superficie, al estudiar la constitución de la corteza terrestre.

El mineral debe estar formado siempre por una sola substancia, mientras la roca puede estar formada por una sola substancia o por varias substancias. Ejemplo de roca: el granito, que es una mezcla de feldespato, cuarzo y mica.

Un mineral puede presentarse a nosotros, bajo los tres estados físicos, más comunes: sólido, líquido y gaseoso.

Como ejemplo de sólido podemos presentar un trozo de pirita (bisulfuro de hierro). Como ejemplo de líquido, un poco de agua, y como ejemplo de gas: el aire.

Cristales y cuerpos amorfos.

Observemos, por un momento, un trozo de cuarzo.

El nos llamará la atención por la elegancia y la perfección de sus formas geométricas.

Diremos, entonces, que es un cristal.

Sin embargo, no basta la forma geométrica para caracterizar un cristal. A veces, por causas extrañas (mecánicas o químicas) puede, un cristal, presentar formas no perfectas y hacernos así incurrir en error.

Es necesario pues, algo más y esto es el estudio de sus propiedades.

Si, tomando un trozo de mica, tratamos de separar sus laminillas, observaremos que esta operación sólo puede realizarse en un sentido.

Si, estudiáramos su conductibilidad calorífica, comprobaríamos que ella no es la misma en todas direcciones, siendo mayor en largo que en ancho.

Cuando por lo menos una de las propiedades de un mineral, no se manifiesta igualmente en todas direcciones, se dice que la substancia es **anisotropía**.

Cuando un mineral se presenta como un agregado de partículas sólidas, homogéneo y anisótropo, se dice que es un cristal.

Los últimos estudios de Lehman, Viola y Fernández Navarro han permitido admitir la existencia de cristales líquidos, llamados "semicristales". A este estado de la materia cristalina se le ha llamado: "estado mesomorfo".

A la estructura de esta substancia se la llama estructura cristalina.

Si observamos, por el contrario, un trozo de ópalo, vemos que se disgrega igualmente en todos sentidos y que su conductibilidad calorífica es la misma en todas direcciones. En una palabra: sus propiedades se manifiestan igualmente en todas direcciones; es una substancia isotrópica.

Cuando las partículas sólidas que constituyen un mineral isótropo, no presentan formas geométricas determinadas diremos que se trata de un cuerpo amorfo, o sea, sin forma.

La variación de las propiedades de un cristal, según direcciones determinadas permite suponer que las partículas se hallan, en él, unas al lado de las otras, como los hombres de un batallón de soldados. Así se explica que la excitación sobre uno de ellos se transmite por igual a todos los de la fila.

En los cuerpos amorfos, en cambio, las partículas se hallarían sin orden alguno y la excitación de una de ellas se propagaría igualmente en todas direcciones. Esto explicaría el por qué, en los cuerpos amorfos, las propiedades se manifiestan igualmente en todos sentidos.

Constitución de los cristales. — Hipótesis de Haüy.

La forma exterior de los minerales, por lo general, no es arbitraria. Ella depende de la disposición íntima de sus partículas, y esta disposición íntima, depende, a su vez, de las fuerzas atractivas y repulsivas que las rigen.

Podríamos comparar, para aclarar este concepto, las moléculas que constituyen un mineral con los alumnos que, desordenadamente, corren y juegan en el patio del colegio.

De pronto... el primer toque de campana.

Toque de silencio.

Todos permanecen quietos, en el sitio donde se encuentran.

Y así el patio parecería una sustancia sólida en la que sus moléculas, por un enfriamiento rápido, hubieran carecido del tiempo necesario para ordenarse. Sería lo que científicamente llamamos una **sustancia amorfa**.

Volviendo al ejemplo del patio y los alumnos, consideremos ahora el segundo toque de campana: ¡A ordenarse!

Los alumnos se ubican, respectivamente, en sus filas.

Contemplemos ahora el patio y veremos a los escolares (las moléculas del cuerpo sólido imaginado) que con tiempo (por un enfriamiento lento) se han ordenado en filas simétricas, uno tras de otro.

Sería lo que científicamente llamamos una sustancia cristalina.

Este ordenamiento molecular del estado cristalino se ha hecho visible gracias a los rayos X.

Antes del descubrimiento de los rayos X, algunos sabios del siglo pasado ya habían intentado explicar de diversas maneras el estado cristalino.

Haüy, por primero, estudiando un cristal de calcita, de forma prismática, que le habían regalado, notó, en una parte del mismo, una faceta brillante. Golpeando con cuidado el cristal, consiguió obtener otras facetas semejantes, hasta reducir el cristal a un sólido formado por seis caras rómbicas, o sea, a un romboedro y de éste a su vez, consiguió otros romboedros más pequeños.

Repitió la experiencia con la galena y consiguió pequeños cubos y de éstos otros cubitos más pequeños.

Repitió la experiencia con la fluorita y consiguió un octaedro y de éste otros octaedros más pequeños.

Todas estas observaciones le permitieron suponer que todos los cristales estaban formados por la unión de **partículas integrantes**, que él creía representaban las moléculas químicas, y que según él, eran: "los más pequeños sólidos que se podían extraer del mineral sin alterar su naturaleza".

Consideraba, como forma primitiva, al conjunto de un gran número de partículas integrantes y por "decrecimiento" de vértices y aristas obtenía los diferentes sólidos geométricos que representaban un cristal.

Ejemplo: Un cubo de galena estaría formado por la yuxtaposición de numerosos cubitos iguales y paralelos entre sí.

Si sobre una de las caras de un cubo, formado por moléculas integrantes cúbicas, se quita cierto número de hileras de cubitos, correspondientes a una capa.

Si en la capa inferior se quita el mismo número de hileras menos una y se continúa, sucesivamente, de la misma manera, se llegará a tener una escalerita (figura 1), que repetida en la otra cara y considerada como un plano (1) se nos presentará como una cara rómbica.

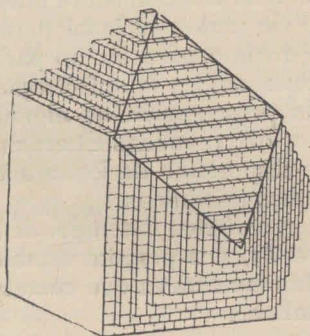


Fig. 1

Repitiendo la operación en cada una de las 6 caras del cubo, tendríamos un rombododecaedro.

Sin embargo, la hipótesis de Haüy cayó muy pronto.

Efectivamente, ella admite la materia continua y sin espacios, mientras los conocimientos actuales nos permiten afirmar que la materia es discontinua y posee espacios entre una partícula y otra. De allí que la hipótesis de Haüy haya sido abandonada y sustituida por la de Bravais, que es la que hoy aceptamos como correcta.

(1) Fácil de admitir porque las partículas que la constituyen son muy pequeñas.

- N.º 1 = cubo.
N.º 2 = prisma recto de base cuadrada.
N.º 3 = „ recto de base rómbica.
N.º 4 = „ exagonal.
N.º 5 = romboedro.
N.º 6 = prisma monoclinico.
N.º 7 = „ triclino.

La teoría reticular fué demostrada por Laue. Friedrich y Knipping, en el año 1912, gracias a los rayos X o Roentgen.

Para ello, hicieron incidir, normalmente, un rayo Roentgen, sobre la lámina de un cristal, colocada sobre una placa fotográfica envuelta en papel negro. Hecha la experiencia y revelada la placa se observó un sistema de pequeñas manchitas correspondientes a los nudos del supuesto enrejado (1).

Isomorfismo. — Polimorfismo. — Pseudomorfismo.

Las ventajas prácticas del estudio cristalográfico de un mineral fueron dadas por Haüy al estudiar la relación que existe entre la composición química de una substancia y su forma cristalográfica, llegando a la conclusión que: **substancias de la misma composición química cristalizan siempre en la misma forma cristalina.**

Esta ley tiene sus excepciones, representadas por los casos de isomorfismo, polimorfismo y pseudomorfismo.

Se llama **isomorfismo** a la propiedad que tienen **substancias de distinta composición química** de cristalizar en la misma forma cristalina.

Generalmente, las substancias isomorfas, o sea, que presentan la propiedad del isomorfismo, a pesar de ser distintas, tienen una composición química semejante.

Ejemplo: $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ ~ carbonato de calcio.
 $\text{CO}_3 \text{ Mg}$ ~ carbonato de magnesio.
 $\text{CO}_3 \text{ Fe}$ ~ carbonato de hierro.

(1) Véase ampliación pág. 214.

Estos carbonatos son isomorfos y, como se ve, su composición química es semejante, pues sólo se diferencian entre sí por el metal.

Las sustancias isomorfas presentan la propiedad de cristalizar una sobre otra.

Ejemplo: Los alumbres son isomorfos. De allí que si se sumerge, colgado de un hilo, un cristal de alumbre común (incolore) en una solución de alumbre de cromo (violáceo), éste continúa el crecimiento del cristal anterior y si el resultado de esta experiencia se sumerge en una solución de alumbre de hierro (rojo-oscuro) éste continúa su crecimiento.

El resultado final será entonces un cristal regular de 3 colores, correspondientes a los 3 alumbres isomorfos.

Se llama **polimorfismo** la propiedad que tiene una misma sustancia de cristalizar en distintas formas cristalinas.

Ejemplos:

El carbono, cristalizado en cubo piramidado = diamante.

El carbono, cristalizado en prismas monoclinicos — grafito.

El azufre, cristalizado por fusión en prismas monoclinicos.

El azufre, cristalizado por evaporación del disolvente en octaedros rómbicos.

Se llama **pseudomorfismo**, la propiedad de ciertos cristales de presentarse bajo una forma cristalina que no le corresponde por su constitución química, o sea, bajo una falsa forma.

Generalmente, esta falsa forma es debida a que el mismo mineral ha cristalizado en un hueco que es el que le da una forma que no le corresponde, o proviene de un derivado que cristaliza en otro sistema.

Formas imitativas.

Para que un mineral pueda presentarse bajo forma geométrica perfecta son necesarias tantas condiciones

que, la naturaleza, rara vez puede reunir; de allí que, más frecuentemente, los minerales presentan formas exteriores semejantes a las de objetos conocidos.

Se las llama entonces, **formas imitativas**.

Las principales, son:

Forma **dendrítica** cuando presentan el aspecto de las ramificaciones de un árbol (ej.: el oro nativo [figura 3]).



Fig. 3

Forma **coraloidea**: cuando por su aspecto nos recuerdan los corales (ej.: el aragonito [figura 4]).



Fig. 4

Forma **pisolítica**: agregación de pequeños granos esféricos, formados por capas concéntricas y del tamaño de una arveja (ej.: la limonita [figura 5]).



Fig. 5

Forma **oolítica**: semejante a la anterior, pero con granos más pequeños y no concéntricos (figura 6).

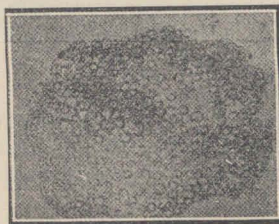


Fig. 6

Forma **mamelonar**: con curvas más o menos pronunciadas (ej.: la malaquita [figura 7]).

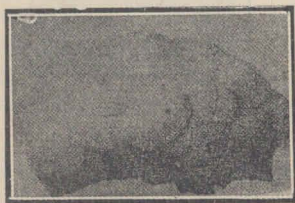


Fig. 7

Forma **acicular**: en forma de manojos de agujas delgadas (figura 8).

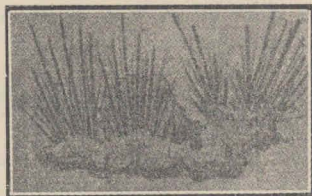


Fig. 8

Estalactitas y estalagmitas (1).

Forma **estratificada**: cuando las masas del mineral se hallan colocadas en capas superpuestas.

Cristalización: sus procedimientos.

Se llama **cristalización** a la disposición determinada y regular de las partículas de un sólido.

Los procedimientos empleados para realizar una cristalización se dividen en: procedimientos por **vía seca** y procedimientos por **vía húmeda**.

Los procedimientos por vía seca se subdividen a su vez: **a)** por fusión y **b)** por sublimación.

a) Por fusión. Se coloca un poco de azufre en un tubo de ensayo, se calienta hasta que funda y se deja enfriar. Rompiendo el tubo de ensayo y partiendo en dos el bloque de azufre formado, será fácil observar las agujas de azufre cristalizado.

b) Por sublimación, o sea, por el pasaje de sólido a vapor y de vapor a sólido, sin pasar por el líquido. Se coloca un poco de yodo en una capsulita de porcelana, se calienta y se recogen los vapores formados, en un embudo invertido. Los cristales de yodo sublimado se depositan en las paredes frías del embudo.

(1) El profesor repasará lo estudiado al respecto en Química de 4.º año. Véase: "Elementos de Química", 1.ª parte, del autor.

Puede repetirse la experiencia con naftalina, alcanfor, ácido benzoico, etc.

Los procedimientos por vía húmeda, se subdividen a su vez: a) por disolución y evaporación del disolvente y b) por disolución en caliente y cristalización por enfriamiento.

a) Por disolución y evaporación del disolvente. Se coloca un poco de azufre en un tubo de ensayo y se le agregan unos centímetros cúbicos de sulfuro de carbono. Se agita hasta disolución completa y se vuelca en un cristizador, o sea, en un recipiente ancho y bajo.

El sulfuro de carbono se evapora y aparece el azufre cristalizado en octaedros rómbicos.

b) Por disolución en caliente y cristalización por enfriamiento. Se disuelve en un tubo de ensayo, calentando, regular cantidad de sulfato de cobre en poca cantidad de agua y se vuelca en un cristizador. El sulfato de cobre cristaliza por enfriamiento.

En todos estos casos se inicia la cristalización con la formación de gérmenes cristalinos, representados por dos o tres paralelepípedos (cubitos, prismas, etc., ultrapequeños), unidos paralelamente.

Alrededor de estos gérmenes se van adosando, con velocidades distintas, otros gérmenes semejantes y el cristal crece.

Si se quiere obtener un cristal de mayor tamaño, es decir, si se desea hacerlo crecer, se elige el cristal más regular de los obtenidos por el procedimiento anterior, se ata con hilo de seda y se sumerge suspendido de una varilla de vidrio en una solución concentrada (1) de sulfato de cobre. El cristal crece y engruesa regularmente.

Para obtener una buena cristalización, son condiciones indispensables, el tiempo, el reposo y la amplitud, a fin de evitar la agrupación de cristales.

(1) Si la solución es diluida, el cristal se disuelve.

BOLILLA II

OBSERVACION DE MINERALES

Superficie. Brillo. Transparencia. Polvo. Fractura. Apegamiento. Tacto. Sabor. Color. Dureza. Flexibilidad: Ductilidad. Untuosidad. Frío o conductibilidad. Fluorescencia. Fusibilidad. Densidad. Doble refracción.

Superficie.

La superficie de un mineral puede ser lisa o irregular.

Brillo.

Se llama brillo, a las diferentes maneras de reflejar la luz en la superficie de los minerales.

Se le denomina por comparación con el que presentan objetos muy conocidos.

Así tenemos brillo **resinoso** (como el ámbar); cuando su modo de reflejar la luz es semejante al de la resina.

Brillo **vítreo** (ej.: el cuarzo).

Brillo **céreo**, como la cera (ej.: el talco).

Brillo **metálico**, como el de los metales, etc.

Transparencia.

Se llama transparencia la mayor o menor resistencia de los minerales a ser atravesados por la luz.

Se llaman **diáfanos** o **transparentes**, si a través de su masa permiten ver un objeto con detalles.

Se llaman **semidiáfanos** cuando no permiten ver los detalles.

Se llaman **translúcidos** cuando sólo dejan ver una sombra.

Polvo.

Cuando se golpea un mineral amorfo, con ayuda de un martillo, se produce su desmenuzamiento en partículas irregulares, que constituyen el polvo de dicho mineral.

Fractura.

Los variados aspectos que presentan estas partículas, originadas por fractura o desmenuzamiento del mineral, le dan nombres especiales. Así tenemos:

Fractura **desigual**, si presenta superficies irregulares.

Fractura **cérea, vítrea, resinosa**, si presenta al romperse, el aspecto de la cera, del vidrio o de la resina, respectivamente.

Fractura **concoidal**, si presenta fragmentos cóncavos y convexos.

Cuando el mineral que se golpea es cristalizado el desmenuzamiento se realiza siempre siguiendo direcciones determinadas. Es lo que se llama: **clivaje**.

La división se realiza siguiendo un plano que se llama **plano de clivaje**.

Cuando la superficie de separación es completamente plana y brillante se dice que el mineral tiene un clivaje **muy perfecto**, (ejemplo: la mica); cuando la superficie es algo escalonada se dice que tiene un clivaje **perfecto** y cuando la superficie obtenida es irregular se dice que tiene un clivaje **imperfecto**.

Apegamiento.

Es la propiedad que tienen algunos minerales de adherirse a la lengua al ser humedecidos (ej.: la arcilla).

Tacto.

Es la impresión que un mineral deja en la mano al ser rozado. Puede ser untuoso, áspero, etc.

Sabor.

Hay minerales **salados**, como el cloruro de sodio; **amargos**, como el sulfato de magnesio; **astringentes**, como el del alumbre; **dulces**, como el del bórax, etc.

Olor.

Hay minerales de olor **picante**, **repugnante**, **aliáceo** (a ajos), etc.

Generalmente, para percibir el olor, en los pocos minerales que lo presentan, es necesario recurrir al frote o a la acción del calor.

Color.

Está dado por la descomposición de la luz al incidir sobre la superficie de un mineral.

Una parte de las radiaciones que constituyen la luz incidente son absorbidas y las restantes son reflejadas.

Cuando un mineral rechaza todas las radiaciones, se dice que es **incoloro**.

Cuando un mineral absorbe, parcial e igualmente, todas las radiaciones, se dice que es **blanco**.

Cuando un mineral absorbe totalmente todas las radiaciones, se dice que es **negro**.

Cuando un mineral absorbe casi todas las radiaciones y rechaza solamente las correspondientes a un determinado color, se dice que posee dicho color.

Por consiguiente, el color de un mineral depende, esencialmente, de la naturaleza de la luz incidente y de las radiaciones que refleja.

Ej.: el crisoberilo es rojo observado a la luz artificial y es verde observado a la luz natural.

Algunas veces las vibraciones son absorbidas por la sustancia misma que constituye el mineral y en ese caso, su color, será el color propio que le corresponda. A esta clase de sustancias se las llama: **idiocromáticas** (de idio = propio y chromos = color).

Otras veces, en cambio, las vibraciones son absorbidas por las sustancias disueltas o acumuladas, accidentalmente, en el mineral. En estos casos su color será variable y no fundamental.

A esta clase de sustancias se las llama: **alocromáticas** (de alos = variable y chromos = color).

El color que presenta el polvo de los minerales alocromáticos es, generalmente, blanquecino.

Minerales de **colores metálicos**: amarillo, el oro; de color rojo, el cobre; de color gris, el plomo, etc.

Minerales de **colores no metálicos**: blancos, el yeso, la caliza; grises, tierra de infusorios; negros, carbón de piedra; azules, la azurita; verdes, la malaquita; amarillos, el azufre, etc.

Para comprobar si el color del mineral en conjunto corresponde al color de su polvo, se raya con él, una plaquita de porcelana blanca, sin barnizar y se observa el color de la línea pulverulenta dejada por el mineral.

Ejemplo: los cristales de hierro oligisto son de color gris y su polvo es rojo.

Tanto el apegamiento, como el tacto, el sabor, el olor y el color, se llaman también, propiedades organolépticas, porque se aprecian por medio de los órganos de los sentidos.

Dureza.

Es la mayor o menor resistencia que presenta un mineral al ser rayado por otro.

Se llaman minerales **blandos** los que se dejan rayar por la uña.

Se llaman minerales **duros**, los que se dejan rayar por una punta de acero.

Se llaman minerales **muy duros**, los que no se dejan rayar ni por una punta de acero.

Para medir la dureza de un mineral se usan ciertos aparatos llamados **esclerómetros**, constituidos por una punta de acero, munida de un platillo en su parte superior. Se aplica la punta de acero sobre la superficie pulida de un mineral y se anotan las pesas que es necesario colocar sobre el platillo, para que la punta de acero penetre en el mineral.

Por consiguiente, en el esclerómetro, medimos la dureza de un cuerpo, según la presión que es necesario ejercer sobre él para rayarlo.

Mohs, por su parte, ha ideado una escala, ordenando 10 minerales, de constitución conocida, en el orden creciente de su dureza.

Ellos son:

N.º 1.—Talco (silicato de magnesio).

N.º 2.—Yeso (sulfato de calcio).

N.º 3.—Caliza (carbonato de calcio).

N.º 4.—Espato fluor (fluoruro de calcio).

N.º 5.—Apatita (fosfato tricálcico).

N.º 6.—Feldespato ortosa (silicato doble de aluminio y potasio).

N.º 7.—Cuarzo (anhídrido silícico).

N.º 8.—Topacio (fluor-silicato de aluminio).

N.º 9.—Corindón (óxido de aluminio).

N.º 10.—Diamante (carbono cristalizado).

Se mide la dureza de un mineral comparándola con la de los minerales de la escala.

Flexibilidad.

Es la propiedad que tienen algunos minerales de ser doblados, sufriendo una deformación, sin llegar a romperse (ej.: el talco en hojas) y conservar permanentemente esa nueva posición.

Ductilidad.

Se llama ductilidad la propiedad que tienen algunos minerales de ser reducidos a hilos.

Los minerales más dúctiles son los metales (1).

Untuosidad.

Es la propiedad que presentan algunos minerales de dar la sensación de grasa al ser rozados (ej.: grafito).

Frío o conductibilidad.

Es la mayor o menor facilidad con que los minerales se dejan atravesar por los rayos caloríficos.

(1) Véase: "Elementos de Química", 1.ª parte, del autor.

Los minerales que no conducen el calor se llaman **atérmanos**.

Los minerales que conducen el calor se llaman **diatérmanos**.

Para medir la conductibilidad calorífica de un mineral se recubre una de sus partes planas con cera y se toca, su parte media, con una varilla metálica caliente (1).

El mineral transmite el calor y la cera funde alrededor del punto tocado.

Si el mineral transmite el calor en forma homogénea, o sea, igualmente, en todas direcciones, la zona de cera fundida toma la forma de un círculo (ej.: los minerales amorfos [figura 9 a]).

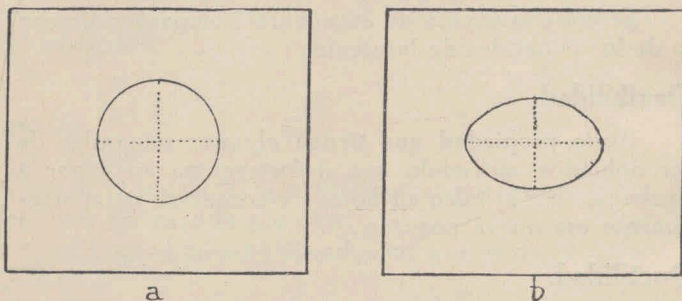


Fig. 9

Si el mineral transmite el calor en forma desigual, es decir, más en ciertas direcciones que en otras, la zona de cera fundida toma, generalmente, la forma de una elipse (2) (ej.: los minerales cristalizados [figura 9 b]).

Fluorescencia.

Es la propiedad que tienen algunos minerales de presentar colores distintos, según como incide la luz sobre ellos.

(1) Esta varilla, generalmente de platino, puede calentarse por medio de una llama o por medio de la corriente eléctrica.

(2) Se exceptúan los casos en que la experiencia se hace sobre caras perpendiculares al eje óptico (véase más adelante).

Si observamos por transparencia un trozo de fluorita, ésta presenta un color verde.

Si observamos el mismo trozo, de manera que los rayos luminosos incidan sobre él, ellos son reflejados y el mineral se nos presenta con un color azul violáceo.

Fusibilidad.

Es la mayor o menor facilidad con que un mineral pasa del estado sólido al líquido.

Algunos minerales funden al calor de la llama de una vela, mientras otros lo hacen apenas al calor del soplete (2.500°).

Para clasificar los minerales de acuerdo a su fusibilidad se han propuesto varias escalas.

Una de las más aceptadas es la siguiente, ideada por Kobell:

- Nº 1.—Antimonita (funde al calor de una vela).
- Nº 2.—Natrolita (funde a la llama del gas).
- Nº 3.—Almandino (funde, fácilmente, al calor del soplete, tomando la forma esferoidal).
- Nº 4.—Actinolita (funde al soplete, con dificultad, formando puntas redondeadas como cabezas de alfileres).
- Nº 5.—Ortosa (funden, al soplete, sólo las aristas).
- Nº 6.—Broncita (casi infusible al soplete).
- Nº 7.—Cuarzo (infusible al soplete).

Para determinar el grado de fusibilidad de una sustancia, se coloca una astilla delgada del mineral entre las puntas de platino de una pinza metálica y se somete al calor, tratando de observar, con una lupa, los efectos que produce y comparándolos con los indicados por la escala.

Densidad.

Se llama densidad de un mineral a la relación que existe entre la masa del mismo y su volumen.

Peso específico de un mineral líquido o sólido es la relación que existe entre el peso de un mineral y su volumen, o sea, el peso de un volumen igual de agua destilada a 4° C.

Se llama densidad relativa de un mineral líquido o sólido, a la relación que existe entre la masa de un mineral y la masa de un volumen igual de agua a 4° C.

Dada, en este caso, la identidad de valores, nos referiremos indistintamente a uno u otro término.

Pueden presentarse, comúnmente, dos casos: a) que el mineral sea un sólido; b) que el mineral sea un líquido.

Caso a) mineral sólido.

Primer método: Se pesa el mineral en una balanza común. Su peso = P. Ej.: P = 5 grs.

Se toma una probeta graduada, se llena de agua hasta una cierta graduación y se introduce el mineral. El volumen del agua aumentará, es decir, marcará una graduación mayor y el aumento representará el volumen del cuerpo = V. Ej. V = cm³. 2,5.

$$\text{Ejemplo: El peso específico será igual } \frac{P}{V} = \frac{5}{2,5} = 2.$$

Segundo método: De la balanza hidrostática.

La balanza hidrostática es una balanza que tiene un platillo más corto que otro.

Se pesa el mineral colocándolo sobre este platillo (Peso = P).

Se cuelga el mineral de un gancho que se encuentra debajo de ese platillo; se sumerge en una vasija con agua y se vuelve a equilibrar (Peso₁ = P₁.. (suma de las pesas que representan P mas las pesas que hemos colocado sobre el platillo más corto para restablecer el equilibrio).

La diferencia entre las dos pesadas (P₁ — P) o sea, las pesas que hay que agregar para restablecer el

equilibrio) indican el empuje recibido por el mineral al ser sumergido en el agua.

Pero, como según Arquímedes, el empuje recibido por un cuerpo sumergido en un líquido, es igual al peso del volumen del líquido desalojado, las pesas agregadas indican el peso del volumen de agua desalojado por el mineral o sea su propio volumen (1) (2).

Tercer método: Balanza de Morh-Wesphal (véase Física, 4.º año).

Cuarto método: Areómetro de Nicholson (véase Física, 4.º año).

Caso b) mineral líquido.

Primer método: Del Picnómetro o del frasco.

El picnómetro es un matracito de vidrio que lleva en su cuello o en su tapón de vidrio, un punto marcado que se llama punto de enrase.

Se pesa el frasco vacío y se pesa, lleno del líquido en examen, hasta el punto de enrase. La diferencia nos indica el peso de la substancia (P).

Se saca el líquido en examen, se lava, se seca y se pesa lleno de agua destilada. El peso del agua destilada corresponderá a su volumen, o sea, al valor V.

Segundo método: Densímetros (véase Física, 4.º año).

Doble refracción.

Es la propiedad que presentan algunos minerales de que un objeto visto a su través se ve doble.

Ejemplo: Véase una cruz marcada sobre un papel,

(1) Un gramo de agua destilada a 4º es igual a un centímetro cúbico de agua en las mismas condiciones.

(2) Cuando el mineral es soluble en agua, se sumerge en cualquier otro líquido, en el que sea insoluble y se multiplica el resultado por el peso específico del líquido empleado.

a través de un cristal de espato de Islandia; la cruz se ve doble (figura 10).

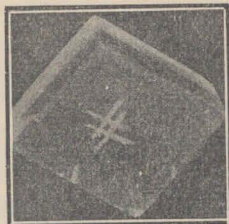


Fig. 10

La explicación científica de este fenómeno será dada al estudiar la bolilla XII.

BOLILLA III

CRISTALOGRAFIA

BREVES NOCIONES DE SIMETRIA

Centros, ejes y planos de simetría. Leyes cristalográficas. Ley de la convexidad de los ángulos. Goniómetros. Ley de la constancia de los ángulos. Formas simples. Pasaje de una forma simple a otra por el método de los truncamientos. Ley de los índices racionales. Notación de Weiss. Notación de Miller. Ley de simetría. Formas holoédricas y hemiédricas. División de los cuerpos cristalizados en sistemas cristalinos de acuerdo a los elementos de simetría que poseen. Sistemas cristalinos.

Centros, ejes y planos de simetría. *

Los elementos geométricos de un cristal son:

Caras: Superficies planas que limitan un cristal.

Aristas: Intersección de dos caras.

Vértice: Punto de reunión de dos o más aristas.

Angulo diedro: Angulo formado por dos caras.

A B C D : cara.

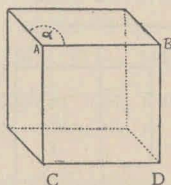


Fig. 11*

A B: arista.

B: vértice.

α : ángulo diedro.

Se llama **centro de simetría** el punto por el cual pasan todas las rectas que cortan el cristal en dos puntos equidistantes de él y equivalentes entre sí.

Tomemos, por ejemplo, el cubo de la figura 12 y unamos con una recta imaginaria dos puntos opuestos,

sean, por ejemplo, los puntos **a** y **b** de dos aristas opuestas.

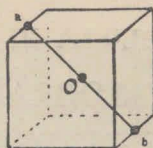


Fig. 12

La recta que los une pasa por un punto **o** que equidista de ambos. Ese punto es el centro de simetría.

Todas las rectas que unirán dos aristas, dos vértices o dos caras opuestas y equivalentes del cubo pasarán por dicho punto.

Se llama **eje de simetría** a la línea imaginaria que pasa por el centro de simetría y que tomada como eje (haciendo girar el cristal a su alrededor) éste ocupa, en una vuelta entera, varias posiciones análogas.

Para cada una de estas posiciones, el aspecto del poliedro ante el observador, debe ser el mismo.

A fin de comprenderlo mejor, tomemos un cubo de jabón, atravesémoslo por un alambre según **EE** (figura 13) y tomando éste como eje, hagámoslo girar hasta

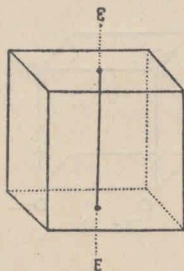


Fig. 13

que el poliedro nos presente un aspecto idéntico al anterior.

Y así sucesivamente hasta volver al punto de partida.

Si en una vuelta entera, equivalente a 360° , las posiciones idénticas, presentadas por el cristal, son cua-

tro, dividiendo 360° por 4, obtendremos la amplitud de cada giración, o sea:

$$360^\circ : 4 = 90^\circ$$

Representando 4, o sea el número de posiciones idénticas, por m, diremos que: eje de simetría, es una línea imaginaria que pasa por el centro de simetría y **alrededor de la cual, girando un ángulo igual a $360^\circ/m$, el cristal tomará posiciones idénticas a la primera.**

Cuando las posiciones idénticas que un cristal puede ocupar, con respecto a un eje de simetría, son seis, se dice que el eje es senario.

En estos casos la giración a realizar será de:

$$360^\circ : 6 = 60^\circ$$

Cuando las posiciones idénticas son 4, el eje se llama cuaternario y la giración es igual

$$360^\circ : 4 = 90^\circ$$

Cuando las posiciones idénticas son 3, el eje se llama ternario y la giración es igual

$$360^\circ : 3 = 120^\circ$$

Cuando las posiciones idénticas son dos, el eje se llama binario y la giración es igual

$$360^\circ : 2 = 180^\circ$$

Los ejes de simetría que sean perpendiculares a otros dos ejes iguales entre sí, se llaman ejes de simetría principales.

Los ejes de simetría senarios, cuaternarios y ternarios, se llaman ejes de simetría principales.

Los ejes de simetría binarios, se llaman ejes de simetría secundarios.

Los ejes se representan con la letra E y un número como subíndice que nos indica su clase. Ejemplo: E_3 quiere decir un eje de simetría ternario.

Se llaman ejes cristalográficos de un cristal a 3 ejes coordenados, que representarían la intersección de tres caras, trasladadas, paralelamente a sí mismas, hasta coincidir en el centro del cristal.

Es decir, que estos 3 ejes representarían a su vez, las 3 aristas concurrentes a un mismo vértice, llevadas paralelamente a sí mismas, a su punto de origen o sea el centro del cristal.

Generalmente, estos 3 ejes cristalográficos coinciden con 3 ejes de simetría del cristal, siempre que éste los tenga (1).

Se llama **plano de simetría**, el que pasando por el centro de simetría, **divide el cristal en dos mitades simétricas**.

Ambas mitades, para ser simétricas, deben contener el mismo número de caras, aristas y vértices, y ellos deben estar igualmente ubicados.

Cada mitad, colocada ante un espejo, deberá dar la imagen correspondiente a la otra mitad. Por esta razón, se define como plano de simetría el que divide, al cristal, en dos partes especularmente (espejo) simétricas.

Cada plano de simetría corresponde a un eje de simetría, salvo el caso de los ejes ternarios, que por ser de orden impar, no pueden, por definición, poseer planos de simetría.

Así, a los ejes de simetría binaria, cuaternaria o senaria, corresponde un número igual de planos de simetría binaria, cuaternaria o senaria.

Los planos de simetría que sean perpendiculares a otros planos iguales entre sí, se llaman planos principales. Así, por ejemplo, los planos de simetría cuaternaria se llaman planos principales de simetría.

Los planos de simetría binaria se llaman planos secundarios (figura 14). $ABCD =$ plano de simetría binaria y $EE =$ eje de simetría binaria, normal al plano correspondiente.

(1) Un eje de simetría puede ser un eje cristalográfico, pero no todos los ejes cristalográficos son ejes de simetría.

Véase aclaración en el capítulo sistema triclino. El sistema triclino posee 3 ejes geométricos o ejes cristalográficos, alrededor de los cuales disponemos las caras de un cristal, pero ninguno de esos 3 ejes reúne las condiciones de un eje de simetría.

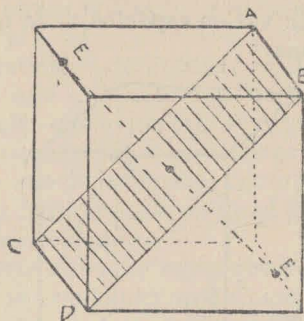


Fig. 14

Un plano de simetría se indica con la letra P.

Plano de simetría principal = P.

Plano de simetría secundaria = P'.

LEYES CRISTALOGRAFICAS

Ley de la convexidad de los ángulos.

Todo cristal simple es un poliedro convexo y, por lo tanto, no presenta ángulos entrantes.

Cuando, al observar un mineral de formas geométricas más o menos determinadas, nos encontramos con ángulos entrantes, diremos, sin titubear, que no es un cristal simple, sino un conjunto de cristales.

Efectivamente, de acuerdo a lo que dijimos en la página 20, sabemos que lo que caracteriza un cristal no es precisamente su forma exterior sino la **distribución especial** de sus moléculas.

El hecho que las propiedades de un cristal se manifiestan distintas según la dirección que se considera, o sea distintas en las direcciones contrarias (véase página 32), pero iguales en las direcciones paralelas nos permite llegar al concepto que toda cara de un cristal debe ir acompañada de su paralela.

El espacio comprendido entre dos caras paralelas se llama **espacio cristalino**.

El espacio cristalino no está limitado por sí mismo sino por su intersección con otros espacios.

La reunión de **varios espacios** es lo que constituye una **forma cristalina**.

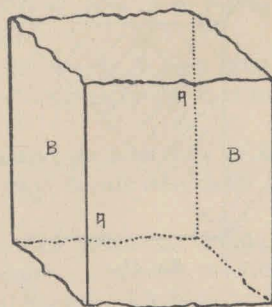


Fig. 15

Se llama **forma abierta** la que se encuentra formada por **un sólo espacio** o por la intersección de **dos espacios**.

Ejemplo: la fig. 15 muestra una forma abierta constituida por la intersección de dos espacios cristalinos, a saber: el formado por las caras paralelas A - A y el formado por las caras paralelas B - B.

Las formas abiertas, como se deduce fácilmente, no pueden encontrarse aisladas y necesitan para cerrarse la intersección con otros espacios.

Por consiguiente, se llama **forma cristalina cerrada** a la constituida por la intersección de **tres o más espacios** cristalinos.

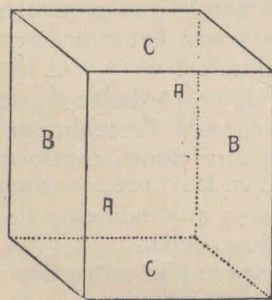


Fig. 16

La figura 16 muestra la forma abierta de la figura

anterior, cerrada ahora por la intersección de un tercer espacio cristalino el C - C.

De lo que acabamos de exponer se deduce que un espacio cristalino solo está determinado por la posición de las caras paralelas que lo limitan, sin que tenga importancia alguna el espesor entre las mismas.

Cuando cada una de las formas cristalinas que constituyen un edificio cristalino son de **igual espesor** tendremos un **cristal proporcionado**.

Si bien es cierto que muy raras veces la Naturaleza nos presenta formas cristalinas proporcionadas, nosotros realizamos el estudio de la Cristalografía sobre formas proporcionadas a fin de facilitar su comprensión por parte del alumno.

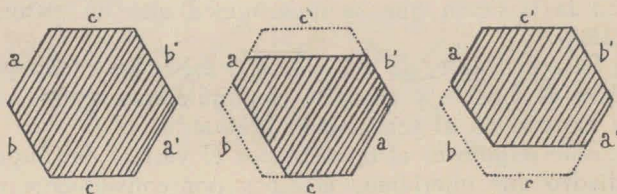


Fig. 17

La figura 17 muestra 3 exágonos cuyos espacios cristalinos han tenido un desarrollo muy distinto, pero cuyas caras a, b y c siguen siendo paralelas respectivamente a la a_1 , b_1 y c_1 y en los cuales nada nos impide que mentalmente, traslademos sus caras paralelamente a sí mismas y las reduzcamos todas a la forma del exágono regular.

Las caras a, b y c seguirán siendo paralelas a las a_1 , b_1 y c_1 y la amplitud angular seguirá siendo la misma.

Goniómetros.

Los aparatos que sirven para medir los ángulos diedros, se llaman goniómetros.

El goniómetro, más antiguo y más simple, es el **goniómetro de aplicación**.

Se llama así porque se mide aplicando el aparato a las caras cuyo ángulo se desea determinar.

Consta de un semicírculo graduado en 180° (figura 18) y cerrado por una regla a b, atravesada en su

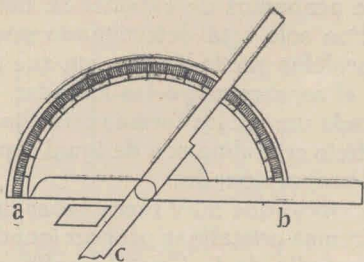


Fig. 18

punto o por una varilla movable (c), que puede fijarse en la posición que se quiera mediante un tornillo metálico.

Se aplica la regla a b y la c d sobre las caras que forman el diedro, y se mide el ángulo que ambas reglas marcan en el semicírculo graduado.

Este ángulo es el opuesto por el vértice del ángulo diedro que queríamos medir y por consiguiente es el mismo (1).

Este aparato, a pesar de los grandes resultados que ha proporcionado, no es práctico ni exacto para la medición de los ángulos de cristales muy pequeños.

En estos casos se usa el **goniómetro de reflexión**.

Los goniómetros de reflexión se llaman así por estar basados en los principios de la reflexión de la luz y miden el ángulo formado por las dos perpendiculares (normales) a las dos caras que forman el diedro. Por consiguiente, nos dan el valor del ángulo suplementario del diedro que se desea conocer.

Existen varios modelos.

Algunos con limbo horizontal (Mallus y Babinet).

Otros con limbo vertical (Wollaston, Wollaston-Babinet).

El goniómetro más moderno es el goniómetro universal o teodolito.

(1) Los ángulos opuestos por el vértice son iguales. .

El goniómetro de Babinet consta de un soporte C movable comunicado con un disco D graduado y dos anteojos A y B, cada uno con su retículo respectivo.

Se fija el cristal (fig. 19) con un poco de cera, sobre la plataforma (C) de tal manera que la arista del

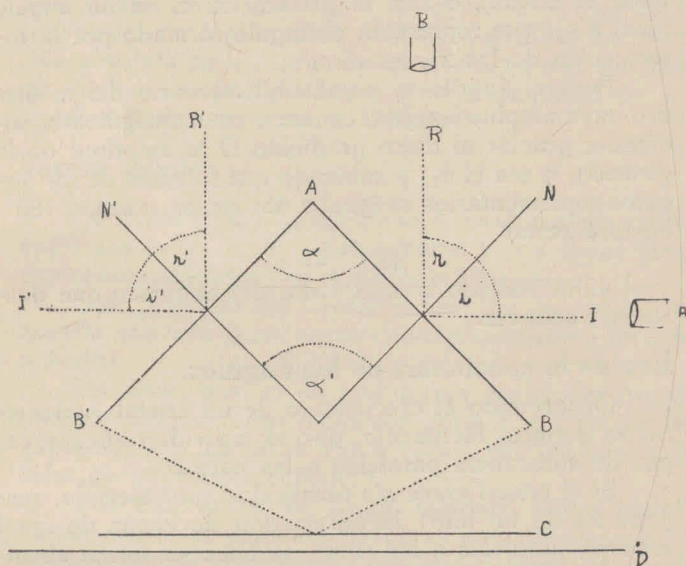


Fig. 19

ángulo diedro a medir, sea perpendicular a su plano de sustentación.

Por el tubo A se hace incidir un rayo luminoso y se hace girar el cristal hasta que una de sus caras refleje la intersección de los retículos indicados.

En estas condiciones, el rayo incidente I, choca contra la cara del cristal A B y es reflejado según R. De acuerdo a las leyes de la reflexión, la normal N, o sea, la perpendicular levantada en su punto de incidencia, viene a ser la bisectriz del ángulo formado entre los 2 anteojos y el observador, mirando por B, verá el rayo luminoso.

Se gira ahora el cristal hasta que la otra cara $A B'$, del ángulo diedro que se quiere medir, se encuentre en idéntica posición, es decir, hasta que el rayo incidente I_1 se refleje según R_1 y la normal N_1 , sea la bisectriz del ángulo formado entre los dos anteojos.

Para que ello se produzca habremos necesitado girar el cristal, o sea, la plataforma c , en un ángulo igual a α_1 , que representa el ángulo formado por la intersección de las 2 normales.

Pero el ángulo α_1 es el suplementario del α , diedro cuya amplitud quiero conocer, por consiguiente, midiendo, gracias al disco graduado D la amplitud de la giración, o sea el α_1 , y sabiendo que la suma de los ángulos suplementarios es igual a dos rectos, o sea, a 180° , bastará restar

$$180^\circ - \alpha_1$$

y el valor hallado será el valor del ángulo α que queremos conocer.

Ley de la constancia de los ángulos.

Observando el crecimiento de un cristal cualquiera, se deduce, fácilmente, que el individuo agrega capas de substancia paralelas a las caras.

Si el cristal crece sin obstáculos (por ejemplo, suspendido de un hilo) la agregación de capas de igual espesor, paralelas a las caras, se hace en forma simultánea para cada cara y el cristal sigue siendo regular.

Sin embargo, este crecimiento regular no es común, pues, más frecuentemente, una de las caras descansa sobre el fondo del recipiente. En estos casos, dado que el cristal crece por capas paralelas, aunque su forma aparente varía, sus ángulos diedros permanecen constantes. Ejemplo: (figura 20).

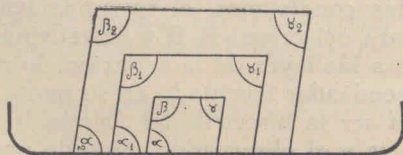


Fig. 20

La amplitud del ángulo diedro α , es siempre la misma, o sea:

$$\begin{array}{ccc} < & < & < \\ \alpha & = & \alpha_1 & = & \alpha_2 \end{array}$$

Esta observación fué establecida por Nicolás Stenon, danés, en el año 1669, al enunciar su ley de la constancia de los ángulos diedros, diciendo: **La posición absoluta de las caras de un cristal de una sustancia cualquiera, puede variar, pero la amplitud de sus ángulos diedros permanece constante.**

Forma simple.

Se llama forma simple de un cristal, aquella cuyas caras son todas de la misma especie, o sea, todas idénticamente colocadas con respecto a los ejes.

Por consiguiente, forma simple de un cristal es aquella que sólo posee caras correspondientes a un sólo poliedro.

Es decir, que, si en una forma simple, encontramos una cara de cubo, podemos afirmar, sin vacilar, la existencia de las otras cinco caras, sin las cuales el cubo no podría ser cubo (1).

Por esta razón, se llama, también, forma simple de un cristal al conjunto de caras equivalentes (2) y necesariamente coexistentes con una determinada cara.

Pasaje de una forma simple a otra por el método de los truncamientos.

La forma simple de un cuerpo cristalizado, está representada por un paralelepípedo, cuyas caras son de la misma especie y se hallan idénticamente colocadas.

Sin embargo, generalmente, los cristales obtenidos por nosotros, son formas compuestas, o sea provistas de caras con formas y disposiciones variables.

(1) Salvo que rupturas u otras causas extrañas hayan permitido la pérdida de tal o cual cara.

(2) Se llaman caras equivalentes a las que manifiestan igualmente sus propiedades.

Estas caras extrañas son debidas al **reemplazo** de las **aristas o vértices** de la forma simple **por planos**.

A esta modificación se la llama **truncamiento**.

Observando la figura 21, deducimos, fácilmente,

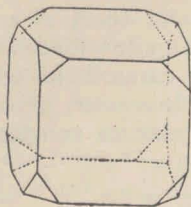


Fig. 21

que ella representa un cubo, cuyos 8 vértices han sido substituídos por 8 planos, en una palabra: han sido truncados.

Esta anomalía quedaría, fácilmente, explicada, admitiendo que la materia al cristalizar no se ha depositado en esos puntos.

Continuando el truncamiento, hasta desaparición de los planos primitivos, obtendremos un nuevo poliedro, formado por 8 triángulos equiláteros, o sea, un octaedro regular (figura 22 [1]).

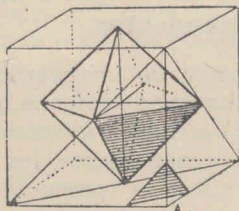


Fig. 22

(1) El profesor deberá realizar la experiencia con un cubo de jabón o de papa.

Si el truncamiento se realiza perpendicularmente a los ejes, se obtiene una **forma normal**.

Si el truncamiento se realiza paralelamente a los ejes se obtiene una **forma paralela**.

Si el truncamiento se realiza oblicuamente a los ejes se obtiene una **forma oblicua**.

La figura 23 indica la substitución de la arista

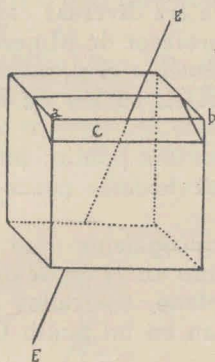


Fig. 23

a b de un cubo por un plano c. Siendo este truncamiento perpendicular a un eje (E E), diremos que se trata de una forma normal.

Cuando se sustituye una arista por dos planos, o sea, se realiza una doble truncadura, la operación realizada se llama **biselamiento**.

Cuando se reemplaza un vértice por varios planos, o sea, se realiza una truncadura múltiple, la operación realizada toma el nombre de **apuntamiento**.

Conviene hacer constar que la derivación de una forma a partir de otra por medio de truncamientos, biselamientos y apuntamientos no es más que una manera sencilla de explicar, geoméricamente, las relaciones entre los poliedros cristalinos.

Conviene recordar que la Naturaleza no trunca, ni bisela, ni apunta cristales ya formados, sino los cons-

truye, desde un principio, con la forma que han de tener siempre (1).

Ley de los índices racionales.

A veces, dado el número elevado de las caras de un cristal, la medición de sus ángulos diedros es difícil e insuficiente.

Es necesario investigar algo más, esto es: ¿cuál es el lazo de unión entre las diversas caras de un cristal?

El abate Haüy profesor de Mineralogía de la Universidad de París, resuelve el problema al enunciar, a principios del siglo XIX, su ley de los índices racionales.

Sabemos que por tres puntos, no colocados sobre la misma recta, puede hacerse pasar un plano y uno solo.

Sabemos, por consiguiente, que para determinar la posición de un plano en el espacio, bastará conocer tres puntos de ese plano, colocados sobre tres rectas distintas que se cortan en un punto **O**, llamado punto de origen.

Por consiguiente, para determinar la posición de las caras de un cristal en el espacio se ha convenido en referirlas a tres ejes coordenados (**X**, **Z** e **Y**) (fig. 24)

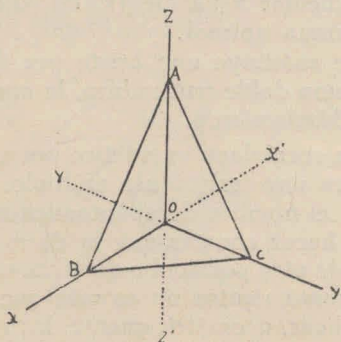


Fig. 24

(1) Lucas Fernández Navarro (Cristalografía geométrica).

que se cortan en un punto o , llamado punto de origen.

Estas tres rectas (X , Z e Y) toman el nombre de ejes **crystalográficos** y deben ser paralelos a tres aristas existentes o posibles en el cristal que se estudie.

Sea, por ejemplo, la cara $A B C$ de la figura 24.

El eje crystalográfico que va de **arriba** hacia **abajo** es el eje $Z - Z_1$.

El eje crystalográfico que va de **derecha** a **izquierda** toma el nombre de $Y - Y_1$.

El eje crystalográfico que va de **adelante** hacia **atrás**, se designa con las letras $X - X_1$.

Se ha convenido también en considerar como negativas las porciones OX_1 , OZ_1 , y OY_1 , y en llamar α al ángulo ZOY ; β al ángulo ZOX y γ al ángulo XOY .

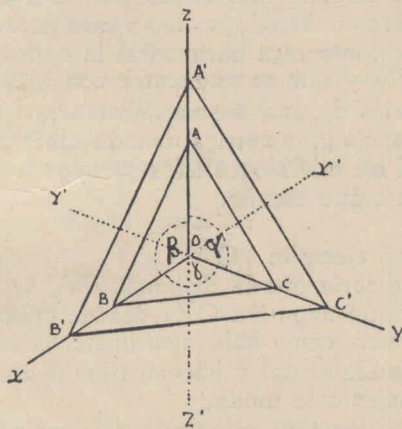


Fig. 25

Imaginemos ahora 3 ejes coordenados OX , OZ y OY , que representarían los tres ejes cristalográficos de un cristal y consideremos la cara $A B C$ (fig 25).

Esta cara corta los ejes en los puntos A , B y C , o sea, a la distancia OA , OB y OC del punto O .

Estas distancias, o mejor dicho, los números que las miden, se llaman **parámetros** (1) y determinan, por consiguiente, la posición de esta cara.

Si hacemos:

$$OA = a$$

$$OB = b$$

$$OC = c$$

podremos representar la cara estudiada de la siguiente manera:

$$a : b : c$$

Estas tres letras representarían las distancias paramétricas y serían el símbolo de esa cara.

Ahora bien, elijamos (fig. 25) la cara A B C como cara fundamental y tomemos las distancias paramétricas OA - OB y OC como unidades de distancia.

La cara fundamental cuyos parámetros se toman como unidades de medida se llama **cara parametral**.

Se elige como cara parametral la cara que corte a los 3 ejes (2) y que se encuentre con más frecuencia en los cristales de una misma substancia.

La distancia paramétrica tomada sobre una porción negativa del eje cristalográfico será negativa y se indicará con un signo menos.

Sea, por ejemplo: OA.

Esto indicaría que la distancia OA, se ha tomado sobre la porción negativa OZ_1 del eje cristalográfico.

Si elegimos, como habíamos dicho, la cara A B C como cara fundamental y hacemos las distancias paramétricas iguales a la unidad.

$$OA = \text{unidad de distancia, por ejemplo} = 1 \text{ mm.}$$

$$OB = \quad " \quad " \quad " \quad " \quad " \quad = 1 \text{ mm.}$$

$$OC = \quad " \quad " \quad " \quad " \quad " \quad = 1 \text{ mm.}$$

Toda otra cara isoorientada con ella, como por

(1) Los parámetros son, por consiguiente, porciones finitas o parcialmente infinitas que determinan una cara sobre los ejes.

(2) La cara que corta los tres ejes se llama cara piramidal.

ejemplo, la $A_1 B_1 C_1$, cortará los tres ejes a tres distancias:

$$\begin{array}{l} OA_1 \\ OB_1 \\ OC_1 \end{array}$$

Estas tres distancias estarán, con respecto a las distancias OA , OB y OC , en una relación sencilla:

$$\frac{OA_1}{OA} : \frac{OB_1}{OB} : \frac{OC_1}{OC}$$

y como hemos considerado las distancias OA , OB y OC , como unidades de distancia, tendríamos, por consiguiente:

$$\frac{OA_1}{1} : \frac{OB_1}{1} : \frac{OC_1}{1} = a : b : c$$

siendo a , b y c , los números racionales que representarían la posición de la cara con respecto a la cara considerada como fundamental.

Ejemplo:

$$OA_1 = 2 \text{ mm.}$$

$$OB_1 = 2 \text{ mm.}$$

$$OC_1 = 2 \text{ mm.}$$

quiere decir que, las distancias paramétricas OA , OB y OC , tomadas como unidades de distancia y a las que dimos el valor arbitrario de 1 mm., se hallan contenidas dos veces en los parámetros OA_1 , OB_1 y OC_1 , o sea:

$$\frac{2}{1} : \frac{2}{1} : \frac{2}{1} = a : b : c$$

Cuando uno de los ejes, es cortado en el infinito la relación sería:

$$\frac{O A_1}{\infty} = \infty$$

y se expresa $= \infty$.

Por consiguiente, a , b y c son generalmente **números racionales** (1) y **sencillos**, que se llaman **índices**, y expresan la posición de una cara con respecto a otra tomada como fundamental.

De allí que esta ley, ley de Haüy, pueda también enunciarse diciendo:

Las caras cortan los ejes a distancias tales del origen, que las relaciones entre los parámetros correspondientes a cada eje, están expresadas por números racionales.

Según la posición de las caras de un cristal con respecto a los ejes cristalográficos, pueden clasificarse en tres tipos principales.

Cara piramidal es la cara, que corta los tres ejes, o sea, la que tiene sus parámetros finitos (fig. 26).

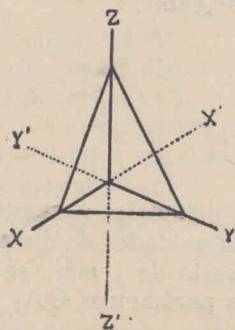


Fig. 26

(1) Racional = número entero o relación de números enteros.

Cara prismática, es la cara que encuentra a dos ejes y es paralela al tercero (fig. 27), o sea, la que tiene dos parámetros finitos y uno infinito.

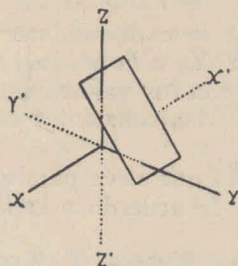


Fig. 27

Cara pinacoide, es la que encuentra un solo eje y es paralela al plano formado por los otros dos, o sea, la que tiene dos parámetros infinitos (fig. 28).

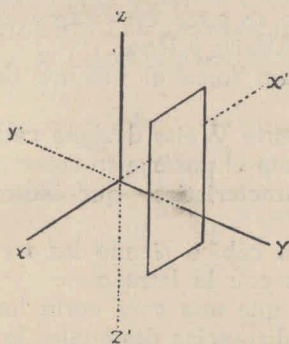


Fig. 28

Notación de Weiss

Es necesario advertir, sin embargo, que la longitud real a que la cara corta los ejes no tiene mayor importancia desde que ella varía con el crecimiento del cristal; sí la tiene, en cambio, y mucha, la relación de los parámetros entre sí, o sea, si la cara corta los ejes

a la misma distancia; si los corta a distancias distintas o si es paralela a uno de ellos.

En una palabra, lo importante es su relación con la cara fundamental.

“El símbolo de la cara fundamental (reducido el parámetro del eje Y Y_1 a la unidad) se llama **relación áxica** y constituye con los valores de los ángulos α , β y γ (véase pág. 51) las constantes cristalográficas de la sustancia dada.

“La cara unidad que sirve para establecer la relación áxica se elige de acuerdo a la simetría del sistema”. (1).

Por ejemplo: en el sistema cúbico, en el cual los ejes cristalográficos son equivalentes (véase pág. 63), la cara fundamental cortará los tres ejes a tres distancias iguales y la relación áxica será siempre:

$$1 : 1 : 1 : \quad \text{ó} \quad a : a : a :$$

Los primeros en usar esta expresión paramétrica fueron los sabios Weiss y Rose.

Por esta razón toma el nombre de **notación de Weiss**.

Por consiguiente Weiss designa cada eje con una letra, que representa el parámetro correspondiente, y le antepone una característica, que indica su relación áxica.

En el sistema cúbico siendo los tres equivalentes los designa todos con la letra a .

Para indicar que una cara corta los tres ejes del sistema cúbico a distancias desiguales lo indica así:

$$m a : n a : p a$$

m , n y p serían las características que antepuestas al parámetro indicarían su relación áxica.

En el sistema exagonal y cuadrático, teniendo ambos los ejes binarios, tomados como ejes cristalográficos

(1) Lucas Fernández Navarro “Cristalografía geométrica”.

cos), equivalentes, los designa con la letra **a** y deja para el tercer eje cristalográfico la letra **b**.

En los otros sistemas, no habiendo ejes cristalográficos equivalentes los designa con las letras **a**, **b** y **c**.

Si en el sistema cúbico, una cara corta 2 ejes a distancias iguales y es paralela al 3.º quiere decir que lo cortará en el infinito, y se expresa así:

$$a : a : \infty a$$

Notación de Miller.

En la notación de Weiss hemos supuesto que la cara fundamental ABC (fig. 25, pág. 51) se halla inscrita en todas las demás. Miller, en cambio, propone una notación según la cual la cara fundamental es exterior a todas las demás.

Sería como si en la fig. 25 de la página 51 consideráramos como fundamental la cara exterior $A_1B_1C_1$ en lugar de considerar como tal la cara interior ABC.

En ese caso la **relación paramétrica** sería la **inversa**, o sea:

$$\frac{OA}{OA_1} = \frac{1}{1}$$

$$\frac{OB}{OB_1} = \frac{1}{h}$$

$$\frac{OC}{OC_1} = \frac{1}{k}$$

Luego conociendo los valores OA_1 , OB_1 y OC_1 (parámetros fundamentales) las cantidades **h**, **k** y **l** determinan la cara ABC.

Estas cantidades **h**, **k** y **l** son inversas de las características de Weiss y se llaman **índices de Miller**.

A la característica ∞ (infinitos), del sistema de Weiss, corresponderá un índice 0 en el sistema de Miller.

Todos los índices que no sean iguales a 0 podrán estar afectados, como las características de Weiss, por el signo negativo cuando comprendan distancias paramétricas tomadas sobre porciones negativas.

Por acuerdo internacional se entiende que el índice *h* se refiere al que va de adelante hacia atrás; el índice *k* al que va de derecha a izquierda y el índice *l* al que va de arriba hacia abajo.

Sea, por ejemplo:

$$\frac{1}{h} : \frac{1}{k} : \frac{1}{l} = \frac{1}{1} : \frac{1}{0} : \frac{1}{0}$$

lo cual significaría que la cara corta a un eje a la misma distancia que la cara fundamental y es paralela a las otras dos.

Si suprimimos, ahora, los numeradores, nos quedan las cifras de los denominadores que colocadas una detrás de la otra y encerradas entre paréntesis, representan el símbolo de la cara, es decir, que nos queda:

$$(100)$$

lo cual, según Miller, representaría el símbolo de la cara considerada.

Veamos algunos ejemplos siguiendo la notación de Weiss.

Ejemplo N.º 1. — Indicar la cara cuyo símbolo es
 $a : 2 \quad a : 3 \quad a$

La cara que respondiera a ese símbolo sería una cara que corta al eje antero posterior a una distancia igual a la de la cara de la forma fundamental (1); el eje trans-

(1) Se llama forma simple o fundamental de un cristal aquella cuyas caras presentan todas el mismo símbolo.

verso a una distancia doble y el eje vertical a una distancia triple (fig. 29).

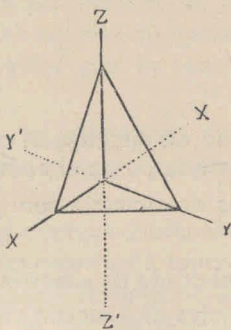


Fig. 29

Ejemplo N° 2. — ¿Cuál es la cara cuyo símbolo es $O : 1 : O$?

La cara que respondiera a ese símbolo sería paralela al eje antero posterior; cortaría el eje transverso a una distancia igual a la de la cara fundamental y sería paralela al eje vertical (fig. 30).

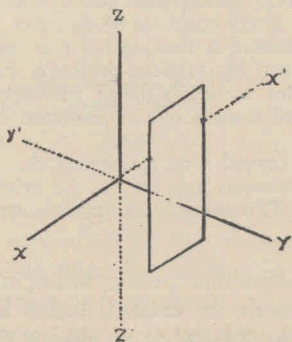


Fig. 30

La representación gráfica de las formas cristalinas se hace mediante proyecciones especiales que deben conservar las relaciones angulares que existen en el cristal.

Para hacer la proyección y a fin de facilitar su interpretación se suelen considerar las formas como proporcionadas.

La índole sencilla de estos apuntes me impide entrar en ese campo de la cristalografía.

Ley de simetría.

Se llama grado de simetría al conjunto de los elementos de simetría que posee el cristal.

Los elementos de simetría son: planos, ejes y centro de simetría.

Por ejemplo, el grado de simetría del cubo es:

$3 E_4$ = tres ejes de simetría cuaternaria.

$4 E_3$ = cuatro ejes de simetría ternaria.

$6 E_2$ = seis ejes de simetría binaria.

$3 P$ = tres planos principales de simetría.

$6 P_1$ = seis planos secundarios de simetría.

$1 C$ = un centro de simetría.

Por consiguiente, es claro que para que este cristal tenga 3 ejes de simetría cuaternaria ($3 E_4$), es indispensable que a una cara normal a uno de los ejes cuaternarios correspondan otras 5 caras dispuestas igualmente, o sea como las de un cubo.

A una cara normal a uno de los ejes ternarios (E_3) es decir, a una que trunca los vértices del cubo, cuyas diagonales son precisamente los ejes ternarios, deben necesariamente corresponder otras 7 caras, de tal manera que en conjunto constituyan el octaedro regular.

Y a una cara normal a un eje secundario, es decir, a una cara que trunca simétricamente una de las 12 aristas del cubo, deben corresponder otras 12 caras, de tal manera que las 12 formen el rombododecaedro.

La ley de simetría puede enunciarse: **Si se modifica un elemento de un cristal, todos los elementos semejantes serán modificados al mismo tiempo y del mismo modo.**

Se llaman aristas y vértices semejantes u homólogos, los definidos por caras iguales en forma, dimensión, número y disposición recíproca.

Formas holoédricas y hemiédricas.

Se llama forma holoédrica (de holos = por completo y edra = cara) aquella que posee el número completo de caras, exigidas por la simetría del sistema a que pertenece.

En otras palabras, es aquella que posee todos los elementos de simetría propios del sistema a que pertenece.

Si en una forma simple cualquiera realizamos una modificación por truncadura de todos sus vértices o de todas sus aristas, las condiciones de simetría a que debe responder el cristal no han variado, fundamentalmente, pues las modificaciones han sido realizadas contemporáneamente en todos los elementos homólogos.

En este caso la forma obtenida será una forma holoédrica (fig. 31).

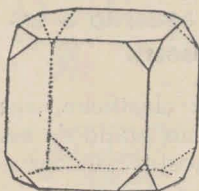


Fig. 31

Cuando la modificación de una forma simple no se realiza en la totalidad de los elementos homólogos sino en una parte de ellos se dice que la forma obtenida es **meroédrica** (de meros = parte).

Si en una forma simple cualquiera, realizamos una modificación, por truncadura, de la mitad o de la cuarta parte de sus vértices o de sus aristas, las condiciones de simetría a que debe responder el cristal quedan reducidas a la mitad o a la cuarta parte.

Si quedan reducidas a la mitad, la forma obtenida se llamará **hemiédrica** (fig. 32).

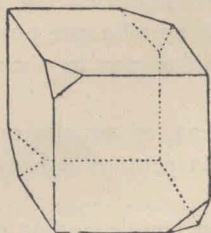


Fig. 32

Si quedan reducidas a la cuarta parte, la forma obtenida se llamará **tetartoédrica**.

Explicamos la existencia natural de formas hemiédricas admitiendo que el crecimiento del cristal no sea homogéneo.

División de los cuerpos cristalizados en sistemas cristalinos de acuerdo a los elementos de simetría que poseen.

Los cristales, se clasifican, agrupando todos los que presentan el mismo grado de simetría.

Cada uno de estos grupos toma el nombre de clase de simetría.

El estudio detenido de estos grupos ha demostrado la posibilidad de formar 32 clases de simetría.

Las clases de simetría, a su vez pueden reunirse, formando grupos de orden más elevado, que constituyen los llamados sistemas de simetría, o, más comúnmente, sistemas cristalinos.

Por ejemplo, si observamos detenidamente las clases de simetría representadas por:

Clase N.º 1	- 4	E^3	- 3	E^4	- 6	E^2	- 3	P	- 6	P'	- C
Clase N.º 2	- 4	E^3	-	—	- 3	E^2	- 3	P	-	—	- C
Clase N.º 3	- 4	E^3	-	—	- 3	E^2	-	—	- 6	P'	- C

Clase N.º 4 - 4 E^3 - 3 E^4 - 3 E^2 - ——— - C
 Clase N.º 5 - 4 E^3 - ——— - 3 E^2 - ——— - C

deduciremos con facilidad, que aunque distintas, en apariencia, poseen, en cambio, un carácter común e invariable que es el 4 E^3 , o sea la existencia de cuatro ejes de simetría ternaria.

Por consiguiente, agruparemos estas 5 clases de simetría en un sistema de simetría o sistema cristalino, caracterizado por la existencia de cuatro ejes de simetría ternaria.

Continuando, en la misma forma, el estudio de las 32 clases de simetría, han podido formarse 7 sistemas de simetría que constituyen los 7 sistemas cristalinos aceptados hoy (1).

SISTEMAS CRISTALINOS

Sistema cúbico.

Caracterizado por 4 E^3 , o sea 4 ejes de simetría ternaria.

Los 3 ejes cristalográficos son perpendiculares e iguales entre sí. (fig. 33).

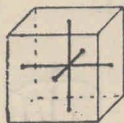


Fig. 33

Sistema cuadrático.

Caracterizado por un E^4 , o sea un eje cuaternario que se orienta verticalmente. (AA).

Se toman, además, como ejes de referencia otros 2 ejes (B B y C C) perpendiculares e iguales entre sí.

(1) La escuela francesa acepta la formación de 7 grupos, mientras otras escuelas sólo admiten la formación de 6 sistemas cristalinos.

colocados en un plano perpendicular al eje cuaternario. (fig. 34).

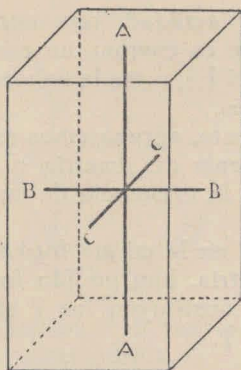


Fig. 34

Sistema exagonal.

Caracterizado por un E^6 , o sea, un eje (A A) de simetría senaria (1) que se orienta verticalmente.

Se toman, además, como ejes de referencia otros 3 ejes, equivalentes, separados, uno del otro, por un ángulo de 120° y colocados en un plano perpendicular al eje senario. (fig. 35).



Fig. 35

Sistema romboédrico.

Caracterizado por un E^3 , o sea, un eje (A A) de simetría ternaria que se orienta verticalmente.

(1) Único de su especie.

Se toman, además, como ejes de referencia otros 3 ejes equivalentes, no ortogonales, colocados en un plano perpendicular al eje ternario. (fig. 36).

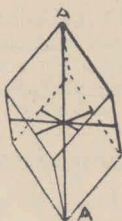


Fig. 36

Como se deduce, fácilmente, los cristales de este sistema pueden referirse al sistema anterior y así lo entiende la escuela alemana al admitir un solo sistema exagonal y por consiguiente sólo 6 sistemas cristalinos.

Sistema ortorrómbico.

Caracterizado por presentar 3 ejes **perpendiculares y desiguales** entre sí, representados por los tres ejes de simetría binaria o, lo que es lo mismo, por ejes perpendiculares a los tres planos de simetría binaria (figura 37).

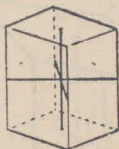


Fig. 37

Estos 3 ejes son elegidos, también, como ejes cristalográficos.

Sistema monoclinico.

Caracterizado por la existencia de **un eje de simetría binaria** perpendicular a un plano de simetría (figura 38).

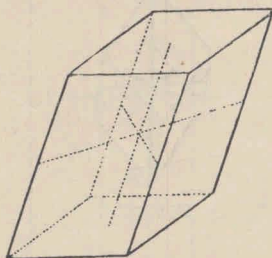


Fig. 38

Para completar los ejes cristalográficos se eligen otros **dos ejes** cualesquiera, **oblicuos**, contenidos **en un plano perpendicular al primero**.

Sistema triclinico.

También llamado asimétrico.

Caracterizado por no tener ningún plano, ni ningún eje de simetría.

Como ejes cristalográficos se eligen 3 ejes cualesquiera, oblicuos entre sí, concurrentes en un vértice y llevados, paralelamente a sí mismos, hasta su punto de origen. (fig. 39).

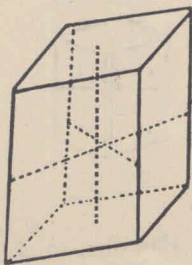


Fig. 39

BOLILLA IV

SISTEMA CUBICO

Su estudio sobre la forma primitiva. Elementos geométricos: caras, aristas y ángulos triedros. Notación. Elementos de simetría. Símbolos. Formas holoédricas más comunes: Su derivación. Formas hemiédricas: Su explicación. Ejemplos de cristales naturales del sistema cúbico.

Su estudio sobre la forma primitiva.

Su forma más sencilla es el cubo.

Por esta razón, se la llama, también, forma fundamental.

Elementos geométricos: caras, aristas y ángulos triedros.

Los elementos geométricos del cubo, son:

- 6 caras
- 8 vértices
- 12 aristas
- 8 ángulos triedros.

Notación. (1)

Las caras se representan con una **p**, los vértices con una **a** y las aristas con una **b**.

Por consiguiente:

$$6 p - 8 a - 12 b.$$

Elementos de simetría.

El grado de simetría del cubo, representado por sus elementos de simetría, es el siguiente:

- 3 E^4
- 4 E^3
- 6 E^2
- 3 P
- 6 P'
- C

(1) La notación de los elementos geométricos de la forma fundamental que adoptamos para este sistema y los siguientes es la propuesta por el cristalógrafo francés Levy.

3 E⁴.

Tres ejes de simetría cuaternaria (EE) (fig. 40).

Van de centro de cara a centro de cara opuesta. Siendo 6 las caras los ejes serán tres.

4 E³.

Cuatro ejes de simetría ternaria (A A¹) (fig. 40).

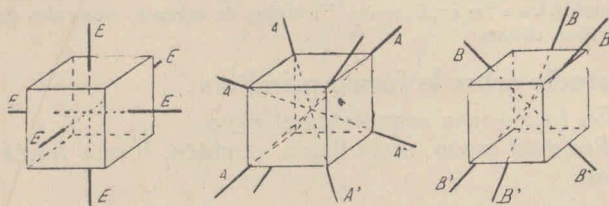


Fig. 40

Van de vértice a vértice.

Siendo 8 los vértices los ejes serán cuatro

6 E².

Seis ejes de simetría binaria (B B¹) (fig. 40).

Van del medio de arista al medio de arista opuesta.

Siendo 12 las aristas, los ejes serán 6.

3 P.

Tres planos de simetría principales. (fig. 41).

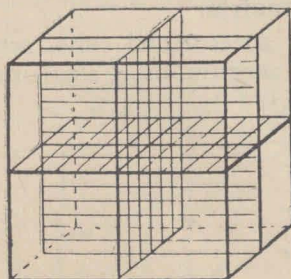


Fig. 41

Corresponden a los 3 ejes de simetría cuaternaria.

6 P'.

Seis planos de simetría secundaria. (fig. 42).

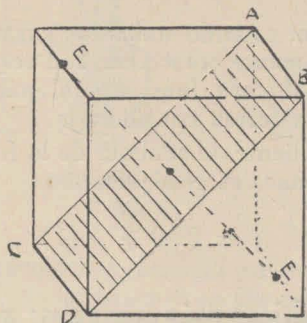


Fig. 42

Corresponden a los 6 ejes binarios.

En resumen: 13 ejes de simetría, 9 planos de simetría y un centro.

Como ejes cristalográficos de este sistema, se consideran 3 aristas del cubo llevadas a su punto de origen. (fig. 43).

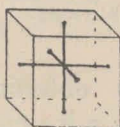


Fig. 43

Símbolos.

Como hemos visto anteriormente, se llama símbolo, al conjunto de las relaciones paramétricas de una cara, o sea, la distancia a la cual ésta corta los ejes.

El cubo es un sólido que posee 6 caras cuadradas, cada una de las cuales corta a un eje y es paralela a los otros dos.

Su símbolo, según Miller, será pues:

$$1.0.0 \qquad \text{ó} \qquad h: 0:0$$

Ahora bien: estando todas las caras de una forma simple, idénticamente colocadas, con respecto a los ejes el símbolo de la cara fundamental puede representar el símbolo de la forma considerada.

Por consiguiente, el símbolo de la forma considerada de este sistema, es el siguiente:

$$\{ 1: 0: 0 \} \quad (1)$$

Formas holoédricas más comunes: su derivación.

Todo lo estudiado hasta aquí se refiere a la forma simple del sistema cúbico, o sea, al cubo.

Sin embargo, comúnmente, se nos presentan a nosotros formas complejas, que aun poseyendo el mismo grado de simetría (formas holoédricas) se alejan, por su aspecto, del cubo.

Veamos, pues, cómo, por truncaduras efectuadas en las aristas y vértices del cubo, podemos obtener esas formas complejas holoédricas.

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras perpendiculares a los ejes cuaternarios.

Tomemos un cubo de jabón y trunquemos la cara $a - b - c - d$, por un plano $a^1 - b^1 - c^1 - d^1$ perpendicular al eje cuaternario EE . (fig. 44).

Por la ley de simetría, la truncadura de un elemento de un cristal debe repetirse igualmente con todos los elementos homólogos.

(1) Cuando el conjunto de índices representa el símbolo de una forma simple, debe encerrarse entre dos llaves.

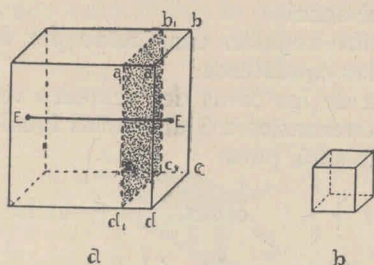


Fig. 44

Por consiguiente, la truncadura de la cara **a, b, c, d**, debe repetirse igualmente en las otras 5 caras del cubo.

¿Qué se obtiene?

Un cubo más pequeño. No ha habido, pues, modificación de forma.

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras perpendiculares a los ejes ternarios.

Tomemos un cubo de jabón y trunquemos el vértice **a** (fig. 45) con un plano **a - b - c**, perpendicular a un eje ternario que va de vértice a vértice.

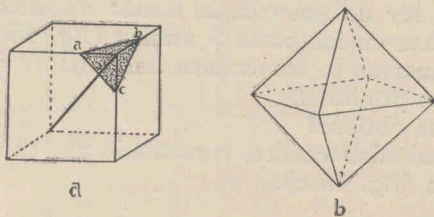


Fig. 45

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en los otros 7 vértices.

Continuemos la truncadura hasta hacer desaparecer la forma primitiva.

¿Qué se obtiene?

Un **octaedro regular**, constituido por 8 caras que son 8, triángulos equiláteros.

Cada una de las caras del octaedro regular corta a los 3 ejes cuaternarios a 3 distancias iguales.

Su símbolo será, pues:

$$\{ 1 \ 1 \ 1 \} \quad \text{o sea} \quad \{ h: h: h: \}$$

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras perpendiculares a los ejes binarios.

Tomemos un cubo de jabón y trunquemos la arista **b** por un plano **a b c d** perpendicular al eje binario que va de medio de arista a medio de arista (figura 46 a).

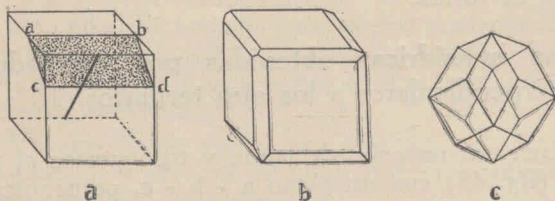


Fig. 46

Por la ley de simetría, la misma modificación deberá repetirse en las otras 5 aristas (fig. 46 b).

Continuemos la truncadura hasta hacer desaparecer la forma primitiva.

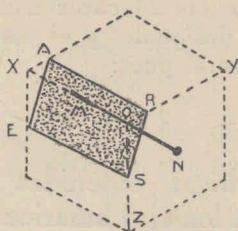
¿Qué se obtiene?

Un **rombododecaedro**, constituido por 12 caras que son rombos (fig. 46 c).

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras paralelas a los ejes cuaternarios.

Tomemos un cubo de jabón y trunquemos la arista **b** por un plano **A R S E** paralelo al eje cuaternario

M N, teniendo cuidado que la distancia O S sea mayor que la O R (fig. 47).

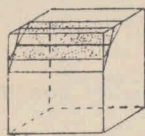


a

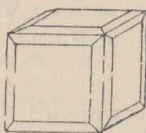
Fig. 47

Por la ley de simetría, dado que por allí pasa un plano de simetría y para que el cristal continúe igualmente simétrico, la truncadura de esta arista debe repetirse, teniendo cuidado que donde antes se había tomado la distancia O R menor debe ahora tomarse la distancia O S mayor y donde se había tomado ésta, debe tomarse la O R menor.

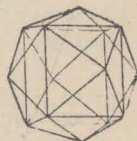
De esta manera, la arista **b** viene a quedar truncada por dos planos a bisel (biselamiento) (fig. 48).



a



b



c

Fig. 48

Repitiendo la modificación en las 11 aristas y continuando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma primitiva (fig. 48 b), ¿qué se obtiene?

Un **cubo piramidado** (figura 48 c), o sea un poliedro que parece un cubo sobre cada una de cuyas ca-

ras se hubiera colocado una pirámide de base cuadrada.

Se llama también tetraquisexaedro y se halla constituido por 24 caras que son 24 triángulos isósceles.

Cada una de las 24 caras triangulares corta a 2 ejes a distancias desiguales y es paralela al tercero.

Su símbolo será, pues:

$$\{ h: k: o \}$$

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras paralelas a los ejes binarios.

Tomemos un cubo de jabón y trunquemos el vértice a por un plano paralelo a un eje binario que va de medio de arista a medio de arista opuesta.

Pueden suceder dos casos:

Caso A: Que la distancia OR y OR' sean iguales (fig. 49) y la distancia OS sea mayor que aquélla,

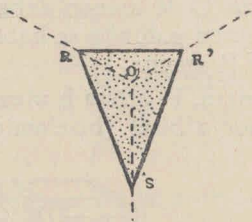


Fig. 49

o sea, que el truncamiento de vértice se realice con un triángulo cuya altura sea mayor que la base.

Caso B: Que la distancia OR y OR' sean iguales (fig. 50) y la distancia OS sea menor que aqué-

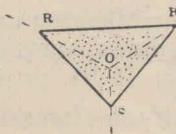


Fig. 50

lla, o sea, que el truncamiento de vértice se realice con un triángulo cuya altura sea menor que la base.

Caso A:

Realicemos, en el cubo de jabón, el truncamiento de un vértice con un triángulo de altura mayor que la base.

En cada vértice, por la ley de simetría, pueden cortarse 3 planos paralelos al eje binario, por lo cual, en resumen, la modificación consiste en reemplazar un vértice por 3 planos, o sea, realizar lo que se llama un apuntamiento (fig. 51 a).

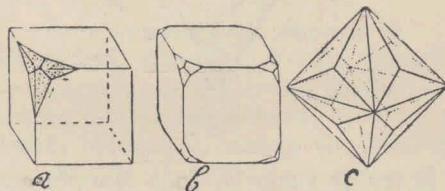


Fig. 51

Repitiendo la modificación en los otros 7 vértices y prolongando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma primitiva (fig. 51 b), ¿qué se obtiene?

Un **octaedro piramidado** (fig. 51 c), o sea, un poliedro que parece un octaedro, sobre cada una de cuyas caras se hubiera colocado una pirámide de base triangular.

Se llama, también, **triaquisoctaedro** y se halla constituido por 24 caras que son 24 triángulos isósceles.

Cada una de las 24 caras triangulares corta a 2 ejes a distancias iguales, pero menores que al tercero.

Su símbolo será, pues:

$$\{ h : h : 1 \}$$

Caso B:

Repitiendo lo mismo con un plano triangular de las características indicadas más arriba (base mayor

que altura) se obtiene un **deltoedro**, o sea, un poliedro con 24 caras deltoideas.

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras oblicuas.

Tomemos un cubo de jabón y trunquemos la arista **b** por un plano triangular (fig. 52) cuyas distancias $OR - OS$ y OQ sean desiguales.

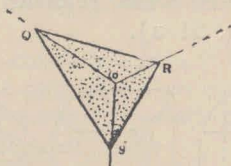


Fig. 52

Por la ley de simetría, dado que por esa arista pasa un plano de simetría, la cara **QRS** deberá repetirse 2 veces sobre la misma arista (fig. 53 a).

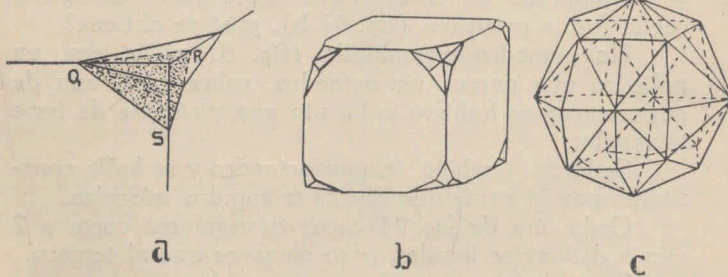


Fig. 53

Ahora bien, como concurren al mismo vértice, tres aristas, la modificación deberá repetirse, igualmente, en cada una de las aristas, de manera que cada vértice vendría a ser substituído por 6 planos (- 1 - 2 - 3 - 4 - 5 y 6 [fig. 53 b]).

Repetiendo lo mismo en todos los otros 7 vértices ¿qué se obtiene?

8 vértices $\times$ 6 caras cada uno = 48 caras.

El **exaquisoctaedro** (fig. 53 c), poliedro constituido por 48 caras que son 48 triángulos escalenos.

Formas hemiédricas: su explicación.

Llamamos formas hemiédricas aquellas originadas por la modificación de la mitad o de la cuarta parte de los vértices y aristas de la forma fundamental.

Por esta razón, las condiciones de simetría, a que debe responder el cristal, quedan reducidas a la mitad o a la cuarta parte.

Los casos de hemiedria se dividen en:

Parahemiedria, cuando el cristal hemiédrico tiene centro de simetría y sus caras son paralelas 2 a 2 (de aquí el nombre de parahemiedria).

Hemiedria holoáxica, cuando el cristal hemiédrico carece de centro de simetría, pero conserva todos los ejes de simetría de la forma holoédrica.

Antihemiedria, cuando el cristal hemiédrico carece de centro de simetría y presenta una reducción de los ejes de simetría, con relación a los de la forma holoédrica.

Ejemplos:

N.º 1.—Tomemos un cubo de jabón y trunquemos un vértice por un plano perpendicular a un eje ternario (véase pág. 71). Formas holoédricas obtenidas por truncaduras perpendiculares a ejes ternarios).

Pero en lugar de repetir la operación (como hacíamos entonces) en todos los vértices, hagámosla sólo en la mitad de ellos (fig. 54 a).

Prolongando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma fundamental, ¿qué se obtiene?

Un **tetraedro regular** (fig. 54 b) en lugar del octaedro que obteníamos entonces, constituido por 4 caras que son 4 triángulos equiláteros.

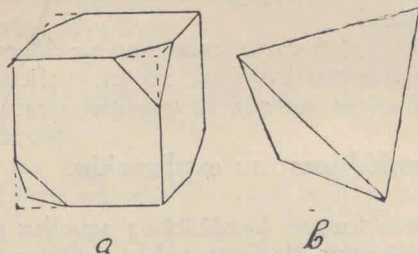


Fig. 54

El tetraedro no posee centro de simetría y los 3 ejes de simetría cuaternaria, característicos del sistema, se han reducido a 3 ejes de simetría binaria. Es, por consiguiente, un caso de antihemiedria.

Su grado de simetría es:

$$3 E^2 - 4 E^3 - 6 P^2$$

N.º 2.—Tomemos un cubo de jabón y trunquemos una arista paralela a un eje cuaternario por un plano (véase pág. 72. Formas holoédricas obtenidas por truncaduras paralelas a ejes cuaternarios).

Pero en lugar de substituir una arista por 2 planos en bisel (como hacíamos entonces) substituyámosla por un plano simple.

Repitamos la operación con las otras 11 aristas y prolonguemos las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma fundamental (fig. 55 a), ¿qué se obtiene?

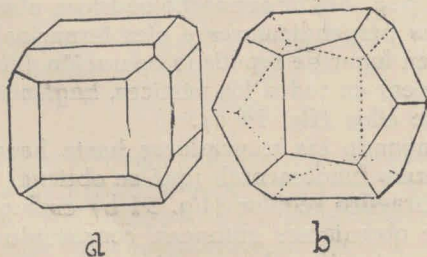


Fig. 55

Un **dodecaedro pentagonal** (fig. 55 b), que es un poliedro con 12 caras pentagonales.

Es, por consiguiente, el hemiédrico del cubo piramidado, desde que se ha obtenido realizando la mitad de las modificaciones que hacíamos para obtener aquél.

El dodecaedro pentagonal posee centro de simetría y sus caras son paralelas 2 a 2. Es, por consiguiente, un caso de parahemiedria.

Su grado de simetría es:

$$C - 3 E^2 - 4 E^3 - 3 P'$$

Dado que el fin que se persigue es dar al alumno una idea de lo que son las formas hemiédricas y no especializarlo en este capítulo de cristalografía, creo suficiente los casos que acabamos de estudiar.

Por otra parte, repitiendo los mismos conceptos, para los otros casos de truncaduras ya conocidas, será fácil deducir las formas hemiédricas correspondientes.

Ejemplos de cristales naturales del sistema cúbico.

Cristalizan, en el sistema cúbico, los siguientes minerales:

La sal común o cloruro de sodio.

La galena o sulfuro de plomo.

La blenda o sulfuro de zinc.

Los alumbres o sulfatos de un metal trivalente y otro metal monovalente.

La pirita de hierro o bisulfuro de hierro.

La plata nativa.

El oro nativo.

El platino nativo.

El diamante o carbono purísimo.

El espato fluor o fluoruro de calcio.

Y muchos otros.

RESUMEN: (Sistema cúbico)

Formas holóédricas

Por truncadura de cara perpendicular a $E^4 = \text{cubo}$

Por truncadura de vértice perpendicular a $E^3 = \text{octaedro}$

Por truncadura de arista perpendicular a $E^2 = \text{rombododecaedro}$

Por truncadura de arista paralelas a $E^4 = \text{cubo piramidado}$

Por truncadura de vértice paralelas a E^2 $\left\{ \begin{array}{l} \text{caso } A = \text{octaedro piramidado} \\ \text{caso } B = \text{deltoedro} \end{array} \right.$

Por truncadura de vértice oblicuas = exaquisoctaedro

Cubo

Formas hemiédricas

Por truncadura alternada de vértice = tetraedro

Por $\frac{1}{2}$ truncadura de arista paralela a $E^4 = \text{dodecaedro pentagonal}$

BOLILLA V

SISTEMA CUADRATICO

Forma primitiva. Elementos geométricos. Notación. Elementos de simetría. Símbolos. Formas holoédricas principales: su obtención a partir de la forma primitiva. Formas hemiédricas. Ejemplos de cristales naturales que pertenecen al sistema cuadrático.

Forma primitiva.

Su forma primitiva o fundamental es el prisma recto de base cuadrada (fig. 56).

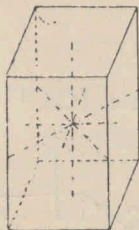


Fig. 56

Elementos geométricos: caras, aristas y ángulos triedros.

Sus elementos geométricos son:

6 caras (4 laterales rectangulares y 2 bases cuadradas).

12 aristas.

8 vértices.

8 ángulos triedros.

Notación.

Las caras basales se representan con una **p**, las caras laterales con una **m**, los vértices con **a**, las aristas basales con **b** y las aristas laterales con **h**.

Por consiguiente:

$$2 p - 4 m - 8 b - 4 h, \text{ etc.}$$

Elementos de simetría.

El grado de simetría de la forma fundamental de este sistema, es el siguiente:

- $E^4.$
- $2 E^2.$
- $2 E'^2.$
- $P.$
- $2 P'.$
- $2 P''.$
- $C.$

$E^4.$

Un eje cuaternario ($C C^1$ [fig. 57]).

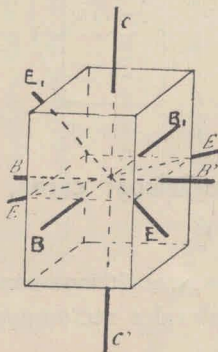


Fig. 57

Va de base a base.

Siendo 2 las bases el eje será uno.

2 E².

Dos ejes de simetría binaria (de 1er. orden [E E¹] [fig. 57]).

Van del medio de arista lateral al medio de la arista opuesta.

Siendo 4 aristas laterales, los ejes serán dos.

2 E'².

Dos ejes de simetría binaria de 2.º orden (B B¹ [fig. 57]) (1).

Van de centro de cara lateral a centro de la cara opuesta.

Siendo 4 caras laterales los ejes serán dos.

P.

Un plano de simetría principal (E E¹ [fig. 58]).

Corresponde al eje de simetría cuaternaria.

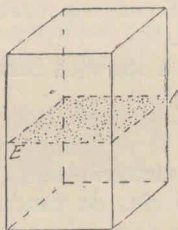


Fig. 58

2 P'.

Dos planos de simetría secundaria (de 1er. orden [F F¹] [fig. 59]).

(1) Se llaman ejes binarios de primer orden o de primera especie a los que van de medio de arista a medio de arista lateral opuesta.

Se llaman ejes binarios de segundo orden los que van de centro de cara lateral a centro de cara lateral opuesta.

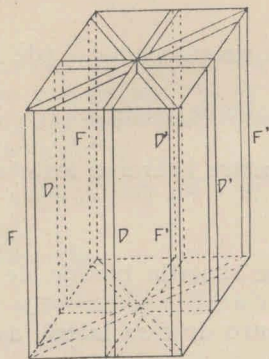


Fig. 59

Corresponden a los 2 ejes binarios de 1er. orden: puesto que son normales a ellos.

2 P''.

Dos planos de simetría secundaria (de 2.º orden [D D'] [fig. 59]).

Corresponden a los ejes binarios de 2.º orden.

C.

Un centro de simetría.

En resumen: 5 ejes de simetría.

Como ejes cristalográficos de este sistema se consideran el eje cuaternario y 2 ejes binarios iguales y horizontales, colocados en un plano perpendicular al eje cuaternario.

En resumen: 3 ejes perpendiculares, 2 iguales y en un mismo plano y el tercero desigual (fig. 60).

Símbolos.

Cada cara del prisma recto de base cuadrada corta a un eje y es paralela a los otros dos.

Su símbolo será, pues:

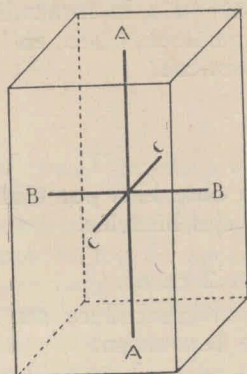


Fig. 60

$$\{ 0.0.1 \} \quad \quad \quad \delta \quad \quad \quad \{ 0.0.h \}$$

Formas holoédricas principales. Su obtención a partir de la forma primitiva.

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras perpendiculares al eje cuaternario.

Tomemos un prisma de base cuadrada, de jabón y trunquemos la cara basal A B C D por un plano A¹ B¹ C¹ D¹ perpendicular al eje cuaternario (figura 61).

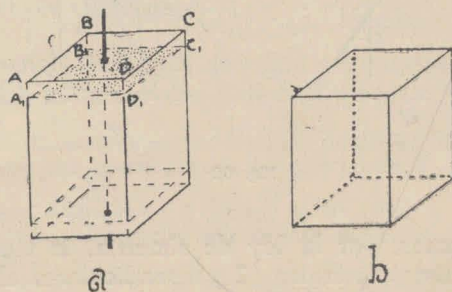


Fig. 61

Por la ley de simetría, la truncadura debe repetirse en el elemento homólogo, o sea, en la otra cara basal cuadrada, ¿qué se obtiene?

Otro prisma.

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras perpendiculares a los ejes binarios.

Pueden suceder 2 casos.

Caso A: Que la truncadura sea perpendicular a los ejes binarios de 1er. orden.

Caso B: Que la truncadura sea perpendicular a los ejes binarios de 2.º orden.

Caso A:

Tomemos un prisma de jabón y trunquemos una arista lateral por un plano $R R^1$ perpendicular al eje binario $F F^1$ de 1er. orden, que va de medio de arista a medio de arista opuesta (fig. 62 a).

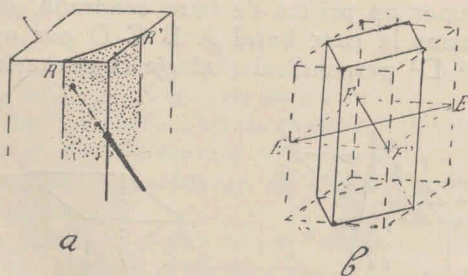


Fig. 62

Repitamos, por la ley de simetría, la truncadura en las 4 aristas laterales (2 perpendiculares al eje binario de 1er. orden $F F^1$ y 2 perpendiculares al otro

eje binario de 1er. orden $E E^1$ (figura 62 b), ¿qué se obtiene?

Otro prisma (1).

Caso B:

Tomemos un prisma de jabón y trunquemos la cara lateral $A B C D$ por un plano $A^1 B^1 C^1 D^1$ perpendicular al eje binario (fig. 63) de 2.º orden.

Repetamos, por la ley de simetría, la truncadura en las otras 3 caras laterales (2 perpendiculares al eje binario de 2.º orden que va de centro de cara a centro de cara y 2 perpendiculares al otro eje binario de 2.º orden, ¿qué se obtiene?

Otro prisma.

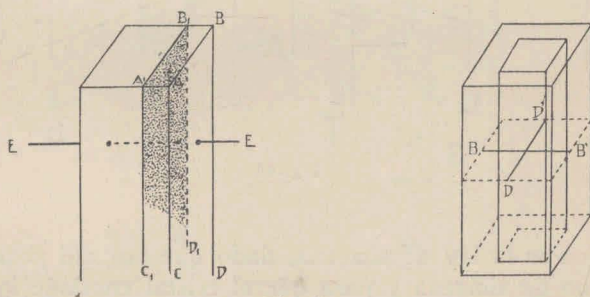


Fig. 63

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras paralelas al eje cuaternario.

Tomemos un prisma de jabón y trunquemos la arista lateral h por un plano $A R S E$ paralelo al eje cua-

(1) Se llama protoprisma o prisma de primer orden a aquel en el cual los ejes cristalográficos binarios terminan en las aristas (caso A).

Se llama deuto-prisma o prisma de 2.º orden a aquel en el cual los ejes cristalográficos binarios terminan en el centro de las caras laterales.

Ambos prismas son morfológicamente idénticos y difieren solamente en la orientación.

ternario E, teniendo cuidado que la distancia O R sea mayor que la O S (fig. 64 a).

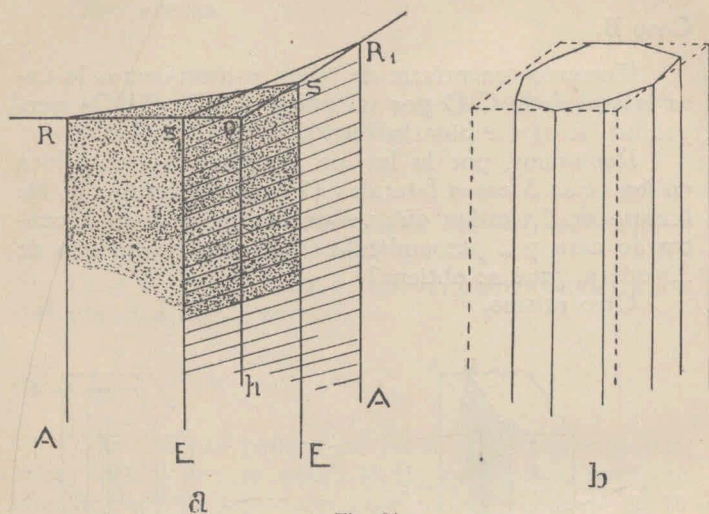


Fig. 64

Por la ley de simetría, dado que por allí pasa un plano de simetría y para que el cristal continúe igualmente simétrico, la truncadura de esta arista debe repetirse, teniendo cuidado que donde antes se había tomado la distancia O S menor, debe, ahora, tomarse la distancia O R₁ mayor y donde se había tomado la O R mayor, debe, ahora, tomarse la O S₁ menor.

De esta manera la arista **h** viene a quedar truncada por dos planos a bisel (biselamiento).

Repitiendo la modificación en las otras tres aristas homólogas, o sea, en las otras tres aristas laterales (figura 64 b), ¿qué se obtiene?

Un prisma recto de base octogonal, o sea, el doble del prisma recto de base cuadrada.

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras paralelas a los ejes binarios.

Pueden suceder 2 casos.

Caso A: Que la truncadura sea paralela a los ejes binarios de 1er. orden.

Caso B: Que la truncadura sea paralela a los ejes binarios de 2.º orden.

Caso A:

Tomemos un prisma de jabón y trunquemos el vértice *a* por un plano $S R R_1$ paralelo al eje binario de 1er. orden $E E$ que va de medio de arista lateral a medio de arista opuesta (fig. 65 a).

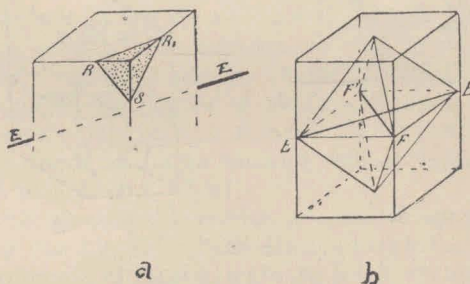


Fig. 65

Repitamos la modificación en los 8 vértices y continuemos la truncadura hasta hacer desaparecer la forma primitiva (fig. 65 b), ¿qué se obtiene?

Un **octaedro de base cuadrada**, o sea, una pirámide cuadrática con 8 caras que son 8 triángulos isósceles (1).

(1) Se llama proto-pirámide o pirámide de 1er. orden a aquella en la cual los ejes cristalográficos binarios terminan en los vértices (Caso A).

Se llama deuto pirámide o pirámide de 2.º orden a aquella en la cual los ejes cristalográficos binarios terminan en el medio de las aristas basales.

Ambas son morfológicamente idénticas y difieren en la orientación.

Considerando una cara cualquiera del octaedro de base cuadrada, una de las formas simples de este sistema, ella corta los 3 ejes cristalográficos a 2 distancias iguales y a una desigual.

Su símbolo, que es el símbolo de su forma simple, será, pues:

$$\{ h: h: k \}$$

Caso B:

Tomemos un prisma de jabón y trunquemos la arista basal $o x$ por un plano $A R S B$ paralelo al eje binario de 2.º orden $B B$ que va de centro de cara a centro de la cara opuesta (fig. 66 a).

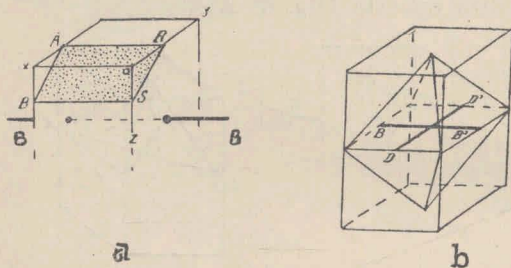


Fig. 66

Repitamos la modificación en las 4 aristas basales superiores (2 paralelas al eje binario de 2.º orden $B B$ y 2 paralelas al otro eje binario de 2.º orden $D D$) y en las 4 aristas basales inferiores, y continuemos la truncadura hasta hacer desaparecer la forma primitiva (fig. 66 b). ¿qué se obtiene?

Un octaedro de base cuadrada, o sea, una **pirámide cuadrática**, con 8 caras que son 8 triángulos isósceles, semejante a la anterior.

Formas holoédricas obtenidas por truncaduras oblicuas al eje cuaternario.

Tomemos un prisma de jabón y trunquemos el vértice a por un plano $Q R S$, oblicuo al eje cuaternario,

teniendo cuidado que la distancia OQ , sea mayor que la OR (fig. 67 a).

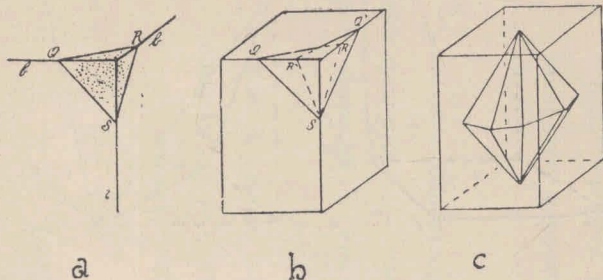


Fig. 67

Pero, por la ley de simetría, dado que por la arista h pasa un plano de simetría, la truncadura del vértice a debe repetirse con un plano $Q^1 R^1 S$, teniendo cuidado que donde antes se había tomado la distancia OR menor, debe ahora tomarse la distancia OQ^1 mayor y donde se había tomado ésta, debe tomarse la OR^1 menor (fig. 67 b).

De esta manera, el vértice a viene a quedar truncado por dos planos a bisel (biselamiento).

Repitiendo el biselamiento en los 8 vértices y continuando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma primitiva (fig. 67 c), ¿qué se obtiene?

Un **dioctaedro**, o sea, un poliedro con 16 caras, que son 16 triángulos isósceles.

Formas hemiédricas.

Ejemplo N.º 1.

Por truncadura alternada de vértices (fig. 68) se obtiene un poliedro de 4 caras, semejante al tetraedro regular y del cual se diferencia porque sus caras, en lugar de ser triángulos equiláteros, son triángulos isósceles.

Se llama también esfenodro tetragonal.

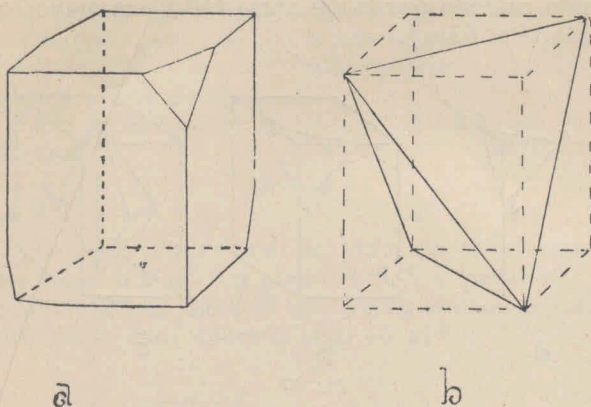


Fig. 68

Esta forma no posee centro; el eje cuaternario, característico del sistema, ha quedado reducido a un eje binario y sus 4 ejes binarios han quedado reducidos a 2.

Es, por consiguiente, un caso de antihemiedria.

Su grado de simetría, es:

$$E^2 - 2 E'^2 - 2 P'$$

Ejemplo N.º 2.

Por truncadura oblicua de los vértices alternados (véase página 90). Formas holoédricas obtenidas por truncaduras oblicuas al eje cuaternario) se obtiene el diesfenoedro de 8 caras (figura 69).

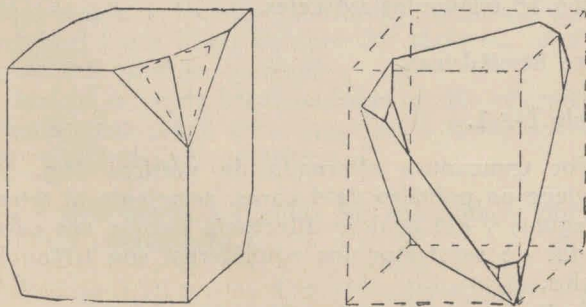


Fig. 69

RESUMEN: (Sistema cuadrático)

Formas holoédricas

Prisma recto de base cuadrada	Por truncadura de cara basal perpendicular $E^4 =$ prisma
	Por truncadura perpendicular a E^2 $\left\{ \begin{array}{l} \text{caso A (s/ cara) = prisma} \\ \text{caso B (s/ arista) = prisma} \end{array} \right.$
	Por truncadura paralela a $E^4 =$ prisma octogonal
	Por truncadura paralela a E^2 $\left\{ \begin{array}{l} \text{caso A (s/ arista) = pirámide cuadrática} \\ \text{caso B (s/ vértice) = pirámide cuadrática} \end{array} \right.$
	Por truncadura de vértice oblicua a $E^4 =$ dioctaedro

Formas hemiédricas

Por truncadura alternada de vértices = esfennoedro tetragonal
Por truncadura oblicua de vértices alternados = diesfennoedro

Ejemplos de cristales naturales que pertenecen al sistema cuadrático.

Cristalizan, en el sistema cuadrático, los siguientes minerales:

La calcopirita o sulfuro doble de cobre y hierro.

La casiterita o bióxido de estaño.

La wulfenita o molibdato de plomo.

Y varios otros.

BOLILLA VI

IDENTICO ESTUDIO DEL SISTEMA EXAGONAL Y DEL SISTEMA ROMBOEDRICO, EJEMPLOS DE CRISTALES NATURALES QUE PERTENECEN A ESTOS SISTEMAS

Estudio del sistema exagonal. Forma primitiva. Elementos geométricos. Notación. Elementos de simetría. Símbolos. Formas holoédricas principales: su obtención a partir de la forma primitiva. Formas hemiédricas.

Forma primitiva.

La forma primitiva o fundamental es el prisma recto de base exagonal (fig. 70).

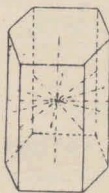


Fig. 70

Elementos geométricos: caras, aristas y ángulos triedros.

Sus elementos geométricos, son:

8 caras (6 laterales rectangulares y 2 bases exagonales).

12 vértices.

18 aristas.

12 ángulos triedros.

Notación.

La misma que hemos visto en el sistema anterior.

Las caras basales se representan con una **p**, las caras laterales con una **m**, los vértices con una **a**, las aristas basales con una **b** y las aristas laterales con una **g**.

Por consiguiente:

$$2 p - 6 m - 12 a - 6 g - 12 b$$

Elementos de simetría.

El grado de simetría de la forma fundamental, que reúne todos los elementos de simetría del sistema, es el siguiente:

E^6 .
 3 E^2 .
 3 E'^2 .
 P.
 3 P' .
 3 P'' .
 C.

E^6 .

Un eje de simetría senaria (SS^1 [figura 71]).

Va de centro de base exagonal a centro de base exagonal opuesta.

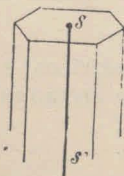


Fig. 71

3 E².

Tres ejes de simetría binaria, de 1er. orden ($B B^1 - C C^1 - D D^1$ [fig. 72]).

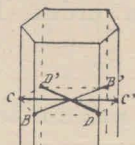


Fig. 72

Van del medio de las aristas laterales al medio de las aristas opuestas.

Siendo 6 las aristas laterales, estos ejes serán 3.

3 E'².

Tres ejes de simetría binaria, de 2.º orden ($E E^1 - F F^1 - G G^1$ [fig. 73]).

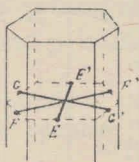


Fig. 73

Van de centro de cara lateral a centro de cara lateral opuesta.

Siendo 6 las caras laterales, los ejes correspondientes serán 3.

P.

Un plano de simetría principal ($B C D E F G$ [figura 74]).

Corresponde al eje único senario.

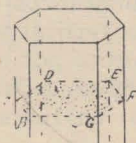


Fig. 74

3 P'.

Tres planos de simetría secundaria, de 1er. orden.
Corresponden a los tres ejes de simetría binaria de 1er. orden ($P' P'$ [fig. 75]).

3 P''.

Tres planos de simetría secundaria, de 2.º orden
($P'' P''$ [fig. 75]).

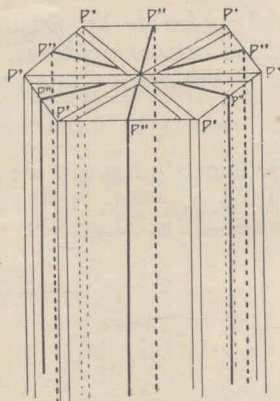


Fig. 75

Corresponden a los tres ejes de simetría binaria, de 2.º orden.

C.

Un centro de simetría.

En resumen: 7 ejes, 7 planos y 1 centro.

Como ejes cristalográficos de este sistema se consideran el eje senario vertical y los 3 ejes de simetría binaria, separados entre sí por un ángulo de 120° , horizontales y ubicados en un mismo plano, perpendicular al eje senario, o sea, en resumen, cuatro ejes (figura 76).



Fig. 76

Símbolos.

Cada una de las 6 caras laterales del prisma recto de base exagonal, forma simple de este sistema, es paralela al eje senario, paralela a uno de los ejes binarios horizontales y corta a los otros 2 ejes binarios a dos distancias iguales.

Su símbolo será, pues:

(1010)

Formas holoédricas principales: su obtención a partir de la forma primitiva.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos perpendiculares al eje senario.

Tomemos un prisma exagonal de jabón y trunquemos la cara exagonal base A B C D E F por un plano A' B' C' D' E' F' perpendicular al eje senario E E (fig. 77).

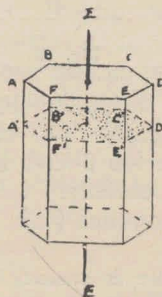


Fig. 77

Por la ley de simetría, corresponde repetir el truncamiento en el elemento homólogo, o sea, en la otra cara exagonal base, ¿qué se obtiene?

Otro **prisma exagonal**.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos perpendiculares a los ejes binarios.

Pueden suceder 2 casos.

Caso A: Que el truncamiento sea perpendicular a los ejes binarios de 1er. orden.

Caso B: Que el truncamiento sea perpendicular a los ejes binarios de 2.º orden.

Caso A:

Tomemos un prisma exagonal de jabón y truncemos una arista lateral **g** por un plano $A^1 - B^1 - C^1 - D^1$, perpendicular al eje binario de 1er. orden $E E$, que va de centro de arista a centro de arista opuesta (fig. 78 a).

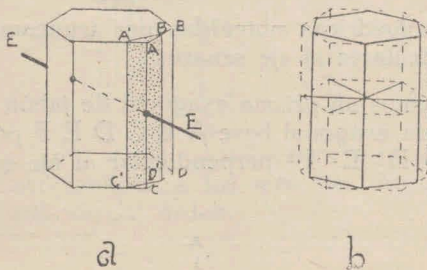


Fig. 78

Repetamos, por la ley de simetría, el truncamiento en las 6 aristas laterales, por ser todas ellas perpendiculares (2 a 2) a los 3 ejes binarios de 1er. orden (fig. 78 b), ¿qué se obtiene?

Otro **prisma exagonal** (1).

(1) Toma el nombre de deuteroprisma porque en él los ejes secundarios van de centro de cara a centro de cara opuesta.

Caso B:

Tomemos un prisma exagonal de jabón y trunquemos la cara rectangular $A B C D$ por un plano $A^1 B^1 C^1 D^1$ perpendicular al eje binario $F F$ de 2.º orden, que va de centro de cara lateral a centro de cara lateral opuesta (fig. 79 a).

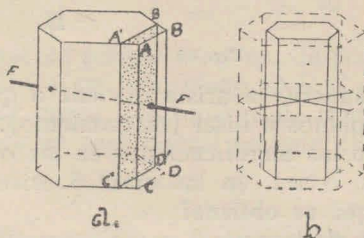


Fig. 79

Por la ley de simetría, debe repetirse el truncamiento en las 6 caras laterales, por ser todas ellas perpendiculares (2 a 2) a los 3 ejes binarios de 2.º orden (fig. 79 b), ¿qué se obtiene?

Otro prisma exagonal (1).

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos paralelos al eje senario.

Tomemos un prisma exagonal de jabón y trunquemos una arista lateral g por un plano $A R E F$ paralelo al eje senario, teniendo cuidado que la distancia $O A$ sea mayor que $O R$ (fig. 80 a).

Por la ley de simetría, dado que por allí pasa un plano de simetría y para que el cristal continúe igualmente simétrico, la truncadura de esta arista debe repetirse, teniendo cuidado que donde antes se había tomado la distancia $O R$ menor, debe, ahora, tomarse la distancia $O A^1$ mayor y donde se había tomado ésta, debe tomarse la $O R^1$ menor.

(1) Toma el nombre de protoprisma porque en él los ejes van de arista a arista.

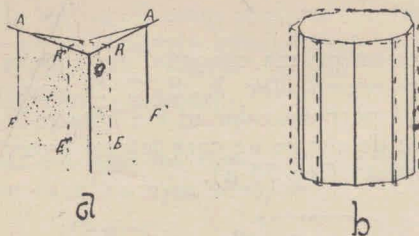


Fig. 80

De esta manera, la arista g viene a quedar truncada por dos planos a bisel (biselamiento).

Repitiendo las modificaciones en las otras 5 aristas homólogas, o sea, en las otras 5 aristas laterales (fig. 80 b), ¿qué se obtiene?

Un **prisma dodecagonal**, o sea, un prisma recto de base dodecagonal.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos paralelos a los ejes binarios.

Pueden suceder 2 casos.

Caso A: Que los truncamientos sean paralelos a ejes binarios de 1er. orden.

Caso B: Que los truncamientos sean paralelos a ejes binarios de 2.º orden.

Caso A:

Tomemos un prisma exagonal de jabón y truncemos la arista basal b con un plano $RSTV$, paralelo al eje binario de 1er. orden EE , que va de centro de arista a centro de arista opuesta (fig. 81 a).

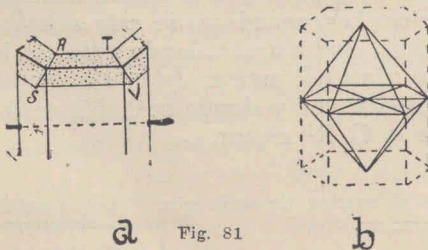


Fig. 81

Repitiendo, por la ley de simetría, las modificaciones en las 12 aristas basales (6 superiores y 6 inferiores) y continuando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma primitiva (fig. 81 b), ¿qué se obtiene?

Una **pirámide exagonal** (1).

Caso B:

Tomemos un prisma exagonal de jabón y trunquemos el vértice a con una plano Q R S paralelo al eje binario de 2.^o orden E E, que va de centro de cara lateral a centro de cara lateral opuesta (fig. 82 a).

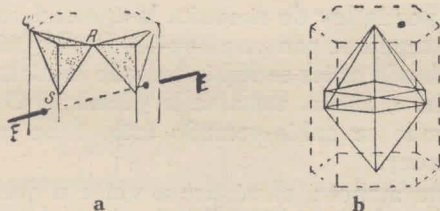


Fig. 82

Repitiendo, por la ley de simetría, las modificaciones en los 12 vértices y continuando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma primitiva (figura 82 b), ¿qué se obtiene?

Una **pirámide exagonal** o **dodecaedro exagonal**, que es un poliedro que tiene 12 caras que son 12 triángulos isósceles (2).

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos oblicuos al eje senario.

Tomemos un prisma exagonal de jabón y trunquemos el vértice a con un plano Q R S, oblicuo al eje

-
- (1) Se la llama también protopirámide.
 - (2) Se la llama también deutopirámide.

senario, teniendo cuidado que la distancia OQ , sea mayor que la OR (fig. 83 a).

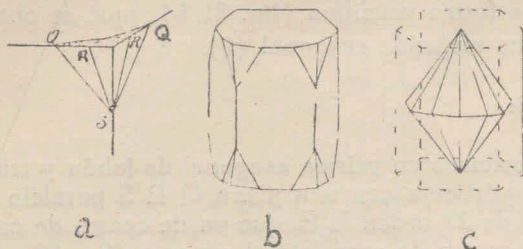


Fig. 83

Pero, por la ley de simetría, la truncadura del vértice **a** debe repetirse con un plano $Q_1 R_1 S$, teniendo cuidado que donde antes se había tomado la distancia OR (menor) debe, ahora, tomarse la distancia OQ^1 (mayor) y donde se había tomado ésta, debe tomarse la OR_1 (menor).

De esta manera, el vértice **a** viene a quedar truncado por dos planos a bisel (biselamiento [fig. 83 b]).

Repitiendo el biselamiento en los 12 vértices y continuando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma primitiva (fig. 83 c), ¿qué se obtiene?

Una **pirámide diexagonal**, con 24 caras que son 24 triángulos isósceles.

Formas hemiédricas.

La principal forma hemiédrica de este sistema sería el **romboedro**, pero como éste, a su vez, puede sufrir las mismas modificaciones que una forma fundamental, se le estudia, de acuerdo a la escuela francesa, como forma base de un nuevo sistema: el sistema romboédrico.

Dejo a criterio del profesor la mayor o menor amplitud que quiera dar al estudio de los sistemas cristalinos que veremos a continuación.

Por esta razón, ellos van en letra más pequeña.

ESTUDIO DEL SISTEMA ROMBOEDRICO

Forma primitiva. Elementos geométricos. Notación. Elementos de simetría. Símbolos. Formas holoédricas principales: su obtención a partir de la forma primitiva. Formas hemiédricas.

Forma primitiva.

Su forma primitiva o fundamental es el romboedro (figura 84).

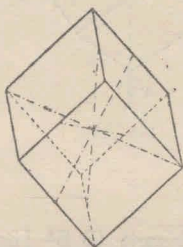


Fig. 84

Elementos geométricos: caras, aristas y ángulos triedros.

Sus elementos geométricos son:

- 6 caras (rombos).
- 12 aristas.
- 8 vértices.
- 8 ángulos triedros.

Notación.

Las caras se representan con una *p*; los vértices culminantes con una *a*, los vértices laterales con una *e*, las aristas culminantes con una *b* y las aristas laterales con una *d*.

Elementos de simetría.

Sus elementos de simetría son:

- E^3 .
- 3 E^2 .
- 3 P^2 .
- C.

E³.

Un eje principal de simetría ternaria ($T \ T^1$ [figura 85]).
Va de vértice superior a vértice inferior.

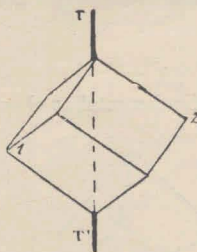


Fig. 85

3 E².

Tres ejes de simetría binaria ($B \ B^1$ [figura 86]).

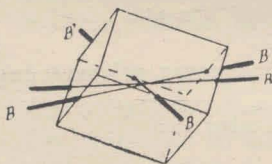


Fig. 86

Van de medio de aristas laterales a medio de aristas laterales opuestas.

Estos tres ejes están entre sí en un ángulo de 60° y se hallan todos en un mismo plano horizontal, perpendicular al eje de simetría ternaria.

3 P².

Tres planos de simetría binaria (figura 87).
Corresponden a los tres ejes de simetría binaria.

C.

Un centro de simetría.

Si comparamos, debidamente, las características de este sistema con las del sistema exagonal, se deduce,

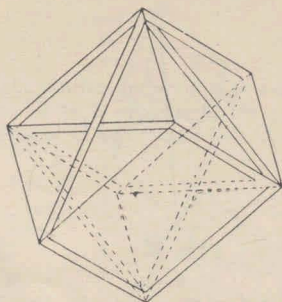


Fig. 87

Sistema exagonal

E^6 .
 3 E^2 .
 3 E'^2 .
 P .
 3 P'^2 .
 3 P''^2 .
 C .

Sistema romboédrico

E^3 .
 3 E^2 .
 —
 —
 —
 3 P^2 .
 C .

que sus elementos de simetría son la mitad de los del sistema exagonal.

Por esta razón el sistema romboédrico vendría a representar una hemiedria del sistema exagonal y así lo considera la escuela alemana, al admitir la existencia de 6 sistemas cristalinos y no 7.

Efectivamente, los ejes cristalográficos del sistema romboédrico, podrán estar representados por el eje ternario vertical (fig. 85). y los otros ejes binarios colocados en un plano horizontal perpendicular al anterior, es decir, exactamente los mismos que hemos adoptado para el sistema exagonal.

Sin embargo, para la caracterización de las caras de un cristal del sistema romboédrico, no es indispensable referirlas a los 4 ejes subindicados, siendo suficiente referirlas a sólo 3, que estarían representados por las aristas de los 3 diedros culminantes en un vértice, transportadas a su punto de origen, o sea, al centro del cristal (figura 88).

Formas holoédricas principales: su obtención a partir de la forma primitiva.

Las formas holoédricas principales pueden obtenerse, a partir del romboedro, por modificación de sus vértices y de sus aristas.

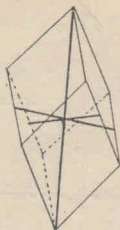


Fig. 88

Modificaciones de vértices

Las modificaciones de vértices pueden ser de 2 tipos.

Tipo A: Modificación de los 2 vértices culminantes, marcados con la letra **a**.

Tipo B: Modificación de los 6 vértices laterales, marcados con la letra **e-e-e-e-e-e**.

Tipo A:

Tomemos un romboedro de jabón y trunquemos el vértice culminante **a** superior, por un plano Q R S, oblicuo al eje ternario (figura 89 a).

Por la ley de simetría, la truncadura de este vértice debe repetirse 2 veces, por cada arista, y como a este vértice culminante concurren 3 aristas, resultarán 6 caras alrededor de él (2 por cada arista [figura 89 b]).

Repitiendo la modificación en el otro vértice culminante inferior **a** y continuando la truncadura hasta hacer desaparecer la forma primitiva (figura 89 c), ¿qué se obtiene?

Un **escalenoedro**, limitado por 12 triángulos escalenos.

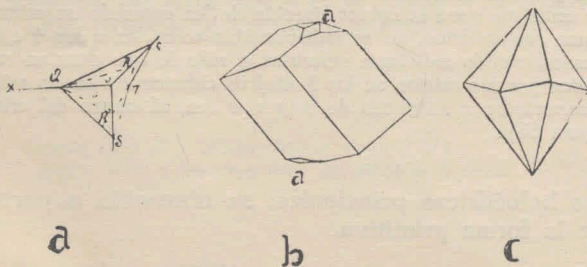


Fig. 89

Tipo B:

Tomemos un romboedro de jabón y trunquemos el vértice lateral e por un plano $Q R S$ oblicuo al eje ternario, teniendo cuidado que la distancia $O Q$ sea mayor que $O R$ (figura 90 a).

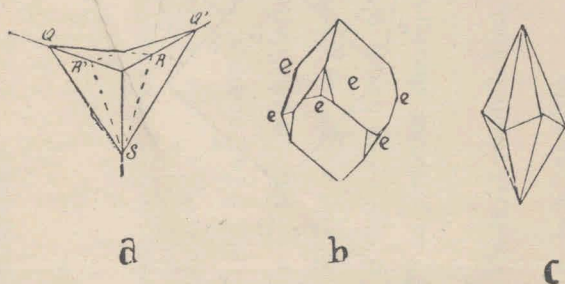


Fig. 90

Por la ley de simetría debe repetirse la truncadura de este vértice con otro plano $Q^1 R^1 S$, en el que la distancia $O Q^1$ sea mayor que la $O R^1$ (figura 90 a).

De esta manera, el vértice e viene a ser truncado por 2 planos en bisel.

Repetiendo esta modificación en los 6 vértices laterales y continuando las truncaduras hasta hacer desaparecer la forma primitiva (figura 90 b), ¿qué se obtiene?

Un **escalenoedro** (figura 90 c).

Modificaciones de aristas

Las modificaciones de aristas pueden ser de 2 tipos.

Tipo A: Modificación de las 6 aristas culminantes, marcadas con la letra **b** (1)

Tipo B: Modificación de las 6 aristas laterales marcadas con la letra **d**.

La modificación, por truncadura en bisel, de las 6 aristas culminantes (b) (figura 91), nos da un **escalenoedro** (figura 90 c).

La modificación, por truncadura en bisel, de las 6 aristas laterales (d), nos da, también, un **escalenoedro** (figura 90 c).

Los diversos escalenoedros, obtenidos por modificaciones diversas del romboedro, se diferencian entre sí, por su diferente orientación con respecto a los ejes.

(1) Se llaman aristas culminantes las que llegan hasta los ángulos culminantes a .

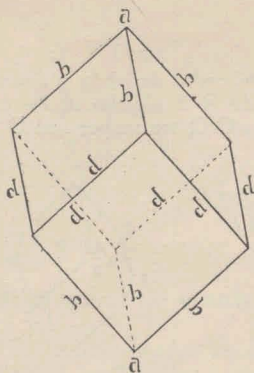


Fig. 91

Ejemplos de cristales naturales que pertenecen a este sistema.

Cristalizan en el sistema exagonal, los siguientes minerales:

La apatita o fosfato de calcio.

El talco o silicato de magnesio.

La piromorfita o fosfato y cloruro de plomo.

La vanadita o vanadato y cloruro de plomo.

El cuarzo o anhídrido silícico.

Cristalizan, en el sistema romboédrico, los siguientes minerales:

El bismuto.

El antimonio.

El arsénico.

El cinabrio o sulfuro de mercurio.

La antimonita o sulfuro de antimonio.

El corindón u óxido de aluminio.

La calcita o carbonato de calcio.

La dolomita o carbonato de calcio y magnesio.

Y muchos otros.

RESUMEN: (Sistema exagonal)

Formas holoédricas

Por truncadura de cara basal perpendicular a $E^6 =$ prisma exagonal

Por truncadura perpendicular a E^2 $\left\{ \begin{array}{l} \text{caso A (s/. cara} = \text{prisma exagonal} \\ \text{caso B (s/. arista} = \text{prisma exagonal} \end{array} \right.$

Por truncadura de arista lateral paralela a $E^6 =$ prisma dodecagonal

Por truncadura paralela a E^2 $\left\{ \begin{array}{l} \text{caso A (s/. vértice} = \text{pirámide exagonal} \\ \text{caso B (s/. arista basal)} = \text{pirámide exagonal} \end{array} \right.$

Por truncadura de vértice oblicua a $E^6 =$ pirámide diexagonal

Prisma recto
de base
exagonal

Formas hemiédricas o (Sistema romboédrico)

Romboedro: Por truncaduras diversas = escalenoedros

BOLILLA VII

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS ORTORRÓMBICO Y MONOCLÍNICO. — SISTEMA TRICLÍNICO

Sistema ortorrómbico. Formas sobre las cuales se estudia. Elementos geométricos y de simetría. Notación y símbolos. Formas holédricas y hemiédricas.

Formas sobre las cuales se estudia.

Su forma fundamental es el prisma recto de base rómbica (figura 92).

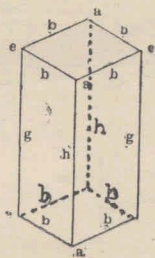


Fig. 92

Elementos geométricos y de simetría.

Sus elementos geométricos son:

- 2 caras basales rómbicas que se indican con **p**.
- 4 caras laterales rectangulares que se indican con **m**.
- 4 vértices (de ángulos obtusos) que se indican con **a**.
- 4 vértices (de ángulos agudos) que se indican con **e**.
- 8 aristas basales que se indican con **b**.
- 2 aristas verticales laterales (derecha e izquierda) que se indican con **g**.
- 2 aristas verticales (adelante y atrás) que se indican con **h**.

Sus elementos de simetría son:

Un eje de simetría binaria vertical principal, que va de centro de base cuadrada a centro de base opuesta **B B** (figura 93).

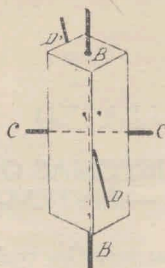


Fig. 93

Dos ejes de simetría binaria horizontales, que van de medio de arista lateral a medio de arista opuesta $C-C'$ - $D-D'$ (figura 93).

El eje mayor de los 2 ejes horizontales se llama **macro diagonal o transverso** y el eje menor: **braquidiagonal o anteroposterior**.

Tres planos de simetría binaria, correspondientes a los 3 ejes (figura 94).

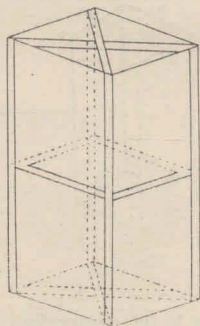


Fig. 94

Un centro de simetría.

En resumen posee 3 ejes de simetría binaria y 3 planos de simetría binaria.

Notación y símbolos.

Su grado de simetría será pues:

$$E^2 - E'^2 - E''^2 - P^2 - P'^2 - P''^2 - C$$

Como ejes cristalográficos se eligen los 3 ejes binarios **perpendiculares y desiguales** (véase fig. 93).

Si consideramos una cara de la pirámide rómbica, forma simple de este sistema, ella corta a los tres ejes cristalográficos a 3 distancias diferentes.

Su símbolo, sería, pues:

$$h : k : l$$

Esto explicaría el porqué se clasifica este sistema en el grupo de los trimétricos.

Formas holoédricas y hemiédricas.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos perpendiculares al eje binario principal.

Tomemos un prisma rómbico de jabón y truncemos la cara basal rómbica A-B-C-D por un plano A¹-B¹-C¹-D¹, perpendicular al eje binario principal E E (figura 95 a).

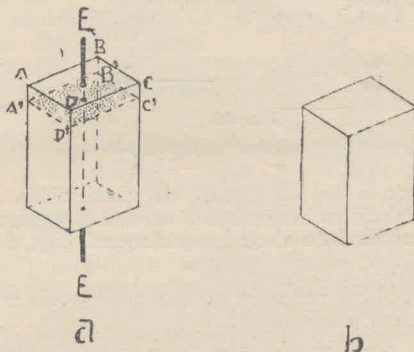


Fig. 95

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en el elemento homólogo, o sea, en la otra cara basal, también perpendicular al eje binario principal (figura 95).

¿Qué se obtiene?

Otro **prisma rómbico** (1).

(1) Cuando las 4 caras rectangulares del prisma rómbico son paralelas al eje vertical, se le llama prisma vertical.

Si son paralelas a los ejes horizontales se les llama prismas horizontales o domos.

Si son paralelas al eje macrodiagonal se llaman macroprismas o macrodomos.

Si son paralelas al eje braquidiagonal se llaman braquiprismas o braquedomos.

Recordemos que estos prismas están formados por cuatro caras paralelas dos a dos y que por dicha razón no pueden por sí solos cerrar el espacio. Como consecuencia de lo mismo se presentan en la naturaleza combinados entre sí o con otras formas.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos perpendiculares al eje braquidiagonal.

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos la arista vertical h , por un plano A-B-C-D, perpendicular al eje braquidiagonal o sea al E E (fig. 96).

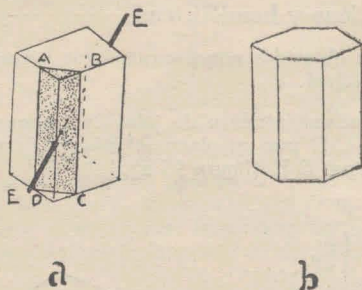


Fig. 96

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en el elemento homólogo, o sea, en la otra arista vertical h , opuesta a aquella y perpendicular, también al eje braquidiagonal (figura 96 b).

¿Qué se obtiene?

Un pinacoide, al que por tener sus dos caras paralelas al macro eje se le llama, **macro pinacoide** (1).

En este caso, como en el de los prismas, se comprende fácilmente que, por definición, el pinacoide no puede por sí solo cerrar una figura. Esta es la razón por la cual se los encuentra siempre combinados entre sí o con otras formas.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos perpendiculares al eje macrodiagonal.

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos la arista lateral g , por un plano A-B-C-D, perpendicular al eje macrodiagonal, o sea, al E E (figura 97).

(1) Se llama pinacoide al prisma caracterizado por un par de caras paralelas al plano de simetría que forman dos de los ejes de simetría y perpendiculares al tercero.

Cuando ambas caras son paralelas al macro eje, o sea, al eje transversal, se le llama macropinacoide; si lo son al braqui eje, se le llama braquipinacoide.

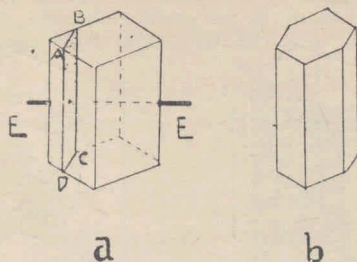


Fig. 97

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en el elemento homólogo, o sea, en la otra arista lateral g , opuesta a aquella y perpendicular, también, al eje macrodiagonal (figura 97 b).
¿Qué se obtiene?

Un pinacoide, al que por tener sus dos caras paralelas al braqui eje, se le llama, **braquipinacoide**.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos paralelos al eje binario principal.

Pueden suceder 3 casos.

Caso A: Que esos truncamientos sean paralelos al eje binario principal y paralelos a las caras laterales.

Caso B: Que esos truncamientos, sean paralelos al eje binario principal y se realicen en los ángulos obtusos a .

Caso C: Que esos truncamientos sean paralelos al eje binario principal y se realicen en los ángulos agudos e .

Caso A:

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos la cara lateral A-B-C-D, con un plano $A^1-B^1-C^1-D^1$, paralelo a ella y al eje binario principal E E (figura 98 a).

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en las 4 caras laterales, paralelas todas al eje binario principal (figura 98 b).

¿Qué se obtiene?

Otro **prisma rómbico**.

Caso B:

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos la arista vertical h (que está frente al observador) o sea, la correspondien-

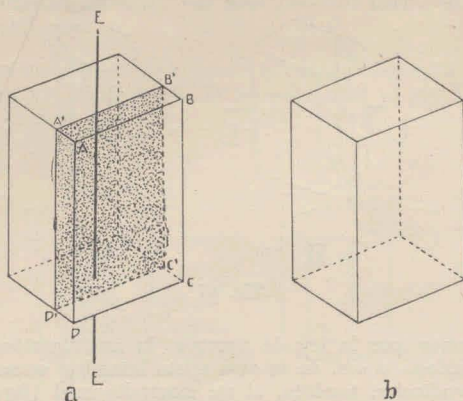


Fig. 98

te a los ángulos obtusos **a-a** por un plano **Q-R-S-T** paralelo al eje binario transversal o macro eje, teniendo cuidado que la distancia a **Q** sea mayor que la distancia a **R** (figura 99 a).

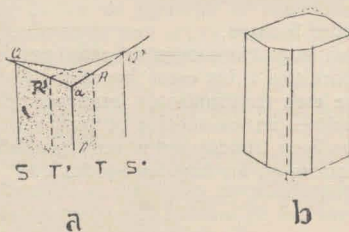


Fig. 99

Por la ley de simetría, dado que por esta arista pasa un plano de simetría, la truncadura debe ser repetida según el plano $R^1-Q^1-S^1-T^1$, teniendo cuidado que la distancia a Q^1 sea, ahora, mayor que la distancia a R^1 (figura 99 a).

Repitiendo la modificación en la otra arista homóloga **h**, opuesta a la primera (figura 99 b).

¿Qué se obtiene?

Un **macroprisma**.

Caso C:

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos la arista lateral (derecha) **g**, o sea la correspondiente a los ángulos agudos

e e por un plano Q-R-S-T (paralelo al eje binario antero-posterior o braqui eje), teniendo cuidado que la distancia O Q sea mayor que la distancia O R (figura 100 a).

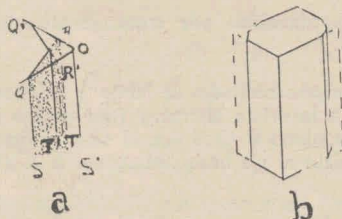


Fig. 100

Por la ley de simetría, dado que por esta arista pasa un plano de simetría, la truncadura debe ser repetida según el plano $R^1-Q^1-S^1-T^1$, teniendo cuidado que la distancia $O Q^1$ sea mayor, ahora, que la distancia $O R^1$ (figura 100 a).

Repitiendo la modificación en la otra arista homóloga g, opuesta a la primera (figura 100 b).

¿Qué se obtiene?

Un braquiprisma.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos paralelos al eje macrodiagonal.

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos el vértice a, correspondiente a la arista vertical h (que está frente al observador) por un plano R-R-S (en el cual la distancia $O R = O S$) paralelo al eje macrodiagonal E E (figura 101 a).

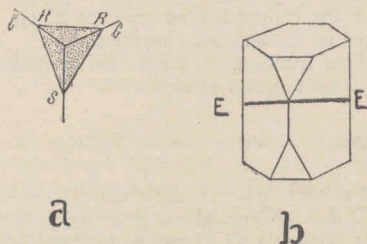


Fig. 101

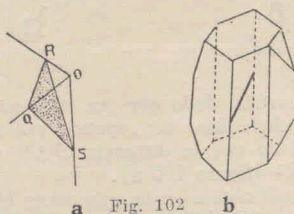
Repitiendo, por la ley de simetría, la modificación en los cuatro vértices a (figura 101 b).

¿Qué se obtiene?

Una reunión de facetas que se llama domo (véase pág. 115) el cual, dado que las truncaduras se han efectuado paralelamente al eje macrodiagonal toma el nombre de **macro-domo**.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos paralelos al eje braquidiagonal.

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos el vértice *e*, correspondiente a la arista lateral *g* (que está a la derecha del observador) por un plano *R Q S* (en el cual la distancia $OQ = OR = OS$) paralelo al eje braquidiagonal *E E* (figura 102 a).



a Fig. 102 b

Repitiendo, por la ley de simetría, la modificación en los cuatro vértices *e* (figura 102).

¿Qué se obtiene?

Una forma semejante a la obtenida en el caso anterior, que se llama **braquidomo**.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos oblicuos al eje binario principal.

Pueden suceder dos casos.

Caso A: Que los truncamientos oblicuos al eje binario principal *E E* se realicen en los ángulos obtusos *a*.

Caso B: Que los truncamientos oblicuos al eje binario principal *E E* se realicen en los ángulos agudos *e*.

Caso A:

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos el vértice *a* por un plano *Q-R-S* oblicuo al eje principal o braqui-eje teniendo cuidado que la distancia OQ sea mayor que la distancia OR (figura 103).

Por la ley de simetría, dado que por allí pasa un plano de simetría, la truncadura del vértice *a* debe ser repetida según el plano $R^1 Q^1 S$ en el que la distancia OQ^1 sea mayor que la distancia OR^1 (figura 103 a).

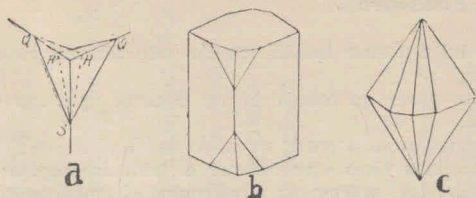


Fig. 103

De esta manera, el vértice **a** viene a ser truncado por 2 planos en bisel.

Repetiendo esta modificación en los 4 ángulos **a** y prolongando el truncamiento hasta hacer desaparecer la forma primitiva ¿qué se obtiene? (figura 103 b).

Una **macropirámide** (figura 103 c).

Caso B:

Tomemos un prisma rómbico, de jabón y trunquemos el vértice **e** por un plano **Q-R-S**, oblicuo al eje principal o macro-eje, teniendo cuidado que la distancia **O Q** sea mayor que la distancia **O R** (figura 104).

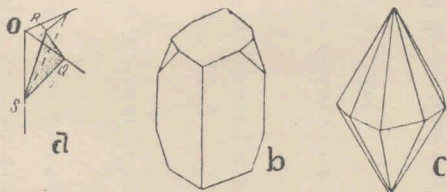


Fig. 104

Por la ley de simetría, dado que por allí pasa un plano de simetría, la truncadura del vértice **e** debe ser repetida según el plano $R^1 Q^1 S$ en el que la distancia $O Q^1$ sea mayor que la distancia $O R^1$, de esta manera el vértice **e** viene a ser truncado por dos planos en bisel (figura 104 a).

Repetiendo esta modificación en los 4 ángulos **e** y prolongando el truncamiento hasta hacer desaparecer la forma primitiva (figura 104 b y c).

¿Qué se obtiene?

Una **braquipirámide**.

Forma hemiédrica.

La única forma hemiédrica de este sistema es el esenoide rómbico.

Viene a ser un tetraedro con 4 caras, que son 4 triángulos escalenos.

Su derivación, a partir de la forma fundamental, es semejante a la que hemos visto para obtener el tetraedro regular (forma hemiédrica del 1er. sistema) y el esenoide (forma hemiédrica del 2.º sistema) (figura 105).

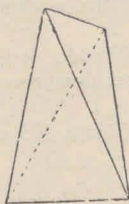


Fig. 105

RESUMEN (Sistema ortorrómbico)

Formas holoédricas

Por truncadura de cara basal perpendicular al E^2 = prisma rómbico.

Por truncadura de arista h perpendicular al eje braquidiagonal =
macropinacoide

Por truncadura de arista g perpendicular al eje macrodiagonal =
braquipinacoide

Por truncadura paralela al E^2 { caso A (s/. cara lateral = prisma rómbico
caso B (s/. arista h) = macroprisma
caso C (s/. arista g) = braquiprisma

Prisma
rómbico

Por truncadura paralela al eje macrodiagonal = macrodomo

Por truncadura paralela al eje braquidiagonal = braquidomo

Por truncadura oblicua al E^2 { caso A (s/. vértice a) = macropirámide
caso B (s/. vértice e) = braquipirámide

Forma hemiédrica

Esfenoide rómbico

SISTEMA MONOCLINICO

Formas sobre las cuales se estudia. Elementos geométricos y de simetría. Notación y símbolos. Formas holoédricas y hemiédricas.

Formas sobre las cuales se estudia.

Se le llama también sistema clinorrómbico.

Su forma fundamental es el prisma oblicuo de base rómbica (figura 106).

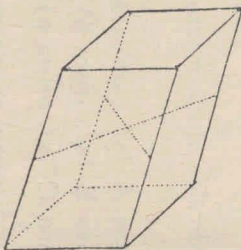


Fig. 106

Elementos geométricos y de simetría.

Sus elementos geométricos, son (figura 107).

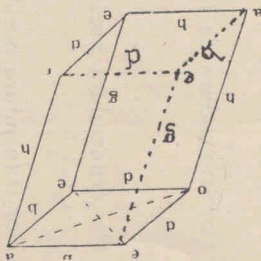


Fig. 107

Dos bases rómbicas que se indican con **p**.

Cuatro caras laterales que se indican con **m**.

Dos vértices opuestos **a a**.

Dos vértices opuestos a derecha e izquierda del observador **o o**.

Cuatro vértices restantes $e-e-e-e$.

Cuatro aristas $o e$, que se indican con d .

Cuatro aristas $a e$, que se indican con b .

Dos aristas verticales $o a$, que se indican con h .

Dos aristas verticales $e e$, que se indican con g .

Sus elementos de simetría son:

Un eje de simetría binario que va del centro de una arista lateral al centro de otra arista $B B^1$ lateral opuesta, (figura 108).

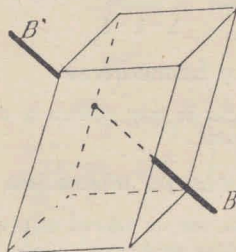


Fig. 108

Un plano de simetría binaria correspondiente al eje indicado (figura 109).

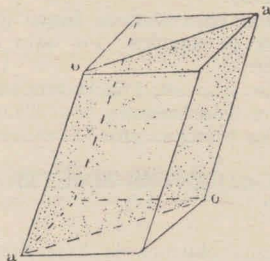


Fig. 109

Un centro de simetría.

En resumen, posee un solo eje y un solo plano de simetría.

Notación y símbolos.

Su grado de simetría será, pues:

$$E^2 - P^2 - C$$

Como ejes cristalográficos se elige el eje horizontal de simetría binaria y 2 aristas cualesquiera llevadas sobre el plano de simetría,

Estos 2 ejes cristalográficos son perpendiculares al eje de simetría, pero oblicuos entre sí.

El eje horizontal que va de adelante atrás se llama **orto-eje** y el eje horizontal que va de derecha a izquierda, se llama **clinoeje** por hallarse inclinado sobre el anterior.

Si consideramos una cara del octaedro monoclinico, una de las formas simples de este sistema, veremos que ella corta los 3 ejes cristalográficos a 3 distancias diferentes.

Su simbolo será, pues:

$$h : k : l$$

Formas holoédricas y hemiédricas.

Las formas holoédricas de este sistema se obtienen por truncamientos de ángulos y aristas.

Formas holoédricas obtenidas por truncamiento de ángulos.

Los truncamientos pueden ser simétricos o asimétricos.

Se llaman truncamientos simétricos, cuando en el plano R-R-S, que trunca el ángulo, la distancia $OR = OS$ y ambas son distintas a OS (figura 110).

Se llaman truncamientos asimétricos, cuando en el plano Q-R-R, que trunca el ángulo, las distancias $OQ - OR$ y OS son distintas (figura 113).

El prisma oblicuo de base rómbica, forma fundamental de este sistema, tiene 3 clases de ángulos. Por esta razón, los truncamientos podrán hacerse:

Caso A: Cuando los truncamientos se realizan en los ángulos o.

Caso B: Cuando los truncamientos se realizan en los ángulos a.

Caso C: Cuando los truncamientos se realizan en los ángulos e.

TRUNCAMIENTOS SIMETRICOS

Caso A.

Tomemos un prisma oblicuo, de base rómbica, de jabón y truncemos el ángulo o por un plano R-R-S (figura 110).

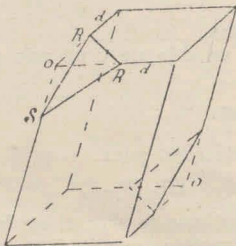


Fig. 110

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en el otro ángulo o opuesto.

¿Qué se obtiene?

Un **hemiortodoma anterior**, cuyas truncaduras son paralelas al ortoeje.

Caso B.

Tomemos un prisma oblicuo, de base rómbica, de jabón y trunquemos el ángulo *á* por un plano R-R-S (figura 111).

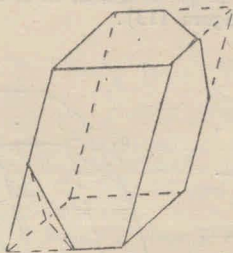


Fig. 111

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en el otro ángulo *a* opuesto.

¿Qué se obtiene?

Un **hemiortodoma posterior**.

Caso C.

Tomemos un prisma oblicuo, de base rómbica, de jabón y trunquemos el ángulo *e* por un plano R-R-S (figura 112).

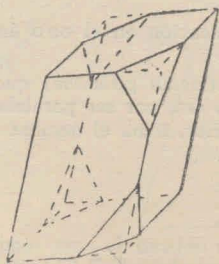


Fig. 112

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en los elementos homólogos, o sea, en los 4 ángulos e .

¿Qué se obtiene?

Un **clinodominio**, por ser sus truncaduras paralelas al clino-eje.

TRUNCAMIENTOS ASIMETRICOS

Caso A.

Tomemos un prisma oblicuo de base rómbica, de jabón y truncemos el ángulo o por un plano QRS , en el cual la distancia OR sea mayor que OQ (figura 113).

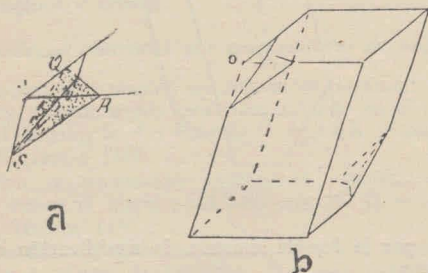


Fig. 113

Por la ley de simetría, dado que por allí pasa el único plano de simetría de este sistema, la truncadura del vértice o debe ser repetida por el plano $Q^1 R^1 S$ en el cual la distancia OR^1 sea mayor que OQ^1 (figura 113 a).

De esta manera, el ángulo o viene a ser truncado por dos planos en bisel.

Repitiendo la modificación en el otro ángulo o (figura 113), ¿qué se obtiene?

Una hemipirámide (media pirámide) que por tener el mismo sentido que el orto-eje o sea, por ser paralela a él, y por estar situada en el ángulo anterior, toma el nombre de **hemiorito pirámide anterior**.

Caso B.

Tomemos un prisma oblicuo de base rómbica, de jabón y truncemos el ángulo a por un plano QRS , en el cual la distancia OR sea mayor que OQ (figura 114).

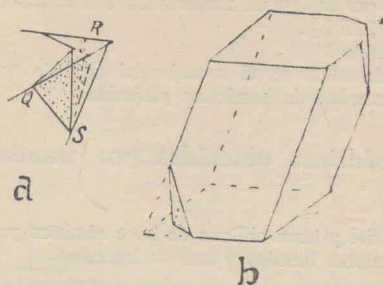


Fig. 114

Por la ley de simetría, dado que por allí pasa el único plano de simetría de este sistema, la truncadura del vértice *a* debe ser repetida por el plano $Q^1 R^1 S$ en el cual la distancia $O R^1$ sea mayor que $O Q^1$ (figura 114 a).

De esta manera, el ángulo *a* viene a ser truncado por dos planos en bisel.

Repitiendo la modificación en el otro ángulo *a* (figura 114 b), ¿qué se obtiene?

Una hemipirámide, en el sentido del ortoeje y situada en el ángulo posterior, que, por esas razones, toma el nombre de **hemiorio pirámide posterior**.

Caso C.

Tomemos un prisma oblicuo de base rómbica, de jabón y truncemos el ángulo *e* por un plano $Q R S$ (figura 115 a).

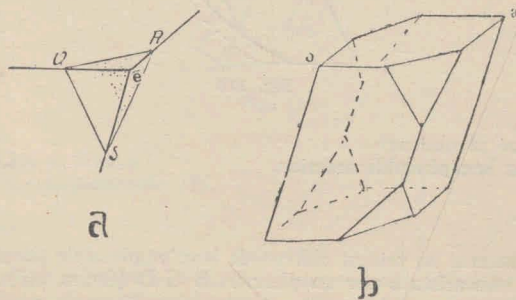


Fig. 115

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en los 4 ángulos **e** (figura 115 b).

¿Qué se obtiene?

Una hemipirámide, en el sentido del clinoeje, y que, por esa razón, toma el nombre de **hemiclino pirámide**.

Formas holoédricas obtenidas por truncamientos de aristas.

Las aristas del prisma oblicuo de base rómbica pueden dividirse en dos clases: aristas basales y aristas laterales.

TRUNCAMIENTOS DE ARISTAS BASALES

Las aristas basales pueden dividirse en dos tipos: aristas **d**, que van del ángulo **o** al ángulo **e** (hay 4) y aristas **b**, que van del ángulo **a** al ángulo **e** (hay 4).

Por consiguiente, pueden suceder dos casos.

Caso A: Que el truncamiento se realice en las aristas basales **d**.

Caso B: Que el truncamiento se realice en las aristas basales **b**.

Caso A.

Tomemos un prisma oblicuo de base rómbica de jabón y truncemos una arista **d** por un plano **A B C D**.

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en las 4 aristas **d** (figura 116).

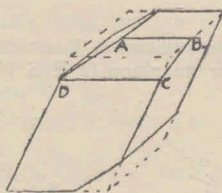


Fig. 116

¿Qué se obtiene?

Una **hemipirámide anterior**.

Caso B.

Tomemos un prisma oblicuo de base rómbica de jabón y truncemos una arista **b** por un plano **A B C D** (figura 117).

Repitamos, por la ley de simetría, la modificación en las 4 aristas **b** (figura 117).

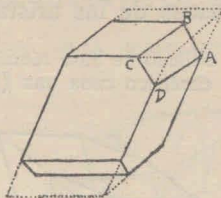


Fig. 117

¿Qué se obtiene?

Una hemipirámide posterior

Truncamientos de aristas laterales.

Las aristas laterales pueden dividirse en dos tipos: aristas **h**, que van del ángulo **o** al ángulo **a** (hay 2) y aristas **g**, que van del ángulo **e** al ángulo **e** (hay 2).

Los truncamientos pueden ser simétricos y asimétricos (véase truncamiento de ángulos).

Truncamientos simétricos de las aristas laterales **h**.

Tomemos un prisma oblicuo, de base rómbica y truncemos cada una de las 2 aristas **h** por un plano simétrico (figura 114).

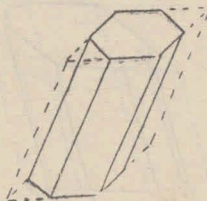


Fig. 118

¿Qué se obtiene?

Un orto-pinacoide. (1).

(1) Los pinacoides. (Véase pág. 116).

Si ambas caras son paralelas al eje vertical reciben el nombre de pinacoide básico; si son paralelas al ortoeje, se llaman ortopinacoide y si son paralelas al clinoeje, se llaman clinopinacoide.

Truncamientos simétricos de las aristas laterales g.

Tomemos un prisma oblicuo de base rómbica y trunquemos las 2 aristas g por un plano simétrico cada una (figura 119).

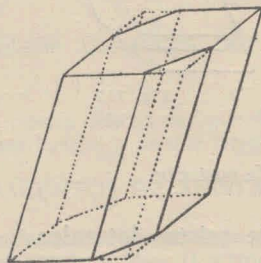


Fig. 119

¿Qué se obtiene?

Un **clino-pinacoide**.

Truncamientos asimétricos de las aristas laterales h.

Tomemos un prisma oblicuo de base rómbica y trunquemos la arista h por un plano asimétrico A B C D (figura 120).

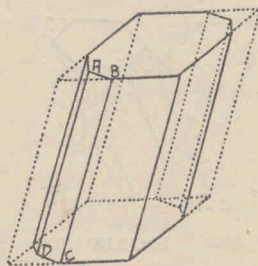


Fig. 120

Por la ley de simetría, la truncadura de esta arista debe repetirse con otro plano simétrico. De esta manera la arista h viene a quedar truncada por 2 planos en bisel (figura 120).

Repitamos lo mismo con la otra arista h opuesta (figura 120).

¿Qué se obtiene?

Un **ortoprisma**.

Truncamientos asimétricos de las aristas laterales g.

Repitiendo lo mismo con las aristas laterales g se obtiene un **clinoprisma** (figura 121).

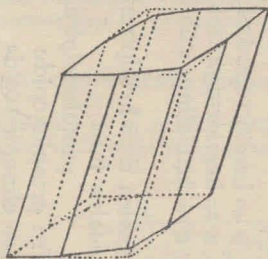


Fig. 121

Forma hemiédrica.

La única forma hemiédrica de este sistema es el esfenoide oblicuo, limitado por 4 triángulos escalenos.

RESUMEN: (Sistema monoclínico)

Formas holoédricas

Por truncamientos simétricos de ángulos o = hemiortodoma anterior
 Por truncamientos simétricos de ángulos a = hemiortodoma posterior
 Por truncamientos simétricos de ángulos e = clinodomoio

Por truncamientos asimétricos de ángulos o = hemiortopirámide anterior
 Por truncamientos asimétricos de ángulos a = hemiortopirámide posterior
 Por truncamientos asimétricos de ángulos e = hemiclinopirámide

Por truncamientos simétricos de aristas basales d = hemipirámide anterior
 Por truncamientos simétricos de aristas basales b = protohemipirámide posterior

Por truncamientos simétricos de aristas h = ortopinacoide
 Por truncamientos simétricos de aristas g = clinopinacoide

Por truncamientos asimétricos de aristas laterales h = ortoprisma
 Por truncamientos asimétricos de aristas laterales g = clinoprisma

Forma hemiédrica

Esfenoide oblicuo.

Prisma oblicuo

de

base rómbica

SISTEMA TRICLINICO

Generalidades. Ejemplos de cuerpos cristalizados que pertenecen a cada uno de estos sistemas. Formas compuestas. Idea de maclas. Ejemplos de cuerpos que se presentan generalmente maclados.

Generalidades sobre el sistema triclinico.

Su forma fundamental es el prisma rómbico, doblemente oblicuo, es decir, inclinado hacia atrás y hacia un costado (figura 122).

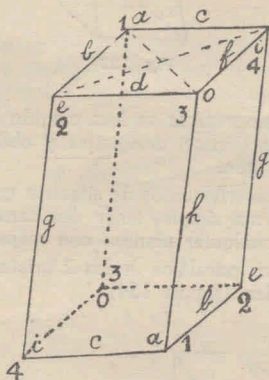


Fig. 122

Sus elementos geométricos son:

2 caras basales.

4 caras laterales.

8 vértices.

12 aristas (4 laterales y 8 basales).

La notación de estos elementos geométricos es sumamente compleja, dada la falta de homogeneidad (figura 122).

Las caras basales se designan con una *p*.

Dos de las caras laterales se designan con *n*.

Las otras dos caras laterales se designan con *m*.

Los ángulos obtusos frente y detrás del observador con *o*.

Los ángulos opuestos a los anteriores con *a*.

Los ángulos de la izquierda y derecha con *e* y *i*.

Las aristas basales 1-2 con una *b*.

Las aristas basales 2-3 con una *d*.

Las aristas basales 1-4 con una *c*.

Las aristas basales 3-4 con una *f*.

Las aristas laterales 3-1 con una **h**.

Las aristas laterales 2-4 con una **g**.

No posee ni ejes, ni planos de simetría, sólo posee un centro de simetría (figura 123). De allí también su nombre de sistema asimétrico.

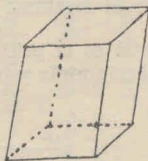


Fig. 123

Como ejes cristalográficos se han elegido 3 aristas cualesquiera, concurrentes a un vértice, desiguales y oblicuas entre sí, llevadas a su punto de origen.

No existiendo más elementos de simetría que el centro, bastará, para constituir la forma simple, tener dos caras, una paralela a la otra, orientadas de cualquier manera con respecto a los ejes.

Por truncamientos paralelos de las 2 aristas basales **a** e, se obtiene **cuarto pirámides** (figura 124).

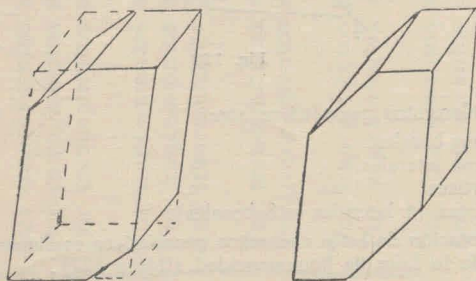
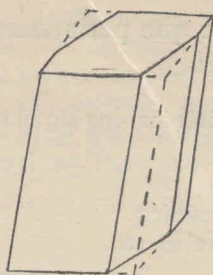


Fig. 124

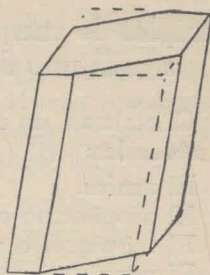
Por truncamientos paralelos de las dos aristas verticales **h**, se obtiene un **hemimacro prisma** (figura 125) [1].

(1) Si los truncamientos están situados a la derecha = hemimacro prisma derecho (figura 125 a) y si están a la izquierda = hemimacro prisma izquierdo (figura 125 b).



a

Fig. 125



b

Por truncamiento de los 2 vértices paralelos con las diagonales *e i* se obtiene **cuarto pirámides** que, por el hecho de estar en los ángulos o toman el nombre de **hemibraquidoma** (figura 126).

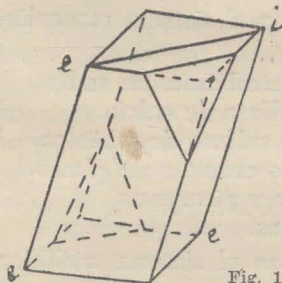


Fig. 126

Por truncamientos de las 2 aristas paralelas con las diagonales y con las aristas verticales, se obtiene una forma **braquipinacoide** (figura 127).

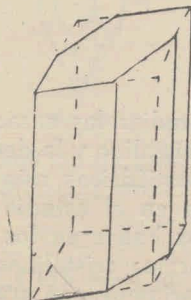


Fig. 127

Este sistema no presenta formas hemiédricas.

Ejemplos de cuerpos cristalizados que pertenecen a cada uno de estos sistemas.

Cristalizan, en el sistema ortorrómbico, los siguientes minerales:

El azufre.

El oropimento o trisulfuro de arsénico.

El mispiquel o sulfo-arseniuro de hierro.

El nitro o nitrato de potasio.

El salitre de Chile o nitrato de sodio.

El aragonito o carbonato de calcio.

La cerusa o carbonato de plomo.

El topacio o silicato y fluoruro de aluminio.

Y muchos otros.

Cristalizan, en el sistema monoclinico, los siguientes minerales:

El bórax o tetraborato de sodio.

El yeso o sulfato de calcio.

El rejalgar o sulfuro de arsénico.

La crocoita o cromato de plomo.

Los anfíboles y piroxenos.

Y varios otros.

Cristalizan, en el sistema triclinico, los siguientes minerales:

La sassolina o ácido bórico.

La albita o silicato complejo de aluminio y sodio.

Y varios otros.

Formas compuestas.

Acabamos de estudiar las características principales de cada sistema cristalino y la derivación de sus formas holoédricas y hemiédricas más importantes. Sin embargo, si, basados en el estudio que acabamos de hacer, pretendiéramos hallar en los cuerpos cristalizados naturales, las formas cristalinas que acabamos de estudiar, nos encontraríamos, con gran sorpresa nuestra, con que ello es muy difícil.

Efectivamente, la Naturaleza no nos presenta los minerales cristalizados en las formas simples aisladas, sino en combinaciones de dos o más formas entre sí.

Por ejemplo, para no citar sino el más sencillo, el cuarzo se nos suele presentar en una forma combinada de prisma exagonal y pirámide exagonal (fig. 128).

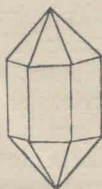


Fig. 128

Si la asociación se realiza entre formas de igual posición (proto o deuto-formas) las caras de las formas combinadas se disponen unas a continuación de las otras, correspondiéndose hacia arriba o hacia abajo, exactamente, como puede verse en la figura 128.

Si la asociación se realiza entre formas de diferente posición, las caras de la una se corresponden con las aristas de la otra, como puede verse en la figura 129.

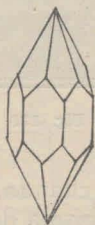


Fig. 129

producto de la combinación de prisma exagonal con pirámide exagonal de diferente posición.

Idea de maclas.

Generalmente, los cristales, no se presentan solos, sino agrupados.

Cuando, por falta de espacio, los cristales de una substancia cualquiera, no pueden ubicarse libremente se forma un **agregado cristalino**.

Se llama agregado cristalino a la **agrupación de cristales**, uno contra otro, limitada por superficies casuales.

Cada uno de los individuos, que componen un agregado cristalino, es un cristal y como tal, homogéneo y anisótropo, pero los límites externos del conjunto no son las caras de esos cristales, sino superficies enteramente casuales, dadas, por lo general, por las paredes del recipiente u otro obstáculo cualquiera.

Los agregados cristalinos naturales pueden presentar diversas formas.

Ejemplos:

Drusa (fig. 130) cuando se presentan como una superficie plana cubierta con cristales.



Fig. 130

Geoda (fig. 131), cuando se presentan como una superficie cóncava, sembrada de cristales.

Macla, la agrupación de dos cristales que tienen un plano común, respecto al cual son simétricos.

Se le llama también agregado simétrico de dos individuos cristalinos iguales.

Las partículas se aproximan hasta una cierta distancia y se unen.

La forma de la unión puede variar.

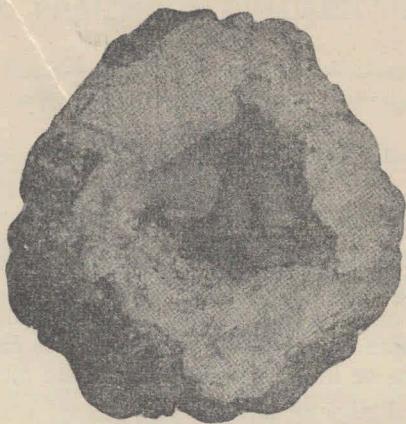


Fig. 131

Si el engarce es paralelo se forman los agregados paralelos.

Cuando las direcciones paralelas son equivalentes, tenemos las **homo-maclas**; cuando las direcciones paralelas no son equivalentes, tenemos las **hetero-maclas**.

Si un cristal se cruza con el otro, se dice que la macla es por **penetración** (fig. 132).

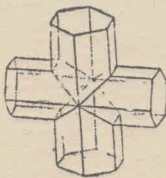


Fig. 132

Si un cristal se adosa con el otro, se dice que la macla es por **yuxtaposición** (fig. 133).

A veces, en los casos de yuxtaposición, uno de los cristales sufre, previamente, una giración de 180° , o

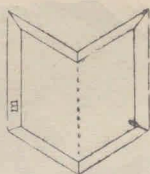


Fig. 133

sea una media vuelta. En estos casos la macla toma el nombre de **hemitropia** (fig. 133).

El plano común a ambos cristales (línea punteada) se llama **plano de macla** y el eje sobre el cual se efectúa la giración, se llama **eje de macla**. Este eje de macla es normal al plano de macla.

Ejemplos de cuerpos que se presentan generalmente maclados.

La casiterita o bióxido de estaño (sistema cuadrático).

El yeso (sistema monoclinico).

El aragonito (sistema ortorrómbico).

La calcita, etcétera.

TRABAJOS PRACTICOS DE CRISTALOGRAFIA

El profesor podrá hacer llevar al alumno un cuaderno de diseño y hacerle efectuar los siguientes dibujos:

- a) Formas fundamentales de cada sistema. (Cada sistema en una hoja).
- b) Formas derivadas del sistema cúbico. (Cada derivación en una hoja).

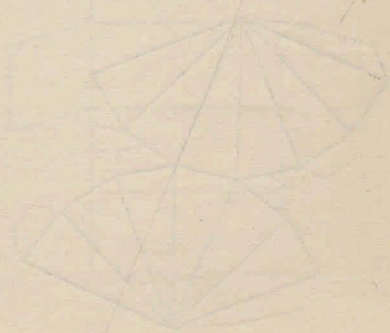
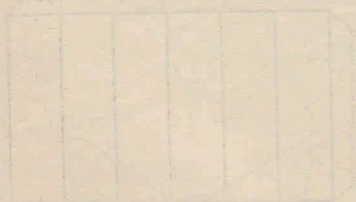
Además, cada alumno construirá, en cartulina, en arcilla, en jabón, en madera o con láminas de vidrio, pegadas con tira engomada, la forma fundamental de un sistema.

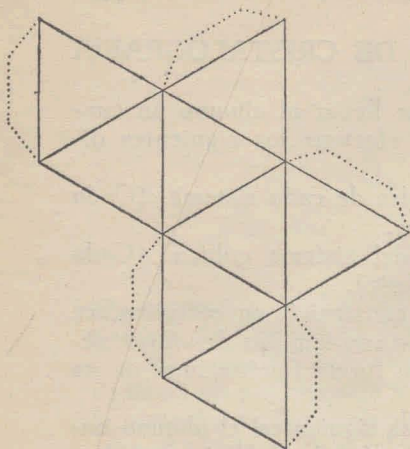
Para ello, en las páginas siguientes, el alumno encontrará los 2 sólidos más simples de cada sistema, desarrollados, a fin de que pueda realizar el trabajo indicado, en cartulina.

Se recortan las figuras, aumentadas, siguiendo su contorno e incluyendo en él las líneas de puntos que forman las partes que servirán para construir el sólido.

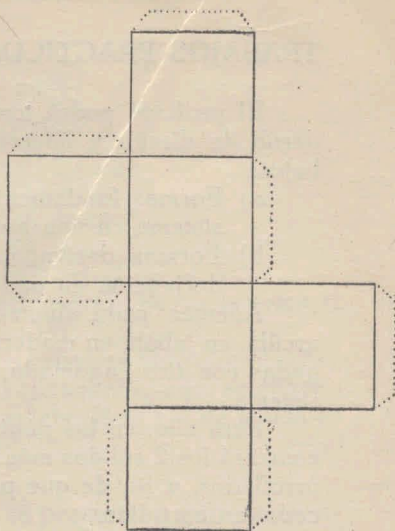
Se dobla la cartulina por las líneas internas, que serán las aristas; la parte rayada debe quedar en el interior del sólido.

Se pega cada pestaña en la parte interna de la cara contigua y el sólido queda armado.

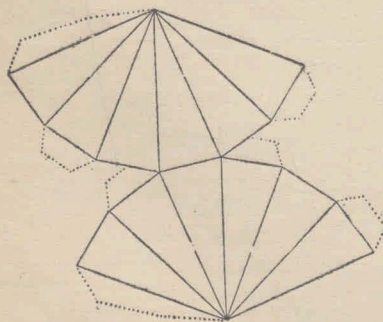




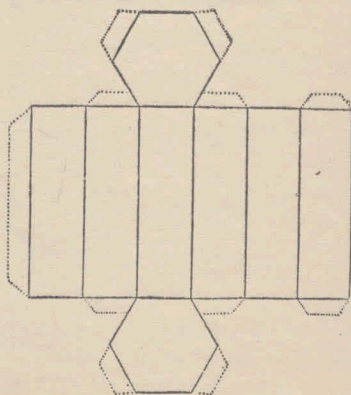
1.—SISTEMA REGULAR.—Octaedro.



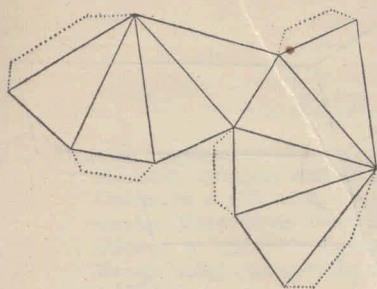
2.—SISTEMA REGULAR.—Exaedro e Cubo.



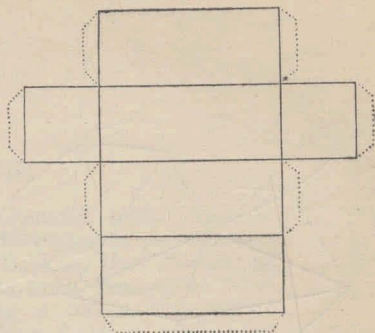
3.—SISTEMA EXAGONAL.—Pirâmide exagonal.



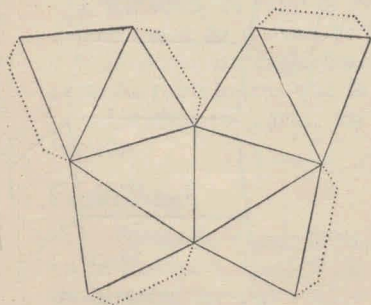
4.—SISTEMA EXAGONAL.—Prisma exagonal.



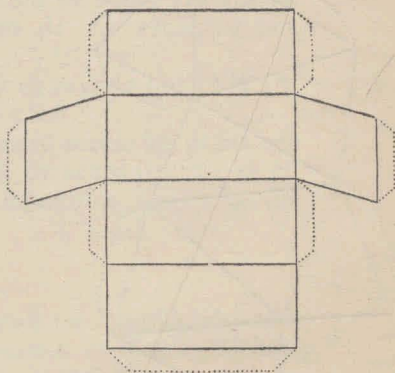
5.—SISTEMA TETRAGONAL.—Pirámide tetragonal.



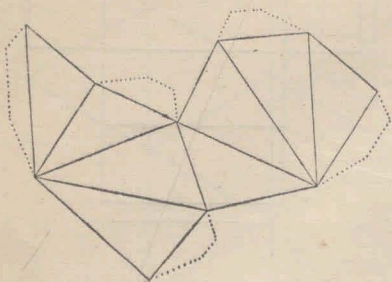
6.—SISTEMA TETRAGONAL.—Prisma.



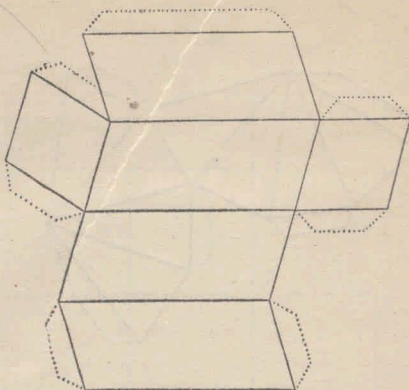
7.—SISTEMA RÓMBICO.—Pirámide.



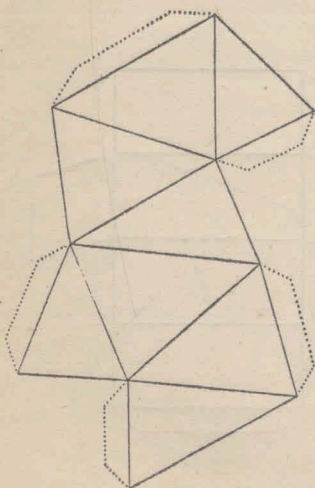
8.—SISTEMA RÓMBICO.—Prisma.



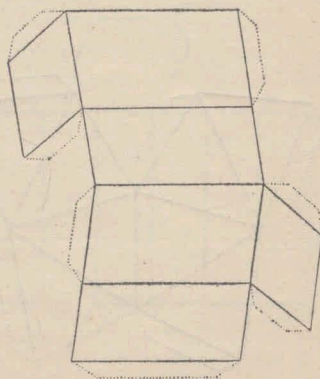
9.—SISTEMA MONOCLÍNICO.—Pirámide.



10.—SISTEMA MONOCLÍNICO.—Prisma.



11.—SISTEMA TRICLÍNICO.—Pirámide.



12.—SISTEMA TRICLÍNICO.—Prisma.

BOLILLA VIII

Algunas propiedades físicas: dureza, fusibilidad, brillo, densidad. Nociones químicas aplicadas a la determinación de minerales. Oxidación y reducción. Estudio de la llama. Usos. Soplete: su empleo. Ensayos de coloración de la llama. Ensayos en tubos abiertos y cerrados. Ensayos sobre el carbón. Ensayos de Bunsen sobre una cápsula de porcelana. Perlas de bórax y sal de fósforo.

Algunas propiedades físicas: dureza, fusibilidad, brillo, densidad.

En este capítulo el alumno inicia lo que podríamos llamar: análisis mineralógico.

Analizar, quiere decir investigar los componentes de un mineral a fin de conocer su constitución.

El estudiante, pues, al tener entre sus manos un mineral debe, ante todo, proceder a reconocer sus propiedades físicas, a saber:

Dureza ⁽¹⁾.

Tomando como base la escala de Mohs tratará de comprobar a qué términos raya de esa escala y por cuáles términos es rayado.

Ejemplo: Si raya al N.º 3 y es rayado por el N.º 4, diremos que su dureza es igual a 3,5.

Si posee un esclerómetro podrá medir las pesas necesarias para lograr que la punta de acero penetre en él.

La dureza varía, en los minerales, según la dirección.

Fusibilidad.

Tomando como base la escala de fusibilidad, vista en la Bolilla 1, tratará de comprobar si el mineral funde al calor de una vela, a la llama del Bunsen, etc.

(1) Véase página 30.

Para ello se toma una pequeña porción de sustancia y se examinan con cuidado las aristas y las esquinas, para poder apreciar cualquier principio de fusión y sosteniéndola con las pinzas o colocándola en un hoyo practicado en un trozo de carbón de leña, se la expone al calor de la llama.

Brillo.

Del mismo modo nos dirá si su brillo es céreo, metálico, etcétera.

Densidad.

El estudiante averiguará la densidad relativa del mineral en cuestión, por cualquiera de los procedimientos indicados en la Bolilla I.

Nociones químicas aplicadas a la determinación de minerales.

Una vez determinadas las propiedades físicas que acabamos de describir, el estudiante inicia la parte química de su análisis.

Para poderla realizar es necesario que posea algunas nociones elementales de química, que trataremos de resumir aquí (1).

Los minerales están constituidos por una o varias sustancias simples que se llaman elementos.

Los elementos se dividen en metales y metaloides.

Los metaloides más importantes son el oxígeno, fluor, cloro, bromo, yodo, azufre, boro, nitrógeno, fósforo, arsénico, antimonio, carbono y silicio.

(1) Estas nociones son innecesarias para los alumnos de 5.º año de Colegio Nacional, porque ya han tenido un curso de Química; pero son indispensables para los de las Escuelas Normales, dada la curiosa ubicación de la Mineralogía en los programas vigentes.

Los metales más importantes son el hierro, plomo, mercurio y todos los demás.

El hidrógeno funciona, generalmente, como metal.

Los metales y metalóides se unen entre sí para formar todos los minerales.

Cuando los metales se unen con el oxígeno dan los óxidos.

Ejemplos: El hierro con el oxígeno da el óxido de hierro.

El aluminio con el oxígeno da el óxido de aluminio.

Los óxidos reaccionan con el agua para dar las bases o hidróxidos y se caracterizan porque azulean el papel de tornasol.

Cuando los metaloides se unen con el oxígeno dan los anhídridos.

Ejemplos: El silicio con el oxígeno da el anhídrido silícico.

El carbono con el oxígeno da el anhídrido carbónico.

Los anhídridos reaccionan con el agua para dar los ácidos y se caracterizan porque enrojecen el papel de tornasol.

Ejemplo: El anhídrido carbónico + agua = ácido carbónico.

Substituyendo los hidrógenos de los ácidos por metales se obtienen las sales.

Ejemplos: El ácido sulfúrico da los sulfatos.

El ácido bórico da los boratos.

El ácido fosfórico da los fosfatos.

El ácido nítrico da los nitratos.

El ácido silícico da los silicatos.

El ácido carbónico da los carbonatos.

Cuando se une un metal con un metaloide, el producto obtenido toma el nombre del metaloide, con la terminación "uro", seguido de el del metal.

Ejemplo: La unión del azufre (metaloide) con el hierro (metal) da origen al sulfuro de hierro.

La unión de los elementos entre sí, se hace por medio de ligaduras (1), de acuerdo a la valencia de cada uno.

Cuando un elemento trabaja con todas sus ligaduras, se le indica con la terminación "ico". Ejemplo: óxido férrico, quiere decir que el hierro, al combinarse con el oxígeno, lo ha hecho empleando todas sus ligaduras. A esta clase de compuestos también se los llama: "compuestos al máximum".

Cuando un elemento trabaja con una parte de sus ligaduras, se le indica con la terminación "oso". Ejemplo: óxido ferroso, quiere decir que el hierro, al combinarse con el oxígeno, lo ha hecho con una parte de sus ligaduras. A esta clase de compuestos también se los llama "al mínimum".

La representación esquemática de un elemento se llama símbolo. Ejemplo: el símbolo del oxígeno es O.

La representación esquemática de un cuerpo compuesto se llama fórmula: Ejemplo: H_2O , es la fórmula del agua.

(1) Haces de líneas de fuerza.

Los subíndices, al pie de un elemento, indican la cantidad de cada uno de ellos. Así, por ejemplo: H_2O , quiere decir que se han combinado dos hidrógenos y un oxígeno para formar el agua.

Oxidación y reducción.

Se llama **oxidación** a toda combinación del oxígeno con una substancia cualquiera.

Cuando sometemos, un mineral, a la acción del aire, o del oxígeno directamente, realizamos la acción de oxidar, o sea, una oxidación.

Ejemplo: La transformación del hierro en óxido de hierro, por la acción del oxígeno del aire, es una oxidación.

En un sentido más amplio, se entiende, también, por oxidación, la transformación de un compuesto al mínimum en un compuesto al máximium.

Ejemplo: La transformación del cloruro ferroso en cloruro férrico.

Se llama **reducción** a la operación inversa, o sea, a la acción de quitar oxígeno.

Calentando el óxido de un metal mezclado con carbón, éste le roba el oxígeno y deja el metal en libertad.

Ejemplo: Calentando fuertemente, una mezcla de óxido de plomo y carbón, se obtiene plomo metálico.

El carbono, el hidrógeno, los metales y todas aquellas substancias capaces de quitar oxígeno se llaman reductores.

En un sentido más amplio, se entiende, también, por reducción, la transformación de un compuesto al máximium en un compuesto al mínimum.

Estudio de la llama: Usos.

La llama, es la combinación viva, con producción de luz y calor, de los vapores de la substancia que se quema, con el oxígeno del aire (combustión).

La llama con que puede trabajar el joven estudiante puede ser: la de una vela, la de una lámpara de alcohol o la del gas de alumbrado.

Nos limitaremos a estudiar aquí la llama del gas, pues lo que para ella indiquemos puede aplicarse, en general, a las otras dos.

El gas de alumbrado llega al exterior por el mechero de Bunsen.

El mechero de Bunsen es un tubo (fig. 134) de

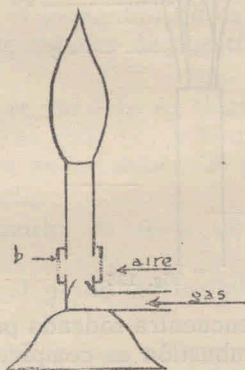


Fig. 134

hierro con dos aberturas en su parte inferior, que pueden cerrarse a voluntad por medio del redondel (b), permitiendo regular así la entrada del aire.

Cuando los orificios están cerrados la llama es luminosa (1).

Cuando los orificios están abiertos la llama es azulada y más calorífica (2).

Si observamos, detenidamente, la llama de un Bunsen (fig. 135) la encontraremos dividida en 3 zonas: a - b y c.

(1) El carbono, que no puede quemarse por falta de aire, se pone incandescente y le comunica esa luminosidad.

(2) El carbono, se quema totalmente, gracias al aire que entra por los orificios y la llama pierde su luminosidad.

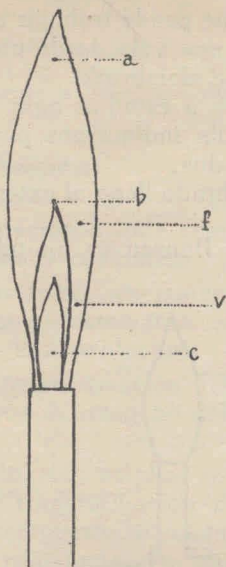


Fig. 135

La zona **a**, se encuentra rodeada por el oxígeno del aire. En ella la combustión es completa y su temperatura es muy alta. Se la llama **zona oxidante**.

La zona **b**, se encuentra envuelta por la anterior y separada así del oxígeno del aire. En ella la combustión es incompleta y su temperatura menor, pues la cantidad de oxígeno que posee, depende del que le llegue por los orificios de la base del mechero. Se la llama **zona reductora** o **zona brillante** por (1).

La **c**, que tiene menos temperatura aún que la anterior, no permite la combustión y en ella se descomponen las sustancias combustibles, pero no se queman. La ausencia de combustión trae como consecuencia la ausencia de calor. Es la **zona fría**, también llamada zona de descomposición.

La zona **f** es la parte más calorífica de la llama, por cuya razón se la llama, también, **zona de fusión**.

(1) Véase llamada (1), página anterior.

La zona v, ubicada cerca de la boca del mechero y en la parte externa de la llama, se designa con el nombre de **zona de volatilización**.

En esta zona la temperatura es baja, pues el gas en combustión se enfría por el aire frío que llega de abajo.

Usos.

La llama es el manantial de calor necesario para realizar el análisis químico de nuestro mineral, por vía seca.

El análisis por **vía seca** es el que se realiza sobre el mineral al **estado seco** (1) y tiene por objeto **indagar la naturaleza de los minerales por medio de temperaturas elevadas**.

Para conseguirlo, se trata de investigar lo siguiente:

1.º Cuál es el grado de **fusibilidad o volatilidad** del mineral.

2.º Si el mineral es o no capaz de producir una **coloración propia**, en la llama incolora.

3.º Cuál es su comportamiento a **alta temperatura** y en **presencia de oxidantes y reductores**.

Para investigar lo que acabamos de exponer, el practicante mineralogista realizará las operaciones que se indican a continuación:

- a) Ensayos de coloración de la llama.
- b) Ensayos en tubo abierto.
- c) Ensayos en tubo cerrado.
- d) Ensayos sobre el carbón con soplete.
- e) Ensayo de Bunsen sobre una cápsula de porcelana.
- f) Perlas de bórax y sal de fósforo.

(1) Es decir, sobre sustancias sólidas o sobre residuos de la evaporación de los líquidos a analizar.

Soplete: su empleo.

El soplete es un tubo acodado (fig. 136 a) generalmente de latón, que termina en una punta afila-

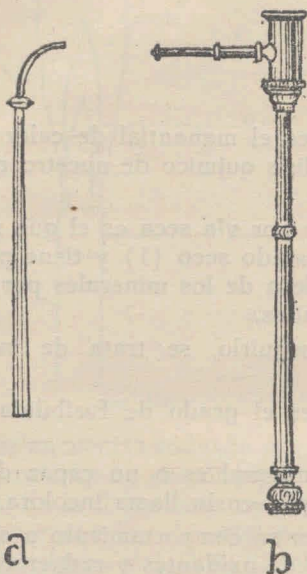


Fig. 136

da y por cuyo extremo opuesto, se insufla aire con la boca.

Otros modelos, como el de Plattner, tienen un ensanchamiento (fig. 136 b) que sirve para retener el vapor de agua y como depósito del aire insuflado, lo que permite regularizar la corriente de aire.

El soplete se emplea para enviar una corriente de aire a una llama, con el fin de avivar la combustión y producir así, una temperatura más elevada.

Permite, además, dirigir el dardo de la llama sobre el mineral en ensayo.

Cuando se quiere dirigir el dardo reductor, debe colocarse la punta del soplete en la parte exterior de la llama (fig. 137 a) y cuando quiere dirigirse el dar-

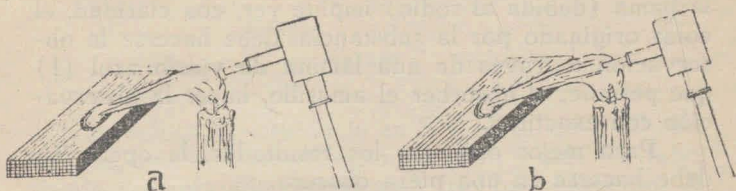


Fig. 137

do oxidante, debe colocarse la punta del soplete dentro de la llama (fig. 137 b).

Ensayos de coloración de la llama.

El principio que se aplica en esta operación es el siguiente: "Algunos minerales, al volatilizarse, manifiestan al estado de gas, coloraciones características (1)."

El material, a emplear para este ensayo, es el siguiente:

- a) Una lámpara de alcohol o un mechero Bunsen.
- b) Unas fibras de amianto o un hilo de platino, de 5 centímetros, engarzado en una varilla de vidrio (fig. 138 [2]).



Fig. 138

- c) Una placa de vidrio azul.
- d) Acido clorhídrico.

(1) Siendo los cloruros, los más volátiles, se transforma el mineral en cloruro, agregándole unas gotas de ácido clorhídrico.

(2) Para engarzarlo se calienta una punta del hilo de platino y un extremo de la varilla de vidrio; cuando éste comienza a fundir, se le introduce, con fuerza, el hilo de platino y se deja enfriar.

Se colocan unos pocos centigramos de substancia sobre el hilo de platino y se llevan a la llama no luminosa, en la parte superior de la zona de reducción.

Como a veces, la coloración amarilla natural de la llama (debida al sodio) impide ver, con claridad, el color originado por la substancia, debe hacerse la observación a través de una lámina de vidrio azul (1) que permite, al absorber el amarillo, hacer la observación con exactitud.

Para mejor observar los resultados, la operación debe hacerse en una pieza oscura.

Los resultados pueden ser:

Mineral	Col. vidrio azul	Color aparente
De sodio	Invisible	Amarillo
De calcio	Verde	Rojo
De cobre	Verde	Verde esmeralda
De potasio	Violeta	Violeta
De litio	Violeta	Púrpura
De estroncio	Rojo violeta	Rojo escarlata

Para limpiar el alambre de platino, a fin de utilizarlo en una nueva operación, bastará sumergirlo en ácido clorhídrico y llevarlo a la llama, varias veces, hasta tanto no le comunique ya ninguna coloración.

Ensayos en tubo abierto.

Para realizar estos ensayos se emplea un tubo de vidrio, abierto por sus dos extremos.

El tubo puede ser recto (fig. 139 a) o ligeramente doblado en ángulo obtuso (fig. 139 b).

El análisis en tubo abierto tiene por objeto investigar los productos que se forman al someter el mineral a una fuerte oxidación en caliente.

(1) Llamado también vidrio de cobalto.

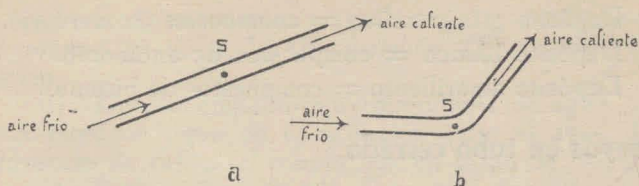


Fig. 139

Se coloca la substancia en S y se calienta. El aire caliente, por ser menos denso, se eleva y sale del tubo, siendo reemplazado por el aire frío que entra por la parte baja y así sucesivamente.

De este modo la substancia se encuentra calentada, en contacto continuo con una corriente de oxígeno del aire y los productos volátiles que se forman pueden manifestarse por el olor, por la reacción o por los depósitos que se observan en las paredes frías del tubo.

Si se forma **vapor de agua**, que se condensa en las paredes frías del tubo, se investiga su reacción con papel de tornasol.

Si enrojece el papel azul de tornasol, o sea, si presenta **reacción ácida** = **ácidos o anhídridos volátiles**.

Si azulea el papel rojo de tornasol, o sea, si presenta **reacción alcalina** = **sales amoniacales**.

Si se forman **gases o vapores con olor**.

Gases con olor a azufre quemado = azufre, sulfuros, etcétera.

Gases con olor a amoníaco = sales amoniacales.

Gases con olor a coles podridas = compuestos de selenio.

Gases con olor a ajo = compuestos de arsénico.

Si se forman **depósitos o sublimados**.

Humos blancos, con olor a ajo, que se depositan en las paredes frías y son eliminados por la acción del calor = compuestos de arsénico.

Humos blancos, sin olor, que se depositan en las paredes frías y no son eliminados por la acción del calor = compuestos de antimonio.

Depósito gris metálico = compuestos de mercurio.

Depósito blanco = compuestos de antimonio.

Depósito amarillento = compuestos de bismuto.

Ensayos en tubo cerrado.

Se emplea un tubo de ensayo.

El ensayo tiene por **objeto calentar la substancia** (evitando su oxidación por el oxígeno del aire) y **observar los fenómenos que se producen**, como ser: fusión de la substancia con desprendimiento de vapor de agua; desprendimiento de gases o vapores; formación de depósitos; cambios de color, etc., para deducir así la presencia de tal o cual componente (1).

Para realizar este ensayo se comienza por colocar un poquito de polvo del mineral a ensayar, en el fondo de un tubo de ensayo limpio y seco.

Se introducen en la boca del tubo 2 papeles de tornasol (uno rojo y otro azul) humedecidos y se calienta, primero, suavemente y luego, gradualmente, hasta el rojo.

Puede suceder:

A) **Fusión de la substancia** sin volatilización = proviene de sales alcalinas o alcalinotérreas.

B) **Formación de agua.**

a) Poca cantidad de agua = substancia higroscópica.

b) Desprendimiento poco abundante de agua, con decrepito = agua de interposición (Ej.: cloruro de sodio, de potasio, etc.).

(1) A veces, para dar más amplitud a este método, se agrega en el tubo de ensayo un reactivo, con el fin de producir reacciones químicas que permitan registrar otras indicaciones. Por esta razón los ensayos en tubo cerrado se dividen en dos partes:

A) Ensayos en tubo cerrado sin reactivo.

B) Ensayos en tubo cerrado con reactivo.

Los reactivos comúnmente empleados son: óxido de calcio, sulfato ácido de potasio, hiposulfito de sodio y sodio metálico o magnesio en polvo.

c) Desprendimiento muy abundante de agua, con decrepíteo = agua de cristalización (Ej.: nitrato de plomo).

d) Desprendimiento muy abundante de agua, sin decrepíteo = agua de constitución (Ej.: el agua del hidróxido de calcio, al convertirse en óxido de calcio).

e) Desprendimiento de agua, con reacción ácida = ácidos o algunas sales ácidas volátiles.

f) Desprendimiento de agua, con reacción alcalina = sales amoniacales.

C) Formación de un depósito.

a) Depósito de color blanco = compuestos de arsénico, compuestos de antimonio o sales amoniacales.

b) Depósito de color amarillo = azufre, compuestos de azufre, compuestos de arsénico y azufre, etc.

c) Depósito de color negro = compuestos de mercurio, etc.

D) Desprendimiento de gases.

Si el gas es incoloro y aviva una astilla con un punto de ignición = la substancia tenía oxígeno.

Si el gas es incoloro y enturbia un poco de agua de cal = la substancia era un carbonato, pues el gas es anhídrido carbónico.

Si el gas es incoloro, con olor a amoníaco = el mineral es un compuesto amoniacal.

Si el gas es incoloro, con olor a azufre quemado = el mineral es un compuesto oxigenado del azufre.

Si el gas es incoloro, con olor a huevos podridos = es el hidrógeno sulfurado y el mineral es un sulfuro.

Ensayo sobre el carbón.

Tiene por objeto reducir el mineral a metal o al óxido coloreado, por la acción combinada del calor y del carbón.

Son necesarios para realizarlo, 3 elementos: la llama, el soplete y el carbón.

Se elige, preferiblemente, el carbón de leña liviana (1).

Se coloca el mineral sobre el carbón, en un hoyo, hecho con un cortaplumas y se calienta dirigiéndole la llama con el soplete.

Con la llama oxidante:

Se trabaja con ella cuando se quiere obtener una descomposición parcial del mineral.

Puede suceder:

A) Decrepitación:

Consiste en el estallido de partículas sólidas, producido por su brusca transformación en líquidos, o por la dilatación de gases oclusos contenidos por ellos, provocada por la acción del calor.

Ejemplos: Sal gema, espato fluor, cloruro de potasio, etc.

B) Deflagración.

Consiste en el desprendimiento de oxígeno que aviva la llama.

Ejemplos: Nitratos, cloratos, yodatos, permanganatos, etc.

C) Emanaciones de vapores con olor.

Con olor a azufre quemado = azufre y sulfuros.

Con olor a ajos = compuestos de arsénico.

Con olor a coles podridas = compuestos de selenio.

D) Hinchamiento con fusión acuosa.

Consiste en un aumento de volumen acompañado por una especie de ebullición o efervescencia.

(1) Se prefiere el de pino, tilo, etc. El carbón de madera dura no sirve, porque deja muchas cenizas ricas en hierro y manganeso.

Lo manifiestan las sales ricas en agua de cristalización, como ser: alumbres y boratos.

E) Formación de una escoria infusible.

Esta escoria se forma por descomposición de la substancia debido a la llama oxidante.

Si es verde, indica compuestos oxigenados de cromo.

Si es negruzca, indica compuestos de hierro y manganeso.

Si es blanca, indica compuestos de calcio, bario, estroncio, magnesio, aluminio, etc.

Cuando el mineral, calentado sobre el carbón, a la llama oxidante, da un residuo blanco, se le humedece con una gota de una solución de nitrato de cobalto y se vuelve a calentar.

Un color azul = fosfatos, sílice o alumina (1).

Un color verde = estaño, antimonio o zinc.

Un color rojo = magnesio.

Un color gris = calcio.

Con la llama reductora

Se trabaja con la llama reductora cuando se desea reducir totalmente el mineral, hasta obtener el metal correspondiente.

En estos casos, dado que el carbón es un reductor débil e insuficiente, se le agregan substancias que actúan como fundentes reductores.

El fundente reductor más empleado es el carbonato de sodio.

Se mezcla un poco de mineral, previamente pulverizado, con el carbonato de sodio seco en la proporción de uno de mineral para dos de carbonato.

Se humedece la mezcla con una gota de agua, se lleva sobre el carbón y se dirige sobre ella, por medio del soplete, la llama reductora.

(1) Óxido de aluminio.

Si el residuo metálico es de color rojo, se disuelve en ácido nítrico caliente y se trata la solución con amoníaco. Un color azul nos indicará la presencia de **cobre**.

Si el residuo es blanco, se disuelve en ácido nítrico caliente y se trata con ácido clorhídrico. La formación de un precipitado blanco, soluble en amoníaco, nos indicará la presencia de **plata**.

A veces, tratándose de metales volátiles, éstos por el calor de la llama reductora, se volatilizan y pasan, reducidos a vapor, a la llama oxidante, donde se oxidan, depositando sobre el carbón una aureola, cuyo color nos ayuda a identificar nuestro mineral.

Residuo metálico	Aureola	Metal que constituye el mineral
Blanco	Blanca azulada	Antimonio
Blanco	Anaranjada	Bismuto
Blanco	Amarilla	Plomo
Ninguno (1)	Anaranjada	Cadmio
Ninguno	Blanca (olor a ajos)	Arsénico
Ninguno	Amarilla (en caliente)	Zinc

Ensayo de Bunsen sobre una cápsula de porcelana.

Se aplica en los casos de minerales constituidos por metales volátiles.

Se coloca un poco de polvo del mineral sobre unas fibras de amianto y se lleva a la zona reductora de la llama (b figura 135). Allí el mineral es reducido y el metal volátil formado, pasa, al estado de vapor, a la zona oxidante donde se oxida formando el óxido.

Colocando una cápsula de porcelana en la posición A de la figura 140, el óxido se deposita sobre las paredes frías.

(1) En los casos de metales muy volátiles.

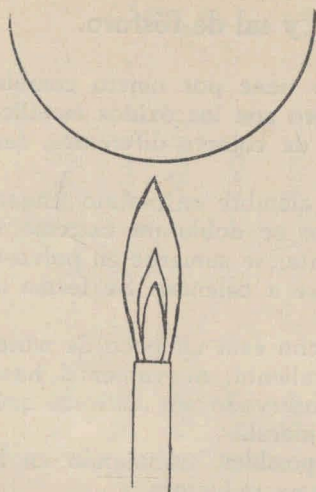


Fig. 140 A.

Colocando la cápsula en la posición B, el metal formado no puede oxidarse y se deposita sobre la misma al estado de metal (figura 141).

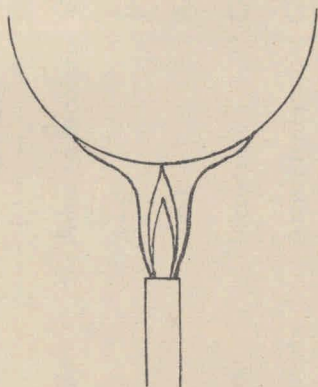


Fig. 141 B.

El color y las propiedades de los depósitos (vistas en el capítulo "Ensayos sobre el carbón"), nos dirán qué metal constituía nuestro mineral.

Perlas de bórax y sal de fósforo.

Este ensayo tiene por objeto combinar el bórax o la sal de fósforo con los óxidos metálicos y obtener así sales dobles de colores diferentes, según el metal que sea (1).

Se toma un alambre de platino, engarzado en una varilla de vidrio; se dobla un extremo en forma de gancho; se calienta; se sumerge en polvo de bórax anhidro y se vuelve a calentar. Se forma así una perla incolora.

Se levanta con ésta un poco de mineral bien pulverizado y se calienta, nuevamente, hasta disolución total. El color observado nos indicará qué metal constituía nuestro mineral.

Resultados posibles, trabajando en la llama oxidante y en la llama reductora.

(1) El bórax es el tetraborato de sodio ($B_4O_7Na_2$) y la sal de fósforo es el fosfato de sodio y amonio (PO_4HNaNH_4).

COLORES DE LA PERLA DE BORAX

LLAMA OXIDANTE		LLAMA REDUCTORA		METAL
En caliente	En frío	En caliente	En frío	
Amarillo	Amar. o incoloro	Verde	Verde	Hierro
Verde	Azul	Incoloro o rojo	Rojo	Cobre
Azul	Azul	Azul	Azul	Cobalto
Incolora	Incolora	Gris	Gris	Plata
Amarillenta	Amarillenta	Gris	Gris	Plomo
Violeta	Violeta	Incolora	Incolora	Manganeso
Amarillo	Verde	Verde esmer.	Verde esmer.	Cromo
Pardo	Pardo	Gris	Gris	Níquel

Para realizar este ensayo con sal de fósforo se trabaja en la misma forma y los resultados son muy semejantes, salvo algunos casos excepcionales.

Ejemplo: El cromo que da una perla verde sucio en caliente y verde esmeralda en frío, en la llama oxidante y verde en la llama reductora.

Para limpiar el alambre de platino y dejarlo listo para una nueva experiencia se destruye la perla, se sumerge el alambre en ácido clorhídrico y se vuelve a calentar, repitiendo la operación hasta limpieza total.

BOLILLA IX

Ensayos por vía húmeda. Principales disolventes. Disgregación. Reconocimiento de los principales metaloides y metales que entran en la composición de los minerales más comunes.

Ensayos por vía húmeda.

Se llaman así a todas aquellas experiencias que el practicante realizará con el **mineral disuelto** y gracias a la intervención de ciertos líquidos, que toman el nombre de reactivos.

Mientras los ensayos por vía seca le han permitido sospechar, aproximadamente, los componentes de su mineral, los ensayos por vía húmeda le permitirán determinar, con exactitud, de qué mineral se trata.

Principales disolventes.

Para iniciar los ensayos por vía húmeda, lo primero que debe hacer el alumno es tratar de disolver el mineral a analizar.

¿Cuál es el disolvente más conocido?

El agua.

Por consiguiente, se pulveriza el mineral en un mortero de ágata o de porcelana y se coloca un poco de ese polvo en un tubo de ensayo con agua destilada.

Si el mineral se disuelve se dice que es soluble en agua fría.

Ejemplos: Sal gema, salitre de Chile, nitro, etc.

Si el mineral no se disuelve, recurrimos a la acción del calor y si entonces se disuelve, decimos que el mineral es soluble en agua caliente.

Ejemplos: Cloruro de plomo.

Puede suceder que el mineral sea parcialmente soluble, en cuyo caso no desaparecerá totalmente.

Para comprobar, entonces, si efectivamente el mineral se ha disuelto en el agua se filtra, se colocan unas gotitas de esa agua filtrada sobre una lámina de platino y se calienta hasta la evaporación total. Si queda un residuo quiere decir que el mineral es soluble.

Si el mineral es insoluble en agua fría y caliente, se recurre entonces al ácido clorhídrico.

En estos casos, el alumno deberá tener en cuenta que al tratar de disolver un mineral en ácido clorhídrico éste actúa sobre aquél, modificando su composición química y transformándolo en un cloruro.

Si el mineral es un carbonato, se forma el cloruro correspondiente, que constituye la solución y se desprende un gas: el anhídrido carbónico. Ejemplo: la piedra caliza o carbonato de calcio (1).

Si el mineral es un óxido, se forma el cloruro correspondiente y agua. Ejemplo: hierro oligisto u óxido de hierro (2).

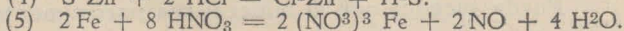
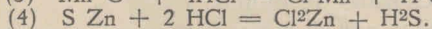
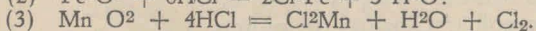
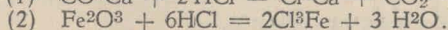
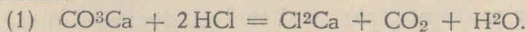
Si el mineral es un bióxido, se forma el cloruro correspondiente y se desprende un gas amarillo verdoso: el cloro. Ejemplo: la pirolusita o bióxido de manganeso (3).

Si el mineral es un sulfuro, se forma el cloruro correspondiente y se desprende un gas de olor a huevos podridos. Ejemplo: la blenda o sulfuro de zinc (4).

Con el cloruro, que queda en solución, el alumno realizará los ensayos que se indican en las páginas siguientes.

Si el mineral es insoluble en agua y en ácido clorhídrico, se recurre, entonces, al ácido nítrico.

El ácido nítrico, disuelve el mineral, transformándolo en un nitrato, que queda en solución, y desprendiendo un gas rojizo oscuro llamado: vapores nitrosos. Sea, por ejemplo, con el hierro (5).



Con el nitrato, que queda en solución, el alumno realizará los ensayos indicados en las páginas siguientes.

Disgregación.

Para aquellos casos en los que el mineral en estudio resulte ser insoluble en los disolventes indicados, el alumno debe proceder primero a su pulverización y luego a su disgregación, mezclándolo en una capsulita de porcelana, con carbonato de sodio sólido en exceso.

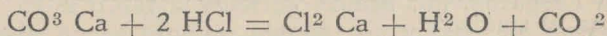
Se somete a la acción del calor prolongado y el residuo, que no es más que el óxido del mineral, se disuelve en agua o en cualquiera de los ácidos mencionados anteriormente.

El líquido obtenido se somete así a los ensayos que se indican en el párrafo: "Reconocimiento de los principales metales".

Reconocimiento de los principales Metaloides.

Si el mineral disuelto en agua produce:

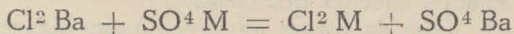
Si con unas gotas de ácido clorhídrico se produce efervescencia, el mineral debe ser un **carbonato**, porque:



carbonato de calcio + ácido clorhídrico = cloruro de calcio,
agua y anhídrido carbónico

que es el que produce la efervescencia.

Si con unas gotas de cloruro de bario se produce un precipitado blanco, el mineral puede ser un **sulfato**, porque:



cloruro de bario + sulfato del metal = cloruro del metal +
sulfato de bario

que es un precipitado blanco.

Si con unas gotas de nitrato de plata se produce un precipitado blanco, el mineral puede ser un **cloruro**, porque:



cloruro del metal + nitrato de plata = nitrato del metal +
cloruro de plata

que es un precipitado blanco.

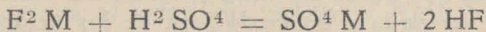
Si con nitrato de plata se produce:

a) = precipitado rojo ladrillo puede ser un **arsenato** (1).

b) = precipitado blanco amarillento, puede ser un bromuro (2).

c) = precipitado amarillo, puede ser un yoduro (3).

Si con ácido sulfúrico se desprenden vapores que atacan al vidrio, el mineral debe ser un **fluoruro**, porque:



fluoruro del metal + ácido sulfúrico = sulfato del metal +
ácido fluorhídrico

que ataca al vidrio.

Si con un cristal de difenilamina y unas gotas de ácido sulfúrico se observa una coloración azul, el mineral debe ser un **nitrato**.

Las reacciones que acabamos de indicar, señalan al joven estudiante, que intenta realizar el análisis de un mineral, a qué sal pertenece la substancia en cuestión, o sea, cuáles son los metaloides que la originaron.

El problema que le queda por resolver es, entonces, el siguiente:

¿Qué metales forman esas sales?

Reconocimiento de los principales metales.

Para ello tratará su mineral (previamente disuelto) con unas gotas de ácido clorhídrico.

Pueden suceder dos cosas:

a) Que se forme un precipitado blanco.

b) Que no suceda nada.

a) Si se forma un precipitado blanco quiere de-

(1) $\text{As O}_4 \text{M}_3 + 3 \text{NO}_3 \text{Ag} = 3 \text{NO}_3 \text{M} + \text{As O}_4 \text{Ag}^3 \text{ pp. r.}$

(2) $\text{BrM} + \text{NO}^3 \text{Ag} = \text{NO}^3 \text{M} + \text{Br Ag pp. bl. am.}$

(3) $\text{IM} + \text{NO}^3 \text{Ag} = \text{NO}^3 \text{M} + \text{IAg pp. amarillo.}$

cir que el metal que forma su mineral puede ser plata, plomo o mercurio (mercurioso).

Si el precipitado se disuelve en amoníaco, el metal es plata.

Si el precipitado toma color negro con amoníaco, el metal es mercurio.

Si el precipitado se disuelve en agua caliente, el metal es plomo.

Si no se produjo nada con ácido clorhídrico, el practicante tratará la solución acuosa de su mineral con una corriente de hidrógeno sulfurado.

Si se produce un precipitado anaranjado, el metal es **cadmio**.

Si se produce un precipitado amarillo, el metal es **estaño**.

Si se produce un precipitado negro, el metal puede ser cobre, bismuto, mercurio, etc.

Para aclarar esta duda se trata la solución acuosa del mineral con una solución de hidróxido de sodio.

a) Si se forma un precipitado azul, el metal es **cobre**.

b) Si se forma un precipitado blanco, el metal es **bismuto**.

c) Si se forma un precipitado amarillo, el metal es **mercurio**.

Si al tratar la solución acuosa con hidrógeno sulfurado no se produjo ningún precipitado, se agregarán, a la solución acuosa del mineral, unas gotas de sulfuro de amonio.

Pueden suceder dos cosas:

a) Se produce un precipitado.

b) No se produce nada.

Si se produce un precipitado blanco, el metal es **zinc**.

Si se produce un precipitado color carne, el metal es **manganeso**.

Si se produce un precipitado verde, el metal es **cromo**.

Si se produce un precipitado negro, el metal puede ser: hierro, níquel o cobalto.

Para aclarar la duda bastará tratar la solución acuosa del mineral con una solución de hidróxido de sodio (1).

Si se forma un precipitado azul, el metal es **cobalto**.

Si se forma un precipitado verde o rojo, el metal es **hierro**.

Si se forma un precipitado verde manzana, el metal es **níquel**.

Si al tratar con sulfuro de amonio no se produjo nada, se tratará la solución acuosa del mineral con carbonato de amonio.

Si se produce precipitado blanco, el metal puede ser: **magnesio, bario, calcio o estroncio**.

Si no se produce ningún precipitado, el metal puede ser: **amonio, potasio o sodio**.

La diferenciación de los metales de estos últimos dos grupos se hace por medio de la coloración a la llama.

(1) Si al tratar con sulfuro de amonio se produce un precipitado blanco amarillento; debe recordarse que los ácidos clorhídrico y nítrico, en los que puede estar disuelto el mineral, descomponen el sulfuro de amonio, con formación de un precipitado blanco amarillento de azufre, que puede ser confundido con el del sulfuro de zinc o de aluminio. Las otras experiencias le permitirán saber a qué atenerse al respecto.

Resumiendo:

- c/. ácido clorhídrico = eferescencia = carbonato
c/. cloruro de bario = pp. blanco = sulfato
c/. nitrato de plata = pp. blanco (soluble en amoniaco) = cloruro
c/. nitrato de plata = pp. blanco amarillo = bromuro
c/. nitrato de plata = pp. amarillo (insoluble en amoniaco) = yoduro
c/. nitrato de plata = pp. rojo ladrillo = arseniato
c/. ácido sulfúrico = vap. que atacan al vidrio = fluoruro
c/. difenil amina y ácido sulfúrico = azul = nitrato

Cuadro para investigar metaloides

Resumiendo:

[illegible]

Cuadro para investigar metales

TRABAJOS PRACTICOS

El profesor podrá hacer realizar al alumno la práctica personal de este capítulo (uno de los más importantes de la Mineralogía) entregándole el mineral elegido y exigiéndole, al final, el informe correspondiente.

Los minerales más convenientes para este fin son: minio, óxido de mercurio, óxido de cobre, pirita de hierro, galena o sulfuro de plomo, arsénico blanco o anhídrido arsenioso, etc.

A continuación y para que pueda servir de modelo, se detalla el informe de un alumno sobre el mineral.

INFORME N.º 1

Aspecto: cristalizado.

Estructura: cristalina.

Clivaje: perfecto (golpeando el mineral se desprenden pequeños cubitos).

Color: gris acero.

Peso específico: 7,4 a 7,6.

Dureza: 2,5 a 3.

Fragilidad: frágil.

Ensayo en tubo abierto:

Desprende vapores sulfurosos y deja un depósito amarillento.

Ensayo sobre el carbón.

Decrepita fuertemente.

Reducido a polvo, funde, dejando un glóbulo metálico y una aureola amarillenta.

El glóbulo metálico es maleable.

El glóbulo metálico raya el papel (plomo).

Ensayo de la perla de bórax.

A la llama oxidante: perla amarillenta en frío y en caliente.

A la llama reductora: perla gris en frío y en caliente.

Ensayos por vía húmeda.

El mineral es insoluble en agua.

El mineral es soluble en ácido nítrico.

Tratando su solución nítrica (nitrato de plomo) con ácido clorhídrico se observa un precipitado blanco.

Este precipitado es insoluble en agua fría, pero soluble en agua caliente (cloruro de plomo).

Su solución tratada con una solución de yoduro de potasio da un hermoso precipitado amarillo, insoluble en frío y soluble en caliente (yoduro de plomo).

El mineral tratado con ácido clorhídrico desprende un gas de olor a huevos podridos, o sea ácido sulfhídrico, por lo cual deduzco que es un sulfuro.

Si el mineral estudiado es un sulfuro y al parecer de plomo, sospecho que debe ser **sulfuro de plomo** o galena.

CLAVE PARA CLASIFICAR MINERALES NATURALES

El autor cree que si el alumno realiza, personalmente, en el laboratorio, el análisis mineralógico de 3 o 4 muestras elegidas entre las que se indican en la página anterior, tendrá la noción práctica, clara y exacta de los temas tratados en esta Bolilla.

Opina, además, que es conveniente entregar al alumno para su análisis, muestras de drogas puras y no minerales naturales, dado que las innumerables impurezas de estos últimos confundirían, sin mayor ventaja, los resultados obtenidos por el joven estudiante.

El autor comprende, sin embargo, que esta manera de pensar no es absoluta y que, en contraposición a la misma, puede hacerse la objeción que de ese modo el alumno no trabajaría con los verdaderos minerales que le obsequia la Naturaleza.

Considerando que este criterio es perfectamente atendible y en el deseo de contemplar dicha orientación, es que he reunido en los cuadros que se detallan a continuación, una especie de clave, a fin de poder clasificar, por sus propiedades generales, algunos de los siguientes minerales naturales: galena, halita, pirita, calcita, casiterita, yeso, talco, malaquita, limonita, micas, etc.

La especie de clave que presento a continuación, sólo es aplicable para clasificar algunos de los minerales que en ella menciono. Ella sirve para ubicar, aproximadamente, al mineral entregado, cuyo análisis mineralógico (Bolillas VIII y IX) y petrográfico (Bolilla X) permitirá comprobar.

Los profesores que quisieran utilizar una clave completa, aunque a mi criterio muy superior, pueden recurrir a la: "clave mineralógica" de los doctores J. Royo y O. Cendrero. (año 1928).

Minerales con brillo metálico.

Color

blanco plata	plata	dureza = 2,5 a 3 muy pesado soluble en ácido nítrico
amarillo	oro	dureza = 2,5 raya amarilla (1) muy pesado insoluble en ácido nítrico
	pirita	dureza = 6 a 6,5 raya negro verdosa pesada soluble en ácido nítrico
gris	galena	dureza = 2,5 raya el papel muy pesada clivaje perfecto
	grafito	dureza = 0,5 a 1 raya el papel muy liviano untuoso al tacto

(1) La raya que deja el mineral sobre la pizarrita de porcelana sin barnizar (Bol. I).

Minerales sin brillo metálico.

Color blanco

Cuadro I

Talco	{ dureza = 1 liviano brillo nacarado y flexible calentado desprende agua y decrepita untuoso al tacto
Yeso	{ dureza = 2 liviano brillo vítreo o nacarado en agregados espáticos o granulosos calentado desprende agua y decrepita
Bórax	{ dureza = 2,5 liviano brillo vítreo
Halita	{ dureza = 2 sabor salado calentada desprende agua y decrepita
Calcita	{ dureza = 3 liviana calentada pasa de transparente a opaca
Fluorita	{ dureza = 4 pesada clivaje bien visible
Amianto o Asbesto	{ dureza = variable liviano muy blando en agregados fibrosos, cuyas fibras pueden separarse fácilmente con la mano.

Minerales sin brillo metálico.

Color

Cuadro II

negro	asfalto	{ dureza = 1 a 2 liviano compacto o terroso a veces pegajoso
	hulla	{ dureza = 2,5 brillo vítreo liviana textura estratificada
	pirolusita	{ dureza = 2 a 2,5 raya negra pesada
pardo	casiterita	{ dureza = 6 a 7 raya blanca o amarillenta muy pesada
	cuarzo ahumado	{ dureza = 7 brillo vítreo liviano
	micas	{ dureza = 2,5 liviana brillo vítreo en hojas elásticas y flexibles
rojo	cinabrio	{ dureza = 2 raya rojo escarlata muy pesado
	corindón impuro (rubí)	{ dureza = 9 brillo adamantino dureza = 5,5 a 6,5 pesada
	hematite	{ raya roja calentada se pone negra y al enfriarse vuelve a su color
	cuarzo	{ dureza = 7 liviano
	granate	{ dureza = 6,5 a 7,5 liviano
	calcedonia	{ translúcida = carneola roja = jaspe
		{ con manchas rojas = heliotropo liviana brillo céreo

Minerales sin brillo metálico.**Color****Cuadro III**

amarillo	topacio	{ dureza = 8 brillo adamantino
	azufre	{ dureza = 2 liviano frágil
verde	malaquita	{ dureza = 3,5 algo pesada al ser calentada se pone negra
azul	corindón impuro (zafiro)	{ dureza = 9 liviano brillo adamantino
	cuarzo safirino (impuro)	{ dureza = 7 liviano brillo vítreo
	azurita	{ dureza = 3,5 liviana raya azul claro

Una vez que el alumno ha clasificado, "grosso modo", algunos de los minerales mencionados en los cuadros precedentes, podrá recurrir, para ampliar y ratificar los resultados, a la correspondiente pregunta de la Bolilla siguiente. Por ejemplo: ver halita, pág. 200.

BOLILLA X

Idea de clasificación de minerales. Metaloides y metales. Combustibles. Lampridos.

Idea de clasificación de minerales.

El número elevado de minerales nos obliga, para realizar su estudio, a clasificarlos.

Las clasificaciones pueden ser artificiales y naturales.

Las clasificaciones artificiales son aquellas que sólo contemplan uno o dos de los caracteres de un mineral.

Las clasificaciones naturales son aquellas que contemplan el mayor número de caracteres posibles, guardando, al mismo tiempo las relaciones entre un conjunto y otro.

Existen numerosísimas clasificaciones.

Citaremos entre ellas:

A) La clasificación de Berzelius.

Clasifica los minerales en orgánicos e inorgánicos.

Subdivide los inorgánicos según su mayor o menor poder electroquímico.

Minerales inorgánicos	{	Metaloides
		Metales electronegativos
		Metales electropositivos

Minerales orgánicos

B) La clasificación de Werner.

Esta clasificación se funda en los caracteres externos de los minerales y los divide en:

Tierras.

Sales.

Combustibles.

Metales.

C) La de Häuy.

Esta clasificación se basa en los caracteres químicos y cristalográficos.

D) La de Groth.

Elementos.

Sulfuros y sulfosales.

Oxidos (óxidos y anhídridos).

Sales haloides.

Nitratos y afines.

Sulfatos y afines.

Aluminatos y afines (boratos, etc.).

Fosfatos.

Silicatos y afines.

Minerales de origen orgánico.

E) La de Naumman modificada.

Metaloides.

Metales.

Lámpridos	{	Sulfuros simples
		Sulfuros dobles
		Sulfosales

Oxidos	{	Anhidros
		Hidratados

Sales haloides	{	Sal gema
		Fluorita

Oxisales	{	Carbonatos
		Sulfatos
		Boratos
		Nitratos
		Fosfatos

Silicatos	{	Feldespatos
		Piroxenos
		Anfiboles
		Mica
Antrácidos	{	Carbones
		Betunes
		Resinas

METALOIDES

Azufre (S).

Se encuentra en Italia, en Estados Unidos (Luisiana), etc.

Se presenta en octaedros de base romboidal, pertenecientes al sistema rómbico, combinados con otras formas del mismo sistema.

Fundido, se transforma en prismas monoclinicos del sistema monoclinico.

Se extrae por fusión, según el método americano, calcaroni, doppioni, etc.

Es un sólido, amarillo limón, que arde con llama azul.

De fractura concoidal o irregular.

Su peso específico es igual a 2,07.

Funde a 114°.

Es soluble en sulfuro de carbono.

Insoluble en agua.

Arsénico (As).

Se encuentra en Rusia, Chile, etc.

Se presenta, generalmente, amorfo y rara vez cristalizado en romboedros del sistema romboédrico.

Se halla, generalmente, mezclado con antimonio, plata y bismuto.

Es un sólido gris.

Soluble en hipoclorito de sodio.

Sublima.

Antimonio (Sb).

Como el anterior.

Es insoluble en hipoclorito.

No sublima.

Se halla en Estados Unidos, Brasil, etc.

Bismuto (Bi)

Se presenta en romboedros del sistema romboédrico.

Es atacado por el ácido nítrico, en frío. No es atacado por el ácido clorhídrico, ni sulfúrico, en caliente.

Diamante (C.).

Es carbono puro y cristalizado en hexaquisoctaedros del primer sistema.

No es atacado por ningún reactivo.

Ocupa el décimo lugar de la escala de dureza.

Tiene un índice de refracción muy grande que permite su hermoso juego de luces.

Tiene brillo adamantino muy fuerte, inconfundible.

Puro, es incoloro; pero puede ser amarillo, rojo anaranjado, verde, azul, pardo y a veces negro, debido a las impurezas.

Tiene un clivaje fácil y perfecto que se utiliza para tallarlo.

Se encuentra en el Africa austral, incluido, generalmente en otras rocas.

Se encuentra también en la India, Australia y Brasil.

Su unidad de peso es el karate que equivale a 205 miligramos.

Grafito (C).

Es carbono, más o menos impuro, cristalizado en prismas monoclinicos con apariencia exagonal.

Blando, de color gris acero, untuoso al tacto.

Raya el papel.

Su peso específico es igual a 2,25

Arde con dificultad.

Es inatacable por los ácidos.

La mezcla de clorato de potasio y ácido nítrico, lo oxida transformándolo en ácido melítico.

METALES

Cobre (Cu).

Se encuentra en Europa y América.

Se presenta cristalizado en el primer sistema y, a veces en forma fibrosa o en granos. Soluble en ácido nítrico, dando una solución de color azul.

Plata (Ag).

Se encuentra en Perú, Bolivia, Chile, Méjico y República Argentina.

Se presenta cristalizada en el primer sistema y, a veces, en forma dendrítica.

Es dúctil y maleable.

Muy buen conductor del calor.

Su peso específico es igual a 10,5.

Funde, fácilmente, al soplete dando un glóbulo maleable.

Soluble en ácido nítrico, dando una solución incolora.

Oro (Au).

Se presenta en granos o cristalizado en el primer sistema, sea mezclado con cuarzo, constituyendo el cuarzo aurífero; sea en las arenas de los ríos.

Amarillo, insoluble en ácido nítrico.

Soluble en agua regia.

Su peso específico es igual a 19,3.

Funde al soplete dando un glóbulo metálico amarillo, dúctil y maleable.

Platino (Pt).

Se encuentra en Siberia, Brasil, Australia, etc.

Se presenta, generalmente, amorfo y contiene de un 5 a un 15 % de hierro, iridio, paladio, osmio, rodio, etcétera.

Soluble solamente en agua regia.

Mercurio (Hg).

Se encuentra muy rara vez, en las proximidades de los yacimientos de sulfuro de mercurio o cinabrio.

Líquido, volátil.

Hierro (Fe).

Su hallazgo es excepcional y casi siempre, de origen meteórico.

En la República Argentina, en la provincia de Santiago del Estero, el meteorito del Cielo, resto desprendido de algún cometa o meteoro.

Es atraído por el imán.

COMBUSTIBLES

Caracteres generales.

Arden más o menos fácilmente.

Líquido a la temperatura ordinaria = petróleo.

Sólido, amarillento, fácilmente fusible = ámbar y resinas.

Sólido, color oscuro, fácilmente fusible = asfalto y betunes.

Sólidos, de color negruzco, infusibles = carbones.

Petróleo.

Es una mezcla de hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos.

Se encuentra bajo tierra.

Se extrae por medio de pozos.

Es un líquido, pardo obscuro, más o menos espeso.

Por destilación se obtiene el éter de petróleo, la bencina, la nafta, los aceites lubricantes, etc.

Se emplea como combustible.

Se encuentra en Estados Unidos, Méjico, Rusia, Venezuela, República Argentina, etc.

Asfalto o betún de Judea.

Es una mezcla de hidrocarburos y compuestos oxigenados.

Negro, sólido en frío y blando en caliente.

Se encuentra en Asia, Méjico, Colombia, Inglaterra.

Ozoquerita.

Parafina natural.

En la República Argentina (Santa Cruz), existe un manto de ozoquerita.

Carbones.

Véase: "Rocas sedimentarias de origen orgánico" (Bolilla XIII).

Resinas fósiles (1)

Succino.

Ambar natural.

(1) Se las llama fósiles porque son sustancias organizadas en las cuales la materia orgánica ha sido reemplazada por sustancias inorgánicas.

Melita o piedra de miel.

De color amarillo.

De aspecto resinoso.

Funde a la llama de una vela.

LAMPRIDOS

Son combinaciones directas del azufre con metales o metaloides.

Se llaman, también, sulfuros.

Se dividen en simples, dobles y sulfosales.

Los simples son la unión del azufre con un solo metal o metaloide y los dobles con dos.

Las sulfosales, son la unión del azufre con metal y metaloide a la vez.

Sulfuros simples

Son casi todos solubles en ácido nítrico, dejando un depósito de azufre.

Calentados: en tubo abierto, desprenden vapores de anhídrido sulfuroso.

Rejalgar ($S^2 As^2$).

Bisulfuro de arsénico.

Se presenta cristalizado en el sistema monoclinico o en masas compactas.

Color rojo anaranjado.

Calentado: sublima, dando una substancia de color rojo.

Sobre el carbón da un fuerte olor a ajos y forma una aureola blanca, muy volátil.

Oropimento ($S^3 As^2$).

Trisulfuro de arsénico.

Se presenta cristalizado en el sistema rómbico o en masas fibrosas.

Color amarillo limón.

Sublima.

Presenta los mismos caracteres que el anterior.

Antimonita ($S^3 Sb^2$).

Trisulfuro de antimonio o estibina.

Se encuentra en Mendoza (República Argentina), Méjico, Italia, Alemania.

Opaco, de color gris obscuro, casi negro.

Se presenta cristalizado en el sistema rómbico o en drusas (figura 142).

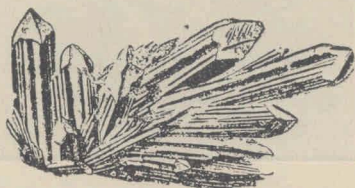


Fig. 142

Al soplete, sobre carbón, forma una aureola blanca, de anhídrido antimonioso.

Bismutina ($S^3 Bi^2$).

Trisulfuro de bismuto.

Molibdenita ($S^2 Mo$).

Sulfuro de molibdeno.

Blenda ($S Zn$).

Sulfuro de zinc.

Produce, en el carbón, una aureola amarilla en caliente y blanca en frío. Calentando esta aureola al soplete y con unas gotas de nitrato de cobalto da una coloración verde.

Galena ($S Pb$).

Sulfuro de plomo.

Cristaliza en cubos del primer sistema (fig. 143, o en combinaciones diversas de formas holoédricas del primer sistema.



Fig. 143

Su peso específico es igual a 7,5.

Posee clivaje cúbico perfecto.

Es fusible.

Calentado sobre el carbón; desprende gases sulfurados, forma un glóbulo gris metálico de plomo y deja a su alrededor una aureola amarilla de óxido de plomo.

Es soluble en ácido clorhídrico, en caliente, con desprendimiento de hidrógeno sulfurado. Filtrando y dejando enfriar la solución precipita el cloruro de plomo, blanco, insoluble.

Con la solución de cloruro de plomo pueden efectuarse las reacciones por vía húmeda de dicho metal.

Se disuelve en ácido nítrico, pero precipita en presencia de ácido clorhídrico. Este precipitado, de color blanco, que es cloruro de plomo, es insoluble en frío, pero soluble en caliente. El país más rico es España, siendo un mineral muy apreciado porque, generalmente, se encuentra impurificado por la plata, y del cual, con tratamientos apropiados (véase "Elementos de química", 1er. tomo del autor), puede extraerse este preciado metal.

Cinabrio ($S\ Hg$).

Sulfuro de mercurio. De color rojo. En tubo cerrado, mezclado con carbonato de sodio y carbón, produce gotitas de mercurio.

Pirita amarilla ($S^2\ Fe$).

Bisulfuro de hierro.

Cristaliza en el primer sistema (cubos, octaedros, etc.).

Es de color amarillo latón, con intenso brillo metálico.

Calentada al aire (en tubo abierto) desprende anhídrido sulfuroso y calentada al abrigo del aire (en tubo cerrado) deja un depósito de azufre.

Funde al soplete, dando olor a azufre quemado.

Es soluble en ácido nítrico, dejando un depósito de azufre.

Es un mineral muy común y muy repartido (Cornal, isla de Elba, Rep. Argentina, etc.).

Con la solución nítrica de este mineral, pueden efectuarse las reacciones por vía húmeda, correspondientes al hierro.

Pirita blanca.

Bisulfuro de hierro. También llamada: **marcasita**.

Cristaliza en el sistema rómbico, en cristales compuestos por un prisma vertical y un braquidomo.

Pirita magnética ($S\ Fe\ S^2\ Fe$).

Monosulfuro y bisulfuro de hierro.

De color pardo.

Cristaliza en prismas exagonales, del sistema exagonal.

Todas estas piritas de hierro, se disuelven en el ácido nítrico, dando una solución incolora o ligeramente rojiza.

Tratando esta solución con amoníaco se observa un precipitado pardo rojizo.

Sulfuros dobles y sulfosales

Calcopirita ($\text{S Cu S}^2 \text{Fe}$).

Sulfuro de cobre y sulfuro de hierro.

Color amarillo oro, verdoso o iridado.

Su polvo es de color negro.

Se encuentran yacimientos en el Norte argentino.

Mispickel (S As Fe).

Sulfoarseniuro de hierro.

Color blanco plata o gris acero.

Calentado da una mancha roja de trisulfuro de arsénico y un anillo negro de arsénico.

Pirargirita ($\text{S Ag}^2 \text{S}^3 \text{Sb}^2$).

Sulfoantimoniuro de plata.

Color rojo.

Proustita ($\text{S Ag}^2 \text{S}^3 \text{As}^2$).

También llamada rosicler o plata roja arsenical.

Sulfoarseniuro de plata.

Color rojo.

BOLILLA XI

Oxidos y haloides. Carbonatos. Silicatos. Feldespatos y feldespatoides. Micas. Piroxenos. Anfiboles. Sulfatos. Boratos. Fosfatos. Nitratos, etc.

OXIDOS ANHIDROS

Son combinaciones del oxígeno con metales o metaloides.

Cuarzo (Si O_2).

Anhídrido silícico.

Es el componente principal de las rocas eruptivas. Sus variedades son numerosísimas.

Son importantes, entre ellas, las siguientes:

a) Cuarzo cristalizado o **cristal de roca** (figura 144).



Fig. 144

Purísimo.

Cristaliza en prismas y pirámides exagonales del sistema exagonal y en romboedros.

Incoloro cuando es puro.

Con diversas coloraciones, cuando se halla impurificado por óxidos metálicos.

Amarillento, por impurezas de hierro, constituye el **falso topacio**.

Violáceo por impurezas de manganeso, constituye la **falsa amatista**.

Negruzco, debido a sustancias carbonosas, constituye el **cuarzo ahumado**.

b) Cuarzo compacto o **cuarcita**.

Se presenta en granos muy pequeños de anhídrido silícico, unidos por un cemento silícico.

Abunda en las provincias andinas.

Cuando se presenta en capas concéntricas de colores diversos constituye el **ágata** o **calcedonia** (figura 145).

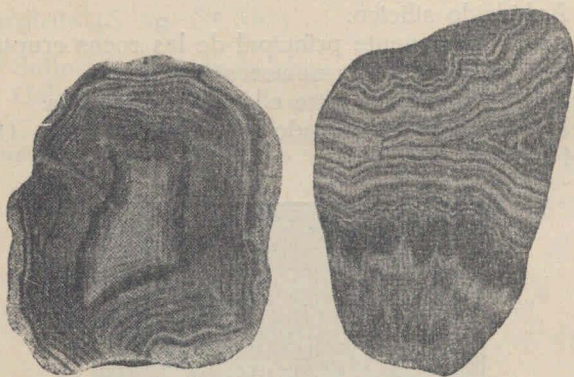


Fig. 145

Con capas de colores de vivo contraste, constituye el **ónix**.

De color verde, constituye el **crisoprasso**.

c) En masas amorfas, impuras, constituye la **pie-
dra de toque**.

d) Con arcilla, constituye el **pedernal**.

Cuando se quiere comprobar si el mineral que se estudia es anhídrido silícico o uno de sus derivados, se pulveriza la muestra, se mezcla en un tubo de ensayo, con un poco de fluoruro de calcio, se cubre con ácido

sulfúrico concentrado y se calienta, habiendo tenido la precaución de humedecer las paredes superiores del tubo.

Si es un derivado del anhídrido silícico se observará, sobre las paredes humedecidas, unas manchas blancas de sílice gelatinosa.

Fluoruro de calcio + ac. sulfúrico = ac. fluorhídrico.

Acido fluorhídrico + anhídrido silícico o sus derivados = tetrafluoruro de silicio (gas).

Tetrafluoruro de silicio + agua = sílice gelatinosa (p. p. blanco).

Corindón ($\text{Al}^2 \text{O}^3$).

Oxido de aluminio.

Cristaliza en el sistema exagonal.

Coloreado en rojo, por impurezas de cromo, constituye el **rubí**.

Coloreado en azul, por impurezas de cobalto, constituye el **záfiro**.

Coloreado en violeta, por impurezas de manganeso, constituye la **amatista**.

Amorfo y mezclado con óxido de hierro, constituye el **esmeril**.

Se encuentra en Australia, en los Montes Urales, etcétera.

Su peso específico es igual a 4.

Casiterita (Sn O^2).

Bióxido de estaño.

Se presenta en cristales del sistema cuadrático, formados por prismas y pirámides combinadas, pero más frecuentemente se presentan bajo la forma de macla, con un ángulo entrante que le es característico y que hace se le llame **pico de estaño**.

Su peso específico es igual a 7.

Es infusible.

No se altera al soplete.

Mezclada con carbonato de sodio y calentada sobre carbón, deja un residuo laminar de estaño metálico. Este

residuo es soluble en el ácido clorhídrico con el que forma el cloruro de estaño.

Se encuentra en yacimientos bajo forma de filones o mezclada con rocas eruptivas, en Sajonia, España y R. Argentina.

Pirolusita ($Mn O^2$).

Bióxido de manganeso.

También llamada manganesa negra.

Se presenta bajo forma de agregados fibrosos, radiados de color gris o en masas terrosas de color negro.

Es infusible.

Forma con el bórax una perla de color violeta.

Su peso específico es igual a 4,8.

Se disuelve en ácido clorhídrico caliente, desprendiendo cloro, que es un gas amarillo verdoso, de color picante.

Se encuentra en Battemberg, Turingia, España y Brasil.

Hierro oligisto ($Fe^2 O^3$).

Oxido de hierro (férrico).

También llamado **hematite roja**.

De color gris, pero su polvo es rojo.

Una de sus variedades constituye el ocre amarillo.

Magnetita ($Fe O Fe^2 O^3$).

Oxido ferroso y óxido férrico.

De color gris, pero su polvo es negro.

OXIDOS HIDRATADOS

Opalo.

Anhidrido silícico hidratado, con otros óxidos.

Amorfo.

Calentado, en tubo cerrado, pierde agua.

Calentado, con el soplete, decrepita, pero no funde.

Sus variedades más importantes son:

Tripoli. Hidrófano.

Limonita.

Oxido de hierro hidratado.

También llamada hematita parda.

Muy abundante.

Se presenta bajo forma de agregados cristalinos fibroso-radiados o en masas compactas o terrosas, de color pardo.

Su peso específico es igual a 3,8.

Calentada en tubo cerrado desprende agua.

Es infusible.

Calentada sobre carbón y al soplete se pone negra.

Forma con el bórax una perla de color anaranjado.

Es soluble en ácido clorhídrico, dando una solución rojiza, que es cloruro férrico.

Tratando esta última solución con hidróxido de sodio se forma un precipitado rojizo de hidróxido férrico.

Existen numerosas variedades, entre ellas el ocre amarillo y la tierra de Siena.

SALES HALOIDES

También llamadas haluros.

Comprenden las combinaciones no oxigenadas de los halógenos.

Fluoruros

Fluorita o espato fluor ($F^2 Ca$).

Fluoruro de calcio.

Se encuentra en Estados Unidos, Inglaterra, etc.

Cristaliza en cubos, octaedros y dodecaedros del primer sistema.

Forma maclas (figura 146).

Transparente u opaca.

De lustre vítreo.

Funde al soplete dejando un esmalte alcalino.

Es atacado por el ácido sulfúrico dando un desprendimiento de ácido fluorhídrico que ataca al vidrio.

Expuesta a la luz, se hace fosforescente.

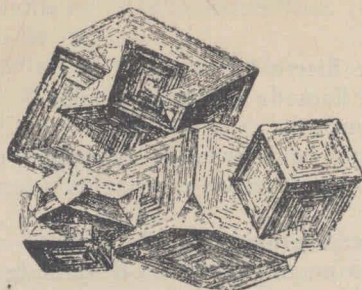


Fig. 146

La "clorofana" es una variedad que presenta una fosforescencia verde (provincia de Córdoba [República Argentina]).

Criolita ($2 F^3 Al$ y $6 FNa$).

Fluoruro doble de aluminio y sodio.
Se encuentra en Groenlandia.
Cristaliza en el sistema triclino.
Lustre vítreo, perlado.
Funde a la llama de una vela.

Cloruros

Salmiac ($Cl NH^4$).

Cloruro de amonio.
Se encuentra en las lavas, volcanes, islas del Pacífico, etc.
Cristaliza en el primer sistema.
Es una sustancia blanca, volátil, que sublima.

Halita ($Cl Na$).

Cloruro de sodio.
Cristaliza en forma de cubos del sistema cúbico.
Su exfoliación es perfecta; de allí que, golpeando un bloque grande, se obtiene una multitud de pequeños cubitos.

Su peso específico es igual a 2,2.

Es transparente o translúcida.

Si es pura se presenta incolora; pero si tiene impurezas se presenta con coloraciones diferentes; azul, amarilla, roja y verde.

Al ser calentada comunica a la llama una coloración amarilla y deflagra.

Calentada, en tubo cerrado, produce un decrepíteo, porque pierde el agua de interposición.

Es muy soluble en agua.

Tiene un sabor salado agradable.

Los yacimientos más importantes del mundo son los de Stassfurt.

Se le encuentra, con frecuencia, acompañado de yeso y anhidrita, formando grandes bancos originados por evaporación de agua salada o en yacimientos superficiales, formados por evaporación de lagunas saladas.

Silvina (Cl K).

Cloruro de potasio.

Se encuentra en Italia, Prusia, etc.

Plata córnea o Kerargirita (Cl Ag).

Cloruro de plata.

Se encuentra en Rusia, Sajonia, Méjico.

Blanda.

Funde con la llama de una vela y deja un glóbulo de plata.

Soluble en amoníaco.

Bromuros

Bromirita (Br. Ag).

Bromuro de plata (Méjico, Chile, República Argentina [La Rioja]).

Embolita (Cl Ag Br. Ag).

Cloruro y bromuro de plata.

Ioduros

Iodirita (I Ag).

Ioduro de plata.

CARBONATOS

Son el producto de substituir los hidrógenos del ácido carbónico ($H^2 CO^3$) por los metales.

Producen efervescencia en presencia de ácido clorhídrico diluido.

Carbonatos anhidros

Aragonito (CO^3Ca).

Carbonato de calcio, cristalizado en prismas del sistema ortorrómbico, generalmente maclados, dando un conjunto con apariencia exagonal (figura 147).



Fig. 147

Calcita (CO^3Ca).

Carbonato de calcio, cristalizado en romboedros, prismas exagonales, escalenoedros del sistema exagonal, y combinaciones de ambas formas a la vez.

A veces se presenta amorfa.

Cuando es pura, es incolora y transparente, o blanca; pero cuando está impurificada puede presentar coloraciones diversas.

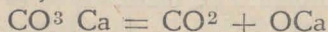
Su raya es siempre blanquecina.

Su peso específico es igual a 2,7.

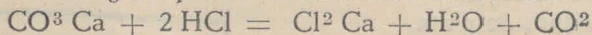
Tiene clivaje romboédrico perfecto.

No funde al soplete.

Se descompone, por la acción del calor en anhídrido carbónico y óxido de calcio.



Con ácidos, produce efervescencia, porque desprende un gas, que es el anhídrido carbónico.



Se forma, en este caso, el cloruro de calcio ($\text{Cl}^2 \text{Ca}$) que comunica a la llama una coloración rojo ladrillo, característica de los compuestos de calcio.

Sus variedades cristalizadas son:

a) **Espato de Islandia.**

Incoloro y transparente.

Presenta el fenómeno de la doble refracción.

Sus variedades amorfas son:

a) **Piedra caliza**, de aspecto sacaroideo, también llamada mármol estatuario.

b) **Mármoles.**

c) **Piedra litográfica**, con arcilla, de masa compacta.

d) **Caliza hidráulica**, con más de un 10 % de arcilla.

e) **Creta, incoherente**; con ella se prepara la tiza.

Se halla muy repartida en la Naturaleza.

Formas de cristalización más frecuentes de la caliza. (Fig. 148).

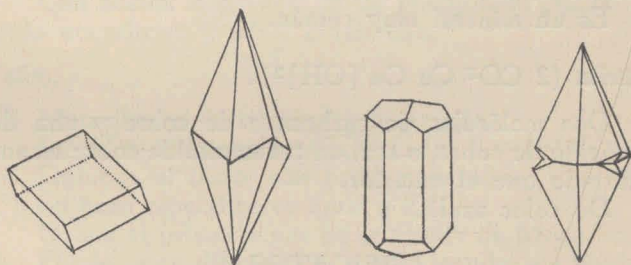


Fig. 148

Dolomita ($\text{CO}^3\text{Ca} - \text{CO}^3 \text{Mg}$).

Carbonato de calcio y carbonato de magnesio.

En la República Argentina, provincia de Buenos Aires (Sierras Bayas).

Sólo produce efervescencia con ácido clorhídrico diluido, pero en caliente.

Carbonatos hidratados

Solubles, en ácido clorhídrico, con efervescencia.

Malaquita ($\text{CO}_3 \text{ Cu. Cu } [\text{OH}]^2$).

Una molécula de carbonato de cobre y una de hidróxido de cobre.

De color verde esmeralda.

Su nombre viene de "malachos" que, en griego, significa verde.

Se presenta en cristales finos, aciculares, del sistema monoclinico o en agregados fibrosos radiados.

Es relativamente pesada.

Su peso específico es igual a 4.

Tiene clivaje perfecto.

Funde, fácilmente, al soplete.

Comunica a la llama un color verde.

Calentado, en tubo cerrado, desprende agua.

Mezclado con carbonato de sodio y calentado sobre el carbón, da un glóbulo de cobre metálico.

Es soluble en ácido clorhídrico diluido y frío, con producción de efervescencia.

Es un mineral muy común.

Azurita ($2 \text{ CO}_3 \text{ Cu Cu } [\text{OH}]^2$).

Dos moléculas de carbonato de cobre y una de hidróxido de cobre, o sea, un carbonato de cobre menos hidratado que el anterior.

De color azul.

SILICATOS

Son la substitución de los hidrógenos de los ácidos silícicos por los metales.

Dan, con la perla de sal de fósforo, un esqueleto de sílice.

Calentados, sobre el carbón, con carbonato de sodio, y tratados luego con ácido clorhídrico dan un depósito blanco de sílice gelatinosa.

Con el fin de estudiarlos mejor, dividiremos a los ácidos silícicos en tres tipos fundamentales:

- a) Acido ortosilícico ($\text{Si} [\text{OH}]^4$).
- b) Acido metasilícico ($\text{Si} \text{O}^3 \text{H}^2$).
- c) Acidos polisilícicos, productos de la unión de varias moléculas de ácido ortosilícico entre sí.

El capítulo "silicatos" lo dividiremos en:

Orto y metasilicatos simples, o simplemente, silicatos.

Ortosilicatos dobles, o feldespatos.

Feldespatoides.

Micas.

Piroxenos.

Anfiboles.

SILICATOS SIMPLES

Peridoto u olivino.

Ortosilicato de magnesio y ortosilicato de hierro.

Cristaliza en el sistema rómbico.

De color verde aceituna, amarillo o rojizo.

Es infusible.

Con ácidos minerales, da un precipitado blanco de ácido ortosilícico o sílice gelatinosa.

Talco.

Metasilicato de magnesio, hidratado.

Incoloro o ligeramente coloreado.

Untuoso al tacto, con brillo nacarado.

Su peso específico es igual a 2,7.

Ocupa el primer lugar de la escala de Mohs.

Funde, muy difícilmente, redondeando sus bordes.

Calentado, después de haber sido mojado con una solución de nitrato de cobalto, toma una coloración rojiza.

No es atacable por los ácidos.

Se encuentra, comúnmente, en los Alpes.

Para su reconocimiento químico, en calidad de silicato, puede repetirse la experiencia indicada al estudiar el cuarzo.

Espuma de mar.

Metasilicato de magnesio hidratado.

Untuoso al tacto.

Se adhiere a los labios.

También llamado **sepiolita**.

Arcillas.

Silicatos de aluminio.

Sus principales variedades son:

a) **Caolin** o tierra de porcelana.

Blanca, amorfa, ávida de agua (piedra pomez, obsidiana, etc.).

b) **Arcilla plástica**.

De color amarillo rojizo.

Exhala un olor a tierra mojada.

Se moldea con facilidad.

c) **Arcilla refractaria**.

Contiene cal y hierro.

Resiste temperaturas elevadas.

d) **Arcilla ocrácea**.

Contiene óxido férrico.

Muy empleada en pintura.

Para terminar, sin poderla incluir, exactamente, en este capítulo, mencionaríamos la **turmalina**.

Es un silicato de aluminio, hierro, magnesio, calcio y una pequeña cantidad de boro y fluor.

Cristaliza en prismas del sistema exagonal mezclado con sulfato ácido de potasio y fluorita y colorea la llama de un color verde.

Se presenta, generalmente, coloreada (roja, verde, parda o negra).

Presenta el fenómeno de la doble refracción y la propiedad de polarizar la luz (1).

Topacio.

Silicato y fluoruro de aluminio.

Cristaliza en el sistema ortorrómbico.

Incoloro o coloreado por impurezas.

(1) Véase bolilla XII.

FELDESPATOS

Son ortosilicatos dobles de aluminio y un metal alcalino o alcalino térreo.

Feldespato ortosa.

Silicato doble de aluminio y potasio (anhidro).
Incoloro o coloreado por impurezas.
Cristaliza en el sistema monoclinico.
Ocupa el sexto lugar en la escala de dureza.
Es atacado por el ácido fluorhídrico.

Albita o chorlo blanco.

Silicato doble de aluminio y sodio (anhidro).
Incoloro o coloreado por impurezas.
Cristaliza en el sistema exagonal.

Oligoclasa.

Silicato de aluminio y sodio, potasio y calcio.
Una de sus variedades, la andesita, constituye, en su mayor parte, la Cordillera de los Andes.

FELDESPATOIDES

Son metasilicatos dobles que substituyen los feldespatos en muchas rocas eruptivas. De allí su nombre de falsos feldespatos o feldespatoides.

Leucita.

Silicato doble de aluminio y potasio (hidratado).
Cristaliza en el primer sistema.
Se encuentra con frecuencia, en rocas eruptivas modernas, substituyendo al feldespato.

Lapizlázuli o ultramar.

Silicato doble de aluminio y sodio con sulfato de calcio (hidratado).
De color azul.
Funde con facilidad.

MICAS

Las micas son silicatos de aluminio complejos con compuestos de potasio, hierro, magnesio, etc.

Se caracterizan por su estructura laminar y la facilidad con que pueden reducirse a láminas delgadas y flexibles.

Cristalizan en el sistema monoclinico, pero se presentan con aspecto exagonal.

Se dividen en micas alcalinas y micas ferruginosas.

Lepidolita.

Silicato doble de aluminio y litio con fluoruro doble de potasio y sodio.

Color rosado, verde o violeta.

Moscovita o mica común.

Silicato doble de aluminio y potasio con magnesio y hierro.

De color claro.

Se caracteriza por su exfoliación perfecta en láminas delgadas, transparentes y elásticas.

No es atacada por los ácidos.

Funde, difícilmente, redondeando sus bordes.

Calentada, en tubo cerrado, se descompone, con pérdida de agua.

Su peso específico es igual a 2,8.

PIROXENOS

Son mezclas complejas de silicatos de calcio, de magnesio y de hierro con silicato de aluminio.

Cristalizan en los sistemas ortorrómbico, monoclinico y triclinico.

Funden, al soplete, sin ebullición.

Se caracterizan, por su ángulo de exfoliación que es igual a 87° — 92° .

Diópsido.
Diálaga.
Augita.

Los tres son isomorfos.

ANFIBOLES

Muy semejantes a los anteriores.
Funden, al soplete, con ebullición.
Se diferencian de los piroxenos, porque su ángulo de exfoliación es igual a 56° .

Tremolita.

Silicato de magnesio y calcio.
Cuando se presenta como fibras unidas y ásperas, toma el nombre de asbesto.
Cuando sus fibras son más suaves y más separadas, constituye el amianto.

Hornblenda o anfíbol negro.

Silicato de calcio, magnesio, hierro y aluminio.

SULFATOS ANHIDROS

Thenardita ($\text{SO}_4 \text{ Na}^2$).

Sulfato de sodio.

Glaserita ($\text{SO}_4 \text{ K}^2$).

Sulfato de potasio.

Anhidrita ($\text{SO}_4 \text{ Ca}$).

Sulfato de calcio.

Celestina ($\text{SO}_4 \text{ Sr}$).

Sulfato de estroncio.

Baritina ($\text{SO}_4 \text{ Ba}$).

Sulfato de bario.

SULFATOS HIDRATADOS

Kalinitas o alumbres.

Los alumbres son los sulfatos de un metal trivalente con sulfatos de un metal monovalente.

El **alumbre común**, incoloro, es sulfato de aluminio y sulfato de potasio.

El **alumbre de cromo**, violáceo, es sulfato de cromo y sulfato de potasio.

El **alumbre de hierro**, rojizo, es sulfato de hierro y sulfato de potasio.

Los alumbres son isomorfos, es decir, cristalizan todos en octaedros regulares, pertenecientes al primer sistema.

Yeso ($\text{SO}_4 \text{ Ca}$ hidratado).

Sulfato de calcio hidratado.

Cristaliza en el sistema monoclinico y se presenta, frecuentemente, maclado.

Las variedades translúcidas, de aspecto de cera, toman el nombre de alabastro.

Según su aspecto, se le llama: yeso laminar, fibroso, escamoso o sacaróideo.

Tiene brillo vítreo o nacarado.

Es incoloro, blanco, o coloreado por impurezas.

Tiene clivaje perfecto.

Tiene fractura concoidal.

Funde al soplete, coloreando la llama de rojo ladrillo.

Calentado, en tubo cerrado, pierde agua y se pone opaco.

Es poco soluble en agua.

Se disuelve en ácido clorhídrico.

Tratando, la solución clorhídrica, con oxalato de amonio, se obtiene un precipitado blanco de oxalato de calcio.

Se encuentra en la República Argentina, Toscana (Italia), etc.

BORATOS

Sassolina ($H^3 BO^3$).

Acido bórico.

Tinkal ($B^4 O^7 Na^2$).

Tetraborato de sodio, llamado, comúnmente, bórax.

Boronatrocalcita.

Borato de calcio hidratado, con borato de sodio.

FOSFATOS ANHIDROS

Apatita ($[PO^4]^2 Ca^3$).

Fosfato tricálcico, con cloruro o fluoruro de calcio.

Algunas de sus variedades presentan, por la acción del calor, el fenómeno de la fosforescencia; de allí su nombre de fosforita.

FOSFATOS HIDRATADOS

Turquesa ($PO^4 Al$) (hidratado).

Fosfato de aluminio hidratado con impurezas de cobre y hierro.

De color celeste o verdoso.

NITRATOS

Nitro ($NO^3 K$).

Nitrato de potasio.

Nitratina ($NO^3 Na$).

Nitrato de sodio.

También llamado salitre de Chile o caliche.

Constituye la principal riqueza minera de Chile.

Se usa como abono y para preparar el ácido nítrico, substancia madre de casi todos los explosivos modernos.

Aluminatos

Crisoberilo.

Aluminato de glucinio.
De color amarillo, verdoso.

Espinela.

Aluminato de magnesio, anhidro.

Tungstatos

Wolframita.

Tungstato de hierro y manganeso.

MINERALES RADIOACTIVOS

Uranatos

Uraninita.

Uranato complejo de urano y plomo, con impurezas de otros elementos. Se encuentra en Joachimsthal (Bohemia) y en Estados Unidos.

Se llama también, **pechblenda**, por su aspecto y semejanza con la pez.

De ella se extrae el urano y del residuo de dicha extracción, el más deseado de todos los metales: el radio.

Uranotilo.

Sílico-uranato de calcio, de color amarillo. Se encuentra en Silesia y Baviera.

Gummita.

Sílico-uranato de plomo, calcio y bario, de color rojo.

Se encuentra en Joachimsthal (Bohemia) en mayor abundancia, en Mitchell (Estados Unidos).

MINERALOGIA ARGENTINA

Prov. de Buenos Aires.

Caleras (piedra caliza) (Azul y Olavarría).

Prov. de Entre Ríos.

Caleras (Paraná y Victoria).

Prov. de Santiago del Estero.

Caleras (Choya).

Prov. de Jujuy.

Petróleo.

Salinas.

Prov. de Salta.

Petroleo.

Grandes salinas.

Prov. de Catamarca.

Abunda oro, plata, hierro, cobre.

Caleras (Velazco).

Prov. de La Rioja.

Ricas minas de plata y oro.

La región más famosa es la de Famatina, que tiene una extensión de 350 Km². y desde la cual por medio de un alambre carril de 3.500 metros, los minerales de oro y plata son transportados hasta Chilecito.

Prov. de San Juan.

Abunda plata, oro y carbón.

Prov. de Mendoza.

Minas de plata (San Lorenzo de Uspallata).

Yacimientos de carbón de piedra.

Petróleo (San Rafael).

Prov. de Córdoba.

Minas de plomo argentífero (Sierras de Guayen y de la Higuera).

Minas de cobre (Sierra grande de Achala).

Caleras (abundantes).

Canteras (mármoles) (abundantes).

Prov. de San Luis.

Minas de oro, cobre y galena (La Carolina).

Minas de hierro y oro (Cerro Negro).

Filones de oro (Cañada Honda).

Minas de cobre (San Francisco y El Veraneo).

Minas de plata, oro, hierro, cobre y plomo (Alto Grande).

Caleras (Sierras de San Luis).

Canteras (San Francisco y Alto Grande). Los mármoles de San Luis se caracterizan por presentar hermosas coloraciones que los hacen muy semejantes al ónix (anhidrido silícico). De allí que, frecuentemente, se diga el ónix de San Luis, queriéndose referir a los mármoles de San Luis, que por sus coloraciones se asemejan al ónix.

Gobernación de los Andes.

Salitreras (nitrato de sodio) y borateras (bórax), (Tres Morros y Guayatayoc).

Gobernación del Neuquén.

Carbón de piedra y oro.

Petróleo (Plaza Huincul).

Gobernación del Chubut.

Petróleo (Comodoro Rivadavia).

Gobernación de Santa Cruz.

Salinas (Cabo Blanco).

BOLILLA XII

Principales propiedades ópticas de los cuerpos cristalizados. Luz común. Luz polarizada. Microscopio polarizante. Minerales mono y birrefringentes. Minerales opacos. Polarización cromática. Figuras en luz convergente que distinguen a un mineral monoaxial de uno biaxial. Minerales policróicos.

Las propiedades constantes de un mineral cristalizado, o sea aquellas que no varían, cualquiera sea la dirección considerada, se llaman **propiedades escalares**.

Ejemplo: la densidad.

Las propiedades que varían, según la dirección en que se consideren, se llaman **propiedades vectoriales**.

Las propiedades vectoriales más importantes son: las propiedades ópticas, las térmicas y las electromagnéticas.

Las propiedades vectoriales están en íntima relación con la estructura cristalina.

Por consiguiente, antes de entrar de lleno a su estudio, ampliemos lo expresado al hablar sobre constitución de los cristales.

Decíamos, entonces:

Los cristales se hallan constituidos por sistemas de redes de puntos, cuyos nudos están ocupados por los átomos.

Esto ha sido demostrado gracias a los rayos X.

Efectivamente, haciendo incidir un haz de rayos X sobre una lámina cristalina y recogiendo los rayos difractados en una placa fotográfica, se obtienen unas manchas.

El estudio especial de estas manchas, gracias a las tablas ideadas por Wickoff, permite obtener la proyección gnomónica correspondiente.

La perfección de estos trabajos se debe a Bragg y a su hijo, sabios ingleses, quienes estudiaron, especialmente, la constitución cristalina del diamante, de la sal gema, de la blenda.

De estos estudios se desprende que el cristal de sal gema, por ejemplo, que cristaliza en cubos, se hallaría constituido por dos retículos cúbicos de caras centradas que se compenetran perfectamente, dando una red cúbica completa, en la cual tendríamos alternativamente un átomo de sodio y un átomo de cloro.

Véase la figura 149, en la cual los círculos blan-

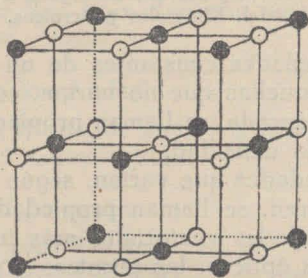


Fig. 149

cos representan los átomos de sodio y los negros los átomos de cloro.

Luz común.

Se admite hoy, según la teoría de **Hüuyghens**, que la luz es debida al movimiento vibratorio de los átomos (1) de una substancia luminosa.

Este movimiento vibratorio de los átomos de una substancia luminosa se comunica al éter cósmico (2), propagándose bajo forma de rayos y en línea recta.

Efectivamente, si en la línea recta que une un foco luminoso (la luz de una vela) y el ojo del observador,

(1) Se admiten hoy sean las vibraciones eléctricas de los constituyentes del átomo (electrones).

(2) Se llama éter cósmico a una substancia hipotética, muy tenue, muy elástica, que se admite exista entre las partículas de los cuerpos, sólidos, líquidos y gaseosos y hasta en el vacío. Es decir, que allí donde no hay aparentemente nada, existe esta substancia imponderable.

interponemos una pantalla, el foco luminoso deja de verse.

Estas vibraciones se realizan en diversos planos, pero siempre perpendiculares, o sea transversales a la dirección del rayo luminoso.

Por consiguiente, la luz es debida a vibraciones transversales del éter cósmico.

Según esta definición, la figura 150 nos indica la representación esquemática de un rayo luminoso común.

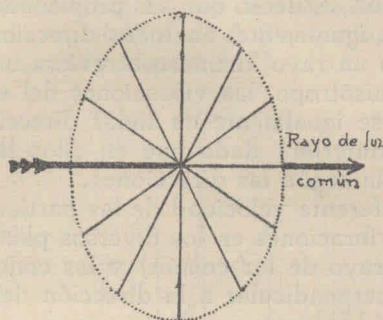


Fig. 150

La flecha indica la dirección del rayo luminoso y los radios del círculo que lo atraviesa, las direcciones según las cuales vibran las partículas del éter, perpendiculares a la dirección del rayo luminoso (1).

Luz polarizada.

Cuando un rayo de luz común atraviesa un cuerpo homogéneo, presenta siempre las mismas propiedades, dado que la elasticidad del éter, en un cuerpo homogéneo, es igual en todas direcciones.

(1) Conviene hacer resaltar que los movimientos vibratorios que dan origen a la luz, no se inician, a la vez, en todas las partículas al mismo tiempo, si no se transmiten de una a otra. Esto tiene por consecuencia, una diferente posición de equilibrio y por consiguiente la formación de una línea ondulante.

Si el rayo de luz común presenta las mismas propiedades, deberá poseer las vibraciones en todos los diversos planos perpendiculares a la dirección del rayo y su representación esquemática será la indicada por la figura 150.

Sea por ejemplo, un rayo luminoso que atraviesa el aire, un cristal cualquiera del sistema cúbico u otro cuerpo homogéneo.

Se dice, entonces, que el aire, los cristales del sistema cúbico, etc., son medios isótropos para los fenómenos ópticos, es decir, que sus propiedades ópticas se manifiestan, igualmente, en todas direcciones.

Cuando un rayo luminoso atraviesa un cristal ópticamente anisótropo, las vibraciones del éter no pueden realizarse igualmente en todas direcciones (como en el caso anterior) dado que en ellos la elasticidad del éter varía según las direcciones.

Esta diferente velocidad de las partículas del éter, impide las vibraciones en los diversos planos (características del rayo de luz común) y las concentra en un sólo plano perpendicular a la dirección del rayo luminoso (figura 151).

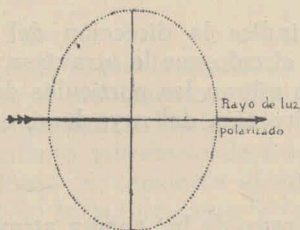


Fig. 151

Se llama **rayo de luz polarizada** a aquel cuyas vibraciones transversales se realizan en un solo plano perpendicular a la dirección del rayo luminoso.

Ejemplos de sustancias que polarizan la luz:

La turmalina, mineral generalmente verde, que cristaliza en el sistema romboédrico.

Se corta una lámina de caras paralelas entre sí y paralela a la vez, al eje ternario principal.

Haciendo atravesar esta lámina por un rayo de luz común, éste pierde sus vibraciones en los distintos planos para conservar solamente las vibraciones en un solo plano perpendicular al eje luminoso. El rayo de luz está polarizado.

A veces, para observaciones más delicadas y más claras (1), se emplea, en cambio, el prisma de Nicol.

El prisma de Nicol es un cristal romboédrico de espato de Islandia (carbonato de calcio puro y cristalizado (cortado según el plano A B y vuelto a pegar con bálsamo de Canadá (figura 152).

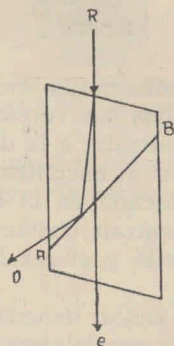


Fig. 152

El rayo de luz R que incide en el prisma se bifurca en dos rayos: 1º) el rayo ordinario o que llegado a la superficie con Bálsamo de Canadá sufre la reflexión total y es absorbido por el barniz negro que recubre el prisma y 2º) el rayo extraordinario e que sale al exterior sin desviación y que está polarizado.

El ojo humano es incapaz de apreciar cuando el rayo luminoso se halla constituido por las vibraciones del éter en todos los planos (figura 150, rayo de luz común) o cuando el rayo luminoso se halla constituido

(1) El fuerte color de la turmalina quita claridad a las observaciones.

por las vibraciones del éter en un solo plano (Fig. 151, rayo de luz polarizada).

Ahora bien; ¿cómo comprobar la polarización?, ¿cómo estudiar la desviación que ejercen algunas sustancias sobre la luz polarizada?

Pongamos, frente a frente, dos láminas de turmalina (Fig. 153), de tal manera que sus ejes sean paralelos.



Fig. 153

El rayo de luz común, que incide sobre la primera lámina, sale de ésta con sus vibraciones localizadas en un solo plano, perpendicular a la dirección del rayo.

Estas vibraciones, al encontrarse con la otra lámina de turmalina, colocada en la misma dirección que la primera, no encuentran obstáculos y pasan, fácilmente, a través de ella y el resultado de la observación = se ve luz.

Para entenderlo mejor, tomemos dos trozos de madera cortados igual y paralelamente. Se colocan sobre una mesa y se atraviesan con una cuerda.

Se imprime a la cuerda un movimiento ondulatorio (Fig. 154).

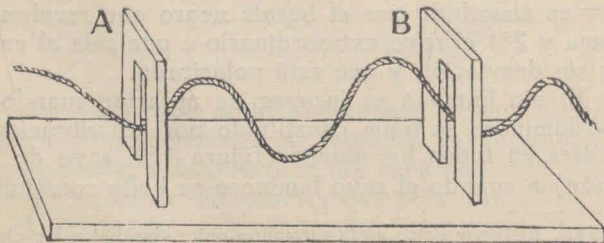


Fig. 154

De este movimiento ondulatorio, las únicas vibraciones que pueden pasar a través de la primer madera son las vibraciones paralelas al corte, las cuales, a su vez, encontrándose con la otra madera, cortada paralelamente, pasan sin dificultad a través de ella.

Cuando las **dos láminas de turmalina** se colocan de tal manera que **sus ejes sean perpendiculares**, la segunda lámina detiene las vibraciones de la primera, puesto que sólo permite el paso de las vibraciones que se verifican en la dirección de su eje (Fig. 155).

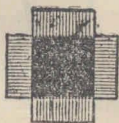


Fig. 155

Sería lo mismo que si colocáramos los cortes de las maderas, del ejemplo anterior, como lo indica la figura 156.

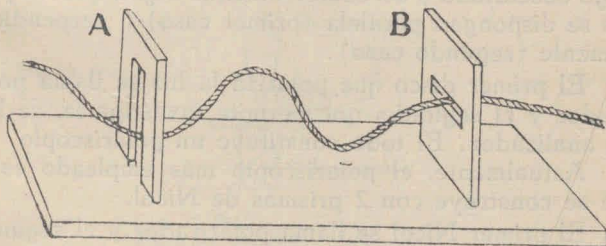


Fig. 156

El resultado obtenido en este caso sería la **obscuridad**.

Cuando las secciones A B, de esos prismas, sean paralelas el resultado será: **luz**, y cuando sean perpendiculares el resultado será la **obscuridad**.

El profesor podrá fácilmente demostrarlo en clase utilizando las pinzas de turmalina (figura 157).

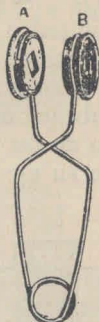


Fig. 157

Son pinzas en cuyos extremos se encuentran dos discos giratorios A y B que poseen, en su interior, una lámina de turmalina cada uno, cortadas paralelamente al eje ternario principal.

Girando uno de los discos se verá: primero luz, luego obscuridad y así sucesivamente, según que los planos se dispongan paralela (primer caso) o perpendicularmente (segundo caso).

El primer disco que polariza la luz se llama polarizador y el segundo, que permite investigarla, se llama analizador. El todo constituye un polariscopio.

Actualmente, el polariscopio más empleado es el que se construye con 2 prismas de Nicol.

El primer Nicol se llama polarizador y el segundo Nicol se llama analizador.

Si entre ambos nicoles, cuando sus secciones A B están cruzadas (obscuridad) interponemos una lámina fina de un mineral isotropo cristalizado, la obscuridad persiste. Efectivamente, el rayo de luz polarizada, que sale del primer Nicol, atraviesa la lámina del mineral, sin sufrir modificaciones y es absorbido por el segundo Nicol.

Lo mismo sucederá si interponemos una lámina de un mineral anisótropo cristalizado, cortada normalmente a su eje óptico (véase más adelante).

Si entre ambos nicoles cruzados (obscuridad) interponemos una lámina fina de un cristal anisótropo, el rayo polarizado, que sale del polarizador, sufre la doble refracción y produce dos vibraciones polarizadas en ángulo recto. Una es absorbida por el analizador y la otra pasa y da lugar a un restablecimiento parcial de la luz.

Microscopio polarizante.

El microscopio polarizante es un microscopio común, que posee un prisma de Nicol P, figura 158) en-

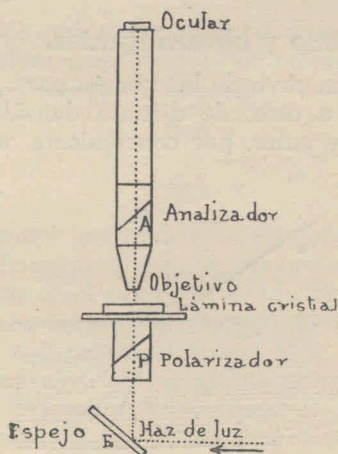


Fig. 158

tre el espejo E y la plataforma donde se coloca la sustancia a observar y otro prisma de Nicol A, entre el ocular y el objetivo.

Ambos prismas de Nicol son movibles y su giración puede medirse gracias a dos nonius anexos.

La luz común incide sobre el espejo, atraviesa el prisma de Nicol (que actúa como polarizador) y sale polarizada, incidiendo como tal, sobre el mineral colocado sobre un porta-objeto (1).

De esta manera la observación del mineral se hace a la luz polarizada, en lugar de hacerla a la luz común.

Si el mineral en estudio tuviera acción sobre la luz polarizada, es decir, fuera ópticamente activo, la desviaría y el ojo del observador, colocado en el ocular, observaría un restablecimiento de la luz.

Para volver a lo primitivo, es decir, para medir la desviación provocada por la substancia en estudio, debería compensarse esa desviación con un movimiento equivalente del segundo prisma de Nicol (A) que actúa como analizador.

Minerales mono y birrefringentes.

Cuando un rayo de luz común pasa, oblicuamente, de un medio a otro, de distinta densidad, disminuye su velocidad y sufre, por consiguiente, una desviación (figura 159).

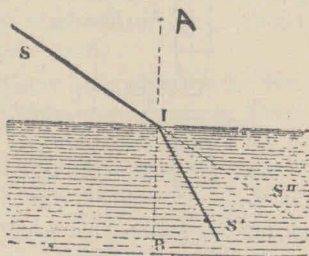


Fig. 159

Se llama **refracción** a la desviación que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio a otro de distinta densidad.

(1) Se cortan láminas muy delgadas de 2 ó 3 centésimos de milímetro y se pegan sobre el porta-objeto con Bálsamo de Canadá.

SI, es el rayo luminoso incidente.

AB, es la normal, o sea la perpendicular levantada al punto de incidencia.

El ángulo SIA formado entre el rayo luminoso incidente y la normal, se llama ángulo de incidencia.

El rayo luminoso, al penetrar en el otro medio de distinta densidad, sufre una desviación, acercándose o alejándose de la normal.

Cuando el rayo pasa de un medio menos denso, a otro más denso, se acerca a la normal (el ejemplo esquematizado en la figura 159).

Cuando el rayo pasa de un medio más denso a otro menos denso, se aleja de la normal.

El ángulo BIS formado entre la normal y la dirección que ha tomado en el nuevo medio, el rayo luminoso (rayo refractado), se llama ángulo de refracción.

La relación que existe entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción, se llama índice de refracción y se expresa:

$$n = \frac{\text{Sen } i}{\text{Sen } r}$$

Los minerales que presentan esta propiedad se llaman monorrefringentes, porque presentan el fenómeno de la refracción y el rayo refractado es uno solo.

Todos los cristales del sistema cúbico y los minerales amorfos son monorrefringentes.

Cuando un rayo de luz ordinaria entra en un medio cristalino (1), anisótropo (dada la anisotropía de su éter luminoso, o sea la distinta velocidad de sus partículas) no puede propagarse con la misma velocidad en todas direcciones.

Esto trae, por consecuencia, la formación de dos rayos refractados. Ambos rayos están polarizados y sus vibraciones se cumplen en planos perpendiculares entre sí (figura 160).

(1) Que no sea del sistema cúbico.

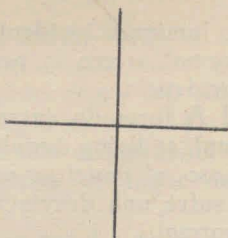


Fig. 160

Estas dos vibraciones corresponden a dos velocidades distintas de las partículas del éter (la máxima y la mínima, respectivamente) y tienen, por consiguiente, una distinta velocidad.

Esta distinta velocidad trae, lógicamente, una distinta refracción y la realización de un camino distinto en el interior del cristal.

Se llama **doble refracción** cuando un rayo de luz común entra en un medio cristalino anisótropo y se bifurca en dos rayos refractados (figura 161).

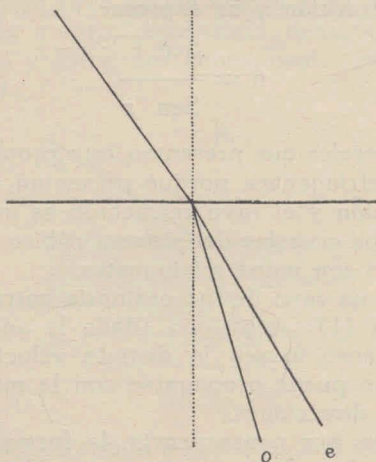


Fig. 161

El rayo refractado que sigue las leyes de la refracción se llama ordinario (o) y el que no las sigue se llama extraordinario. (e).

Los minerales que presentan el fenómeno de la doble refracción se llaman birrefringentes.

Todos los cristales, menos los del sistema cúbico, sin birrefringentes.

Ejemplo: Observando un escrito, a través de un cristal romboédrico de espato de Islandia, se ve doble (figura 162).



Fig. 162

En la mayor parte de los casos, la doble refracción sólo se aprecia tallando los cristales en determinadas direcciones, es decir, en las direcciones que presentan la anisotropía, o sea la desigual velocidad de sus partículas de éter cósmico.

Si cortamos un romboedro de espato de Islandia con dos planos perpendiculares al eje ternario (a , b y a_1 b_1) (fig. 163), y miramos a su través, como lo in-

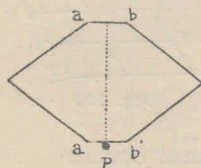


Fig. 163

dica la figura, el punto P... en lugar de ver dos puntos (como debiera ser, siendo un mineral birrefringente) sólo veremos un punto.

Quiere decir que el cristal de espato de Islandia tiene una dirección según la cual no presenta el fenómeno de la doble refracción y si presenta, en cambio, el de la refracción sencilla.

Se llama eje óptico de un cristal la dirección según

la cual un rayo luminoso puede propagarse sufriendo la refracción sencilla.

Los cristales del sistema cúbico son poliáxicos (1).

Los cristales del sistema cuadrático y del exagonal, son monoáxicos, es decir, poseen una sola dirección según la cual presentan la refracción sencilla.

Los cristales del sistema rómbico, monoclinico y triclino son biáxicos.

Minerales opacos.

Se llaman minerales opacos los que no dejan pasar los rayos luminosos.

En estos casos, cuando un rayo luminoso incide sobre una superficie opaca, es rechazado y sufre una desviación.

Este fenómeno toma el nombre de reflexión (figura 164).

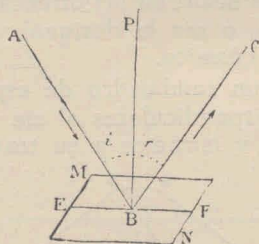


Fig. 164

M N es el mineral opaco.

A B es el rayo incidente.

P B es la normal, o sea la perpendicular levantada al punto de incidencia.

B C es la desviación sufrida por el rayo incidente, o sea lo que llamamos rayo reflejado.

El ángulo i formado entre el rayo incidente y la normal, se llama ángulo de incidencia.

(1) Es decir, tienen muchos ejes ópticos. Efectivamente, en cualquier dirección presentan el fenómeno de la monorrefringencia.

El ángulo r formado entre la normal y el rayo reflejado, se llama ángulo de reflexión.

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Polarización cromática.

Para estudiar los fenómenos de polarización puede emplearse como foco luminoso la luz blanca producida por el sol o una lámpara eléctrica.

Sin embargo, mucho más correcto es el empleo de luz monocromática, o sea constituida por un solo color (1).

Las observaciones pueden hacerse:

a) Con luz paralela.

Ejemplo: Colocando el foco luminoso directamente frente al polarizador, o sea paralelo a él.

b) Con luz convergente.

Ejemplo: Concentrando los rayos luminosos, por medio de un juego de lentes y haciéndolos incidir sobre el polarizador, en forma de un haz cónico (figura 165).

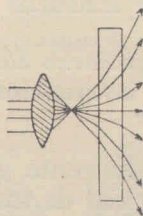


Fig. 165

(1) Recuérdese que la luz blanca es la combinación de 7 colores.

Para tener un solo color todos los rayos luminosos deben tener una longitud de onda determinada.

Para obtener luz monocromática, se calienta, (a la llama incolora del gas o del alcohol) sobre un hilo de platino, una sal metálica volátil (cloruros de sodio, potasio, de litio, etc.). El cloruro de sodio, por ejemplo, al volatilizarse comunica, a la llama, una intensa coloración amarilla (monocromática) debida al sodio.

Ahora bien, tomemos el polariscopio más sencillo, o sea **las pinzas de turmalina**.

Coloquemos las dos láminas de turmalina con sus **secciones cruzadas**, según lo indica la figura 166.

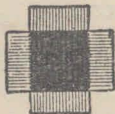


Fig. 166

Observemos.

¿Qué se ve?

Obscuridad, puesto que las vibraciones luminosas que salen del polarizador son absorbidas (dada su posición cruzada) por el analizador.

Interpongamos entre ambas láminas cruzadas una lámina de un cristal anisótropo.

¿Qué se ve?

La lámina presenta **coloraciones** distintas de las que tiene cuando las láminas están paralelas.

Estas coloraciones reciben el nombre de "colores de interferencia" y el fenómeno se llama **polarización cromática**.

Se explica este fenómeno admitiendo sea debido a lo mismo que origina las irisaciones de una burbuja de jabón (1).

Figuras en luz convergente que distinguen a un mineral monoaxial de uno biaxial.

Si utilizando un haz de luz convergente, interponemos, entre las dos láminas de turmalina cruzadas, una lámina de un mineral birrefringente, pueden suceder dos casos.

(1) Estas coloraciones son debidas a interferencias.

Las dos vibraciones, que salen del analizador están constituidas por los dos componentes en los cuales se han descompuesto las vibraciones salidas de la lámina birrefringente.

Estas dos vibraciones, animadas de distinta velocidad, pueden interferir y producir las coloraciones observadas.

Caso A.

El observador ve (figura 167a) un conjunto de

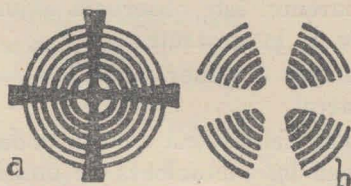


Fig. 167

anillos coloreados, concéntricos, atravesados por una cruz negra.

Si se hace girar el analizador, la cruz negra desaparece y es substituída por una cruz blanca (figura 167b).

Esto se observa si el mineral es **monoáxico** y la lámina está cortada perpendicularmente al eje óptico.

Caso B.

Se observan unas líneas curvas, rodeadas por elipses coloreadas y atravesadas por una cruz negra (figura 168a).

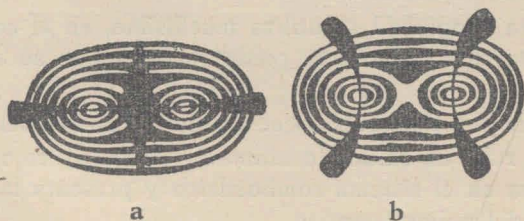


Fig. 168

Si se hace girar el cristal entre las turmalinas, la cruz desaparece y se transforma en 2 ramas de hipérbolo (figura 168b), que se llaman lemniscatas.

Minerales policróicos.

Si hacemos incidir un rayo de luz blanca sobre un mineral transparente, éste absorberá algunas vibraciones, dejando pasar las restantes.

De esta mayor o menor absorción depende el color de ese mineral.

Los cristales del sistema cúbico, dada su homogeneidad, absorben las vibraciones de una manera igual en todas las direcciones y el color, observado por transparencia, será uno solo.

Los cristales de los otros sistemas (dada su anisotropía óptica) absorben las vibraciones de una manera desigual según las direcciones y el color, observado por transparencia, será múltiple.

Este fenómeno recibe el nombre de **policroísmo**.

Se llaman minerales policróicos aquellos que, por transparencia, presentan varias coloraciones.

Ejemplo: la turmalina, vista por transparencia, presenta dos coloraciones verdosas, una más clara y otra más obscura.

Para observar bien esta propiedad se emplea la lente dicroscópica (1), que permite ver las dos coloraciones simultáneamente.

Esta propiedad se utiliza muchísimo, en el comercio, para diferenciar una piedra preciosa de su semejante.

Ejemplo: Para reconocer un rubí de un espinel rojo.

El rubí es óxido de aluminio (impuro) rojo, que cristaliza en el sistema romboédrico y presenta la propiedad del policroísmo.

(1) Es un trozo de espató, de Islandia, cerrado en un estuche que en un extremo presenta una ventanita cuadrada. Si el mineral es dicróico se ven dos imágenes de la ventanita con dos coloraciones distintas.

El espinel es un silicato de color rojo que cristaliza en el sistema cúbico y que, como tal, no presenta el fenómeno del policroísmo.

Observando un rubí, con la lente dicróscopica, se verán las diversas coloraciones.

Observando un espinel rojo, se verá una coloración homogénea.

BOLILLA XIII

PETROGRAFIA

Composición química media de las rocas. División de las rocas. Rocas ígneas: su composición química y mineralógica. Minerales principales y accesorios. Textura. Tipos principales. Idea de clasificación natural de rocas eruptivas. Principales rocas eruptivas. Rocas sedimentarias: su formación. Principales rocas sedimentarias. Rocas metamórficas. Principales rocas metamórficas. Trabajos prácticos.

Composición química media de las rocas.

La petrografía estudia las rocas.

Se llama mineral a toda substancia inorgánica, homogénea, de constitución definida y constante.

Se llama roca al mineral o agregación de minerales que, por presentarse en grandes masas, merecen ser considerados como constituyentes de la corteza terrestre.

La constitución química de una roca será, pues, la constitución química del mineral o de los minerales que la componen.

Si la roca está constituida por un solo mineral se llama **roca simple**. Ejemplo: el mármol, constituido por un solo mineral, es carbonato de calcio.

En este caso, la roca tiene una constitución química definida.

Si la roca está constituida por dos o más minerales se llama **roca compuesta**. Ejemplo: el granito, constituido por tres minerales: el cuarzo, el feldespato y la mica.

La constitución química de las rocas compuestas, no es definida ni constante y varía con la mayor o menor cantidad de cada uno de los minerales que la componen.

Ahora bien, hemos visto, en el capítulo de Mineralogía, titulado: "Silicatos" (pág. 204) que los silicatos y sus derivados, son compuestos de silicio y oxígeno, principalmente con los metales y constituyen las $\frac{3}{4}$ partes de la corteza terrestre.

Por consiguiente, si las rocas constituyen la corteza terrestre y los silicatos constituyen las $\frac{3}{4}$ partes de la corteza terrestre, **la composición química media de las rocas es: silicatos y sus derivados (1).**

División de las rocas.

Las rocas se clasifican, según su origen, en tres clases:

Rocas ígneas o eruptivas, debidas a la actividad interna del globo.

Se llaman ígneas, porque antes de solidificarse se hallaban en estado de fusión.

Se llaman eruptivas, porque son arrojadas por la erupción de los volcanes.

Rocas sedimentarias, formadas por rocas que se han ido asentando, lentamente, por diversas causas, formando capas superpuestas.

Rocas metamórficas, que son rocas ígneas o sedimentarias, modificadas por la acción del tiempo, temperatura, presiones, agentes químicos, etc.

Rocas ígneas: su composición química y mineralógica.

Se llaman, también, **endógenas**, porque provienen del interior de la tierra.

Están formadas por la solidificación de una masa fundida, llamada "magma".

Cuando esta masa fundida ha salido al exterior al estado de fusión y se ha solidificado en el exterior, se llaman rocas **efusivas o volcánicas**.

(1) Metasilicatos, ortosilicatos, polisilicatos, feldespatos, mica, piroxenos, anfíboles, etc.

Cuando la masa fundida se ha solidificado debajo o entre dos capas sedimentarias, se llaman rocas **intrusivas** o **plutónicas** (de Plutón, dios de las regiones subterráneas).

La **composición química** predominante en todas las rocas ígneas es la siguiente: silicio combinado con el oxígeno, o sea **anhídrido silícico** o **sílice** libre y combinado con óxidos metálicos, especialmente de aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio y potasio, o sea al estado de **silicatos**.

Generalmente, una roca rica en sílice es rica en óxidos de aluminio, sodio y potasio, y una roca pobre en sílice y en óxidos de aluminio y potasio es rica, en cambio, en magnesio y hierro.

La **constitución mineralógica** de las rocas ígneas puede ser: **simple**, si están constituídas por un solo mineral y **compuestas**, si están formadas por dos o más minerales.

Las rocas ígneas se hallan constituídas principalmente por uno o varios de los minerales que se indican a continuación.

Feldespato ortosa: silicato doble de aluminio y potasio.

Cuarzo: anhídrido silícico.

Talco: silicato de magnesio.

Hornblenda: silicato doble de aluminio y potasio con hierro.

Minerales principales y accesorios.

Al iniciar el estudio de Petrografía, decíamos que una roca es el mineral o conjunto de minerales que, por presentarse en grandes masas, pueden ser considerados como constituyentes de la corteza terrestre.

Ejemplos:

El mármol, constituído por carbonato de calcio.

El granito, constituído por feldespato, cuarzo y mica.

Sin embargo, con frecuencia nos encontramos con granito que, además de cuarzo, feldespato y mica, tie-

ne otro mineral u otros minerales, como ser: la turmalina, el granate, etc.

Ahora bien, ¿deja el granito, por el solo hecho de tener esos otros minerales, de ser granito?

Contestamos que no, puesto que posee los minerales indispensables o principales para ser granito, o sea el cuarzo, el feldespato y la mica, teniendo como elemento accesorio o secundario: la turmalina.

Se llaman **minerales principales de una roca**, aquellos que si faltan convierten la roca en otra roca distinta.

Se llaman **minerales accesorios o secundarios** aquellos cuya presencia en una roca es puramente accidental.

Ejemplo: Si en un granito falta el feldespato (elemento principal) la roca deja de ser granito, para pasar a ser micacita.

Si en un granito falta la turmalina (elemento accesorio) sigue siendo granito.

Textura: Tipos principales.

Dijimos que las rocas ígneas estaban formadas por la solidificación, por enfriamiento, de una masa fundida, llamada "magma".

Esta solidificación tiene por consecuencia la cristalización de la masa en fusión.

Por consiguiente, las rocas ígneas se presentan en masas compactas, de aspecto cristalino.

La mayor o menor rapidez del enfriamiento da origen a que los cristales formados durante la solidificación, tengan mayor o menor tamaño y hace que la cristalización sea más o menos regular.

De esto depende la estructura o disposición interior de las moléculas de los minerales de una roca.

Llamamos **textura**, la disposición interior de las moléculas de los minerales que forman una roca.

Los tipos principales de textura son tres:

Textura holocristalina o granítica.

Textura semicristalina o porfírica.

Textura vítrea.

Textura holocristalina o granítica.

Se produce cuando la masa fundida (magma) se ha **enfriado lentamente**.

De esta manera, los minerales que constituyen la roca, han tenido tiempo de formar un conjunto cristalino y de agruparse según sus afinidades.

Ejemplo: El granito (figura 169), en el que a sim-

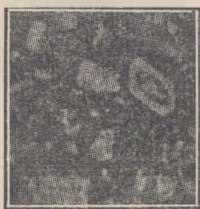


Fig. 169

ple vista o al microscopio, pueden verse los cristales grandes y regulares.

Textura semicristalina o porfírica.

Se produce cuando la solidificación del magma se **inicia lentamente, pero termina bruscamente**.

Por esta razón, la textura semicristalina se caracteriza por presentar masas de cristales, formados durante el enfriamiento lento, metidas en una masa homogénea, casi amorfa (1), formada durante el período de enfriamiento brusco, en el cual, la rapidez del fenómeno, impide la formación regular de los cristales.

(1) Esta masa se presenta al microscopio sembrada de cristaltitos muy pequeños, llamados microlitos.

Ejemplo: Pórfido (figura 170).

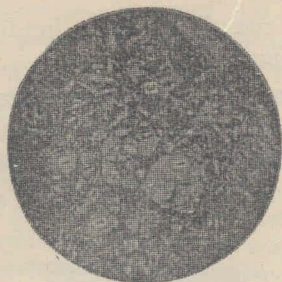


Fig. 170

Textura vítrea.

Se produce cuando el magma se solidifica muy rápidamente.

Por esa razón, la formación de cristales es imposible y la masa presenta una estructura amorfa o difícil de caracterizar (figura 171) [1].

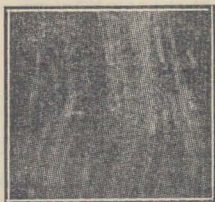


Fig. 171

Cuando el magma eruptivo se consolida en las profundidades de la tierra, sometido a grandes presiones, la cristalización de sus componentes se va realizando en el siguiente orden:

- 1.º Apatita, zircón y óxido de hierro.
- 2.º Silicatos coloreados (ricos en hierro, magnesio y calcio). Ej.: piroxenos, anfíboles, biotita, etc.

(1) No se observan microlitos al microscopio.

3.º Silicatos dobles de aluminio y calcio y silicatos dobles de aluminio y sodio y de aluminio y potasio (feldespatos).

4.º Cuarzo (1).

✓ Idea de clasificación racional de rocas eruptivas.

Las rocas eruptivas pueden clasificarse desde diversos puntos de vista.

a) Según su estructura (ver capítulo anterior).

b) Según que el lugar de su solidificación sea interno (intrusivas o plutónicas) o externo (efusivas o volcánicas).

c) Según la cantidad de anhídrido silícico o sílice.

De acuerdo a esto último pueden formarse tres grupos principales.

Rocas ácidas, las que contienen más de un 60 % de sílice. Ejemplo: granito, pórfido, piedra pómez.

Rocas neutras, las que contienen de 50 a 60 % de sílice. Ejemplo: traquita, sienita, fonolita, lava.

Rocas básicas, las que contienen menos de un 50 % de sílice. Ejemplo: basalto.

Rocas ácidas.

Más de un 60 % de anhídrido silícico.

De color claro.

Se llaman, también, **leucocráticas** (2).

Sus componentes característicos son:

Silicatos dobles de aluminio y sodio y aluminio y potasio, o sea, feldespatos alcalinos.

Generalmente, tienen cuarzo libre.

Rocas básicas.

Menos de un 50 % de anhídrido silícico.

De color obscuro.

Se llaman, también, **melanocráticas** (3).

(1) El cuarzo falta en los casos en los cuales, al terminar la cristalización de los grupos 1.º, 2.º y 3.º, no queda exceso de sílice.

(2) De "leuco" = blanco, por su color.

(3) De "melanos" = negro, por su color.

Sus componentes característicos son:

Silicatos dobles de calcio y sodio.

Generalmente, con poco o nada de cuarzo libre.

X Principales rocas eruptivas.

Granito.

Roca formada por 3 minerales principales: el cuarzo, el feldespato ortosa y la mica, pudiendo contener, como minerales accesorios, la turmalina, el talco, etc.

Estructura holocristalina (a simple vista pueden diferenciarse los trocitos de mica, de los de feldespato y cuarzo).

Muy duro, pero acepta, fácilmente, el pulido.

Sirve como piedra de construcción, para el adoquinado, etc., por su formidable resistencia a la destrucción.

Se encuentra muy repartido (Sierras del Tandil, Prov. de Buenos Aires, Rep. Argentina; Piriápolis (República O. del Uruguay), etc.

Pórfido.

Roca formada por los mismos minerales principales que el granito, o sea, el cuarzo, el feldespato y la mica.

Difiere del granito por su extructura semicristalina. (A simple vista se observa una masa compacta de feldespato, sembrada de cristales de cuarzo y laminillas de mica).

De color verde, gris, rosado, negro, azul, según los minerales accesorios que contiene.

Se usa como material de ornamentación

Piedra pómez.

Roca formada por feldespato amorfo (mineral principal (y otros minerales accesorios, como ser: cuarzo, mica, etc.

De color gris.

Muy liviana.

Se emplea en el tocador y como piedra para pulir mosaicos, mármoles, etc.

Se encuentra, principalmente, en Tenerife, Islandia, etc.

Sienita.

Es una especie de granito.

Se llama así por haber sido hallada en los alrededores de Siena, ciudad de Egipto.

Se usó antiguamente, para construir columnas, obeliscos, esfinges, etc.

Traquita.

Semejante a las anteriores.

Se llama así por ser áspera al tacto.

Fonolita.

Es una traquita que, al ser golpeada por un cuerpo duro, produce un sonido.

Lava.

Se llama lava, al conjunto de materias fundidas que arroja un volcán.

No es una roca determinada, sino un conjunto de las rocas estudiadas anteriormente.

Basalto.

Es una roca constituida por labradorita (especie de feldespato), anfíbol anhidro, hierro titanado y otros minerales secundarios.

De estructura vítrea (no se observan cristales a simple vista, ni al microscopio).

Se caracteriza por presentarse bajo forma de columnas prismáticas, muy altas (figura 172).

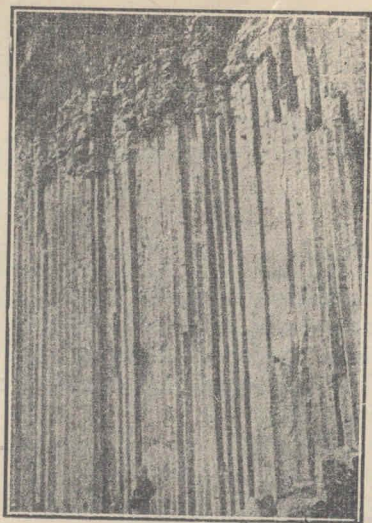


Fig. 172

De color gris oscuro, casi negro.

Muy duro.

Acercando un imán al polvo de basalto, éste desprende partículas ferrosas.

Por su gran porcentaje en hierro tiene un peso específico muy alto.

Se emplea como material de construcción.

Se encuentra en Catamarca, Tucumán, Los Andes, etc.).

Variedades: meláfira, basalto amigdalóideo, basalto olivino.

Rocas sedimentarias: su formación.

Las rocas sedimentarias son rocas ígneas que han sufrido una disgregación mecánica y al mismo tiempo una descomposición química.

Una parte de sus componentes se elimina disuelto en el agua y sólo queda la parte más resistente a las alteraciones químicas, o la menos soluble.

Ejemplo: Cuando una roca ígnea "granito", desmenuzada y lavada, constituye una formación sedimentaria rica en sílice (constituyente insoluble), pero exenta o pobre en sodio, potasio, y calcio, que se hacen fácilmente solubles.

Se llaman también rocas estratificadas, por presentarse generalmente dispuestas en capas o estratos superpuestos.

Se clasifican, según su origen, en 3 grupos principales:

Rocas de origen mecánico.

Rocas de origen químico.

Rocas de origen orgánico.

PRINCIPALES ROCAS SEDIMENTARIAS

Rocas de origen mecánico.

Son aquellas formadas por disgregación mecánica y asentamiento sucesivo de rocas ígneas.

Se llaman, también **detríticas** o **clásticas** (1), por estar constituidas de fragmentos de otras rocas.

Con el tiempo las rocas clásticas sufren dos procesos importantes:

a) La cementación o unión en masas compactas.

b) La recristalización.

Según el agente geológico que las ha originado se dividen en: **rocas eólicas**, formadas por la acción mecánica del viento y **rocas hidráulicas**, formadas por la acción mecánica del agua.

Arenas.

Es anhídrido silícico impuro.

Son granos redondeados, *pequeños.

Forman el lecho de los ríos, arroyos, etc., pues son el producto del desgaste realizado por el viento y el agua, sobre las grandes rocas ígneas de las montañas.

Se usa como material de construcción; para fabricar vidrio, para filtrar aguas, etc.

(1) Clásticas, viene de "clastos", que significa trozo.

Grava.

Es arena gruesa, cuyo grano es mayor de 1 milímetro.

Cantos rodados.

Son piedras, de variada constitución, cuyos bordes se han redondeado, al rodar, golpeando con otras rocas.

Loes.

Son partículas pequeñas, arrancadas de las rocas grandes, por la acción del viento y depositadas, por éste, al chocar contra un obstáculo (una montaña, por ejemplo), o al dejar de soplar, formando el suelo de ciertas regiones (1).

Caolín.

Es silicato de aluminio, muy puro.

De color blanco.

Se presenta, en grandes yacimientos amorfos, en China, Japón, Bohemia, Sajonia, Limoge y República Argentina (provincias de Córdoba, Catamarca, etc.).

Se usa para fabricar objetos de porcelana, junto con el feldespato y el cuarzo.

Arcilla.

Es silicato de aluminio, impuro.

De color: blanca, amarillenta, roja, etc.

Se adhiere a la lengua (apegamiento).

Humedecida, desprende olor a tierra mojada.

Forma con el agua una pasta, fácil de trabajar e impermeable (arcilla plástica).

Se usa para fabricar objetos de loza.

Marga.

Es una mezcla de arcilla (silicato de aluminio y piedra caliza (carbonato de calcio)).

(1) El suelo de la Pampa argentina.

Es muy blanda.

De color rojo terroso.

Presenta las propiedades de la arcilla y de la piedra caliza (1).

Si predomina la arcilla, toma el nombre de marga arcillosa y si predomina la caliza, toma el nombre de marga caliza.

Conglomerados.

Son fragmentos irregulares, de rocas sedimentarias, unidos, entre sí, por una substancia variable llamada cemento.

El cemento puede ser silícico, calcáreo, arcilloso, etcétera.

Se llama **pudinga**, cuando los fragmentos que constituyen el conglomerado, son redondeados.

Se llama **brecha**, cuando los fragmentos que constituyen el conglomerado, son angulosos, o sea, presentan puntas salientes.

Las arenas cementadas, constituyen los **asperones** o **areniscas**.

Rocas de origen químico.

Son el producto de alguna reacción química sobre las rocas ígneas.

Ejemplos: calcáreas, yesosas, dolomíticas, silícicas, etc.

Calcáreas (2)

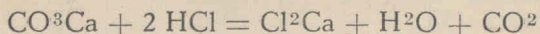
Constituidas, principalmente, por carbonato de calcio.

Se caracterizan:

(1) Producen efervescencia y desprendimiento de CO_2 , con ácido clorhídrico (como la caliza) y despiden olor a tierra mojada, como las arcillas.

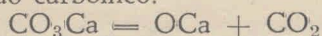
(2) Las rocas calcáreas son las rocas sedimentarias más abundantes. Constituyen, por sí solas, el terreno cretáceo (véase más adelante: "Eras geológicas").

- 1.º Porque con unas gotas de ácido clorhídrico, desprenden un gas picante, que apaga los cuerpos en ignición (el anhídrido carbónico).



(calcárea) + ác. clorhídrico = cloruro de calcio + agua + anh. carbónico

- 2.º Porque calentadas fuertemente dan óxido de calcio y anhídrido carbónico.



calcárea = óxido de calcio + anh. carbónico

Generalmente, las rocas calcáreas se encuentran disueltas en el agua, al estado de carbonato ácido de calcio (soluble) que, por agitación o elevación de temperatura, pierde anhídrido carbónico y se transforma en carbonato neutro de calcio (insoluble) que constituye la verdadera roca calcárea.

Las rocas calcáreas se presentan bajo distintos aspectos, tomando así, nombres diversos.

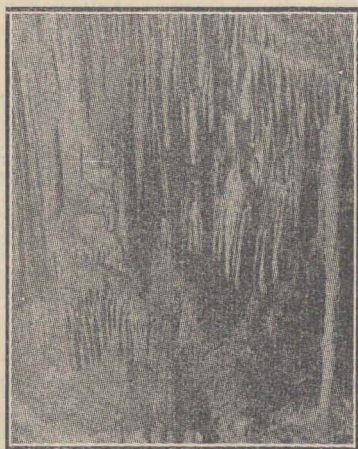


Fig. 173

Estalagtitas y estalagmitas

Columnas de carbonato de calcio que se forman en el interior de las grutas (figura 173), gracias al fenómeno que acabamos de describir.

Se llaman **estalagtitas** las columnas que penden del techo de la gruta y que terminan en punta.

Se llaman **estalagmitas** las columnas que parten del suelo de la gruta y que terminan, generalmente, en una superficie ancha.

Pisolitas

Partículas, del tamaño de huevos de pescados, constituidas por capas concéntricas de carbonato de calcio, que se sueldan entre sí, gracias al mismo carbonato de calcio, formando masas granulares.

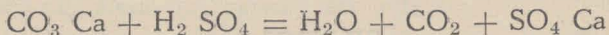
Oolitas

Lo mismo que la anterior, pero formadas por partículas más pequeñas, no concéntricas.

Yesosas

Constituídas, principalmente, por sulfato de calcio, hidratado.

Se forman por la acción de aguas cargadas de ácido sulfúrico, sobre terrenos de carbonato de calcio.



Carbonato de calcio + ácido sulfúrico = agua + anhídrido carbónico, que se desprende y sulfato de calcio que precipita

Se forman, también, en las aguas de los mares, por doble descomposición, entre el cloruro de calcio y el sulfato de sodio que éstas contienen.



Cloruro de calcio + sulfato de sodio = cloruro de sodio + sulfato de calcio.

Son masas fibrosas, blandas y de color blanco (1).

No son atacadas por el ácido clorhídrico, ni desprenden anhídrido carbónico al ser calentadas (diferencia con las calcáreas).

(1) Con vetas de color gris o rosado constituye el alabastro.

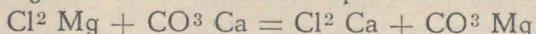
Calentadas, previamente, pierden agua y se transforman en sulfato de calcio anhidro que, en presencia de nuevas cantidades de agua, forma una pasta que se endurece al aire (fraguado del yeso).

Existen yacimientos importantes en las provincias de Córdoba, San Luis, Entre Ríos, sud de Buenos Aires y en toda la precordillera.

Dolomita (1)

Constituída, principalmente, por carbonato doble de calcio y magnesio.

Se forma por la acción del cloruro de magnesio de las aguas de mar sobre los depósitos calcáreos.



Cloruro de magnesio + carbonato de calcio (calcáreo) = cloruro de calcio, que se disuelve en la misma agua y carbonato de magnesio que precipita.

El carbonato de magnesio, junto con el carbonato de calcio, constituye la dolomita.

A este proceso de formación se le llama: dolomitización.

Sus propiedades son muy semejantes a las del carbonato de calcio.

Se encuentra en Sierras Bayas (provincia de Buenos Aires y constituyendo sierras y montañas.

SILICICAS

Constituídas, principalmente, por anhídrido silícico.

Muy duras.

No son atacadas por ningún ácido, con excepción del ácido fluorhídrico.

Cristal de roca.

Es anhídrido silícico puro, cristalizado en prismas incoloros, exagonales, terminados por ambos extremos, en pirámides exagonales. (Véase pág. 195, fig. 144).

(1) De Dolomien, célebre mineralogista francés del siglo XVIII.

Silex.

También llamado pedernal.

Masas blancas, amarillentas que, golpeadas con un trozo de acero o con un trozo del mismo, producen chispas. De allí su empleo, en otras épocas, para obtener fuego.

Rocas de origen orgánico.

Proviene de seres vivos, animales y vegetales.

Entre las de origen orgánico tenemos las calcáreas y las silíceas.

Las **calcáreas**, formadas por acumulación de restos de animales (foraminíferos, corales, moluscos, peces, etcétera), cuya substancia orgánica ha ido transformándose, lentamente, en substancia inorgánica.

Ejemplos:

Creta, variedad pulverulenta de carbonato de calcio.

Piedra caliza, masas compactas de carbonato de calcio.

Mármoles, masa cristalina, muy dura, de carbonato de calcio, que permite ser pulida.

Blancos o coloreados por infiltración de sales de hierro u otras.

Son dignos de mención, por su blancura, los mármoles de Carrara (Italia).

Piedra litográfica, masa gris amarillenta, de carbonato de calcio, impurificado con arcilla.

Se deja grabar fácilmente. De allí su empleo en litografía.

Tosca, masas terrosas, de color amarillo rojizo, constituidas por carbonato de calcio, impurificado con arcilla.

Las **silíceas** estarían representadas, principalmente, por el **trípoli**.

Es anhídrido silícico, en polvo, fijado por ciertas algas (1), las diatomeas, para construir sus diminutas habitaciones.

Entre otras rocas sedimentarias, de origen vegetal, tenemos los **combustibles**.

Pertenece a este capítulo el petróleo, el asfalto (véase pág. 189 y los carbones fósiles).

Cuando la putrefacción de un vegetal (2) se realiza lejos de la acción del aire, mientras una parte de su carbono se convierte en anhídrido carbónico, otra parte queda dando origen a los carbones naturales fósiles.

Los carbones fósiles son cuatro: antracita, hulla, lignito y turba.

La **antracita**, tiene 90 % de carbono y 10 % de impurezas.

Arde difícilmente y produce mucho calor.

La **hulla**, tiene 80 % de carbono y 20 % de impurezas.

El **lignito**, tiene 70 % de carbono y 30 % de impurezas.

La **turba**, que es el más reciente en formación, se forma, actualmente, en lugares denominados turberas.

Las turberas son lugares pantanosos, en los cuales los vegetales (musgos principalmente) se descomponen lentamente, gracias a un microorganismo, el "bacilo amylobacter".

En general, se admite hoy que los otros carbones fósiles sean debidos al acarreo y acumulación de troncos, raíces, hojas, etc., transformados en carbones gracias a la presión y a la acción de ciertos microorganismos (bacilo amylobacter, micrococcus lignito, etc.).

Otros depósitos de origen orgánico, son:

(1) Las algas, son organismos vegetales.

(2) Los elementos constitutivos principales de un vegetal son carbono, hidrógeno y oxígeno.

Guano.

Depósitos de excrementos de aves marinas.
Se hallan, principalmente, en el Ecuador, Perú, etc.

Humus.

Capa pulverulenta y superficial de nuestro globo, que sirve de asiento a las plantas.

Está formada por una mezcla de sustancias minerales y restos orgánicos de animales y vegetales.

Tiene un espesor de 1 metro aproximadamente.

Rocas metamórficas.

Son rocas sedimentarias o ígneas que después de su formación, han sufrido cambios, más o menos grandes, en su estructura y constitución.

Estos procesos se verifican, según los autores modernos, en la parte plástica de la tierra, o sea, en la zona cuyo foco de intensidad se hallaría, aproximadamente, a unos 30 kms. de profundidad.

Los factores que los producen son:

a) **Presión**, inmensamente fuerte, debida a todo lo que descansa por encima del lugar indicado.

b) Una **temperatura**, altísima, variable con la profundidad.

c) Un **tiempo**, sumamente largo.

Estos procesos son muy complejos y difíciles de aclarar, de allí que nos limitaremos a indicar que la consecuencia general de este metamorfismo es la **textura paralela** de sus rocas que es **característica** y a la que se le ha dado en llamar: **esquistósida**.

Las rocas metamórficas constituyen, en general, la base de las cadenas montañosas.

Ejemplo: En la República Argentina el macizo cristalino que forma las sierras pampeanas.

Son rocas generalmente cristalinas, de estructura hojosa o pizarrosa.

Principales rocas metamórficas.

Gneis.

Constituido, principalmente, por granos de cuarzo y feldespato, separados por láminas de mica.

Se caracteriza por su aspecto estratificado.

Pizarras.

Formadas por capas finas de arcilla, con numerosos cristales de cuarzo (proviene de las arcillas sedimentarias).

Cuarcita.

Granos de arena silícica, unidos entre sí por un cemento silícico (proviene de las areniscas).

Resumiendo, de acuerdo a la Petrografía, la constitución de la corteza terrestre sería la siguiente (figura 174).

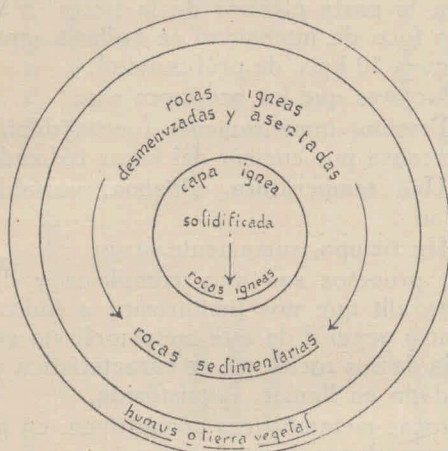


Fig. 174

Trabajos prácticos

Como trabajos prácticos, correspondientes a este capítulo, el profesor puede encargar a cada alumno, la formación de una colección de 5 o más rocas, elegidas entre las más comunes del lugar de residencia.

El alumno guardará cada roca en una cajita, tubo de ensayo, frasco, etc., y presentará un informe escrito sobre la misma.

Podrá elegir, más comúnmente, entre granitos, basaltos, arenas, arcillas, calizas diversas, etc., y para construir su informe podrá consultar las obras superiores de la materia, como por ejemplo: Artini: "Le rocce"; W. Bruhms: "Petrografía"; R. Brauns: "Mineralogía"; Diccionario Enciclopédico, etc., obras que le informarán, ampliamente, sobre su composición, distribución geográfica, aplicaciones, etc.

GEOLOGIA

BOLILLA XIV

La Tierra: Forma, volumen y densidad. Plataformas continentales, continente, plataforma submarina, borde continental. Mar epicontinental. Cuencas oceánicas; talud continental, depresiones y fosas. Enumeración, distribución e ideas generales sobre las plataformas continentales. Enumeración, distribución e ideas generales sobre las cuencas oceánicas.

LA TIERRA: FORMA, VOLUMEN Y DENSIDAD

La Tierra, lugar en que vivimos, forma parte del sistema solar.

Se llama sistema solar al conjunto de cuerpos celestes que se relacionan con el sol.

Ptolomeo, sabio alejandrino del siglo II, sostenía (teoría geocéntrica) que la Tierra ocupaba el centro del universo.

Copérnico, sabio del siglo XV, sostenía (teoría helio-céntrica) que el sol es el centro del sistema solar. Esta es la teoría más aceptada en la actualidad.

Origen de la Tierra.

El origen de la Tierra constituye uno de los más grandes misterios de la creación.

Entre las teorías de carácter científico, emitidas para explicar su origen, la más aceptada hoy día, es la teoría de Laplace, físico, geómetra y astrónomo francés, que vivió en el siglo XVIII (1).

Según Laplace, el sistema solar estaba constituido por una nebulosa, que siendo amorfa al principio, fué posteriormente, condensando su materia por efecto de la atracción.

Al mismo tiempo, adquirió una temperatura elevada y un movimiento de rotación, terminando por formar el Sol, con una masa mucho mayor que la que tiene actualmente.

Estando este Sol constituido por materiales muy poco densos (entre los cuales predominaba el hidrógeno) y gozando de un rápido movimiento de rotación, no tardó en desprender un anillo, que agrupando su materia en un cuerpo esférico, originó el primer planeta y del mismo modo, todos los demás.

(1) Esta teoría había sido enunciada, con anterioridad, por Kant.

Los planetas, a su vez, por un procedimiento semejante, originaron los satélites.

Entre los diversos hechos que corroboran esta hipótesis tenemos el estado actual de Saturno, cuyo anillo puede considerarse como un satélite en vías de formación y el clásico experimento de Plateau, que consiste en hacer una mezcla de agua y alcohol hasta conseguir que tenga la misma densidad que el aceite. Si colocamos en esta mezcla una gota de aceite ésta adopta una forma esférica.

Si a esta esfera de aceite se la atraviesa, en su centro, con una aguja y se hace girar a ésta rápidamente, se verá que la esfera se abulta en el ecuador y termina por desprender un anillo que se rompe y agrupa en una o varias esferas, dotadas también de movimiento de rotación.

Por otra parte, la observación de la cola de los cometas nos permite admitir la existencia, en épocas lejanas, de una enorme masa gaseosa, dado que ella existe hoy, a pesar del enorme frío de los espacios interplanetarios (-273°).

La **Tierra**, planeta donde vivimos, tiene la forma de una inmensa esfera, achatada en sus polos.

No siendo, por consiguiente, una esfera perfecta, se la llama, con más propiedad, esferoide (1).

El radio ecuatorial de este esferoide es de 6378,4 kilómetros. El radio polar es de 6356,9 km., o sea, se diferencia del anterior, en 21,5 km. que es el valor del achatamiento.

Volumen.

Para averiguar su volumen aplicamos la fórmula general para hallar el volumen de una esfera, o sea:

$$\frac{4}{3} \cdot 3,1416 \cdot \text{Radio}^3$$

Lo cual nos da un valor aproximado de kilómetros³
1.082.841.315. ~~100~~

Densidad.

Para conocer su densidad partimos de la relación que existe

(1) Según Lewthian Green, la Tierra se enfría, y por lo tanto, disminuye de volumen, permaneciendo constante su superficie.

Por consiguiente, la primitiva esfera, que es el cuerpo que encierra un mayor volumen en un mínimo de superficie, tenderá a transformarse en un tetraedro, que es precisamente el cuerpo que encierra un menor volumen en un máximo de superficie.

Estas concepciones han permitido al abate Moreux enunciar la teoría que la Tierra, libre de las aguas que llenan sus huecos, presentaría la forma de un tetraedro, en cuyas aristas y vértices estarían las tierras y cuyas caras representarían los mares.

entre las masas, las aceleraciones y las densidades de dos cuerpos, uno de los cuales podría ser la Tierra.

Decimos:

$$\frac{M_t}{M} = \frac{G_t}{G} = \frac{D_t}{D}$$

la masa de la Tierra (M_t) es a la masa de otro cuerpo elegido como término de comparación, como la aceleración de la Tierra (G_t) es a la aceleración del otro cuerpo (G), como la densidad de la Tierra (D_t) es a la densidad del cuerpo tomado como término de comparación.

De acuerdo a esta ecuación, podemos despejar el valor de la masa, diciendo:

$$M_t = M \frac{G_t}{G}$$

que la masa de la Tierra es igual a la masa del cuerpo tipo multiplicada por la relación entre la aceleración de la Tierra y la aceleración del cuerpo tipo y podemos despejar el valor de la densidad, diciendo:

$$D_t = D \frac{G_t}{G}$$

que la densidad de la Tierra es igual a la densidad del cuerpo de comparación multiplicada por la relación entre la aceleración de la Tierra y la aceleración de dicho cuerpo.

Sabemos, además, que la plomada, en la llanura, es atraída por la gravedad terrestre (G_t), en la dirección del radio de la Tierra, pero, en las proximidades de una montaña, esta dirección varía, debido a la atracción (G) ejercida por aquélla.

Ahora bien, (G_t) es fácil de determinar experimentalmente, conociendo la fórmula del péndulo,

$$t = \pi \sqrt{\frac{1}{G_t}}$$

o sea, tiempo es igual a 3,1416 multiplicado por la raíz cuadrada de 1 sobre la gravedad de la Tierra. Se despeja (G_t) y se conoce su valor.

(M), o sea la masa de la montaña, se calcula sabiendo que es igual al peso de la misma sobre la gravedad.

El peso, a su vez, se obtiene multiplicando su volumen por su densidad.

Por consiguiente:

$$M \text{ (masa montaña)} = \frac{P}{Gt} = \frac{V.d}{Gt}$$

Se calcula el volumen de una manera aproximada.

Se calcula la densidad, experimentalmente, en el laboratorio, con trozos de rocas de la montaña.

Faltaría, solamente, determinar (G) y esto se hace, gráficamente, por medio del paralelogramo de las fuerzas.

Conocemos (Gt) fuerza concurrente y la resultante de las atracciones combinadas de la Tierra y de la Montaña.

El problema se limita, pues, a buscar una fuerza concurrente, conociendo una componente y la resultante.

La densidad de la tierra, obtenida por estos procedimientos, nos da un valor medio de 5,56.

Sin embargo, la densidad media de las rocas que constituyen la superficie terrestre, investigada por los procedimientos comunes, no es, nunca, mayor de 2,66.

¿Cómo explicar, entonces, un valor medio tan elevado?

Ha sido necesario admitir, la existencia, en el centro de la tierra, de un núcleo, constituido principalmente por minerales de hierro y níquel de una densidad muy grande, con valores que oscilarían entre 10,54 y 11,30.

Esto explicaría:

$$10 + 2 = 12$$

$$12 : 2 = 6$$

la densidad media igual a 6.

De acuerdo, pues, a lo expuesto, la Tierra estaría formada (figura 175).

- 1.º Por una capa gaseosa que la envuelve, que toma el nombre de **atmósfera** de unos 10.000 mts. de espesor.
- 2.º Por una capa líquida, incompleta, que constituye los mares y toma el nombre de **hidrosfera**, de unos 3.650 mts. de espesor.

10 Km

- 3.º Una capa sólida, que constituye las rocas y que toma el nombre de **litósfera**, de unos 120 kms. de espesor.

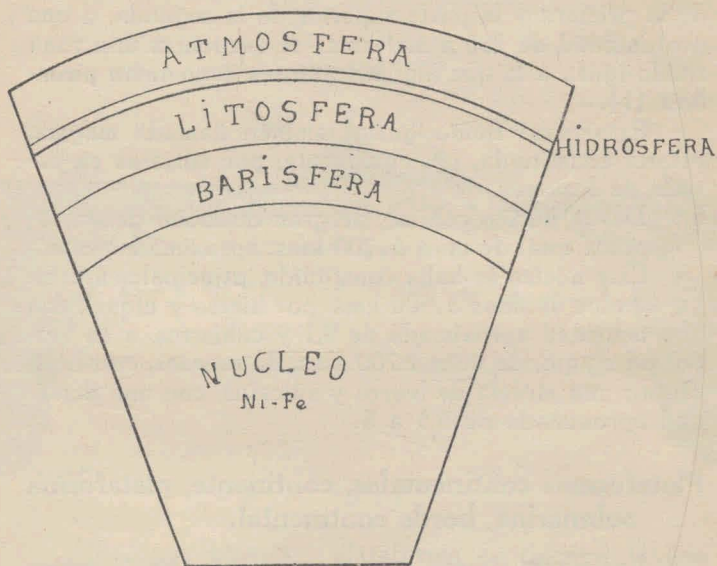


Fig. 175

Esta capa es lo que se llama, comúnmente, corteza terrestre.

La **litósfera** se halla constituida por dos zonas distintas.

La zona más externa, que forma el basamento de los continentes y se halla constituida, principalmente, por combinaciones en las que predominan el **silicio** y el **aluminio**. Por esta razón toma el nombre de **Si-al.**

La zona más profunda, que constituye el fondo de los océanos, es la base de la anterior, y se halla constituida, principalmente, por combinaciones en las que predominan el **silicio** y el **magnesio**. Por esta razón toma el nombre de **Si-ma.**

- 4.º De una capa rocosa profunda, de densidad media igual a 3,4, de un espesor de unos 1.000 kms. llamada **barísfera**.

Entre la litósfera y la barísfera, abarcando el **Sima** de la primera y la parte superior de la segunda, a una profundidad de 100 a 300 kms., se encuentra una zona fluido-ígneas a la que algunos autores denominan **pirósfera** (1).

Esta masa fluido-ígneas, también llamada **magma**, estaría constituida, principalmente, por silicatos en estado de fusión.

- 5.º De un **núcleo** central, de gran densidad de un espesor total de unos 5.200 kms. aproximadamente.

Este núcleo se halla constituido, principalmente, en un espesor de unos 3.500 kms. por hierro y níquel, con una densidad aproximada de 9,1 y cubiertos, a su vez, por un manto, de unos 1.700 kms. de espesor, constituido por una mezcla de hierro y silicatos, con una densidad aproximada de 5,5 a 6.

Plataformas continentales, continente, plataforma submarina, borde continental.

Los mares cubren, aproximadamente, las $\frac{3}{4}$ partes de la superficie terrestre.

Las tierras ocupan la cuarta parte restante.

La superficie terrestre no es uniforme y presenta partes llanas (llanuras) grandes relieves (montañas, me-

(1) Introduciendo un termómetro en un pozo, la temperatura aumenta, a medida que marchamos hacia el centro de la Tierra, a partir de unos 15 metros de profundidad.

Este aumento es, aproximadamente, de 1º por cada 33 metros de profundidad.

Se llama grado geotérmico a la profundidad que hay que bajar para que el termómetro suba un grado, o sea, a los 33 metros.

Por consiguiente, a 40.000 metros de profundidad, el termómetro marcaría una temperatura de 1200º más o menos. Este aumento, no sigue hasta el centro de la tierra, sino hasta la zona llamada pirósfera, por haber admitido la existencia de un núcleo central, formado por minerales muy pesados, cuya densidad compensaría la poca densidad de la corteza terrestre.

setas, etc.), y grandes depresiones (valles, hondonadas, etcétera).

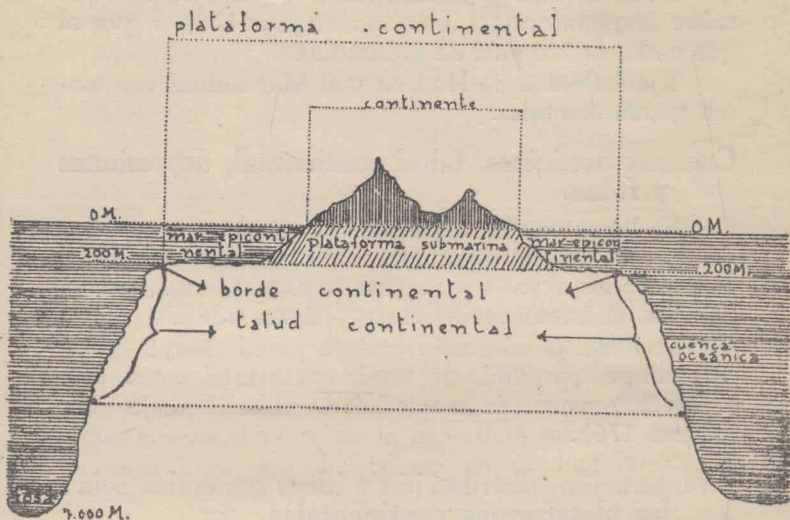


Fig. 176

Se llama **bloque o plataforma continental** (figura 176) a la parte sumergida y emergida de la tierra, que parte de 200 metros bajo el nivel del mar.

Se llama **continente** a la masa de tierra que emerge de las aguas (figura 176).

Se llama **plataforma submarina**, o zócalo continental, la parte de tierra comprendida entre donde comienza la tierra firme hasta los 200 metros de profundidad (1 [figura 176]).

Por consiguiente, la plataforma continental, contiene el continente y la plataforma submarina.

Se llama **borde continental** (fig. 176) a la línea donde termina la plataforma submarina, o sea, a la porción de tierra que se encuentra a 200 mts. de profundidad.

(1) Esta parte se caracteriza, generalmente, por tener una inclinación suave.

Mar epicontinental.

Se llama mar epicontinental a la parte de mar que cubre la plataforma submarina (figura 176), o sea al que va hasta 200 mts. de profundidad.

Ej.: La bahía de Hudson y el Mar Báltico son mares epicontinentales.

Cuencas oceánicas, talud continental, depresiones y fosas.

Se llama **cuenca oceánica**, a los inmensos espacios de tierra, que, en forma de amplios valles, reciben el aporte de las aguas que forman su caudal, o sea, en una palabra, el fondo de los mares (figura 176).

Se llama **talud continental**, la pared abrupta y escarpada que partiendo del borde continental, o sea, desde los 200 metros de profundidad, va hacia abajo (1). (figura 176).

Enumeración, distribución e ideas generales sobre las plataformas continentales.

Si por un momento, nos detuviéramos a contemplar la superficie terrestre, la dividiríamos, fácilmente, en dos partes:

Las aguas, que ocupan el 72 % de la superficie total.

Las tierras que representan el 28 % de la superficie total.

Efectivamente:

Las aguas:

Km² superficie a.

Océano Atlántico y sus mares con.	100.000.000
„ Pacífico	175.000.000
„ Indico	68.000.000
„ Glacial Artico	10.000.000
„ Glacial Antártico	20.000.000
Total	373.000.000

(1) Esta parte se caracteriza por su declive muy pronunciado.

Las tierras:	Km ² superf. aprox.
Europa con	10.000.000
Asia con	43.000.000
África con	30.000.000
América con	42.000.000
Australia	11.000.000
Total	136.000.000

La distribución de tierras y aguas, no es igual en ambos hemisferios.

En el hemisferio Norte, las aguas ocupan el 60 % y las tierras el 40 % de la superficie total, lo cual demuestra que ha habido en este hemisferio, una concentración de tierras.

En el hemisferio Sur, las aguas ocupan el 83 % y las tierras el 17 % de la superficie total, lo cual demuestra para este hemisferio un predominio de las aguas.

Efectivamente, mientras las tierras en el hemisferio Norte, ocupan alrededor de 100.000.000 Km² y las aguas 155.000.000 de Km²; en el hemisferio Sur, las tierras ocupan alrededor de 36.000.000 de Km² y las aguas 218.000.000 de Km².

El polo, o sea, el punto de referencia de la parte terrestre, se encuentra en las cercanías de París.

El polo de la parte oceánica, se encuentra en una isla de Nueva Zelanda, a la que, por esa razón, se ha llamado antípoda.

Las principales plataformas continentales son: América del Sur, América del Norte, África, Eurasia (1), Australia, Antártida, Groenlandia y Madagascar.

La observación superficial de estos continentes nos permite dividirlos en dos clases: continentes simétricos y continentes asimétricos.

Los continentes simétricos son aquellos en los cua-

(1) Eurasia = Europa y Asia.

les las alturas se encuentran en los bordes y las depresiones en el centro. Ej.: Africa y América del Norte.

Los continentes asimétricos son aquellos en los cuales las alturas se encuentran en uno de los bordes y terminan, por el otro borde, en una pendiente suave. Ej.: América del Sur, Australia y Asia.

Consideremos, a los fines geológicos, tres grandes masas continentales, a saber:

- a) Américas.
- b) Europa y Africa.
- c) Asia y Australia.

Estas masas ofrecen las siguientes características.

1.º **Ensanchamiento** de la parte Norte y **disminución** hacia el Sur, para terminar en punta.

2.º Las terminaciones de la parte Sur se encuentran desviadas hacia el Este.

3.º Las masas continentales se presentan **apareadas**, a saber: Europa y Africa; Asia y Australia; América del Norte y América del Sur.

4.º Las masas continentales apareadas, se hallan separadas entre sí por una zona transversal de **depresión mediterránea**. Ej.: entre América del Norte y América del Sur.

Este es el cuadro que se presenta a nuestra vista.

Ahora bien: imaginemos, por un momento, que el nivel actual de las aguas descendiera en unos 200 metros.

¿Qué observaríamos?

Eurasia, Africa y las dos Américas se presentarían soldadas entre sí, constituyendo una masa única, a la que daríamos el nombre de bloque continental.

Sólo continuarían aisladas, la Antártida, Australia y Madagascar.

El canal de la Mancha, el mar del Norte, el mar Báltico, el golfo Pérsico y el mar Amarillo (mares epicontinentales) habrían dejado de existir.

Nueva Zelandia, las islas de Nueva Siberia, Borneo, Sumatra y Java, se verían unidas al Asia.

América del Norte, separada del Asia por el estrecho de Beering, aparecería soldada al Asia por una plataforma que uniría la Siberia Oriental con Alaska.

Las islas Malvinas quedarían unidas a la República Argentina.

Tasmania y Nueva Guinea quedarían unidas a la Australia.

Si, por un momento, con nuestra imaginación en pleno vuelo, hiciéramos, descender las aguas 200 metros más abajo del nivel indicado, el espectáculo sería, aproximadamente, el mismo aunque mucho más compacto.

Australia quedaría unida al bloque continental.

Madagascar, quedaría aún separada del Africa por un pequeño estrecho y el continente Antártico quedaría también aislado.

Resumiendo, quedarían emergiendo sobre las aguas, tres bloques continentales, a saber: el bloque continental (Américas, Asia, Africa, Europa y Australia); el bloque Antártico y el de Madagascar.

Sin embargo, un observador meticulado comprobaría fácilmente que el aspecto de esta enorme masa continental no es homogéneo. Montañas, valles, mesetas, etc., interrumpen su homogeneidad.

Entre las grandes alturas, fáciles a observar veríamos:

En Europa.

En los Alpes, el Monte Blanco de 4.886 metros de altura.

En los montes del Cáucaso, el Elbrouz de 5.646 metros.

En Asia.

En los montes del Himalaya, el Everest de 8.846 metros.

En América del Sur.

Las altas montañas de la Cordillera de los Andes.

Enumeración, distribución e ideas generales sobre las cuencas oceánicas.

Las principales cuencas oceánicas son:

Océano Pacífico.

„ Atlántico.

„ Indico.

„ Artico.

„ Antártico.

El océano Pacífico, es la masa oceánica más antigua. Su formación se remonta al comienzo de la era secundaria. Cubre una superficie de 175.000.000 km² y su profundidad media es de 4.100 metros.

El océano Atlántico tiene una superficie de km². 100.000.000 y una profundidad media de 3.860 metros. Su formación se remonta a las eras terciaria y cuaternaria y se atribuye a hundimientos.

El océano Indico tiene una superficie de 68.000.000 km², y su profundidad media es de 3.940 metros.

Los océanos Artico y Antártico, tienen una superficie de 10.000.000 y 20.000.000 de km² y han sido poco explorados.

El fondo de los mares, o sea, la superficie de las cuencas oceánicas presenta, como las plataformas continentales, mesetas, valles, elevaciones y depresiones.

Sin embargo, en general el fondo del océano no es tan irregular como la superficie del continente.

Recuérdese que mientras el continente sufre la acción de desgaste de los agentes externos, los productos de ese desgaste o erosión son depositados, por las aguas, en el fondo de los océanos, rellenoando sus huecos y dando a su superficie una homogeneidad y una nivelación que le es característica.

Sin embargo, esta nivelación no es absoluta.

Obsérvanse, de trecho en trecho, grandes profundidades y fosas.

Por ejemplo:

La del Mediterráneo occidental de 3.000 metros de profundidad.

La del mar Tirreno de 3.731 metros.

La del Mediterráneo oriental de 4.400 metros.

Entre las dos Américas se observan las fosas del golfo de Méjico, de 3.675 metros, la del Yucatán, de 6.270 metros y la del mar de los Caribes, de 5.261 metros.

Entre Asia y Australia, las del archipiélago Malayo (Zulú, 4.663 metros; Celebes, 5.024 metros; Banda, 5.684 metros).

En el Atlántico, la fosa de la Virgen, de 8.341 metros, a lo largo de Puerto Rico.

En todos estos casos las fosas observadas se encuentran en la perifería de los océanos.

Efectivamente, las más grandes profundidades del océano Indico se encuentran a poca distancia de las islas de Sonda, o sea, en su perifería.

La disposición periférica de las fosas en el océano Pacífico es mucho mayor.

Efectivamente, las fosas del archipiélago de Tongat y las de Nueva Zelanda, con 9.427 y 9.600 metros de profundidad (1); las de la fosa de Alcontran, 7.383 metros y las de la fosa de Atacama, 7.635 metros, son una prueba de ello.

El océano Pacífico se caracteriza por tener el mayor número de fosas y las más profundas.

Resumiendo, de la observación combinada de tierras y océanos, deducimos:

Las más grandes profundidades de los mares, se encuentran en la perifería, o sea, en la proximidad de las costas.

Las mayores alturas de los continentes, se encuentran en la perifería, o sea, en las cercanías de las costas.

Frecuentemente, las mayores profundidades de las cuencas oceánicas se encuentran, justamente, frente a las mayores alturas de los continentes.

Por ejemplo, mientras en Europa, las mayores alturas están representadas por los Alpes y los montes

(1) Las más profundas del mundo.

del Cáucaso, las mayores profundidades están representadas por las depresiones mediterráneas, que se encuentran, justamente, frente a aquéllas.

En Asia, mientras las mayores alturas corresponden al Everest (Himalaya) las mayores depresiones se encuentran, justamente, frente a él y están representadas por las fosas del océano Indico.

Continente Sudamericano

De la observación detenida de la figura 177 se deduce:

1.º La plataforma sudamericana es asimétrica (las alturas en un borde y un declive suave por el otro).

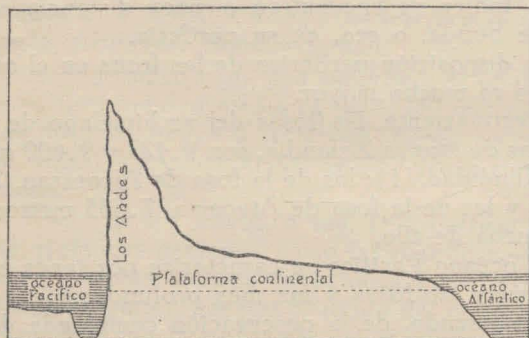


Fig. 177

2.º Frente a las grandes alturas de los Andes se encuentran las grandes fosas de Atacama.

Por consiguiente: toda línea de relieve está constituida por el encuentro de dos vertientes desigualmente inclinadas.

La más abrupta se sumerge hacia una gran depresión (generalmente ocupada por el mar) y la menos inclinada, baja, en forma de ondulaciones sucesivas, que a veces pueden quedar en el continente.

BOLILLA XV

Nociones sobre la vida en los continentes. — La vida en el medio marino; zonas nerítica, batial y abisal.

La característica más saliente que presenta nuestro planeta, es la de ser habitado.

Los habitantes de nuestro planeta pueden ser divididos en dos categorías:

a) Habitantes que viven sobre tierras, a los que llamamos, seres continentales.

b) Habitantes que viven en las aguas, a los que llamamos, seres marinos.

Se llama flora, al conjunto de especies vegetales, que viven en una región.

Se llama fauna, el conjunto de especies animales que viven en una región.

Todo vegetal y todo animal tiene, sobre la Tierra, un lugar del cual es originario; en una palabra, una patria.

Cuando las condiciones del medio le son favorables, podemos encontrarlo a gran distancia de su patria. Decimos que ha emigrado.

Ejemplo: El higo de la India, originario de la India, que crece muy bien en otras regiones.

Ahora bien, la Tierra (como decíamos en la Bolilla XIV de Geología) fué, en su primer momento, una masa incandescente, desprovista de toda manifestación vital.

Esa masa incandescente fué, poco a poco, solidificándose; pero, ¿cómo, de la materia inorgánica, sin vida, que la constituía, pudo nacer el primer ser con vida?

Lo ignoramos y sólo podemos admitir que allí la vida se originó de la materia inorgánica por un proceso que nos es desconocido.

La mayor parte de los autores admite hoy que el primer ser vivo se originó en el fondo del mar y fué vegetal.

El desarrollo de los vegetales, purificó la atmósfera, dándole, poco a poco, la constitución actual y permitió así, el desarrollo de los seres animales.

Nociones sobre la vida en los continentes.

Los animales que habitan la superficie de los continentes, se hallan adaptados a diversos medios de vida.

Los que viven una parte de su vida en el aire, se hallan adaptados al **vuelo**.

Los que viven una parte de su vida en el agua, se hallan adaptados a la **natación**.

Los que pueblan la tierra, se hallan adaptados a la marcha, al arrastre o a la vida arborícola.

Los animales aéreos y los terrestres respiran por pulmones o tráqueas.

Los animales acuáticos respiran por branquias.

Los anfibios respiran por branquias al estado larval y por pulmones al estado adulto y de allí les viene su nombre de anfibios.

A fin de estudiar mejor la vida en los continentes, la subdividimos en diversos capítulos, según las condiciones del medio, a saber:

La vida en el agua dulce.

La vida en el litoral.

La vida en las cavernas.

La vida sobre tierra firme.

La vida en el agua dulce

Los **vegetales** que predominan en este medio, son indiscutiblemente, los bacterios, las algas cianofíceas y muchas fanerógamas angiospermas.

La **fauna** que predomina en ese medio, es esencialmente marina, pero mucho más pobre, en especies, que la fauna de los océanos. Encontramos en él, espongiarios, crustáceos, peces, batracios y algunos mamíferos marinos.

La vida en el litoral

Los factores que caracterizan el litoral son: un aire rico en emanaciones salinas y un suelo rico en sales, junto con un exceso de agua.

La **flora** de estas regiones, se caracteriza por estar formada de vegetales arborescentes que crecen en las

partes que, durante la alta marea, permanecen bajo el agua.

Observados a marea alta, apenas dejan ver coronas de follajes y observados a marea baja, dejan ver un intrincado laberinto de troncos, raíces y hojas.

La **fauna** de estas regiones comprende:

a) Seres marinos, que pueden resistir una doble emersión diaria, con marea baja.

b) Seres continentales, organizados para una inmersión completa o parcial durante la marea alta.

La vida en cavernas

La vida, en este medio, se caracteriza por la falta de luz, o sea, por la obscuridad.

La vida es allí eminentemente **obscurícola**.

Vegetales, casi no existen.

Los **animales** superiores son raros, pero abunda toda una fauna de animales inferiores, adaptados a la vida en las tinieblas.

Como consecuencia de la obscuridad, los tegumentos de estos animales son sin color y los ojos han desaparecido, mientras sus otros sentidos han adquirido un gran desarrollo.

Son animales, generalmente, ciegos:

La vida sobre la tierra firme

La vida sobre la tierra firme adquiere un gran desarrollo.

Sobre ella viven todos los vegetales, menos las algas.

Sobre ella viven casi todos los animales, menos los animales inferiores, como ser, protozoarios, espongiarios, equinodermos y los peces.

Los vermes son animales de agua dulce y terrestres.

Los moluscos terrestres, se reducen a ciertos gasterópodos del género *Hélix* (los caracoles).

Los batracios son, esencialmente, anfibios.

Entre los reptiles terrestres tenemos los ofidios.

Todos los mamíferos superiores son terrestres con excepción de tres órdenes (los cetáceos, los sirenianos y los pinnípedos).

El hombre habita la tierra firme y sobre ella se distribuye de acuerdo a sus gustos e inclinaciones.

En las llanuras, por ejemplo, se concentran las poblaciones permanentes.

Las principales causas que determinan esta preferencia son: la bondad del clima y las fáciles vías de comunicación.

En las llanuras se extienden los grandes cultivos y se establecen los criadores de ganados.

La acción benéfica del sol, los ríos y las lluvias, comunican a estas tierras una fertilidad asombrosa y un ejemplo de las mismas, bien conocido, es el de nuestra Pampa.

En los valles, especialmente en aquellos que cuentan con buenas y fáciles vías de comunicación, la vida no difiere de la que caracteriza a los hombres de la llanura.

En los desiertos, la vida sólo se presenta en los oasis, regiones donde existe el agua y en las cuales, por consiguiente, la vegetación se manifiesta en abundancia.

La montaña, a cuyo pie y en cuyos vastos pliegues se aglomeran las ciudades activas y laboriosas.

Las grandes alturas casi inhabitadas, inaccesibles, cuyos escasos pobladores toman del ambiente agreste y alejado del mundo, su fisonomía característica.

En resumen, no debemos olvidar que la influencia de la vegetación y del relieve del suelo, se reflejan, de un modo efectivo, sobre el carácter, las costumbres y los medios de vida de los pueblos.

Ahora bien, la distribución geográfica de todos estos individuos vegetales y animales se hace de acuerdo a una serie de factores que se indican a continuación.

Factores edáficos.

Se llaman factores edáficos a los que dependen de la naturaleza del suelo.

Según la composición química del suelo que prefieren, dividiremos los **vegetales** en:

Vegetales **calcícolas**, que viven bien sobre suelos calcáreos, ricos en carbonato de calcio.

Vegetales **silícícolas**, que viven bien sobre suelos silícicos.

Vegetales **halófitas**, que viven bien sobre suelos salinos.

Influyen también, y mucho, los factores físicos del suelo y sobre todo, su permeabilidad, que lo hace más o menos húmedo.

Los factores edáficos no tienen mayor importancia en la distribución geográfica de los **animales**.

Se exceptúan, para el caso, los moluscos terrestres, que buscan, preferentemente, los terrenos calcáreos, porque le suministran el carbonato de calcio necesario para construir su caparazón.

Factores climáticos.

Son los que dependen de la humedad, la temperatura y la luz.

Son los factores más importantes en la distribución geográfica de los seres vivientes sobre la superficie terrestre.

Según la mayor o menor necesidad de agua, dividimos los **vegetales** en:

Vegetales **xerófilos**, organizados para vivir en una atmósfera seca.

Vegetales **hidrófilos**, organizados para vivir en una atmósfera húmeda.

Vegetales **tropófilos**, organizados para vivir, la mitad del año, en un clima muy húmedo y la otra mitad, en un clima muy seco (condiciones de vida características de los trópicos).

La **temperatura** actúa sobre los vegetales como factor eliminatorio.

Cada planta vive entre tales y tales grados de temperatura. Fuera de ellos no puede vivir.

La luz, es un factor capital en la vida de los vegetales.

Sin luz, no hay clorófila; sin clorófila no hay asimilación clorofílica y, sin asimilación clorofílica, el vegetal se hace parásito.

Si el clima es el factor principal que regula la distribución de los vegetales, las zonas climáticas corresponderán a las regiones botánicas.

Partiendo de este concepto dividiremos la tierra firme en cinco grandes zonas botánicas, que corresponden a las cinco grandes zonas climáticas (figura 178), a saber:

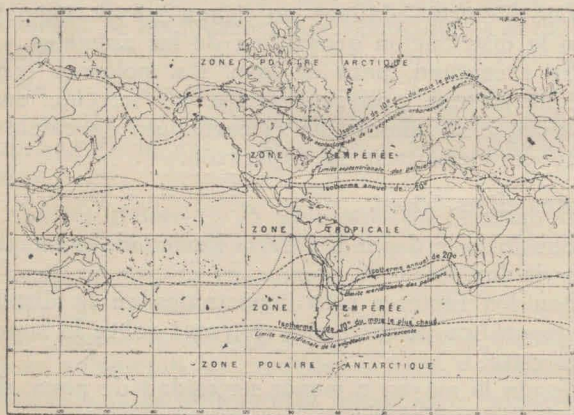


Fig. 178

Zona polar ártica (líquenes y musgos), que comprende el casquete polar ártico hasta la isoterma 10° , o sea, hasta la línea que une los puntos cuya temperatura media del año no pasa los 10° , o sea, la línea de la vegetación arborescente.

Zona templada, del hemisferio Norte (bosques de árboles con hojas persistentes y hojas caducas hasta los desiertos) va desde la isoterma 10° hasta la isoterma 20° , o sea, el límite septentrional de las palmeras.

Zona tropical (bosques de árboles de vegetación tropófila), que abarca desde la isoterma 20° del hemisferio Norte hasta la isoterma 20° del hemisferio Sur, encerrando en su medio, al Ecuador.

Zona templada, del hemisferio Sur, que va desde la isoterma 20° hasta la isoterma 10° .

Zona polar antártica, que comprende el casquete polar antártico, desde la isoterma 10° en adelante (1). (Flora: criptógamas. Fauna: pájaros marinos).

Los agentes climatéricos juegan, en la distribución geográfica de los animales terrestres, un papel menos importante.

Además, los animales pueden moverse, trasladarse de un punto a otro y esa movilidad les permite repartirse en forma más homogénea sobre la superficie terrestre.

En esta tarea de emigración sólo los detienen obstáculos insalvables, como ser: mares, altas montañas y desiertos, y son precisamente estos obstáculos los que, junto con todos los demás factores, limitan su distribución sobre la tierra firme (2).

Teniendo en cuenta estas razones dividimos la tierra firme en:

Zona oloártica (Europa, Asia septentrional, etc.).

Zona etiópica (Africa, Arabia y Siria).

Zona indomalaya (Archipiélago indomalayo, Filipinas, etc.).

Zona mejicana (Méjico y Estados Unidos).

Zona sudamericana.

Zona de Madagascar.

(1) Todas estas zonas se corresponden en ancho y en alto. Efectivamente, las zonas que encontramos partiendo del Ecuador y marchando hacia el polo, son las mismas que encontramos si, saliendo de la base de una montaña ecuatorial, marchamos hacia su cima más elevada.

(2) La existencia de faunas semejantes, en terrenos separados hoy por alguno de estos obstáculos, se explica, admitiendo que dichos terrenos, en épocas geológicas anteriores, hayan estado unidos entre sí,

Zona australiana (Australia, Polinesia, Melanesia, etcétera).

Otra división, también muy generalizada, sería la siguiente:

Región ártica y antártica, comprende las tierras de los círculos polares ártico y antártico.

Región etiópica, comprende Africa meridional, Arabia y Madagascar.

Región australiana, comprende Nueva Zelandia, Australia y Polinesia.

Región paleártica, comprende la zona que va desde las regiones polares hasta Sahara, Arabia e Himalaya y de Este a Oeste, desde las islas Británicas hasta el Japón.

Región indiana, comprende Ceylán, Indochina y Malasia.

Región tropical, comprende Méjico, Antillas y América del Sur.

La fauna característica de cada una de estas regiones es difícil de precisar; de allí que para evitar confusiones inútiles en el alumno, prefiera suprimir el detalle.

LA VIDA EN EL MEDIO MARINO

El estudio de los caracteres físicos del medio marino constituye una parte importantísima de la oceanografía.

La característica del medio marino es la de contener una cierta cantidad de sales en disolución.

La **proporción** de estas sales es **variable**, pero oscila alrededor de un 3 a 3,5 %.

Las principales sales que se encuentran en disolución en el agua del mar son:

Cloruro de sodio, constituyendo un 77 % de la totalidad de las sales.

Cloruro de magnesio, constituyendo un 10 %.

Sulfato de magnesio, constituyendo un 5 %.

Sulfato de calcio, constituyendo un 3 %.

Sulfato de potasio, bromuro de magnesio y otras en menor proporción.

La proporción de sales que puede contener un agua de mar es variable y depende del mayor o menor aporte de agua dulce, que pueda recibir de ríos, glaciares, lluvias, etc., y de la mayor o menor evaporación.

A mayor temperatura se produce una mayor evaporación de agua.

Por consiguiente, a mayor evaporación corresponde un aumento en la proporción de las sales que contiene.

Ejemplo: Las aguas de las regiones cálidas (Ecuador) son más saladas que las de las regiones frías (polos).

El agua de mar debe su sabor salado al cloruro de sodio y su sabor amargo al sulfato de magnesio.

Además de las sales, el agua de mar contiene gases en disolución, como ser:

Nitrógeno, un 65 %.

Oxígeno, un 35 %.

Anhidrido carbónico en una proporción que varía con la intensidad de la vida animal (1).

Estos son los componentes principales del agua de mar y como tales influyen en las condiciones de vida del medio marino.

No siempre, el mar, presenta las mismas coloraciones.

A veces, su cambio de color se debe, en parte, a la temperatura; así las aguas calientes son azuladas y las frías son verdosas.

Otras, en cambio, hay que atribuirlo a la presencia de materiales en suspensión o en disolución, que revelan su acción erosiva.

Ejemplo: El mar amarillo debe su color al aporte continuo del Río Amarillo, que debe su color a los materiales amarillos del suelo que cruza.

(1) Recuérdese que las aguas de los mares contribuyen a mantener el tanto por ciento normal de anhidrido carbónico del aire, disolviendo el exceso.

En la desembocadura del Amazonas las aguas son rojizas, debido a la presencia de ejemplares de la fauna marina que tienen ese color.

Existen, además, otros factores físicos que, al actuar sobre el medio, modifican sus aptitudes para la vida.

Estos factores físicos son:

- a) La temperatura.
- b) Los movimientos de las aguas.
- c) La presión.
- d) La luz.
- e) La naturaleza del fondo.

La temperatura.

Dado el elevado calor específico del agua, ésta se calienta muy lentamente, bajo la acción de los rayos solares y sus variaciones de temperatura son muy pequeñas.

Las temperaturas más elevadas, observadas en el mar, alcanzan apenas los 32° y las más bajas oscilan entre -3° y $-3,5$ grados.

Siendo las aguas frías más densas que las aguas calientes, aquéllas descienden, dando nacimiento a una circulación, extremadamente lenta, pero que permite renovar el oxígeno, necesario para la vida en las grandes profundidades del océano.

Los movimientos de las aguas.

Además de la circulación lenta, que acabamos de mencionar, las aguas marinas sufren, también, la acción de causas externas que las ponen en movimiento.

Estas causas externas son:

- a) La atracción del sol y de la luna, que produce las mareas, y
- b) La acción del viento que produce las olas.

Estos movimientos permiten el traslado de los seres que viven en el medio marino a grandes distancias.

Las mareas son debidas a la acción conjunta del sol y de la luna.

La acción más intensa es la de la luna, por ser la más próxima; pero, sin embargo, no se manifiesta igualmente en toda la superficie de la Tierra.

Efectivamente, dada la enorme distancia, la atracción se hace más intensa en el punto más cercano a la luna, en detrimento del más lejano.

Por consiguiente, mientras en el punto más cercano, se produce una elevación **alta marea** (pleamar), en el más lejano se efectúa el fenómeno inverso, o sea, el de **baja marea** (bajamar).

La acción de los vientos produce el movimiento de la superficie (**olas**).

Este movimiento se propaga en forma ondulatoria y depende de la intensidad de los vientos, de la extensión de los mares y de la densidad de las aguas.

Las olas, alcanzan, en algunos lugares, dimensiones apreciables. Ejemplo: en el océano Indico, con una altura de unos 80 metros.

La presión.

Otro de los factores, que intervienen en la vida marina, es la presión.

A medida que el ser vivo desciende hacia el fondo del océano, la presión que soporta aumenta considerablemente (1) y las variaciones soportadas pueden llegar hasta centenares de atmósferas.

Sin embargo, la disposición especial de sus órganos, permite, a los seres marinos, resistir impunemente, estas bruscas variaciones de presión.

La luz.

La luz, otro de los factores que determinan variaciones en la vida marina, penetra e ilumina las capas superiores de los mares hasta un cierto límite, que os-

(1) Una atmósfera cada 10 metros, aproximadamente.

cila alrededor de los 400 metros de profundidad, debajo del cual reina la más profunda obscuridad.

La ausencia de luz, en las profundidades marinas, ha traído como consecuencia, para los animales que viven en ella, una atrofia, más o menos completa de sus órganos visuales, comparable a la que mencionamos para los seres que vivían en las cavernas.

Naturaleza del fondo.

Existe, por último, un factor que también influye sobre las condiciones de vida del medio marino y es la naturaleza del fondo del mar.

La modificación de las condiciones físicas del fondo, trae aparejada, como consecuencia, una modificación correlativa de la fauna y la flora que lo habita.

Según el lugar que habitan, preferentemente, dividimos los seres marinos en:

- a) Organismos **litorales**, que habitan las costas y sus inmediaciones.
- b) Organismos **pelágicos**, que habitan en alta mar.

Algunos animales y vegetales (protozoarios, algas, diatomeas, etc.), son muy tenues y **flotan** en el agua arrastrados de un punto a otro, por **carecer de medios de locomoción**.

Estos seres constituyen lo que llamamos el **plankton** (1).

Otros organismos, **dotados de poderosos medios de locomoción**, pueden desplazarse a voluntad.

Estos seres constituyen lo que llamamos el **necton**.

Finalmente, hay seres que **no flotan** y que **viven en el fondo del mar**, ya sea fijos (esponjas, corales, etc.), ya sea libres.

Estos seres constituyen lo que llamamos el **bentos**.

La riqueza animal y vegetal de los mares es insospechada.

(1) Zooplancton, si se trata de animales.
Fitoplancton, si se trata de vegetales.

"Sumergirse en las profundidades del océano, escribe Maury, es entrar repentinamente en el reino de los encantamientos maravillosos más espléndidos, más incomparables que puedan caber en la imaginación humana. Parece como si uno se hallara en el país de las hadas; aquí bosques fantásticos, allá magníficos astros y meandras, más lejos madreporas con sus complejas complicaciones y alargadas ramificaciones, que unas veces se levantan y otras proyectan árboles entrelazados. Por todas partes el color deslumbra, centellea y refleja".

Zona nerítica, batial y abisal.

Según la profundidad de las aguas en que viven, esos organismos, dividimos el medio marino, en tres zonas.

Zona nerítica.

Zona batial.

Zona abisal.

Zona nerítica.

Comprende la zona que va desde la superficie hasta los 200 metros de profundidad (figura 179).

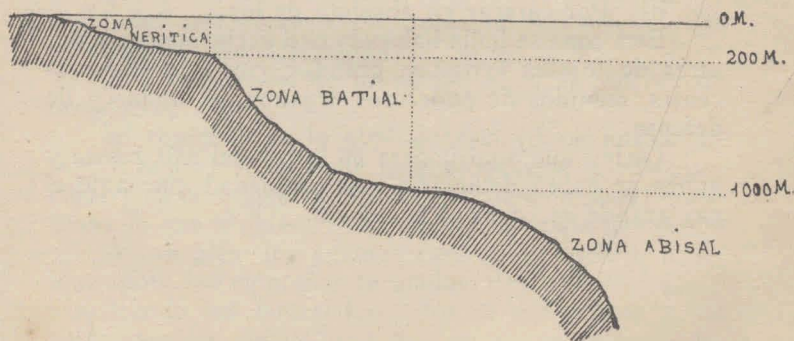


Fig. 179

Se caracteriza:

a) Sus aguas están siempre agitadas.

b) Su **temperatura variable**.

c) **Muy bien iluminada**.

Organismos animales característicos: los peces.

Organismos vegetales característicos: las **algas** verdes y pardas.

Zona batial.

Comprende la zona que va desde los 200 metros hasta los 1000 metros de profundidad (figura 179).

Se caracteriza:

a) Sus **aguas sólo agitadas por las corrientes marinas**.

b) Su **temperatura es constante**.

c) **Poca luz**.

Organismos animales característicos: **crustáceos, cefalópodos y peces**.

Organismos vegetales característicos: **algas rojas**.

Zona abisal.

Comprende la zona que va desde los 1000 metros hasta las grandes profundidades (figura 179).

Se caracteriza:

a) Por ser el **agua muy fría**.

b) Por **carecer en absoluto de luz**.

Esta zona se halla habitada casi exclusivamente por seres de formas extrañas, grandes, ciegos o fosforescentes, munidos de poderosos órganos de ataque y de defensa.

La ley que aquí impera es la ley del más fuerte y nunca se habrá dicho con más propiedad que: aquí el pez grande se come al pez chico.

BOLILLA XVI

Ciclo de los fenómenos geológicos, gliptogénesis, litogénesis y orogénesis.

Ciclo de los fenómenos geológicos, gliptogénesis, litogénesis y orogénesis.

Los agentes exteriores que actúan sobre la corteza terrestre, son: el aire, la lluvia, el mar, los animales, etcétera.

Estos agentes actúan, constantemente, sobre la superficie terrestre, erosionando y denudando, o, con otras palabras, desmenuzando y arrastrando por medio de las aguas, los materiales de la corteza terrestre.

Este desmenuzamiento y arrastre toma el nombre de **gliptogénesis**.

Los materiales, arrastrados por las aguas de los ríos, se sedimentan, constituyendo los estratos y dan origen a las rocas.

Esta formación de rocas (lithos = piedra) toma el nombre de **litogénesis**.

Las rocas (así formadas, bajo la acción de fuerzas especiales, que veremos más adelante, dan origen a las montañas (oros = montaña).

Esta formación de montañas toma el nombre de **orogénesis**.

El conjunto de la gliptogénesis (desmenuzamiento y arrastre) seguido de la **gliptogénesis** (sedimentación) y de la orogénesis (formación de montañas) constituye lo que se llama, vulgarmente, un **ciclo geológico**.

Ahora bien: los agentes exteriores, vuelven a actuar sobre las montañas formadas, desmenuzándolas y arrastrando sus materiales, éstos se sedimentan y así sucesivamente, dando origen a un nuevo ciclo geológico.

Según Haug: "La historia de la Tierra no es otra cosa que la historia de los ciclos geológicos".

Desde que se depositaron los primeros sedimentos con fósiles reconocibles sólo se han sucedido cuatro grandes ciclos de fenómenos geológicos.

Uno, que corresponde a la era primaria.

Otro, que corresponde a la era secundaria.

Otro, que corresponde a la era terciaria.

Y un cuarto, que correspondería a la era cuaternaria, actualmente en formación.

Esto no quiere decir que el primer ciclo sea realmente el primero, ni que el actual sea, en realidad el último.

Todos los fenómenos que se verifican, durante los ciclos geológicos, son debidos a los agentes geológicos.

Se llama agentes geológicos a los diversos factores naturales que, al actuar sobre la corteza terrestre, modifican su aspecto.

Los agentes geológicos pueden ser: exógenos y endógenos.

Se llaman agentes **exógenos**, los que actúan sobre la superficie terrestre, o sea, en el exterior y sus acciones geológicas toman el nombre de epigénicas, porque actúan de afuera hacia adentro de la corteza.

Se llaman agentes **endógenos** los que actúan en el interior de la tierra y las acciones, que ellos provocan, se llaman **hipogénicas**, porque van de adentro hacia afuera de la corteza terrestre.

Los agentes exógenos producen la gliptogénesis y la litogénesis.

Los agentes endógenos producen la orogénesis.

Los agentes exógenos se subdividen en: atmosféricos, ácueos y biológicos.

AGENTES ATMOSFERICOS

La atmósfera, mezcla de nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico y vapor de agua, principalmente, tiene, sobre la tierra, dos acciones: una destructora y otra constructora.

La acción destructora, es debida:

a) A una acción mecánica.

Esta acción es una consecuencia de las variaciones bruscas de temperatura.

De día, las rocas, bajo la acción del calor solar, se dilatan.

De noche, pierden calor, se enfrían y, por consiguiente, se contraen.

Esta dilatación y contracción brusca, cuartea y rompe las rocas en trozos más pequeños, originando los **canchales** o **pedregales** (figura 180).



Fig. 180

Además, cuando el viento sopla con fuerza, arrastra partículas de rocas y las proyecta sobre otras rocas, desgastándolas (figura 181).



Fig. 181

La figura 181 indica cómo las facciones de la gran Esfinge de Giza (Egipto) van siendo borradas por la acción erosiva de la arena, transportada por el viento.

b) A una **acción química**.

Esta acción es producida por el vapor de agua, el oxígeno y el anhídrido carbónico del aire.

El agua, hidrata ciertas rocas y las desmenuza, haciéndolas incoherentes.

El oxígeno, oxida los minerales, transformando los metales en óxidos y los compuestos al mínimum en compuestos al máximium.

El oxígeno y el anhídrido carbónico del aire, al actuar sobre el feldespato ortosa (silicato doble de aluminio y potasio) masa coherente, transforman la parte potásica en carbonato de potasio y dejan como residuo, el silicato de aluminio (arcilla) que es una materia incoherente.

El vapor de agua y el anhídrido carbónico del aire, actúan sobre los carbonatos insolubles, para transformarlos en carbonatos ácidos solubles, que pasan, en solución, a las aguas de los ríos, mares, etc. (véase: "Estalagmitas y estalagmitas").

Acción reparadora.

Las partículas, arrancadas de las rocas por la acción del viento, caen, cuando cesa la fuerza impulsiva del viento o al chocar contra un obstáculo, originando depósitos de espesor variable.

Ejemplo: El viento actúa sobre terrenos sin vegetación, formando nubes de polvo, que se depositan y constituyen el **loes**.

Otras veces, un fuerte viento, arrastra nubes de arena que, al chocar contra un pequeño obstáculo, originan un montículo de arena llamado **dunas** o arenas voladoras.

Las arenas arrastradas por el viento, al chocar contra el obstáculo, caen delante y a los lados del mismo, hasta llegar casi a cubrirlo (figura 182).

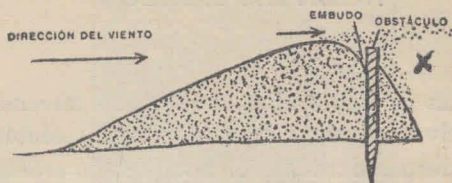


Fig. 182

Desde este momento, los granos más pesados, impulsados por el viento, caen por el lado opuesto del obstáculo, originando una pendiente brusca (x) y los más finos y livianos son arrastrados y van a formar, mas lejos, otras dunas.

Las dunas pueden ser: litorales y continentales.

Se llaman **dunas litorales**, las que se hallan a la orilla del mar.

Se llaman **dunas continentales**, las que se hallan en el interior de los continentes.

Las dunas de gran movilidad se llaman **dunas móviles** o **vivas** y son muy peligrosas, pues pueden llegar a destruir poblados y sembrados.

Las dunas que no tienen movilidad se llaman **dunas fijas** o **mueratas** y no son peligrosas.

Para fijar una duna se utilizan vegetales que pueden vivir en la arena y cuyas raíces forman una especie de red, que impide el desplazamiento de la arena.

Entre los vegetales más empleados tenemos el barrón (*psamma arenaria*) *Euphorbia*, eucalipto, pinos, etcétera.

Para terminar, no debemos tampoco olvidar que la atmósfera, cual capa gaseosa que nos envuelve, actúa como envoltura protectora impidiendo que el calor solar llegue con demasiada intensidad a la superficie terrestre y almacenándolo en su masa para devolverlo, lentamente, de noche, evitando así los cambios bruscos de temperatura.

AGENTES ACUEOS

El agua.

El agua de lluvia al caer sobre un terreno, arranca y disuelve las rocas más blandas y solubles.

Este desgaste recibe el nombre de **erosión**.

Los materiales erosionados son arrastrados por el agua de los ríos, torrentes, etc.

Este arrastre toma el nombre de **denudación**.

El conjunto de la erosión y de la denudación, toma el nombre de **ablación**.

Ejemplos de rocas erosionadas por la acción combinada del agua y del viento (figuras 183, 184, 185 y 186).



Fig. 183



Fig. 184



Fig. 185



Fig. 186

Piedra movediza del Tandil (caída en 1915).

El agua de lluvia, al caer, por las pendientes de una montaña, va erosionando y denudando las rocas por donde pasa (figura 187).



Fig. 187

Zanjas formadas por efecto de la erosión y denudación de las aguas de lluvia en terrenos blandos.

Esta erosión y denudación es tanto mayor, cuanto mayor sea el declive y mayor la fuerza de la corriente.

Los mismos materiales arrastrados aumentan la fuerza erosiva y denudadora de la corriente, puesto que, al chocar con otras rocas, arrancan nuevos trozos, dando origen a profundos barrancos.

Ejemplo: El gran Cañón del Colorado (EE. UU.) cuyas paredes alcanzan a 2.000 metros de altura y en cuyo fondo corre impetuoso el río.

Estos **cañones** se forman, generalmente, al pie de caídas de grandes masas de agua.

Un guijarro, llevado por la corriente de agua, encuentra, al pie de la caída, un hueco del suelo y es re-

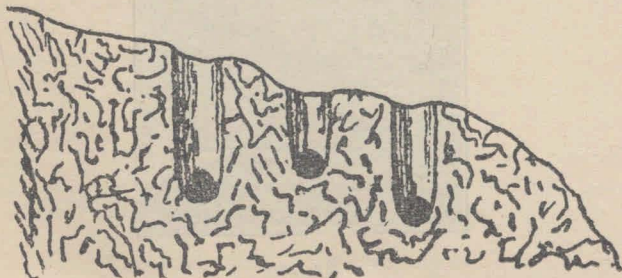


Fig. 188

tenido (figura 188). Las nuevas masas de agua al caer le comunican un movimiento de rotación que favorece el rápido desgaste y origina el cañón.

También se originan así, las **cataratas** o **cascadas**, que consisten en bruscos desniveles existentes en el lecho de un río o de un arroyo.

Estos desniveles pueden ser debidos a fallas del terreno o a la erosión, producida por el agua, al caer sobre otra roca que, por ser más blanda, se ha dejado erosionar primero.

Ejemplo: la catarata del Niágara (EE. UU. [figura 189]).

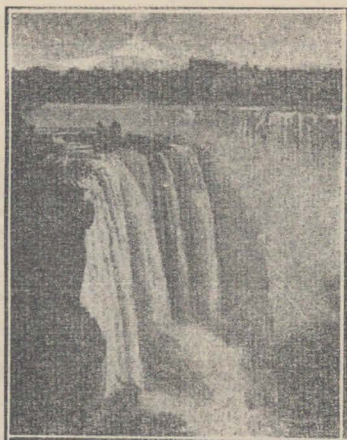


Fig. 189

El río que sale del lago Erie y se dirige al lago Ontario, forma, a mitad camino, una caída de 55 metros de altura. El agua, al caer, desgasta las rocas superiores del borde saliente y las precipita hacia abajo. Por consiguiente, el borde superior de la catarata retrocede constantemente.

El retroceso se calcula en 33 cms. por año (1).

Se llaman rápidos a las pequeñas cascadas.

(1) De allí que para formar el cauce actual de 12.000 metros han sido necesarios unos 36.000 años!

Acción constructora.

Cuando la fuerza de la corriente disminuye, sea porque llega a sitios de menor pendiente, sea porque las lluvias cesan, los materiales, que las aguas llevan en suspensión, se sedimentan en el orden de sus densidades.

Los terrenos, formados por sedimentación mecánica de los materiales arrastrados por las corrientes de los ríos y de los arroyos, toman el nombre de **terrenos de aluvión**.

En esta última parte del río su declive es muy pequeño y se forman **recovecos** o **meandros** (figura 190).



Fig. 190

Resumiendo:

En la **primera parte** de un curso de agua (curso superior) = declive muy pronunciado = mucha erosión y arrastre (cataratas, cañones, etc.).

En la **segunda parte** (curso medio) = declive menos pronunciado = menos erosión y arrastre (rápidos).

En la **tercera parte** (curso inferior) = declive casi nulo = sedimentación (terrenos de aluvión, recovecos y meandros) (1).

(1) En el río Uruguay son perfectamente visibles las tres secciones. El curso inferior, que comprende la parte que va desde su desembocadura en el Plata hasta Fray Bentos; el curso medio, que va desde Fray Bentos hasta Concordia, y el curso superior, que va desde Concordia hasta su nacimiento.

Los ríos desembocan en los mares por una escotadura de la costa, que recibe el nombre de **estuario** y los materiales, que llevan en suspensión, se depositan allí donde la fuerza de la corriente del río se equilibra con la fuerza de las corrientes del mar.

Cuando el mar posee fuertes corrientes, paralelas a la costa, se forma, frente a la desembocadura, un depósito movable que recibe el nombre de **barra**.

Cuando las corrientes paralelas a la costa son muy débiles, los materiales, arrastrados por el río, se depositan en su desembocadura, constituyendo terrenos de aluvión, de forma triangular, con el vértice vuelto hacia el río y la base hacia el mar.

Este depósito toma el nombre de **delta**.

El mar es, también, un poderoso agente de denudación y erosión (figura 191).



Fig. 191

Las olas, al estrellarse violentamente contra las rocas de la costa, arrancan los materiales blandos y los proyectan, a su vez, sobre otras rocas, socavándolas también.

Todos los materiales arrancados a las rocas de la costa se sedimentan por orden de densidades, quedando, las arenas gruesas, en las proximidades de la costa,

mientras las arenas finas y el barro van a sedimentarse mar adentro.

El agua sólida constituye, también, un poderoso agente de destrucción.

Las nieves, representadas por el agua sólida y cristalizada, caen sobre los terrenos, se funden por la acción del calor y van a engrosar el caudal de los ríos y de los arroyos.

Las cúspides de las altas montañas, cubiertas constantemente de nieve se llaman regiones de las **nieves persistentes**.

Cuando una masa de nieve se desprende de una montaña y va rodando por sus laderas, aumentando gradualmente de volumen, pues engloba nuevas cantidades de nieve y todo lo que encuentra a su paso, constituye lo que se llama un **alud** o **avalancha**.

Nada detiene su paso; todo lo arrastra; fácil será comprender la poderosa acción destructora de semejante individuo.

Otra forma de presentación del agua sólida es el **glaciar**.

Cuando las nieves persistentes se acumulan en las depresiones, rodeadas de altas cimas, sufren una transformación y se convierten en nevé o neviza (1), que es una masa con aspecto de nieve, pero constituida por un hielo de estructura granuda.

La neviza se desliza lentamente, gracias a la pendiente, y cuando llega a zonas inferiores, donde la temperatura es algo más elevada, funde y vuelve a solidificarse, convirtiéndose en un hielo coherente y azulado que constituye el glaciar.

(1) La nieve acumulada en las altas cumbres, al no fundirse, termina por adquirir grandes espesores. Las capas inferiores, debido a la presión que ejercen sobre ellas las capas superiores, pierden una cierta cantidad de aire, que tenían encerrado en sus cristales, y se transforman en nevé o neviza.

Efectivamente, observando, a través de sus grietas, un campo de nevé, se observa que ella está formada por capas, de granulación distinta, que representarían la nieve caída en cada nevada.

Se llama **glaciar**, a una gran masa de agua congelada, de estructura especial, debida al rehielo y dotada de un movimiento semejante al de los ríos y torrentes, pero mucho más lento (figura 192 [1]).



Fig. 192

Se llama **lengua del glaciar** a la porción alargada del glaciar que baja entre las paredes de un valle.

A medida que el glaciar avanza va englobando en su masa, trozos de rocas, cantos estriados, que al ro-

(1) De dos centímetros a un metro por día.

Para explicar el movimiento de un glaciar, admitimos con Tyndal, que las partes profundas, por la presión que ejerce su masa, se agrietan y dan lugar a la fusión de una pequeña cantidad de agua que se escurre hacia abajo, encuentra otras grietas, las llena y vuelve a solidificarse, por el frío del glaciar. Y así sucesivamente.

El choque del glaciar con otras piedras, funde una pequeña cantidad de agua y repite el fenómeno.

A fin de calcular el movimiento de un glaciar, el conocido geólogo suizo Martins, construyó, en el verano del año 1827, una choza en el glaciar de Unteraar.

Al cabo de 3 años la choza se había desplazado unos 100 metros; al cabo de 6 años unos 716 metros y fué encontrada más tarde, por Arassiz, a unos 1432 metros del punto donde fuera construida.

zar contra las paredes y el fondo del valle por donde se deslizan, lo van erosionando.

La erosión, producida por el glaciar sobre las rocas que constituyen el valle, se caracteriza por numerosas estrías que les han valido el nombre de **rocas aborregadas** (figura 193).

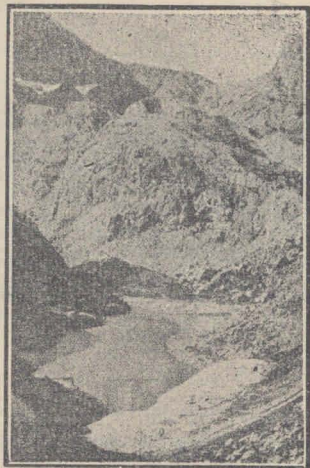


Fig. 193

Se llaman **bloques erráticos** a trozos grandes de rocas que caen sobre el glaciar y son llevados por éste a gran distancia y sin sufrir estriación de ninguna especie.

Se llaman **morrenas** o **morenas** las acumulaciones de cantos estriados y barro, transportadas por un glaciar.

Cuando un glaciar llega a una región donde reina una temperatura constante superior a 0° , el hielo se licúa y el agua resultante origina un río o un lago, mientras los cantos, bloques erráticos, el barro, etc., originan un depósito morrénico variable llamado **morrena terminal**.

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MEXICO

Cuando un glaciar llega a una región muy fría, penetra en el mar sin fundirse y constituye una montaña de hielo flotante, o sea un ice-berg (figura 194).

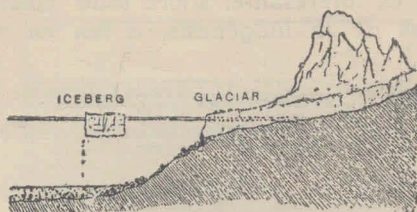


Fig. 194

El reino de los glaciares lo constituyen las tierras inmediatas a los polos.

Como excepción a lo que acabamos de indicar, podríamos presentar los glaciares de los Alpes, del Cáucaso y del Himalaya, los cuales representarían "las reliquias" de los continentes de hielo que, en otro tiempo, cubrieron buena parte de los continentes actuales.

La cordillera de los Andes ofrece, en su región patagónica, la expresión más grandiosa y más bella de los glaciares americanos.

Las masas de hielo, que constituyen un glaciar, no presentan una superficie completamente uniforme. Se observan en ellas numerosas **grietas**.

Las grietas que se observan en los bordes del glaciar se llaman **marginales**.

Las grietas que surcan el hielo de una a otra orilla, se llaman **transversales**.

Cuando las paredes del valle, con su resistencia, se oponen al movimiento del glaciar, la velocidad de sus orillas se hace menor que la de su centro y llega un momento en el cual la tensión es capaz de vencer la cohesión de las capas de hielo y se forma la grieta marginal.

Las grietas transversales se forman gracias a las desigualdades del fondo de un glaciar.

AGENTES BIOLOGICOS

Los agentes biológicos están representados por los seres vivos.

Su acción, como agentes modeladores de la corteza terrestre, es interesante; sobre todo como agentes favorecedores de la litogénesis, o sea en su acción constructiva.

Acción constructiva de los vegetales.

Dan origen a los **carbones fósiles** (véase: "Petrografía").

Las algas diatomeas dan origen al polvo silíceo llamado **trípoli**.

Acción constructiva de los animales.

Dan origen a los grandes depósitos de guano (véase: "Petrografía").

Dan origen a los grandes depósitos calcáreos.

Efectivamente, casi todos los protozoarios, pólipos y moluscos, viven, preferentemente, en el mar y tienen una caparazón constituida por carbonato de calcio.

De los depósitos originados por estos individuos, los más importantes son los **arrecifes de coral**.

Estos arrecifes se encuentran en las proximidades de las costas y crecen unos 2 centímetros por año, pero las olas rompen, constantemente, sus extremidades superiores (figura 195).



Fig. 195

Cuando estos arrecifes se presentan en forma circular, dejando una laguna en el medio, toman el nombre de **atoll** (figura 196).

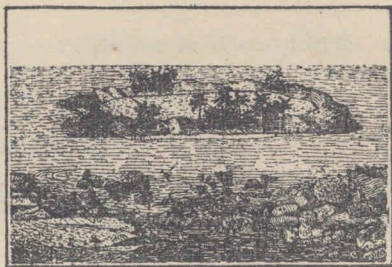


Fig. 196

Para terminar, podríamos mencionar los bancos de ostras.

Los agentes endógenos, productores de la orogénesis, serán estudiados en el transcurso de la Bolilla XX, al tratar los movimientos orogénicos.

BOLILLA XVII

Sedimentación. — Sedimentos de origen detrítico, orgánico y químico. — Facies. — Dirección e inclinación de los estratos. — El clinómetro.

Sedimentación.

Llamamos **sedimentación** al asentamiento o depósito de los materiales que estando suspendidos en el aire, en el agua, o disueltos en ella, van a dar origen a rocas diversas.

Este asentamiento se realiza constituyendo estratos o capas superpuestas, separadas entre sí, por superficies más o menos paralelas.

La parte de la Geología que estudia las capas sedimentarias o estratos se llama **estratigrafía**.

Se llaman, también, **exógenas** por ser producidas por agentes dinámicos externos.

Se caracterizan por encerrar dentro de su masa residuos orgánicos; a veces alterados y sin dejar ver su primitiva organización y a veces, en cambio, conservando perfectamente su forma y organización.

Los materiales que constituyen las rocas sedimentarias, sufren, una vez sedimentados, una serie de cambios que modifican su primitivo estado.

Los agentes causantes de estos cambios son: presión, temperatura, etc.

El espesor de los estratos es variable. Puede ser muy delgado o de mucho espesor, según la mayor o menor duración de la sedimentación y la cantidad de material aportado por el agente que ocasiona la sedimentación.

Sedimentos de origen detrítico, orgánico y químico

Los sedimentos se clasifican: por su origen, en detríticos, orgánicos y químicos.

Sedimentos de origen detrítico.

Son producidos por el desmenuzamiento mecánico de rocas compactas (véase capítulo correspondiente en Petrografía).

Están constituidos por fragmentos de otras rocas. De allí su nombre de detríticas o clásticas (de *Clas-*tos = trozo).

Se las llama, también, deutógenas.

Pueden ser originadas por el viento y se llaman **eólicas**.

Pueden ser originadas por la acción mecánica del agua y se llaman **hidráulicas**.

Se clasifican, según su tamaño, en psefíticas, psamíticas y pelíticas.

Se llaman **psefíticas** cuando los elementos que las constituyen son muy gruesos.

Ejemplos de este tipo serían los conglomerados, las brechas y las pudingas.

Se llaman **psamíticas** cuando los elementos que las constituyen son algo más finos.

Ejemplos de este tipo serían las arenas, como elementos sueltos y las areniscas, como ejemplo de rocas psamíticas unidas formando verdaderas rocas compactas.

Las areniscas se dividen en psamitas o arenas, bien estratificadas, con algo de mica; glauconíferas, de color verde, debido a la glauconia e itacolumitas, caracterizadas por los espacios que dejan entre sí los diversos granos.

Se llaman **pelíticas** cuando los elementos que las constituyen son muy finos, considerándose, en la mayoría de los casos, como verdaderos barros endurecidos.

Sedimentos de origen orgánico.

Entre las rocas de origen orgánico, formadas gracias a los seres organizados, podemos hacer dos divisiones:

Rocas de origen vegetal: los carbones fósiles, el trípoli, etc. (1).

Rocas de origen animal: la mayor parte de las calizas (carbonato de calcio) cuyo origen orgánico es fácil reconocer, porque encierran, generalmente, restos de los animales que han contribuido a su formación (1).

Sedimentos de origen químico.

Los sedimentos de origen químico son el resultado de la precipitación directa de elementos que se encuentran en disolución en las aguas.

Ejemplos (1):

Estalagmitas y estalagmitas.

Dolomita.

Yeso.

Mármoles, etc.

Facies.

Cuando un resto orgánico, animal o vegetal queda en contacto con el oxígeno del aire sufre un proceso de putrefacción (oxidación) y descomposición total.

Cuando un resto orgánico, animal o vegetal queda cubierto por el agua o por el lodo, en una palabra, cuando queda alejado parcialmente del oxígeno del aire, no puede sufrir el proceso de oxidación, que implica su putrefacción y, lentamente, va substituyendo su materia orgánica por materia mineral, conservando, sin embargo, la forma, tamaño, etc., del ser primitivo. Se ha convertido en un **fósil**.

A veces, no se encuentra el fósil, propiamente dicho, sino una pisada, la impresión de un residuo (figura 197) un molde, etc., de lo que fué el resto orgánico y en este caso se le llama **falso fósil**.

La parte de la Geología que estudia los fósiles, toma el nombre de Paleontología.

(1) Véase: "Petrografía".

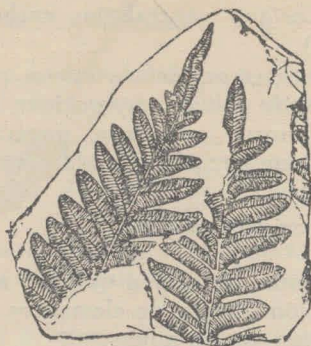


Fig. 197

La importancia de los fósiles, en el estudio geológico de un estrato es muy grande, pues relacionándolo con los caracteres petrográficos del terreno (rocas que lo constituyen, sus propiedades físicas y químicas, etcétera), nos permite determinar la edad, medio ambiente, etc., del mismo estrato.

Se llama *facie* al conjunto de caracteres petrográficos y paleontológicos que caracterizan un estrato.

Efectivamente, si bien el estudio petrográfico de las rocas que forman un terreno puede suministrarnos datos de gran valor sobre su origen y sus relaciones con otros terrenos, estos datos resultan insuficientes para determinar todo el valor geológico de dicho terreno y no representan más que una parte de la *facie*.

El tamaño, la forma y la disposición de las rocas que forman el terreno son también informaciones útiles que nos dan a conocer la fuerza de la corriente que los arrastró, pero no representan más que otros tantos detalles de la *facie*.

Y lo mismo dígase de la forma, espesor y extensión de los estratos, así como de sus fósiles característicos.

Pero, ninguno de estos factores, aisladamente, constituye un carácter exclusivo. *Facie*, es algo más. *Facie* es el conjunto de todos ellos que nos permite revivir la vida del estrato.

Cuando las facies de dos estratos, que se encuentran en niveles diferentes son idénticas, se dice que las facies son **correspondientes**.

Las principales facies son:

Facie marina, que corresponde a los terrenos depositados en el fondo de los mares, a profundidades variables.

Cuando la facie marina se refiere a **grandes profundidades**, toma el nombre de facie marina **batial**.

Cuando la facie marina se refiere a **poca profundidad**, toma el nombre de facie marina **nerítica**.

Facies continentales o terrestres, las de los terrenos que se forman sin intervención del agua.

Cuando se forman por la acción del viento, la facie toma el nombre de **eólica**.

Cuando se forman por la acción de los volcanes, la facie toma el nombre de **volcánica**.

Dirección e inclinación de los estratos.

Se llama dirección de un estrato la perpendicular a la superficie del estrato inclinado.

Se llama inclinación de un estrato a su posición (más o menos inclinada) con respecto al horizonte.

La inclinación de un estrato se mide por el ángulo que forma el plano del estrato con el horizonte.

El aparato, que sirve para medir la dirección y la inclinación de un estrato, se llama **clinómetro**.

El clinómetro.

El clinómetro (figura 198) es una especie de reloj de bolsillo, con un semicírculo graduado, dividido en 2 partes iguales de 90° cada una.

El medio de ese semicírculo graduado está marcado con 0° y, por ambos lados de ese cero, continúa la graduación hasta 90° , respectivamente.

El centro del cuadrante se une al 0° de la graduación, por medio de un radio Y O.

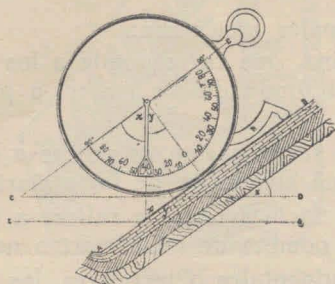


Fig. 198

Del centro del círculo parte un eje movable, que hace las veces de plomada, o sea marca siempre la vertical cuando el aparato se coloca como lo indica la figura.

Para medir la inclinación del estrato A B se coloca sobre el terreno una regla, a fin de salvar las pequeñas rugosidades. Sobre la regla se aplica (por medio de la pieza R) el clinómetro de tal manera que el radio Y O, sea perpendicular a la superficie del estrato, es decir, represente la dirección del mismo.

El eje movable, que hace las veces de plomada, marca la vertical y forma con el radio el ángulo Y, cuya amplitud es fácil de leer sobre el semicírculo graduado.

Ahora bien, siendo el ángulo X igual a X^1 (por ser ángulos correspondientes internos de las paralelas C E y A B) el ángulo Y será igual al ángulo Y^1 por ser ambos complementarios de X y X^1 .

Pero el ángulo Y^1 , formado entre la línea E G, que representa el horizonte, y la A B, que representa el plano del estrato, es el ángulo que mide la inclinación del estrato.

Por consiguiente, siendo $Y^1 = Y$, el ángulo Y, que marca el clinómetro, representa la inclinación del estrato.

Geosinclinales.

Se llama **geosinclinales**, a los inmensos depósitos sedimentarios, de varios millares de metros, que ocupan las grandes depresiones del fondo del océano.

Las facies de los depósitos de un geosinclinal son, generalmente, uniformes.

Ahora bien, si esa sedimentación se realiza como hemos mencionado anteriormente, ¿cómo explicamos el hecho que el mar no se haya llenado de sedimentos?

Es necesario, para ello, admitir que, a medida que estos depósitos se forman, los primeros depósitos formados se van hundiendo.

Al hundirse el geosinclinal, aumenta, como es lógico, su temperatura, pues se acerca a la zona de fuego y así debemos admitir que con un geosinclinal de 10.000 metros la temperatura de los primeros sedimentos debe oscilar alrededor de los 300°.

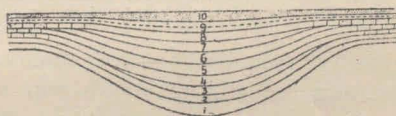


Fig. 199

La figura 199 da una idea del hundimiento gradual de un geosinclinal hasta llegar a zonas de una temperatura elevada.

BOLILLA XVIII

Concordancia. — Discordancia. — Diversas formas. — Hiatos. — Pliegues. — Diversos tipos. — Fallas. — Diversos tipos.

Concordancia. — Discordancia. — Diversas formas.

Los estratos, al formarse, lo hacen generalmente, en capas horizontales, aunque, generalmente, no se nos presenten así.

Efectivamente, los movimientos lentos de la corteza terrestre que dan origen a hundimientos e inclinación de grandes zonas continentales y los plegamientos y fallas, debidos a empujes tangenciales o verticales trastornan, completamente, los materiales terrestres (1).

Cuando un estrato se ha depositado sobre la superficie, no denudada, de otro, se dice que ambos estratos son **concordantes**.

Estas capas paralelas pueden ser verticales, horizontales u oblicuas (figura 200).

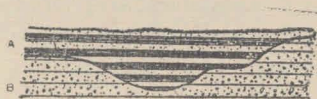


Fig. 200

(1) Las oscilaciones lentas de la corteza terrestre son más fácilmente apreciables en las costas. Ej.: Las costas de la península escandinava sufren un verdadero movimiento de báscula que hace que el territorio que rodea al golfo de Botnia se eleve, aproximadamente, a razón de $\frac{1}{2}$ metro por siglo.

Estratos concordantes casi verticales (figura 201).



Fig. 201

Los estratos A, son horizontales y concordantes.

Los estratos B, son oblicuos y concordantes.

Los estratos C, son oblicuos y concordantes.

Cuando un estrato no tiene la misma inclinación que otro, se dice que son **discordantes**.

Ejemplos: En la figura 201, los estratos A son discordantes con los B y ambos son discordantes con los C.

En los casos de discordancia, la diferencia de inclinación, es debida a que un estrato se ha formado sobre la superficie denudada de otro.

La discordancia puede ser paralela o angular (forma de ángulo).

Un ejemplo de discordancia paralela, nos lo presenta la figura 200.

La figura 201 nos indica un caso de discordancia angular. Ejemplo: los estratos B, paralelos y concordantes, presentan discordancia angular con los A.

Hiato.

Se llama hiato el tiempo que dura una discordancia en el isocronismo geológico.

Pliegues. — Diversos tipos.

Si bien los estratos, al formarse, lo hacen, generalmente en capas horizontales, movimientos especiales de la corteza terrestre, doblan y tuercen esos estratos

originando arrugas gigantescas (**pliegues**) debidas al levantamiento de las capas estratificadas.

La forma más común de estos plegamientos es la indicada por la figura 202.

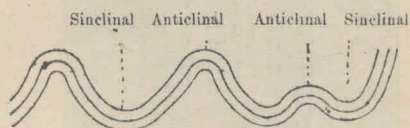


Fig. 202

La parte del plegamiento en forma de V toma el nombre de **sinclinal**.

La parte del plegamiento en forma de A toma el nombre de **anticlinal**.

El conjunto de un sinclinal y un anticlinal constituye un pliegue diclinal.

La parte más alta del anticlinal toma el nombre de **charnela**.

En la mayor parte de los casos, al observar un terreno, resulta difícil ver un pliegue diclinal completo y, a veces, ni siquiera la totalidad de un anticlinal o de un sinclinal.

Esto es debido, principalmente, a dos causas: 1.º a su gran tamaño que impide abarcarlos totalmente con la vista, y 2.º por destrucción y arrastre de una parte de ellos.

En ambos casos la existencia del pliegue se reconoce por la inclinación de las capas que constituyen el terreno.

Cuando los lados del ángulo anticlinal son casi paralelos con los lados del ángulo sinclinal, el pliegue toma el nombre de isoclinal (figura 203).

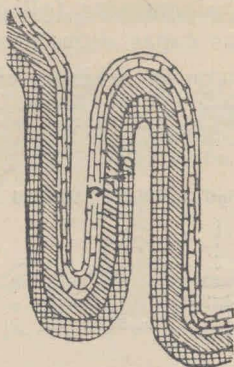


Fig. 203

Se llama también isoclinal al conjunto de estratos inclinados en la misma dirección.

El pliegue puede ser:

Directo, cuando sus flancos ofrecen la misma inclinación.

Desviado, cuando un flanco es más oblicuo que otro.

Acostado, cuando los pliegues se presentan horizontales.

Fallas. — Diversos tipos.

Las fuerzas que actúan sobre la corteza terrestre se clasifican en dos grupos.

Grupo A: Fuerzas que obran tangencialmente sobre las capas sedimentarias, arrugándolas y dando origen a los **pliegues** que acabamos de estudiar.

Grupo B: Fuerzas que obran verticalmente sobre los estratos, dando origen a roturas que toman el nombre de hendiduras o **grietas**.

Cuando estas roturas sufren un desplazamiento, de arriba hacia abajo, la rotura toma el nombre de **falla**.

Las fallas son las que originan la discordancia de los estratos (figura 204).

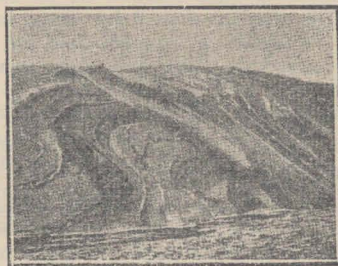


Fig. 204

Las fallas pueden ser: verticales, normales y oblicuas (figuras 205 a, b y c, respectivamente).

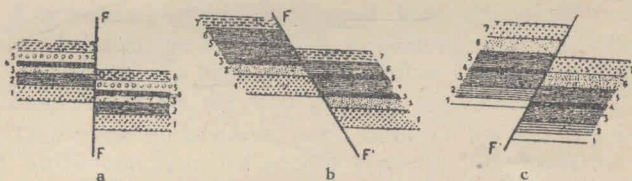


Fig. 205

Las fallas se presentan, generalmente, aisladas. Cuando se presentan agrupadas pueden dar lugar a la formación de **horst** y de **fosas**.

Se llama **horst**, cuando se presentan bajo forma de estratos no hundidos, comprendidos entre zonas hundidas (figura 206, izquierda).

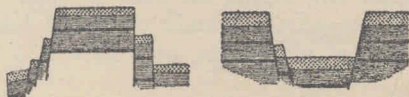


Fig. 206

Se llama **fosa**, la inversa del horst, o sea, cuando se presentan como estratos hundidos, limitados por zonas no hundidas (figura 206, derecha).

Determinación de las edades relativas de un estrato.

Para determinar la edad relativa de un estrato, es decir, el momento geológico, durante el cual ha tenido lugar su formación, nos basamos en la ley de la superposición que dice:

Una capa, depositada sobre otra, debe haberse formado después que la primera.

Sin embargo, esto no es rigurosamente exacto.

Fenómenos de intrusión, de efusión (escurrimiento, de una roca en fusión entre dos capas de terreno ya existentes) y de plegamientos, modifican esa ley básica.

En estos casos el estudio detenido del terreno, de su constitución, la comprobación que toda discontinuidad se traduce por discordancias angulares entre las capas sedimentarias sucesivas, permitirán al geólogo la solución del problema.

Se llaman estratos sincrónicos los estratos de igual edad geológica, o sea formados contemporáneamente.

Pueden presentarse muchísimos otros casos, que la sencillez de estos apuntes me impide mencionar.

BOLILLA XIX

El ciclo del agua en la Naturaleza. — Consideraciones generales sobre las aguas subterráneas. — Napas freáticas y artesianas (ascendentes y surgentes).

El ciclo del agua en la Naturaleza.

El agua líquida de los mares, ríos, torrentes y lagos, sufre, bajo la acción del calor solar, una evaporación lenta y pasa al estado de vapor, constituyendo las nubes y el vapor de agua de la atmósfera.

Las nubes y el vapor de agua de la atmósfera, por efectos del frío, se condensan y vuelven a la superficie de la tierra, sea bajo forma de lluvia (agua líquida), sea bajo forma de nieve o granizo (agua sólida).

Una parte de la nieve, acumulada en las altas cumbres, sufre una transformación especial y se transforma, como ya hemos visto, en los glaciares. Estos, a su vez, descienden por las laderas de la montaña y llegan hasta el mar.

Los glaciares, las lluvias y el deshielo (fusión de las masas de agua sólida) vuelven a formar los arroyos, los ríos y los mares, cerrando así, el ciclo del agua en la naturaleza (figura 207).

Uno de estos fenómenos de deshielo, produjo en los primeros días del mes de Enero del año 1934, la destrucción del hotel de Cacheuta, causando grandes destrozos en casi toda esa región de la provincia de Mendoza.

Los vegetales, por otra parte, que han absorbido buena parte del agua líquida caída sobre la superficie terrestre, vuelven a eliminarla, por transpiración, al estado de vapor.

Resumiendo:

Ciclo del agua en la Naturaleza

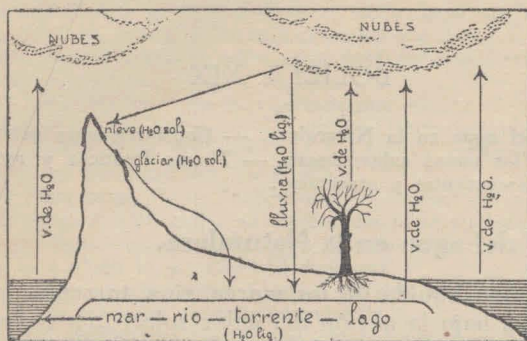


Fig. 207

Podríamos decir, con Dove y Maury, que la atmósfera es un vaso dilatador, del cual el sol es el hogar, el mar la caldera y el aire frío el condensador.

Consideraciones generales sobre las aguas subterráneas.

Hemos visto, en el capítulo anterior, que el agua, en su ciclo evolutivo, cae sobre la superficie terrestre (sea como nieve, granizo, etc.; sea como agua de lluvia, para formar los glaciares, los ríos y los mares) y luego se evapora o es fijada por el vegetal.

Sin embargo, cuando una parte de esa agua que se precipita sobre la superficie terrestre, cae sobre un terreno permeable, desaparece de nuestra vista.

¿Qué ha pasado?

Se ha infiltrado en las capas permeables que forman el suelo y constituye así el **agua subterránea**.

Los suelos arcillosos son, netamente, impermeables.

Los suelos arenosos son, netamente, permeables.

Los suelos calcáreos y las rocas eruptivas, a pesar de ser impermeables, dejan penetrar el agua a través de sus grutas y hendiduras.

El agua que penetra en el suelo, tiende a bajar hacia el centro de la tierra, por la ley de la gravedad y aprovecha para ello la permeabilidad y las hendiduras del terreno.

Sin embargo, ese descenso no es total y se detiene, como máximo, a una profundidad que oscila alrededor de los 10.000 a 12.000 metros.

La temperatura reinante a esa profundidad, unos 365°, aproximadamente, impide la existencia del agua líquida, cualquiera sea la presión a que esté sometida (1).

Por otra parte, el agua subterránea, tampoco se encuentra en zonas muy superficiales, puesto que en ellas, el calor solar, realiza su evaporación e impide su permanencia.

Cuando el agua, en su descenso a través de los terrenos permeables, encuentra una capa de terreno impermeable, se detiene e imbibе, completamente, el terreno permeable, constituyendo la **napa freática o de infiltración**.

El alumno, debe entender bien, que el agua no forma, en esos casos, un río subterráneo sobre la capa impermeable, como se cree comúnmente, sino llena, simplemente, los poros del terreno permeable.

Al hacer la perforación de un terreno y llegar a la napa freática, el agua cae por sus paredes y se reúne en la cavidad abierta.

La napa freática sigue el declive de la capa impermeable y se dirige, generalmente, hacia el mar.

Sucede a veces que, por causas especiales, la capa impermeable aflora a la superficie terrestre. En estos casos, la napa de infiltración llegará también y el agua que la imbibе, se eliminará al exterior en un solo conducto, formando un **manantial**.

(1) Recuérdese que la presión retarda el punto de ebullición; pero que hay una cierta temperatura (temperatura crítica) por encima de la cual, ya no es posible obtener la substancia al estado líquido, cualquiera sea la presión a la que esté sometida.

Cuando el chorro de agua que forma un manantial no es continuo y presenta intermitencias, da origen a las llamadas **fuentes intermitentes**.

El origen de las fuentes intermitentes es el siguiente:

El agua que se infiltra a través del suelo, se acumula en grutas y cavernas A (fig. 208) que se co-

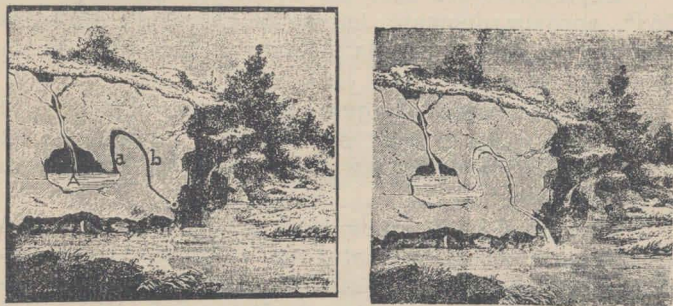


Fig. 208

munican al exterior, por un conducto acodado, cuya rama ascendente a, es más corta que la rama descendente b.

Cuando el agua acumulada en A, no llega hasta el conducto ascendente (figura 208, izquierda) el manantial no puede dar agua, está seco.

Pero cuando el agua acumulada en A, aumenta (figura 208, derecha) llena, por el principio de los vasos comunicantes, la rama a y pasa a la rama b descendente. Siendo la rama b más larga que la a, contiene también mayor cantidad de agua y ésta, por su propio peso, cae y arrastra nuevas cantidades.

La fuente mana agua.

Cuando el nivel del agua en A, no alcanza a tocar el conducto a, el sifón (formado por los conductos a y b) se vacía y la fuente deja de manar agua.

A veces, siguiendo un curso de agua, río o arroyo, nos encontramos, bruscamente, con que éste desapare-

ce, parcial o totalmente, para formar un **curso subterráneo**.

Este curso subterráneo **reaparece**, generalmente, a distancias variables y bajo formas diversas:

1.º Bajo forma de un nuevo río.

Ejemplo: El Río IV, provincia de Córdoba, desaparece, casi totalmente, a la altura de La Carlota y reaparece, a unos 60 kilómetros de distancia, como nuevo río, con el nombre de río **Saladillo**.

2.º Bajo forma de una fuente o de un lago.

Ejemplos: La laguna Iberá, provincia de Corrientes, que se cree alimentada por un brazo subterráneo del río Paraná.

La fuente del Loiret (Orleans, Francia) no es sino un brazo subterráneo del río Loira. Efectivamente, cuando se enturbian las aguas del Loira, aparecen enturbiadas las aguas de la fuente.

Cuando estos cursos de agua subterránea reaparecen bajo la forma de fuentes de gran caudal, toman el nombre de fuentes **vaclusianas**, nombre elegido porque la fuente Vaucluse, en Francia, pertenece a este tipo.

Cuando la capa acuífera desciende a grandes profundidades y luego vuelve a ascender, su temperatura ha aumentado y origina, al salir al exterior, las **fuentes termales o caldas** (1).

El agua subterránea, cuando llega a formar verdaderos cursos de agua, produce, como la superficial, una acción erosiva importantísima, formando grutas y hendiduras.

(1) Las principales fuentes termales argentinas son:	
Puente del Inca, el agua sale a	33°
Villavicencio, el agua sale a	35°
Río Hondo (Sgo. del Estero), el agua sale a	42°
Cacheuta (Mendoza), el agua sale a	48°
Rosario de la Frontera, el agua sale a	80°
Argerich (Bs. Aires), el agua sale a	64°

Estas pueden formarse: sea por simple acción mecánica de erosión y arrastre; sea por transformación química de las rocas insolubles en rocas solubles y su correspondiente disolución.

Ejemplos de grutas formadas por simple acción mecánica:

La gruta del Milodón (Neuquén, República Argentina).

La gruta del Mas d'Azil, en los Pirineos, producida por la acción erosiva del río Arize.

Observaciones sobre las grutas formadas por acción química:

a) El agua, de los ríos subterráneos, va cargada de anhídrido carbónico (1). Este al actuar sobre un terreno calcáreo, formado por carbonato de calcio insoluble, lo transforma en bicarbonato de calcio, soluble y lo arrastra, produciendo grutas y hendiduras.

$$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CO}_3\text{Ca} = (\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$$
 agua + anh. carbónico + carbonato de calcio (insoluble) = carbonato ácido de calcio o bicarbonato (soluble).

Las aguas, cargadas de bicarbonato de calcio, llegan al techo de otra gruta, pierden anhídrido carbónico y regeneran depósitos sólidos de carbonato de calcio, que constituyen las estalagmitas y las estalagmitas (véase "Petrografía").

$$(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3\text{Ca}$$
 Bicarbonato de calcio (soluble) = anhídrido carbónico + agua + carbonato de calcio (insoluble)

b) Si un agua subterránea pasa, durante mucho tiempo sobre un depósito de sal gema, ubicado entre rocas insolubles, lo disuelve lentamente y va a formar, más lejos, un manantial salado.

El lugar ocupado por la sal gema quedará vacío y constituirá, al cabo de un tiempo, una gruta.

Napas freáticas y artesianas (ascendentes y surgentes).

Se llama **napa freática** (de phrear = pozo) o napa de infiltración (figura 209) la capa de terreno permea-

(1) Que proviene de la oxidación de las materias orgánicas del suelo.



Fig. 209

ble, impregnada de agua, situada a una cierta profundidad y que descansa sobre un terreno impermeable.

A veces, el agua de esta primera napa, gracias a las grietas o fracturas del terreno impermeable que la sostiene, sigue descendiendo hasta encontrar una nueva capa de terreno impermeable.

De esta manera, se origina allí una segunda napa de infiltración, la cual, a su vez, por el mismo procedimiento, puede dar origen a una 3.^a y hasta una 4.^a napa de infiltración.

Cuando se perfora el terreno y se llega a la 2.^a o 3.^a napa, sucede, a veces, que el agua de esta napa, sube, por el orificio practicado, hasta la napa inmediata superior, es decir, surge a medias.

Estas **napas** que semisurgen, toman el nombre de **semisurgentes**.

Cuando una napa de infiltración se halla ubicada entre dos capas de terreno impermeable y su nivel es mayor en otros lugares, que en el lugar donde se practica la perforación, el agua surge espontáneamente del suelo y por el principio de los vasos comunicantes, tiende a llegar al nivel más alto.

Se llaman **napas surgentes o artesianas** a aquellas cuya perforación produce la salida espontánea del agua hasta una cierta altura (figura 210).

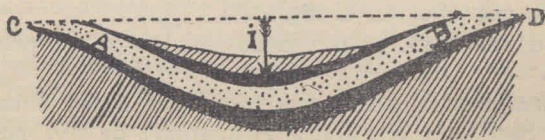


Fig. 210

La altura alcanzada por el agua al surgir (línea C D, figura 210) recibe el nombre de **nivel piezométrico** o nivel hidrostático.

Cuando, en un terreno, se desea encontrar agua potable se excava un pozo común.

La excavación llega a la napa freática y debe continuar hasta 1 ó 2 metros de profundidad, en la capa impermeable. De esta manera se forma allí una especie de depósito que reúne el agua que gotea de la napa de infiltración.

Para evitar la contaminación del agua del pozo, éste se cubre con un buen brocal y una tapa que permita la aereación del agua. Debe cuidarse, además, que esté a una cierta distancia y en sentido contrario de los pozos negros, para evitar su contaminación por la materia orgánica de éstos.

Cuando el pozo practicado para encontrar agua, atraviesa la 1.^a napa y llega hasta la 2.^a o 3.^a napa de infiltración, toma el nombre de pozo **semisurgente**.

Se aplica este procedimiento, cuando se sospecha que el agua de la 1.^a napa puede estar contaminada.

Cuando el pozo practicado en un terreno llega a una napa surgente, atravesando la capa impermeable que la encierra, toma el nombre de **pozo artesiano**.

En estos casos el agua surge, espontáneamente, del suelo y se eleva en la atmósfera, a una cierta altura.

Los pozos artesianos son siempre muy profundos (200, 400, 500 y más metros de profundidad) y el agua por la profundidad de donde proviene, sale generalmente caliente (unos 40°).

Se llaman pozos artesianos, porque fué en Artois (Francia) donde se abrieron los primeros pozos europeos de ese tipo, en el siglo XI.

Sin embargo, eran usados mucho antes por los egipcios.

Ejemplos: El pozo artesiano de El Balde (Provincia de San Luis, República Argentina) de 597 metros de profundidad.

BOLILLA XX

Movimientos orogénicos. — Movimientos epirogénicos. — Transgresiones y regresiones marinas.

Movimientos orogénicos.

Los movimientos que experimenta la superficie terrestre, como consecuencia de la actividad interna del globo, pueden dividirse en dos grupos:

a) Movimientos muy **lentos**, pero de gran amplitud, que llamaremos movimientos **epirogénicos** o **seculares**.

b) Movimientos fuertes y **rápidos**, que dan origen a las montañas y que llamaremos movimientos **orogénicos**.

Se llaman **movimientos orogénicos** a los movimientos de la corteza terrestre que dan origen a las montañas.

Antiguamente se creía que las elevaciones y depresiones actuales de la tierra y del mar, existían así desde el origen del planeta.

El hallazgo de fósiles marinos en las cumbres más altas de las montañas desvirtuó esta teoría y permitió su substitución por esta otra:

"Las montañas resultan del plegamiento de las capas terrestres".

Ahora bien, ¿cómo se han producido esos plegamientos?

Elie de Beaumont, Suess y otros admiten que la formación de las montañas sea debida a una **contracción brusca** de la Tierra. Esta al irse enfriando va perdiendo gradualmente su volumen, adaptándose a su núcleo, gracias al plegamiento brusco de su corteza.

Para darnos cuenta de lo que esto significa, bastaría comparar un grano de uva con un grano de uva pasa.

GRANO DE UVATierra en su nacimientoGRANO DE UVA PASATierra actual

Los partidarios de la teoría de Beaumont, basados en el hecho que "todas las montañas asientan en la margen de algún geo-sinclinal" admiten lo siguiente:

"El fondo de los geosinclinales, por la acción de la contracción lenta, se hunde y determina un acercamiento bilateral por ambos lados de sus terrenos laterales.

Este acercamiento determina la compresión y el plegamiento de los materiales, depositados en el fondo del geosinclinal (que por haberse depositado recientemente tienen mayor plasticidad) y los empuja sobre los terrenos laterales (figura 211), dando origen a los grandes pliegues.

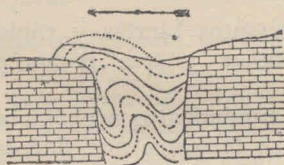


Fig. 211

Dutton, geólogo norteamericano, considera que la teoría de la contracción es insuficiente para explicar la formación de las montañas y propone sustituirla por la teoría de la **isostasia**.

Dice así.

"Por efecto de la gravitación, todo cuerpo planetario y plástico tiende a tomar la forma de un elipsoide, de revolución rigurosamente geométrica.

Esta sería, pues, la figura **isostática** o de equilibrio de todos los planetas.

Si la tierra es bastante plástica tenderá, entonces, a tomar la figura isostática.

Sin embargo, por efecto de la erosión y arrastre, los materiales que constituyen las tierras son arrastrados hacia los mares y se acumulan en la proximidad de las costas, alterando la figura isostática.

Por consiguiente, para restablecer el equilibrio isostático, deberá producirse un desplazamiento hacia el continente, de los materiales en exceso, depositados en el mar.

Es decir, que los materiales de las regiones recargadas por la sedimentación, irán a rellenar las regiones desgastadas por la erosión.

La fuerza tangencial, que toma nacimiento en esta migración de materiales, del mar hacia el continente, sería la que produce, en la región litoral, los pliegues paralelos, cuyo conjunto constituye una cadena de montañas.

Otros autores, explican hoy el origen de las montañas, con una combinación de las dos teorías: la de la contracción y la isostática.

A las teorías que acabamos de esbozar, sobre el origen de los movimientos orogénicos, cabe agregar, a título informativo, la más moderna de todas ellas, sostenida por Ampferer (1906), Schwinner (1920), Bibb-noff (1923) y en nuestro país por Groeber (1927), que atribuye la causa principal de un movimiento orogénico a las corrientes profundas y alteraciones de volumen de la zona del **Sima**, que hemos llamado magma. (Véase pág. 264).

El movimiento orogénico más antiguo es el Hurónico, fácilmente estudiable en las inmediaciones del Lago Hurón, que se ubica en la era azóica.

El segundo movimiento orogénico es el caledoniano, que ocupa el centro de la Gran Bretaña y la Escandinavia, que se localiza en la era primaria, seguido por el armoricano variscico, (herciniano), para llegar, finalmente, a los pireneanos, que han originado las principales cordilleras actuales, como ser, Pirineos, Alpes, Cáucaso, Himalaya y los Andes.

Cuando en una misma región se superponen dos o más movimientos orogénicos, pueden suceder varios casos.

Caso A: La dirección de la fuerza orogénica es la misma en ambos casos.

Resultado: Los dos sistemas se superponen exactamente, poseen la misma inclinación y los anticlinales del segundo toman nacimiento en los anticlinales del primero.

Caso B: La dirección de la fuerza orogénica, productora del segundo plegamiento, es oblicua con respecto a la productora del primero.

Resultado: Los dos sistemas no coinciden exactamente y ora se superponen y ora se confunden. Los anticlinales de uno de ellos se superponen con los sinclinales del otro.

Caso C: La dirección de la fuerza orogénica, productora del segundo plegamiento, es perpendicular con respecto a la productora del primero.

Resultado: Se producen discordancias angulares.

Movimientos sísmicos.

Intimamente ligados con los movimientos orogénicos, debemos mencionar los **movimientos bruscos del suelo**, llamados, también, movimientos sísmicos o terremotos.

Según Haug, los movimientos orogénicos continúan en nuestros días y se manifiestan, precisamente, bajo la forma de terremotos.

Cuando estos movimientos sísmicos son muy débiles toman el nombre de **microsismos**.

Cuando adquieren una gran intensidad toman el nombre de **macrosismos** o **terremotos**.

El movimiento inicial de un movimiento sísmico tiene su origen debajo del suelo, a distancias variables, entre 10 y 50 km.

Esta zona de origen toma el nombre de **foco**, **centro** o **hipocentro** (figura 212).

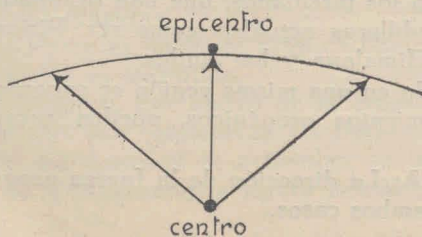


Fig. 212

Se llama **zona epicentral** o **epicentro** a la región de la superficie terrestre, situada en el mismo radio del hipocentro (figura 212).

La zona epicentral es la que siente, con mayor intensidad, los efectos del terremoto.

A partir de esta región, el terremoto se propaga en todas direcciones, formando ondas, que reciben el nombre de ondas sísmicas.

Estas ondas sísmicas se propagan formando círculos concéntricos y en una forma análoga al movimiento de las aguas de un estanque, en el que se arroja una piedra.

La intensidad del movimiento va disminuyendo a medida que se aleja de la zona epicentral (1).

Las líneas que unen las zonas en las cuales los efectos de un terremoto se manifiestan con igual intensidad, toman el nombre de **isosistas**.

La naturaleza del suelo influye, poderosamente, en la propagación de la onda sísmica.

Si el terreno es blando, la onda se propaga con mayor facilidad.

Si el terreno es duro, la onda se propaga con mayor dificultad.

Las sacudidas que sufre un suelo, durante un movimiento sísmico, suelen ir precedidas y seguidas por ruidos sordos, semejantes a truenos o cañonazos lejanos.

Las sacudidas se manifiestan en tres direcciones: vertical, horizontal y ondulatoria.

Dirección vertical, la que va de la superficie hacia la atmósfera.

Dirección horizontal, la que se exterioriza por choques laterales.

Dirección ondulatoria, aquella durante la cual el suelo oscila como un mar agitado.

La amplitud de estas sacudidas es muy variable.

Por ejemplo: durante el célebre terremoto de Calabria, del año 1783, las casas saltaban como voladas

(1) Se calcula la velocidad de la onda sísmica en unos 2.500 a 16.000 metros por segundo.

por una mina y los árboles se inclinaban, alternativamente, para uno y otro lado, siguiendo la dirección de las sacudidas ondulatorias.

En el terremoto de Locrida (Grecia) del año 1894, las personas fueron sacudidas en sus lechos, de un lado para otro, bajo la acción de fuertes sacudidas ondulatorias.

El número de sacudidas y su duración es sumamente variable.

Sucede a veces que el terremoto se reduce a una sola y violenta sacudida; pero, más frecuentemente, estas sacudidas se repiten durante días y a veces meses, con intervalos y duración variable.

Los efectos de un terremoto son por demás conocidos.



Fig. 213



Fig. 214

Si la sacudida es leve, ella se nos exterioriza por un tintineo de artefactos de luz, la inclinación de algún cuadro, la detención de un reloj de péndulo, etc.

Cuando la sacudida es fuerte, las casas se derrumban (figura 213); el suelo se agrieta (figura 214); se producen fallas en el terreno; los arroyos y los ríos cambian su curso, etc.

A veces las grietas producidas en el terreno se abren y se cierran por efecto del mismo movimiento, tragándose personas, objetos y casas.

En una palabra, podríamos resumir los efectos de un terremoto, diciendo: destrucción y muerte.

Cuando el centro de un movimiento sísmico se halla en el mar, se producen grandes olas sísmicas, llamadas "ras de marea" o tsunamis.

El mar se álea muchos kilómetros de la costa, dejando su fondo en seco para precipitarse, después, sobre la costa y penetrar, violentamente, tierra adentro.

Los efectos destructores de los tsunamis son semejantes, sino peores que los estudiados para los terremotos. Los barcos son levantados por la fuerza de la ola y llevados tierra adentro, donde quedan en seco, generalmente destrozados.

Para medir la intensidad de la onda sísmica, se utilizan unos aparatos llamados **sismógrafos**.

Estos aparatos registran, sobre una película fotográfica las vibraciones, que la onda sísmica comunica a un rayo luminoso que pasa a través del pequeño agujerito de una plaqueta.

Cuando la onda vibra, sus vibraciones se transmiten a un péndulo y éste las transmite amplificadas, a la plaqueta que tiene el orificio por el que pasa la luz.

El orificio, al moverse, deja pasar irregularmente la luz y ésta impresiona, irregularmente, la película fotográfica sensible. (1).

(1) Otros aparatos, registran, sobre un cilindro giratorio recubierto de negro de humo, amplificada 200 mil veces, la vibración que el movimiento sísmico imprime a un péndulo pesado, de 1.000 a 1.400 kilos, suspendido ligeramente o en posición de equilibrio inestable por medio de muelles.

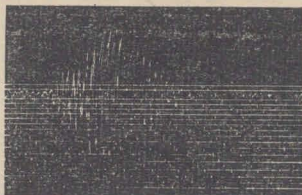


Fig. 215

La figura 215 representa el gráfico llamado sismograma de un movimiento sísmico, en el que, fácilmente, pueden observarse 4 períodos: dos fases precursoras, de oscilaciones pequeñas, una fase principal de oscilaciones máximas y una fase final, de oscilaciones pequeñas.

Antiguamente, para clasificar los terremotos según su intensidad, se utilizaba la escala de Rossi y Forel, fundada en los efectos producidos en el hombre y los edificios.

1. **Microsismo:** Movimiento no registrado por todos los aparatos.
2. **Macrosismo:** Registrado por todos los aparatos. Es percibido por algunas personas en reposo.
3. Gran número de personas en reposo lo perciben. Se percibe su duración y su dirección.
4. Lo perciben gran número de personas en movimiento. Algunos muebles crujen.
5. Todos lo sienten. Los objetos se mueven, vibran las campanillas.
6. Despierta bruscamente a los dormidos. Oscilan las campanas. Movimientos sensibles de los árboles.
7. Caída de platos, vasos, etc. Los relojes se paran. Alarma general.
8. Caída de chimeneas. Muros que se agrietan.
9. Ruina parcial o total de edificios.
10. Catástrofe. Ciudades destruidas. Grietas, fallas, hundimientos.

Entre los terremotos célebres podríamos mencionar:

Año 526. — Murieron alrededor de 100.000 personas. Asoló todo el litoral Mediterráneo.

Año 1693. — Sicilia. Murieron 60.000 personas.

Año 1755. — Destrucción de Lisboa.

Año 1922. — Japón. Destruyó varias grandes ciudades y murieron millares y millares de personas.

21 de marzo de 1861. — Destruyó totalmente la parte vieja de la ciudad de Mendoza.

Año 1894. — San Juan.

Años 1903 y 1927. — Mendoza.

Causas que producen un temblor de tierra.

Entre las causas que originan un temblor de tierra sólo mencionaremos las tres principales:

1.º Por hundimientos y derrumbes.

Los temblores por hundimientos y derrumbes se producen en aquellos terrenos cuyas capas profundas presentan enormes cavidades.

El techo de estas cavidades, falto de apoyo, se precipita y origina el consiguiente temblor.

Esas enormes cavidades serían originadas por la disolución y arrastre de los materiales que constituyen esas capas profundas, gracias a las aguas subterráneas.

Esta causa sólo produce temblores locales, cuyos efectos no llegan a zonas lejanas.

2.º Por explosiones volcánicas.

Cuando las materias en fusión de un volcán, pugnan por salir y encuentran su chimenea obstruida (sea por la presencia de trozos de rocas, sea por lavas muy viscosas provocan grandes explosiones, que producen los consiguientes temblores.

Los temblores originados por explosiones volcánicas son, generalmente, de carácter local.

3.º Por dislocamientos de la corteza terrestre.

Es la causa que produce los verdaderos temblores y toma origen en las regiones volcánicas.

Estos dislocamientos de la corteza terrestre se relacionan íntimamente con la formación de las montañas.

Efectivamente, las montañas, al formarse, producen fallas enormes en la superficie de la tierra que provocan dislocamientos, con sacudidas verticales.

Otras veces, la formación de las montañas se origina en enormes plegamientos que dan lugar a dislocamientos con sacudidas horizontales y onduladas.

Las regiones volcánicas que originan estos temblores pueden agruparse en dos círculos:

El círculo mediterráneo o alpino-caucásico, que origina el 53 % de los temblores y el círculo pacífico o andes-japonés-malayo, que origina el 42 % de los temblores.

Sin embargo, algunos autores modernos admiten, en contraposición a las causas que acabamos de enunciar, la influencia de las manchas solares.

Sostienen que las manchas solares provocarían, en la Tierra, perturbaciones del campo electro-magnético terrestre.

Comparan, para ello, la Tierra con una botella de Leyden (1).

Si se hace variar la carga de una botella de Leyden, varía también y proporcionalmente su volumen.

Si se carga la armadura externa, el volumen aumenta.

Si se disminuye la carga, el volumen disminuye.

Pues bien, considerando a la Tierra cual una botella de Leyden, tendríamos: corteza terrestre = vidrio de la botella; atmósfera = armadura externa; capa fluida del interior de la Tierra = armadura interna.

Por consiguiente:

Cuando la atmósfera está poco cargada (generalmente de mañana) hay **contracción** de la envoltura, luego hay tendencia al movimiento sísmico.

Cuando la electricidad aumenta, hay **dilatación** de la corteza, luego no hay tendencia al movimiento sísmico.

(1) Véase física: electricidad.

En efecto: la carga eléctrica disminuye en invierno, luego aumentan en esta época los temblores; mientras en verano se produce el fenómeno inverso. La proporción es de 3,5 a 1.

Movimientos epirogénicos.

Son los movimientos lentos o seculares, caracterizados por dilatamientos verticales de niveles. El movimiento epirogénico más característico y mejor observado es el de la región Escandinava.

Esta se levanta actualmente con un promedio de un centímetro por año.

Este levantamiento se atribuye a la desaparición de la inmensa capa de hielo que en la época glacial cubría, enteramente, el Norte de Europa. De esta manera el bloque báltico, libre de ese enorme peso, va realizando un movimiento ascensional.

Otro ejemplo, muy estudiado y fácil de observar en nuestro propio continente, es el lento movimiento descendente sufrido por las islas Malvinas, cuya parte conocida hoy representa la cúspide de una región mucho más extensa, anteriormente existente. Y frente a ella, el ascenso progresivo de la costa patagónica.

A estos ascensos y descensos lentos, de duración secular, que caracterizan los movimientos epirogénicos, corresponden las transgresiones y regresiones marinas.

Transgresiones y regresiones marinas.

Se llama **transgresión marina**, cuando, en un determinado momento geológico, un mar sale de su lecho e invade, parcialmente, el continente cubriéndolo y convirtiéndolo, parcialmente, en fondo de océano.

Se llama **regresión marina**, al fenómeno inverso, por el cual las aguas del océano se retiran, parcialmente, dejando en descubierto una parte de su lecho.

Como ejemplos de transgresiones y regresiones marinas, efectuados en tiempos relativamente recientes, podemos mencionar:

Las ruinas del templo de Serapis, cerca de Nápoles. En las 3 columnas que aun quedan en pie, pueden verse, fácilmente, a una altura de 4 metros, multitud de agujeritos producidos por moluscos litófagos (1). (Es un caso de regresión marina).

Las ruinas de la ciudad de Is, en Douarnenez (Francia) invadidas por el mar, durante el año V, etc. (Es un caso de transgresión marina).

Las barrancas del Paraná, en las que ha sido posible observar la existencia de pequeños hundimientos del terreno.

(1) Los moluscos litófagos (que atacan las piedras) sólo pueden vivir bajo el agua, lo cual permite afirmar que en otras épocas ese templo estuvo totalmente cubierto por las aguas.

BOLILLA XXI

Volcanes. Erupciones. Productos de las erupciones volcánicas

* Volcanes.

Se llama **vulcanismo**, en general, a todos los fenómenos relacionados con el proceso de ascensión de la masa flúida e ignea de los silicatos, a la cual hemos llamado magma.

Se llama **volcán** a la abertura que comunica las materias fundidas del interior de la tierra con su superficie.

Todo volcán consta de un foco, un cono, una chimenea, un cráter y lavas.

Se llama **foco** de un volcán a la región profunda, del interior de la tierra, donde se originan las materias fundidas.

Se llama **cono** a la parte visible de la montaña que constituye el volcán (figura 216). Se llama así por presentar, generalmente, la forma de un cono.

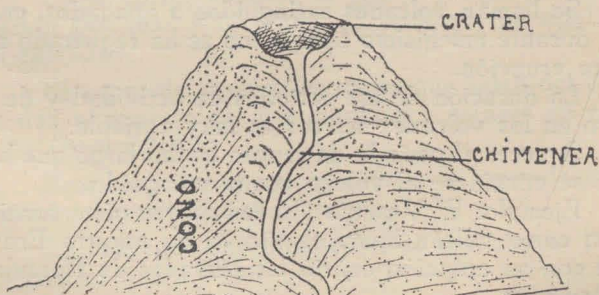


Fig. 216

Se llama **chimenea** al conducto por donde ascienden las materias fundidas (figura 216).

Por lo general, la chimenea de un volcán es muy tortuosa y de paredes irregulares.

Ofrece, generalmente, grietas, por entre las cuales se producen filtraciones de lava que, sin llegar a la superficie, quedan incluidas levantando el terreno.

Estas inclusiones toman el nombre de **lacolitos**. (figura 217) (1).

Se llama **cráter** a la parte terminal de la chimenea, en forma de embudo, o sea la boca por donde van a salir al exterior las materias fundidas (figura 216).

El cráter tiene, generalmente, la forma de un embudo con la parte ancha hacia afuera.

Se llaman **lavas** a las materias fundidas arrojadas por el volcán.

Los volcanes pueden ser activos y apagados.

Se llaman **volcanes activos** los que poseen períodos de actividad, denominados **erupciones**, seguidos de otros períodos de calma o reposo absoluto.



Fig. 217

Se llaman **volcanes extinguidos** o apagados, cuando, durante muchísimo tiempo, no se ha registrado ninguna erupción.

La duración de los períodos de actividad y de reposo en los volcanes activos es muy variable.

A veces el período de reposo es tan largo que hace que se considere al volcán como extinguido.

Ejemplo: El Vesubio (Italia) al que ni se consideraba como volcán hasta el año 79 de nuestra Era en que con su erupción cubrió las ciudades de Herculano y Pompeya.

x Erupciones.

Se llama **erupción** a toda manifestación de actividad del volcán.

(1) Cuando son muy profundas toman el nombre de batolitos.

Esta actividad se inicia, generalmente, con una gran explosión.

La presión de las materias fundidas, que pugnan por salir, rompe violentamente y con explosión las rocas y la lava endurecida que obstruyen la abertura de la chimenea y arroja sus fragmentos a gran distancia.

Sigue a esta explosión la elevación de una densa columna de humo negro (1) que esparciéndose por la comarca, la sume en una gran obscuridad,

Mientras tanto, nuevas y formidables explosiones se suceden, una tras otra, y se inicia la salida de las materias fundidas.

Según la mayor o menor fluidez de la lava, en el momento de la erupción, las dividimos en 4 tipos principales:

- Erupción Havaiese.
- „ Estromboliense.
- „ Vulcaniense.
- „ Pelense.

La **erupción havaiese** se caracteriza por que la lava es muy **flúida** y sale sin violencia, sin explosiones y sin proyección de cenizas.

Llena completamente el cráter y desborda, originando cascadas y torrentes de lava que se solidifican al enfriarse.

El vapor de agua y los gases que salen del cráter, le dan el aspecto de una gigantesca caldera en ebullición (figura 218).

Esta erupción es característica de los volcanes de las islas Hawái, Kilanea, etc.

La **erupción estromboliense**, se caracteriza porque la lava es **menos flúida** que en el caso anterior y la sa-

(1) Los gases que constituyen esta columna son: vapor de agua, anhídrido carbónico, óxido de carbono, hidrógeno sulfurado, hidrógeno y metano, los cuales llegan, a veces, hasta inflamarse espontáneamente, dando lugar a grandes llamaradas.

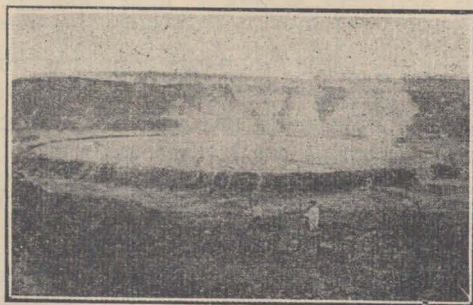


Fig. 218

lida de los gases y vapores se verifica con gran violencia.

Esto determina abundantes proyecciones sólidas llamadas **bombas** (figura 219).

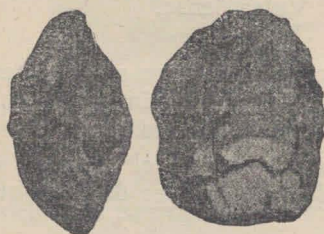


Fig. 219

Las escorias son porosas.

Casi no se forman cenizas.

Las lavas salen del cráter con gran facilidad y los gases y vapores que desprenden le dan un aspecto poroso semejante al de una escoria.

Esta erupción es característica del volcán Estromboli (isla de Estrómboli, archipiélago de Lipari, Italia).

La **erupción vulcaniense** se caracteriza porque su lava es muy viscosa y tiende, al salir, a taponar el cráter.

Por esta razón, la salida de los gases y vapores se hace con dificultad, originando **violentas explosiones**

que determinan la pulverización de la lava y la formación de **abundantes cenizas** (figura 220).



Fig. 220.

Las cenizas más pesadas caen a ambos lados del volcán y las más livianas, junto con el vapor de agua y los gases, constituyen grandes y densas nubes que se condensan, al llegar a las regiones frías de la atmósfera originando lluvias torrenciales (1).

(1) El 11 de Abril de 1934 las informaciones originarias de Mendoza hacían saber al país que el día 10, a las 10, a 20 leguas de Malargue, en San Rafael, el volcán Descabezado había entrado en erupción, arrojando cenizas y tierra caliente.

Era, como se recordará, la famosa "lluvia de cenizas" que abarcó una gran parte de la región del macizo, llegando a hacerse sentir hasta la misma Capital Federal.

El centro volcánico, o sea el foco del volcán, se supone situado debajo del Descabezado grande, puesto que es precisamente a su alrededor donde se hallan la mayor parte de las grietas por las cuales salían los vapores.

Se supone que el proceso de enfriamiento paulatino del foco volcánico sigue separando los gases de las lavas. Mientras queden abiertas las bocas por las cuales salen los vapores, no se producirán más explosiones, pero si por un acaso ellas llegaran a taparse, o se acumularan los gases en sitios sin bocas, ello significaría para el volcán la preparación de un nuevo período de violencia.

Esta erupción es característica del volcán **Vulcano** (isla Vulcano, Lipari, Italia).

La **erupción pelense** es muy semejante a la vulcaniense, pero sus lavas son aún **más viscosas** y las **nubes de humo**, en lugar de ser ascendentes son **descendentes** y toman el nombre de **nubes ardientes** por su temperatura elevadísima (figura 221).

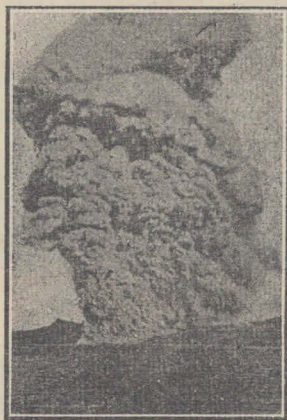


Fig. 221

La figura 221 muestra una nube ardiente de la montaña Pelada a su llegada al mar.

Esta erupción es característica de la montaña Pelada, en la Martinica, que durante la erupción del año 1902 incendió, destruyéndola, la ciudad de San Pedro.

Terminación de la erupción.

Cuando la erupción está por terminar, la corriente de lava disminuye, cesa y se solidifica.

Las explosiones desaparecen.

El humo se vuelve claro, casi blanco y está constituido, principalmente, por anhídrido carbónico.

El volcán entra en un período de reposo.

× Productos de las erupciones volcánicas.

Las materias que arroja un volcán en erupción se dividen, para su estudio, en tres estados gaseoso, sólido y líquido.

Productos gaseosos.

Los productos gaseosos están constituidos, principalmente, por vapor de agua, hidrógeno, anhídrido carbónico, óxido de carbono, ácido sulfhídrico, anhídrido sulfuroso y metano.

Productos sólidos.

Las **bombas**, trozos de roca, reblandecidos, arrojados a gran altura en estado de incandescencia.

Su composición química es muy diversa, lo que indica que su procedencia es a veces, muy profunda.

Las **escorias**, copos de lava, solidificados al ponerse en contacto con la atmósfera.

Piedra pómez, copos de lava, que, al solidificarse en la atmósfera, se llenan de aire y adquieren ese aspecto esponjoso que le es característico.

La **ceniza**, lava pulverizada, por efecto de las explosiones producidas en la chimenea, que se eleva en nubes inmensas, hasta más de 10.000 metros de altura y cae después sobre el cono del volcán y sus inmediaciones, formando capas de varios metros de espesor.

Parte de esta ceniza permanece suspendida en el aire, durante muchos meses e impulsada por el viento, cae, a veces, a grandes distancias.

Las **arenas**, lava pulverizada por la misma causa, pero cuyas partículas son de un tamaño mayor que las de las cenizas.

Se desbordan en forma de ríos por los flancos del volcán, constituyendo verdaderas corrientes.

A veces, la enorme cantidad de vapor de agua producido (véase productos gaseosos) se condensa y da lugar a lluvias torrenciales, cuyas aguas, mezclándose

con las cenizas, dan origen a verdaderos **torrentes de lodo**.

Productos líquidos.

Las materias líquidas de una erupción están representadas por la lava.

Esta masa incandescente sube hasta el borde del cráter, se detiene allí por un instante, semejante a un inmenso crisol de hierro fundido, cuyos reflejos brillantes iluminarán la tragedia y se desborda por los flancos del volcán, constituyendo los torrentes de lava, semejantes a torrentes de metal fundido.

Esta lava se endurece en la superficie y da lugar a la formación de túneles, grutas y cavernas.

Los túneles o **neck**, son especies de galerías naturales, formados por la lava al derramarse y endurecerse sobre los bancos de escoria o de cualquier otro material.

Este material desaparece y da origen al verdadero túnel.

Son famosos los túneles de lava de las Azores.

Las grutas y las cavernas se forman por procesos parecidos.

Podemos mencionar la gruta Graciosa de 200 metros de largo por 120 de ancho y 30 de alto, en las islas Azores.

Todos los materiales de una erupción provienen de la zona terrestre que hemos denominado piroesfera.

La mayor parte de los volcanes se hallan situados en las proximidades de las costas del océano Pacífico, constituyendo lo que se ha dado en llamar el círculo de fuego.

Entre los volcanes célebres podríamos mencionar: El Etna, el Vesubio y el Ekla, en Europa.

Los del Japón, en Asia, y especialmente el Fudji-Yama.

En las Filipinas el Mayon, el Apo y el Taal.

En las islas Canarias el pico de Teide.

En los Andes, el Descabezado y el Chimborazo.

En Méjico, el Citlaltepétl y el Jorullo, célebre por la rapidez con que se formó.

Origen de las erupciones volcánicas. *No*

Se admite hoy día:

a) Que el descenso gradual del fondo de los geosinclinales conduce las rocas sedimentarias a una zona donde la temperatura reinante produce su fusión (zona denominada pirósfera).

b) La fusión de estas rocas desprende una gran cantidad de agua (1).

c) El vapor de agua y los materiales en fusión ascienden y salen al exterior, allí por donde puedan abrirse una chimenea, o sea allí por donde encuentren menos resistencia.

Como fenómenos secundarios de la actividad volcánica, puesto que se presentan, generalmente, después de una erupción o en las inmediaciones de un volcán, tenemos:

Las **fumarolas** o **mofetas** que son masas de vapor de agua, anhídrido carbónico y carburos de hidrógeno que se desprenden con una temperatura cercana a la del medio ambiente, en las proximidades de un volcán.

El olor característico de los carburos de hidrógeno es el que le da el nombre de mofetas (muf = moho).

Las fumarolas se dividen, para su estudio, en 4 grupos distintos, según el carácter químico y la temperatura de su masa gaseosa, a saber:

Fumarolas secas: no llevan vapor de agua; se caracterizan por no dar olor; están formadas por la volatilización de sales minerales; tienen una temperatura elevadísima (de 1.500° a 1.600°).

Fumarolas ácidas: constituídas por vapor de agua, ácido clorhídrico, etc.; su temperatura oscila entre 300° y 400°.

(1) Por experiencias, cuidadosamente controladas, ha podido demostrarse que un kilómetro cúbico de granito puede dar 26 millones de metros cúbicos de agua, cantidad de líquido que reducida a vapor sería suficiente para dar origen a una erupción cuatro veces más importante que la del Vesubio del año 1865.

Fumarolas alcalinas.

Fumarolas frías: constituídas por vapor de agua y anhídrido carbónico, con temperatura no elevada.

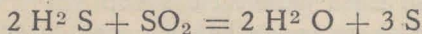
Ejemplos de estas últimas:

En las cercanías de Gerona se desprenden por unas grietas del terreno y son recogidos y llevados por cañerías hasta la ciudad para su utilización.

En la Gruta del Perro, cerca de Nápoles. Esta gruta tiene una hendidura por donde se desprende el anhídrido carbónico, que siendo más pesado que el aire, forma una capa de unos 50 cm. de gas. Siendo, este gas, inadecuado para la respiración, ocasiona la muerte o el atontamiento de todo animal de escasa talla que penetre en su zona.

En la región Guevo Upas, Java, existe un valle denominado "El valle de la muerte", porque todo ser que se aventura en él, muere indefectiblemente. Su fondo se halla ocupado por una capa de anhídrido carbónico de 1 metro y 75 centímetros de alto, que se desprende de un agujero de unos 30 metros de diámetro. Y el fenómeno de la Gruta del Perro se repite.

Las **solfataras** que son masas calientes (40° a 100°) de vapor de agua; anhídrido sulfuroso y ácido sulfhídrico que al llegar en contacto del aire forman agua y dejan el azufre en libertad.



Así se forman los yacimientos de azufre en las inmediaciones de los volcanes.

Cuando un volcán, después de su erupción sigue emitiendo, durante un tiempo, vapor de agua y otros gases, se dice que se halla en la fase de fumarola o solfatara (figura 222).

Soffioni, son chorros de vapor de agua que surgen del suelo, a una temperatura de 100° a 75° , cargados de ácido bórico y caen en lechos especiales, llamados lagoni

Los soffioni más famosos son los de la Toscana (Italia).

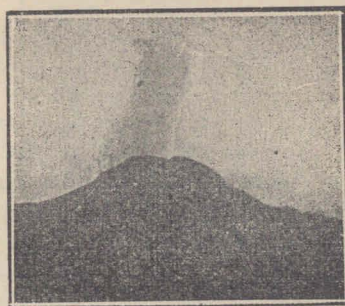


Fig. 222

Fase de fumarola del volcán bulusan, 2 días después de su erupción del año 1919.

Existen, también, pequeños volcanes que arrojan barro.

Se les llama "turbacos" o "macalubas".

El llamado volcán de Jujuy, en la línea a la Quiaca, es una avalancha de barro que baja de la altiplanicie hacia el valle de Humahuaca, dando lugar a grandes conos de deyección que arrastran, a menudo, la vía férrea.

Fuentes hipógenas.

Geiseres, son chorros de agua hirviendo a una temperatura de 100° más o menos, que surgen a gran altura en las inmediaciones de los volcanes (figura 223).

Se diferencian de las fuentes termales (1), por ser **intermitentes**.

Algunos autores los consideran como verdaderos volcanes de agua.

El geiser consiste en un pequeño cono, aplastado, formado por sílice (que toma el nombre de geiserita) de pocos metros de elevación.

(1) Véase Bolilla XIX. "El ciclo del agua en la naturaleza".



Fig. 223

En lo alto del cono se abre un pequeño cráter circular de unos 20 metros, en el cual desemboca la chimenea del geiser, cuyas paredes se presentan perfectamente pulimentadas.

Cuando el geiser está tranquilo, el cráter aparece lleno de agua a unos 80°.

De tiempo en tiempo, de 24 a 30 horas, se percibe un ruido subterráneo, semejante a un trueno; el suelo trepida; el agua de la chimenea asciende hasta el borde, dejando escapar burbujas de vapor que revientan en la superficie; las burbujas se hacen cada vez más frecuentes y en un momento dado el agua es lanzada con extraordinaria violencia fuera del cráter, con grandes ruidos y silbidos, acompañados de nubes de vapor.

Luego el geiser se calma y todo vuelve a estar como en el primer momento.

En algunos casos puede provocarse la erupción arrojando piedras al interior del cráter. Ejemplo: el Viejo Fiel del parque Yellowstone (Estados Unidos), que si no se le provoca deja escapar su columna de vapor cada 65 minutos.

Los geiseres pueden clasificarse en tres categorías, a saber:

Geiseres intermitentes, en los que la temperatura de las aguas, en el momento de la erupción, es superior a su punto de ebullición.

Geiseres ruidosos, en los que la temperatura de las aguas es la de ebullición y las proyecciones son frecuentes pero de poca altura. El agua hierve constantemente.

Geiseres tranquilos, en los que la temperatura no pasa de los 80° y están en vías de extinguirse.

La intermitencia de las erupciones es muy variable.

Por ejemplo, la erupción del Gran Geiser, en Islandia, se producía, antes, cada 24 horas, luego dos veces por semana y actualmente una sola vez por semana.

Se explica esta intermitencia admitiendo que el agua líquida, que asciende por la chimenea del Geiser, se encuentra, repentinamente, con una zona de temperatura más elevada y pasa, bruscamente al estado de vapor.

Esta enorme masa de vapor, por su alta tensión, empuja la masa líquida que se halla encima y la proyecta al exterior.

La masa exterior se condensa y cae, y al caer enfría la que se halla debajo, reduce su tensión e interrumpe la erupción hasta que el calor de la zona caliente, repite el fenómeno.

En algunos geiseres la columna de agua alcanza hasta los 300 metros (1).

Las aguas de los geiseres llevan siempre muchas sustancias minerales en disolución.

Los geiseres más famosos se encuentran en Islandia, Nueva Zelandia y en Yellowstone (Estados Unidos).

Se llaman **filones metalíferos** los depósitos metálicos, efectuados entre las grietas, las fracturas o las fallas de rocas de naturaleza diferente.

Estos depósitos se efectúan, en general, por sedimentación o precipitación y toman el nombre de hidrotermales.

(1) El geiser de Waimangú, en Nueva Zelandia, destruido en 1886 por una erupción volcánica.

BOLILLA XXII

ERAS

Caracteres generales de las eras: agnotozóica, paleozóica, mesozóica, cenozóica y psicozóica. Principales ciclos de movimientos orogénicos.

El estudio del orden en que se formaron los terrenos y las distintas transformaciones sufridas por la Tierra, constituye la Geología histórica.

Para su mejor estudio, los geólogos han dividido las formaciones de la corteza terrestre en cinco grandes grupos o Eras, que corresponden a los grandes ciclos geológicos.

A saber, eras agnotozóica, paleozóica, mesozóica, cenozóica y psicozóica.

Era agnotozóica.

También llamada arcaica o azóica.

Llamada arcaica por ser la más antigua.

Llamada azóica por carecer de restos de animales conocidos, o sea sin vida.

Llamada agnotozóica, de "agnotos", que quiere decir desconocido, y "zoo", animal, luego era de animales desconocidos.

Caracteres generales.

Terrenos exentos de fósiles reconocibles.

Terrenos de naturaleza casi siempre cristalina. Constituyen la base de todos los otros terrenos. Su espesor es aproximadamente de unos 30.000 metros.

Su duración se calcula, aproximadamente, en unos 50 millones de años.

Están constituidos por rocas que por su gran temperatura y las enormes presiones que ejercen sobre ellos

los otros terrenos, han sufrido transformaciones diversas hasta hacerse cristalinas.

Su roca principal es el gneis.. Se observan también granitos, pizarras, etc.

Se ha dividido en dos períodos: el lauréntico y el hurónico.

En el primer período llamado lauréntico, porque el geólogo Loyan creyó haberlo encontrado en los terrenos próximos al río San Lorenzo (Canadá), se encuentran rocas metamórficas: gneis, cuarcitas y materias carbonosas.

La existencia de materias carbonosas hace suponer que debió haber vida y que si no se encuentran sus vestigios fósiles es porque su avanzado metamorfismo los ha destruido (1).

El segundo período, o sea el hurónico, se llama así porque constituye la base de los terrenos del lago Hurón (Canadá) y a este período se le adjudica el primer movimiento orogénico, que dió nacimiento a la cadena de montañas más antigua, o sea la cadena hurónica, cuyos vestigios se identifican en el Canadá.

La caracterización de las eras siguientes se basa, principalmente, en sus fósiles.

Era agnotozóica	Espesor: 30.000 metros	Duración: 50 millones de años	Períodos	Lauréntico	{	gneis	{	No se observan residuos orgánicos
				Hurónico		cuarcitas pizarras		

(1) El hallazgo de restos del "eozoon canadiense" en las montañas de Baviera y de Bohemia.

Era paleozóica.

Llamada primaria porque se creyó fuese la primera y porque en ella aparecen los primeros seres organizados.

Llamada paleozóica de "palaios" antigua y "zoo", vida animal, porque sus fósiles eran los más antiguos de todos los conocidos.

Los océanos son extensísimos.

Las tierras, limitadas, en la era anterior, a un bloque alrededor del polo Norte, sufren un ascenso y aparecen nuevas tierras.

Caracteres generales.

Terrenos que descansan sobre los de la era anterior.

Pueden estar o no cubiertos por los terrenos de las eras siguientes.

Sus fósiles característicos son ciertos artrópodos acuáticos: los trilobitas (figura 224).

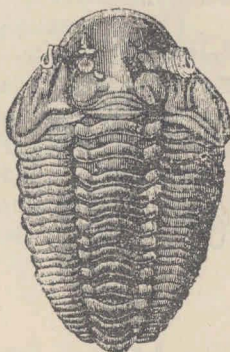


Fig. 224

Su espesor es aproximadamente de unos 15.000 metros.

Su duración se calcula, aproximadamente, en unos 30 millones de años.

Se divide en dos períodos principales: el silúrico y el carbonífero.

PERIODO SILURICO

Se divide a su vez en **cámbrico**, **ordovicense** y **gotlándico**.

Sus fósiles son acuáticos, lo que hace suponer que la mayor parte del globo se halla cubierta por los mares.

A este período corresponde la primera manifestación de vida.

Su fauna: los trilobitas, algunos braquiópodos (*Spirifer*) fig. 225; merostemas: *Pterigotus* de 2 metros,



Fig. 225

figura 226 y pólipos (*graptolítico*).

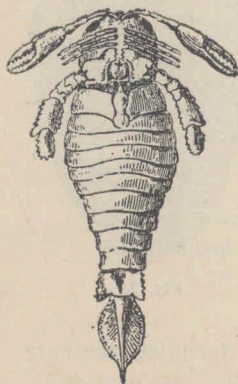


Fig. 226

Se inician los animales terrestres: algunos escorpiones.

Hacia fines de este período se produce el segundo movimiento orogénico que da origen a una cadena de montañas, paralela a la Huroniana: la Caledoniana, cuyos restos son los montes Alleghany.

PERIODO CARBONIFERO

Se subdivide, a su vez, en **devónico**, **carbónico** y **pérmico**.

Se caracteriza por el predominio de la flora.

Epoca devónica.

Se extinguen los trilobitas y aparecen los batracios.

Se intensifican los animales terrestres, iniciados al terminar el período anterior y aparecen miriápodos e insectos neurópteros.

Epoca carbonífera.

Los helechos y las criptógamas vasculares alcanzan desarrollos gigantescos (1).

Se observan, como representante de las gimnospermas, a las coníferas y a las cicadales.

El extraordinario desarrollo vegetal hace suponer una temperatura elevada y una atmósfera muy cargada de anhídrido carbónico y de vapor de agua.

Los yacimientos actuales de carbones fósiles se originaron durante este período.

Epoca pérmica.

A fines de esta época se produce un enfriamiento

(1) Los lepidodendrán con 40 metros de altura y los calamites de los pantanos, hoy raquíuticos, con 6 metros de altura.

intenso, el cual provoca la desaparición de muchos tipos vegetales y la formación de glaciares.

Era paleozóica	Espesor: 15.000 metros	Duración: 30 millones de años	Períodos	Silúrico	cámbrico ordovicense gotlándico
				Carbonífero	devónico carbónico permico

Fósiles acuáticos característicos: los trilobitas.

Era secundaria o mesozóica.

Se llama secundaria, porque sigue a la anterior.

Se llama mesozóica, de "mesos" intermediarios y "zoo" animal, o sea la era de los animales intermediarios en la evolución del reino.

Su espesor se calcula, aproximadamente, en 6.500 metros.

Su clima fué cálido y húmedo.

Se divide en 3 periodos: triásico, jurásico y cretáceo.

Fósil acuático característico: ammonites (fig. 227).

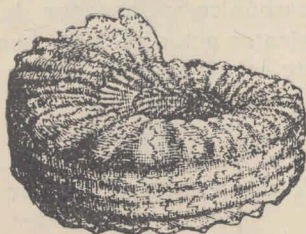


Fig. 227

Sus fósiles terrestres: los reptiles acuáticos.

Período triásico.

Se llama triásico, porque en Alemania, donde se estudió, consta de tres partes o pisos.

- a) El inferior, formado por **areniscas y conglomerados**.
- b) El medio, formado por **calizas** marinas, rico en fósiles.
- c) El superior, formado **de arcillas y margas**. En él son frecuentes los yacimientos de yeso y sal gema.

Su flora comprende, principalmente, criptógamas vasculares y gimnospermas.

Su fauna, comprende parte de la fauna acuática ya vista anteriormente y algunos peces cartilaginosos. Se observan algunos reptiles, verdaderos precursores de los reptiles del jurásico.

No se observan aves, pero hay un fósil con una pisada que se cree sea de un ave gigantesca: el *brontozoun giganteun* de 63 centímetros de longitud.

Aparece el primer mamífero: el *microlestes*, de la familia de los marsupiales.

Período jurásico.

Llamado así por ser característico en la región del Jura (Francia).

Se caracteriza por el desarrollo extraordinario de reptiles monstruosos.

El *atlantosaurio* de 30 metros de largo.

El *ictiosaurio* de 10 metros de largo, con un cuerpo grande, cuello corto y cola larga (figura 228).

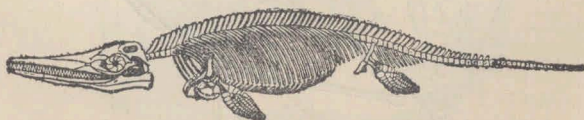


Fig. 228

El plesiosaurio con cuerpo chico, cuello largo y cola corta (figura 229).

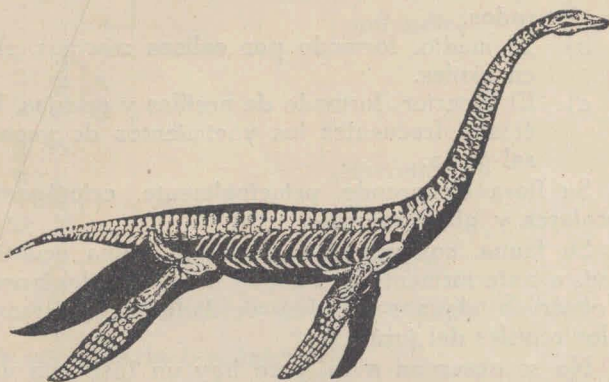


Fig. 229

El megalosaurio, mitad mamífero y mitad ave.

El pterodáctilo, reptil volador, mitad ave y mitad reptil (figura 230).

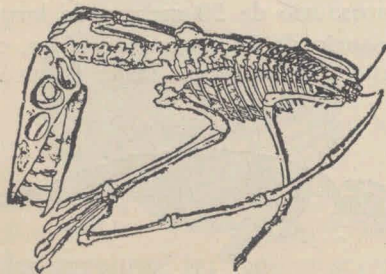


Fig. 230

El diplodoccus, reptil saltador de 25 metros, con la cola y las extremidades posteriores muy desarrolladas (figura 231).

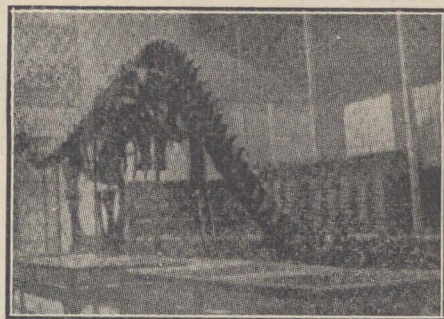


Fig. 231

El gigantesaurio africano, más grande que el anterior.

Aparecen las primeras aves dentadas, o sea, los archeoterix (figura 232) (medio ave y medio reptil).

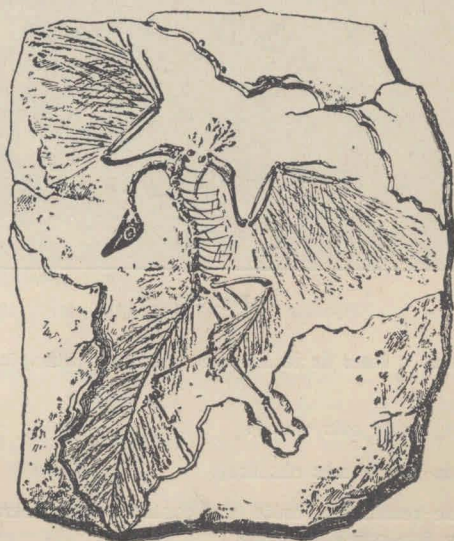


Fig. 232

Flora: Aparecen las fanerogamas angiospermas.

Período cretáceo.

Llamado así porque en él abunda la creta.

Lo forman rocas sedimentarias, como ser: areniscas, conglomerados y calizas.

Flora: Existen fanerogamas, mono-cotiledóneas y dicotiledóneas.

La figura 233 da una idea de la distribución de los mares y



Fig. 233

de las tierras a fines de la Era Secundaria y principios de la Terciaria.

Mares (parte más clara).

Tierras (parte más oscura).

Hágase resaltar la unión del continente sudamericano con el africano y éste con el europeo.

Era mesozóica	Espesor: 6.500 metros	Duración: 11 millones de años	Períodos	{	Triásico	{	Piso inferior: areniscas
							Piso medio: calizas
							Piso superior: arcillas y margas
				{	Jurásico	{	grandes reptiles
				{	Cretáceo	{	Abunda la creta

Fósiles acuáticos característicos: los ammonites.

ERA CENOZOICA

Llamada también, terciaria, por constituir el tercer grupo de los terrenos sedimentarios que cubren el azóico.

Se llama era cenozóica, de "Kainos" reciente y "zoon" animal, o sea, de la vida nueva.

Caracteres generales.

Sus rocas sedimentarias son también: areniscas, calizas, arcillas, etc.

Durante esta era las tierras sufren, en general, un ascenso.

Se caracteriza por la gran cantidad de ciertos protozoarios, los numulites y por los intensos movimientos orogénicos que dan a la superficie terrestre el aspecto que tiene actualmente.

Se divide en dos períodos principales: el eógeno, también llamado numulítico, y el neógeno.

El eógeno o numulítico está caracterizado por los numulites y se divide en dos épocas: la eócena y la oligocena.

Los intensos movimientos orogénicos, que se producen en este período, engendran casi todas las montañas conocidas.

El neógeno, caracterizado por la aparición y desarrollo de mamíferos variados se divide también, en dos épocas: la miocena y la pliocena.

Durante este período, las aguas oceánicas se circunscriben a los límites actuales, dando a los continentes los contornos que hoy conocemos.

Las épocas eócena, oligocena, miocena y pliocena pueden, también, caracterizarse según la proporción de moluscos fósiles, a saber:

eócena: de 0 a 10 %.

oligocena: de 10 a 20 %.

miocena: de 20 a 40 %.

pliocena: de 40 a 60 %.

Epoca eócena.

De "eos" aurora y "kainos" reciente, porque puede considerarse como la aurora de la época actual.

Está caracterizada por los numulites y la aparición del paleoterio, animal intermediario entre el tapir y el rinoceronte (figura 234).

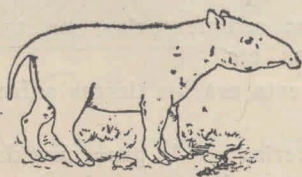


Fig. 234

Aparecen los cetáceos, como productos de evolución de los reptiles nadadores de la era secundaria.

Aparecen las aves caminadoras, algunas de dimensiones semejantes a las de un caballo y de las cuales

ya no tenemos representantes. Ejemplo: el dinornis de 4 metros de altura.

Epoca oligocena.

De "oligos" escaso y "kainos" reciente, época poco reciente, comparada con las que le siguen.

Aparecen numerosos animales antepasados de muchos tipos actuales.

Ejemplo: El pterodón, antepasado de los carnívoros actuales.

El cynodictis, antepasado de perros y liebres.

El hyenictis, antepasado de hienas y liebres.

El amphicyonis, antepasado de perros y osos, etc.

Se extingue el paleoterio y aparece el antracoterio antepasado del cerdo y del hipopótamo.

PERIODO NEOGENO

Epoca miocena.

De "meion" menos y "kainos" reciente, época menos reciente a la nuestra, que las que le siguen.

Aparecen y adquieren un gran desarrollo los proboscídeos. Ejemplos: el mastodonte (figura 235) y el dinoterio de 5 metros de alto y 6.50 de largo.

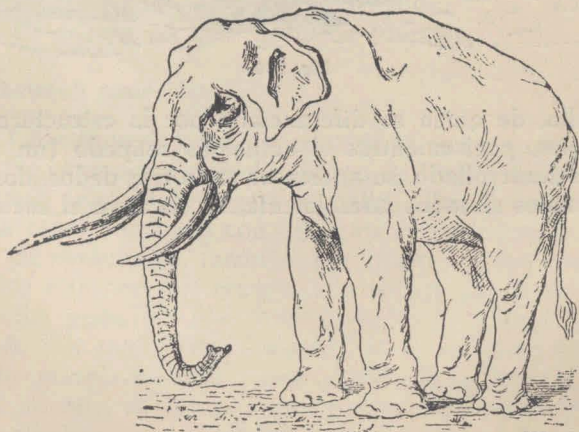


Fig. 235

Flora: Numerosísimas variedades y tipos.

Época pliocena.

De "pleion" más y "kainos" reciente, época más reciente que las anteriores.

Aparece el hipparión (figura 236) antepasado del

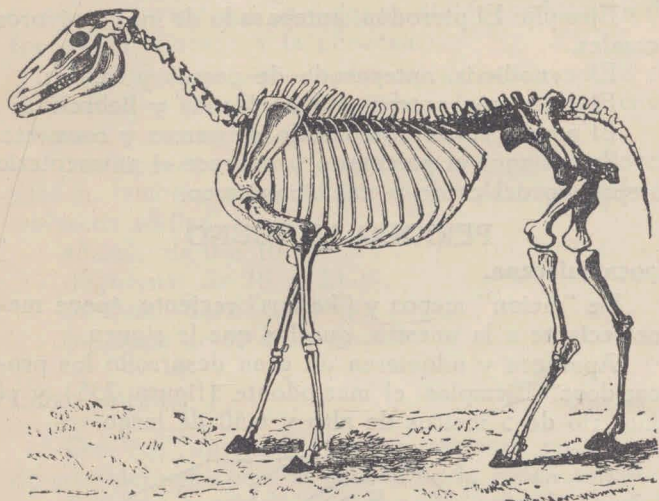


Fig. 236

caballo, de quien se diferenciaba por la estructura de los pies, pues mientras el actual es solípedo (un solo dedo desarrollado, su antecesor tenía tres dedos, dos de los cuales situados lateralmente, no tocaban el suelo.

Era cenozoica Sus rocas: areniscas, calizas y arcillas Protozoarios característicos: Numulites	Períodos	Eógeno	eocena	Numulites cetáceos Paleoterio aves caminadoras
			oligocena	pterodón cynodictis
		Neógeno	miocena	Proboscideos
			pliocena	hipparión

Era antropozóica o psicozóica.

También llamada cuaternaria.

Llamada antropozoica de "anthropos" hombre y "zoon" vida, y caracterizada, precisamente, por la aparición del hombre, o sea de sus fósiles.

Es la era en que nosotros vivimos.

Caracteres generales.

Constituye la capa superior de la corteza terrestre.

Se caracteriza por el hallazgo de fósiles del género Elephas (elefante), Equus (caballo), Bos (vacunos) y de la especie humana con vestigios de su industria.

Se caracteriza, también, por reinar, en los comienzos de esta era, una temperatura menor que la actual.

Sin embargo, este frío intenso no ha sido continuado y a cada período glaciario, le ha sucedido un período interglaciario más cálido que el actual, lo cual permite admitir, en resumen, la existencia de cuatro períodos glaciares, tres períodos interglaciares y un período post-glaciario.

Durante los períodos glaciares muchos animales y numerosas especies vegetales emigran hacia el Sur, en busca del Ecuador, o sea, de zonas más templadas.

Otros animales, en cambio, se adaptan al nuevo medio de vida, sufriendo las modificaciones correspondientes. Así, por ejemplo, en Siberia, se han encontrado restos del *Elephas primigenius* o mammut o elefante lanudo (figura 237), más grande que el elefante

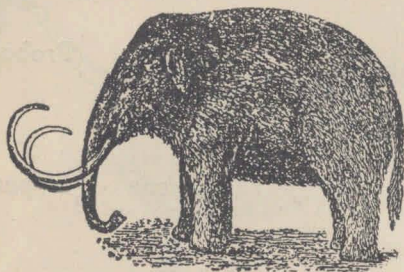


Fig. 237

actual y cuyos pelos, de 40 centímetros de largo, le permitían defenderse de los rigores del frío.

Durante la zona interglaciar, en cambio, la elevada temperatura reinante, funde los glaciares y origina así fuertes y torrenciales cursos de agua.

El movimiento de estas enormes masas de agua erosiona las rocas, arrastra las partículas producto del desgaste y las deposita en el lecho de los ríos, valles, etc., constituyendo los terrenos de aluvión.

Los terrenos de aluvión se hallan formados, principalmente, por arena fina, grava, cantos rodados, grada, etc.

En resumen: esta era se caracteriza por dos momentos principales:

El **diluvio**, representado por las precipitaciones de agua líquida.

El **aluvio**, representado por los terrenos formados gracias a la erosión y arrastre provocado por esas grandes precipitaciones.

Estas alternativas climatológicas originan la desaparición de numerosos animales que toman así el nombre de antediluvianos. A saber:

El mastodonte (*Mastodon giganteum*), de 4 metros de alto, 6 de largo y 4 metros de colmillo (América del Norte).

El megaterio (desdentado, de 6 metros de largo, por 2,50 de alto [figura 238]).

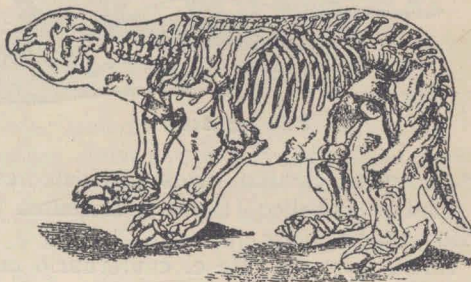


Fig. 238

El gliptodonte (figura 239), desdentado, de 3 metros de alto.

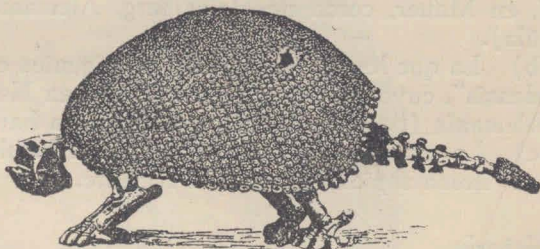


Fig. 239

El milodonte.

El megaterio cuvieri, desdentado, de 5 metros de largo por 2 de alto.

El *megalonix Jeffersoni*, desdentado cavador, de 2 metros, animado de movimientos perezosos (fig. 240).

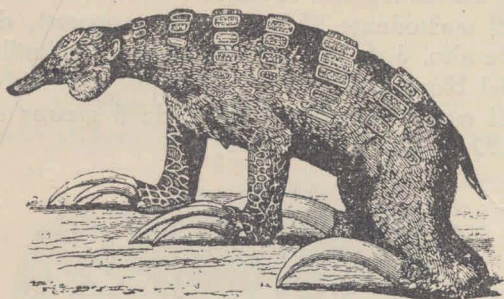


Fig. 240

Aparecen, en cambio, otros no existentes anteriormente, a saber: caballos (*Equus*), elefantes (*Elephas*), toros (*Bos*), tapires, etc.

Y, finalmente, durante el cuaternario medio, aparecen en Europa los primeros fósiles indudables del hombre.

Según el abate Obermaier las tres razas humanas fósiles, precursoras del hombre actual, serían:

a) La más antigua: el "homo heidelbergensis", representado por una mandíbula inferior, encontrada en 1907, en Mauer, cerca de Heidelberg, Alemania, (sin barbilla).

b) La que le sigue: el "homo primigenius o neanderthalensis", cuyos fósiles fueron hallados en Neanderthal, Alemania (bajo, de cráneo grande, poca barbilla).

c) La más reciente, muy parecida al hombre actual, el "homo sapiens", variedad reciente.

Prehistoria.

Estudio de los pueblos y sus civilizaciones antes de los tiempos históricos.

Se divide su estudio en dos edades: la edad de piedra y la edad de los metales.

PREHISTORIA

Edad de los Metales

{ Período paleolítico
{ Período neolítico

Edad de Piedra

{ Período del bronce
{ Período del hierro.

Epoca actual

Período paleolítico.

También llamado de la piedra tallada.

El hombre construye sus instrumentos y sus armas con piedras, a las que, por medio de golpes dados contras otras, les daba la forma conveniente.

Así fabricaba hachas (figura 241), puntas de flecha, etcétera.

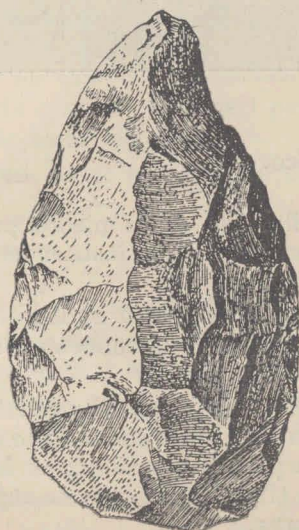


Fig. 241

Durante la primera parte de este período, también llamada paleolítica inferior, el hombre, gracias a la dulzura del clima, vive una vida nómada, al aire libre.

Durante la segunda parte, también llamada paleolítica superior, el frío intenso reinante lo obliga a refugiarse en las cavernas y el hombre se hace troglodita (de "troglo" caverna), comenzando allí a trabajar el hueso (ejemplo: arpones, bastones de mando, etcétera) y a realizar sus primeras pinturas y grabados (figura 242) en la superficie de las rocas.

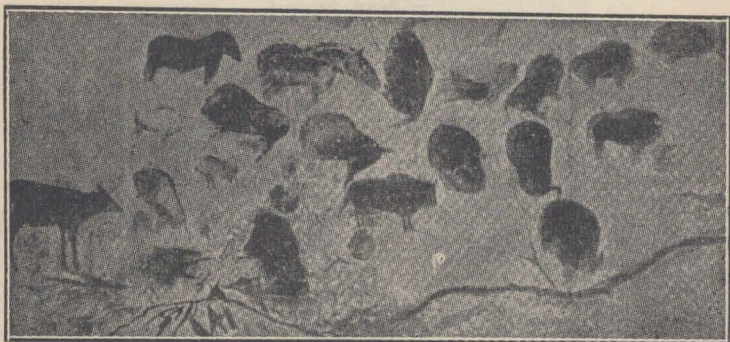


Fig. 242

Período neolítico.

También llamado de la piedra pulimentada.

El hombre mejora sus instrumentos frotando una piedra con otra.

En este período se inicia la domesticación, la agricultura y los primeros monumentos megalíticos, formados por grandes piedras.

Por ejemplo: Los menhires, constituídos por una larga piedra clavada en el suelo como estaca, y que se supone servían para conmemorar un hecho importante y los dolmenes (figura 243), que se supone representaban las sepulturas.



Fig. 243

Se llaman “palafitos” a las habitaciones lacustres, construídas sobre pilotes de madera.

Edad del bronce.

Algunos autores suponen, probablemente con razón, la existencia de una época anterior que se llamaría de cobre, pues siendo el bronce una aleación de cobre y estaño y no existiendo yacimientos de bronce y sí de cobre y de estaño, es natural pensar en la existencia previa de estos metales.

Sin embargo, no se han hallado objetos de cobre.

Edad del hierro.

Comienza en épocas diversas, según los lugares.

Se cree que mientras en China, Egipto, Caldea y Asiria comienza unos 3 ó 4 mil años antes de la Era cristiana, en Europa lo hace mucho después.

A partir de este momento, el hombre desarrolla su inteligencia, perfecciona sus habitaciones y sus armas, extrae los metales de los minerales que los contienen, teje las fibras textiles y entra, paulatinamente, en el período histórico, que ya no pertenece a la Geología.

Principales ciclos de movimientos orogénicos.

Del estudio de las eras, que acabamos de realizar, se desprende fácilmente el orden de los principales ciclos de los movimientos orogénicos que han dado origen a las cadenas de montañas que hoy conocemos.

Efectivamente:

Era azoica.

A esta era se le atribuye el primer movimiento orogénico, que dió origen a la cadena de montañas más antigua, la cadena Huroniana, cuyos vestigios se identifican hoy en el Canadá.

Era primaria.

Se produce el segundo movimiento orogénico que da origen a la segunda cadena de montañas, paralela a la Huroniana, la Caledoniana, cuyos restos son los montes Alleghany.

Era secundaria.

Se caracteriza por la formación de geosinclinales.

Era terciaria.

Se caracteriza por poseer el ciclo de movimientos orogénicos más intenso.

En esta era, por hundimiento de los geosinclinales depositados en la era secundaria, se producen las principales cadenas de montañas que hoy conocemos. Ejemplo: los Alpes, los Andes, los Apeninos, los Urales, los Pirineos, el Himalaya, etc.

Resumiendo el desarrollo zoológico de las eras, presentamos, según Boule, el siguiente cuadro (figura 244).

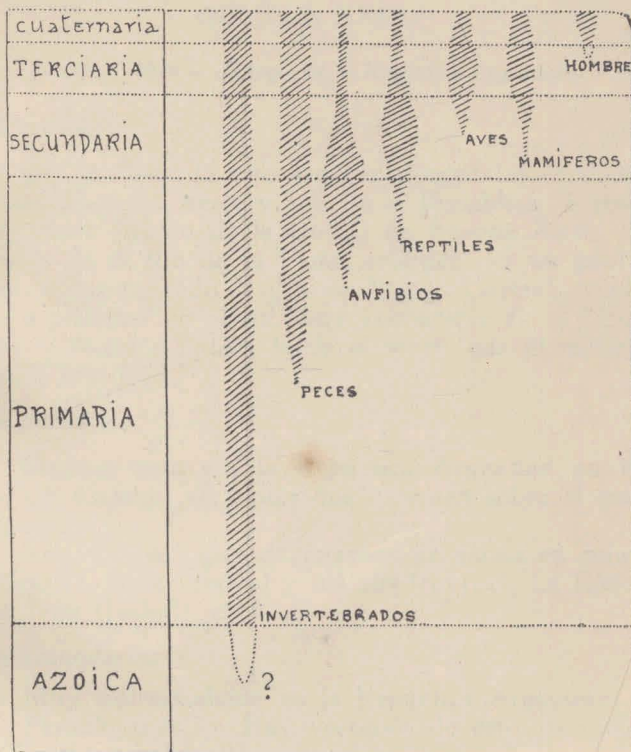


Fig. 244

BOLILLA XXIII

Nociones sobre la geología de la República Argentina.

Era azoica.

Los terrenos de esta era constituyen las cordilleras del noroeste, oeste y sud de la República Argentina, pasan debajo de la ciudad de Buenos Aires, se pierden en el Río de la Plata, emergen, en un punto dado (constituyendo la isla de Martín García), vuelven a perderse en el río, para reaparecer en el Uruguay, e ir así a unirse, hacia el norte, con el macizo central brasileño.

Era primaria.

Durante esta era la República Argentina no es sino un conjunto de islotes que emergen sobre el mar Austral.

Tenemos vestigios de terrenos primarios en Jujuy (Tilcuya), Salta (capital y sus alrededores), La Rioja, San Juan (Jachal), etc.

Era secundaria.

Muy mal estudiada en la República Argentina.

Período triásico: Hay vestigios de estos terrenos en San Juan y Mendoza (Cacheuta).

Período jurásico: En San Juan (Paso de Espinacito) y Mendoza (Puente del Inca).

Período cretáceo

Se divide, en la República Argentina, en dos épocas: el cretáceo inferior o **chubutiano** y el superior o **guaranítico** (1).

(1) El nombre de guaranítico le fué dado por el ilustre naturalista Alcide D'Orbigny.

Ameghino sostiene que durante este período la República Argentina se halla unida, por el este, a África y a Australia. En prueba de ello presenta: 1.º la analogía de las faunas patagónicas y australianas, y, en segundo lugar, el hecho que los mismos fósiles, pertenecientes a este período, se hallan en Europa, en horizontes superiores a los que ocupan en América.

Esto demostraría que la emigración se ha realizado del Nuevo al Viejo Continente.

Los yacimientos de petróleo de Comodoro Rivadavia corresponden, por su formación, a este período.

Era terciaria.

Se divide en tres formaciones.

a) La **patagónica y santacruceña**, que pertenece al eógeno y que se extiende por toda la costa del Atlántico.

b) La formación **magallánica**, que pertenece al oligoceno.

c) La **entrerriana** (que pertenece al mioceno), cubre la provincia de Entre Ríos, desaparece bajo los aluviones de las islas del Delta, pasa debajo de la ciudad de Buenos Aires y llega hasta las barrancas del río Chubut.

d) La **araucana** (mioceno), que desde el río Chubut, dirigiéndose hacia el Norte, se pierde al llegar al río Colorado.

Algunos autores incluyen, en esta era, una formación que llaman **pampeana** (correspondiente al plioceno), constituida por limo y arcilla, o sea el loes, y que constituye toda la llanura de Buenos Aires y la Pampa.

Durante esta era el continente sudamericano toma el aspecto que es hoy conocido.

Era cuaternaria.

Cuaternario antiguo o pleistógeno: Corresponden, a este período, las formaciones de cantos rodados y cascajos, intercaladas de arena, que cubren casi toda la República Argentina.

Los fósiles de este período son muy escasos.

Cuaternario moderno: Este período constituiría, para algunos autores, la formación **postpampeana**, continuación de la pampeana.

La formación post-pampeana está constituida por loes, intercalado con trozos calcáreoarcillosos, muy duros, llamados tosca.

Los fósiles encontrados son todos terrestres y, especialmente, los fósiles del orden de los desdentados (ejemplo: milodonte, gliptodonte, etc.).

Ameghino considera esta formación post-pampeana, como la capa superior de la era terciaria, o sea la pampeana y se basa para afirmarlo, en su riqueza en fósiles (como los que acabamos de mencionar), que pertenecen a esa era.

Durante la era cuaternaria la República Argentina ha sufrido dos cambios de nivel: 1.º un descenso, que habría dado origen al estancamiento de las aguas y la consiguiente formación de lagos y esteros, y 2.º una elevación pronunciada, que habría hecho recobrar a las aguas su nivel normal y habría permitido desecar el terreno.

Resumiendo, tendríamos:

Era	Período	Formación Argentina
Arcaica		
Primaria	{ Silúrico Carbonífero	
Secundaria	{ Triásico Jurásico Cretáceo	{ inferior: chubutiano superior: guaraníco
Terciaria	{ Eoceno Oligoceno Mioceno Plioceno	{ Patagónica Santacruceña Magallánica Entrerriana Araucana
Cuaternaria	{ Pleistoceno	{ Pampeana Post-pampeana

ORIGEN DEL HOMBRE

La simple enunciación de este capítulo ha dado origen, siempre, a las más grandes controversias.

¿Es el hombre, obra maestra del Supremo Creador, o es, científicamente hablando, el descendiente directo de aquella misma masa protoplasmática que constituye la más simple entidad biológica: la célula?

Ahora bien; admitiendo, con la Ciencia, que el hombre proviene de aquella misma masa protoplasmática:

¿Es el hombre descendiente del mono?

"Lamarck, por primero, y con él numerosos sabios europeos, sostienen que el hombre desciende de los monos antropomorfos.

Estos sabios admiten que el esfuerzo constante realizado por estos monos para mantenerse de pie ha facilitado el enderezamiento de su tronco y la modificación de sus extremidades inferiores. Ello le permitió examinar, con mayor facilidad, los objetos del mundo exterior y, por consiguiente, mejorar su inteligencia.

Con el perfeccionamiento de la inteligencia transformó, lentamente, su lenguaje inarticulado en palabras y con la palabra... ¡el mono se hizo hombre!"

Hovelacque, en apoyo de esta teoría, recuerda que el feto humano de seis semanas tiene un gran parecido con el del mono antropomorfo y que es, recién a partir de esta fecha, que se inicia la diferenciación.

Por consiguiente:

Monos antropomorfos → hombre.

Sin embargo, el hallazgo de los restos fósiles del *Homo Neanderthalensis* y otras observaciones más, han obligado a estudiar de nuevo el problema y admitir, por ello, una nueva teoría, que es, hoy por hoy, la más aceptada.

Según nuestro gran sabio, Florentino Ameghino, los mamíferos superiores se dividirían en tres órdenes, a saber:

Mamíferos superiores	{	Orden Prosimios
		Orden Simioideos
		Orden Antropoideos

El orden de los antropoideos comprendería, a su vez, tres familias:

Orden Antropoideos	{	Familia Antropomorfídeos	Posición bípeda
			Oblicua
			Costumbres arborícolas
	{	Familia Homunculídeos	Posición bípeda
			Semioblicua
			Costumbres no arborícolas
	{	Familia Hominídeos	Posición bípeda
			Vertical
			Costumbres terrestres

La familia de los Hominídeos se subdividiría a su vez en cinco géneros:

Familia Hominídeos	{	Género Pithecanthropus erectus (mono antropomorfo)
		Género Tetraprothomo
		Género Diprothomo
		Género Pseudhomo
		Género Homo

El género Pithecanthropos no puede ser el precursor del hombre por varias razones:

1.º Porque siendo su tamaño mucho mayor, para llegar a ser hombre, debiera haber retrocedido en su evolución, lo que es absurdo.

2.º Porque, por otras características, cabe pensar, más bien, que el género *Pithecantropos*, obligado a vivir en las selvas, la vida arborícola, no es sino una degeneración bestializada de los *Hominídeos* y constituye los monos fósiles de Europa.

El verdadero precursor del hombre sería, pues, el *Hominídeo* de las pampas, el **Tethaprothomo**, seguido en su evolución perfeccionativa por el **Diprothomo**, éste por el **Prothomo** y éste, a su vez, por el **Homo**.

Como pruebas de esta afirmación, el sabio Florentino Ameghino, ofrece los siguientes hallazgos fósiles:

a) Hallazgo del *Tetraprothomo* argentino, en Monte Hermoso.

b) Hallazgo, en el lecho del Río de la Plata, de un cráneo que correspondería, morfológicamente, al supuesto *Diprothomo* y que fué llamado "*Diprothomo platensis*".

c) Hallazgo del "*homo pampens*" en Ensenada.

d) Hallazgo del "*homo sapiens*" (hombre actual) en la formación pampeana de las inmediaciones de Luján.

El origen del hombre habría sido, pues, para Ameghino, la región meridional de la América del Sud.

Resuelto así, el problema fundamental, cabe, entonces, preguntarse:

¿Cuándo apareció el hombre?

Sobre este punto, desgraciadamente, no es posible dar una contestación concreta.

Mientras la generalidad de los hombres de ciencia admite que el hombre hizo su aparición en la era cuaternaria, Ameghino sostiene, en cambio, que ella corresponde a la última parte de la era terciaria.

Según él, pues, el hombre, aparecido en la Patagonia, a fines de la era terciaria, cruzó el Archelenis, que por aquel entonces unía América a Africa, y de allí pasó al continente europeo.

Esperemos que así pueda demostrarse para gloria de la ciencia argentina.

BOLILLA XXIV

Breves nociones sobre los yacimientos de los minerales y de las rocas

En el estudio de los capítulos "Clasificación de minerales" y "Petrografía" hemos tenido ocasión de estudiar cómo se forman, en la Naturaleza, algunos minerales.

Vimos, por ejemplo, cómo las grandes salinas y los yacimientos de yeso se formaban por evaporación de grandes masas de agua de mar.

Vimos, también, cómo muchas algas y numerosos animales inferiores fijaban las sales de calcio, que se encuentran en el agua de mar, para transformarlas en los grandes yacimientos de carbonato de calcio.

Vimos que, con un proceso semejante, se obtenía la dolomita.

Vimos cómo las algas diatomeas fijaban la sílice, etcétera.

Sin embargo, todos estos hechos no son sino casos aislados. La inmensa mayoría de los minerales se ha formado por enfriamiento del magma líquido que dió origen a las rocas ígneas.

Una vez solidificada la roca ígnea, queda aún, en su interior, una solución distinta de la que la originó. Esta solución tiende, por su fluidez, a escaparse por las grietas de las rocas ígneas, y gracias a la disminución de la presión y de la temperatura, se solidifica lentamente, rellenando los huecos y dando origen a los filones.

Al estudiar un filón podemos distinguir en él dos porciones principales: los minerales metalíferos y la ganga, o sea la masa mineral que acompaña la parte metalífera. Estas gangas están constituídas, generalmente, por cuarzo, carbonato, etc. Los filones que se encuentran en las partes más profundas de la corteza terrestre, son de carácter más ígneo. Los que están más cerca de la superficie, son debidos a la evaporación de

las aguas que vienen de las profundidades, cargadas de las materias disueltas.

Los yacimientos de minerales de plomo, plata y cobre de las sierras de Córdoba, San Luis y las provincias andinas, son de este origen.

Otros yacimientos se forman por concentración, en un punto, de un mineral, efectuada mientras se solidifica el magma ígneo.

A estos yacimientos se les llama: yacimientos de segregación magmática y sus principales representantes son las minas de óxidos y sulfuros (magnetita, pirita magnética, con níquel, etc.).

Otros yacimientos se forman por la acción de los gases y vapores (que se desprenden del magma) sobre las rocas circundantes, dando así origen, por contacto, a nuevos yacimientos. A estos yacimientos se les llama: yacimientos de contacto.

Existe, por fin, un cuarto tipo de yacimientos: los yacimientos sedimentarios, que toman origen en los procesos de precipitación química o de separación y acumulación mecánica, y —cuyos representantes más importantes son los minerales de hierro y manganeso— las arenas de aluvión, etc.

BOLILLA XXV

Historia de las exploraciones geológicas en la República Argentina.
Bibliografía Geológica Argentina.

Historia de las exploraciones geológicas en la República Argentina.

Resumir, en pocas palabras, la historia de las investigaciones geológicas, en la República Argentina, es prácticamente, imposible.

Bástenos recordar que ellas comienzan a fines de la primera mitad del siglo pasado y continúan, hoy día, con suma intensidad.

Bástenos recordar que mucho se ha hecho; que mucho debemos a hombres como Ameghino, D'Orbigny, Burmeister, Kühne, Bodenbender, Hermitte y otros; pero que mucho también queda por hacer, dada la inmensa extensión de nuestro territorio.

A fin de responder a la pregunta del programa que encabeza este capítulo, me permito aconsejar a los señores profesores de la materia, la lectura detenida, en clase, del índice bibliográfico que va a continuación.

El es parte de lo publicado sobre la Geología de la República Argentina y representa, en síntesis: La historia de las exploraciones geológicas en la República Argentina.

BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA ARGENTINA

Ameghino Florentino.

- La formación pampeana.
- Notas sobre cuestiones de Geología y Paleontología Argentina (Bol. Inst. Geog. Argentino, 1897).
- Las formaciones terciarias y cretáceas de la República Argentina (Anales del Museo de Buenos Aires, tomo XVIII, 1902).

- Paleontología Argentina (Universidad de La Plata 1904).
- Tetraprothomo argentino (Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, tomo XVI).
- Diprothomo platense (Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, tomo XIX).
- Exploraciones geológicas en la Patagonia (Boletín del Inst. Geog. Argentino, tomo XI, 1890).
- Geología, Paleografía, Paleontología, Antropología de la República Argentina, 1910 ("La Nación", número del 25 de Mayo y muchos otros).

Aguirre

- La Geología de la Sierra Baya (Anales de la Sociedad Científica Argentina, tomo VIII, 1879).
- Notas geológicas sobre la Sierra de la Tinta (Anales del Museo de Buenos Aires, tomo V, 1897).
- La Sierra de la Ventana (Anales de la Sociedad Científica Argentina, tomo XXXII, 1892).

Alvarez H.

- Combustibles sólidos de la República Argentina (Boletín N.º 12, serie D. de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología).

Anales del Museo Nacional de Historia Natural, Buenos Aires.

Anales del Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología.

Anales del Instituto Geográfico Militar.

Anales de la Sociedad Científica Argentina.

Beder.

- Las vetas de magnetita y wolframita de la Sierra del Morro (Prov. de San Luis).
- Breve recopilación de los yacimientos de materias explotables de la República Argentina.
- Las concreciones de mineral de manganeso en los estratos del terciario subandino de Puerta Quemada (Tucumán).
- Los yacimientos de mineral de plomo en el departamento de Javi (Jujuy).
- Los yacimientos de minerales de Wolfram en la República Argentina.
- Informe sobre la existencia de mineral de hierro en los alrededores de Potrerillos.

- Informe sobre un yacimiento de mineral de hierro en la Sierra de Paganzo (La Rioja).
- Y muchos otros.

Brackrebusch.

- Mapa Geológico del interior de la República Argentina (Gotha, 1892).
- Informe sobre pozos artesianos en la provincia de Catamarca (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo XVII, 1902).

Burmeister.

- Description physique de la R. Argentine.
- Campaña del Chaco. Informe oficial de la Comisión.

Bodenbender.

- Devono y Gondwana en la República Argentina (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 1897).
- La cuenca del valle del Río Primero (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo XIV, 1894).
- Sobre el terreno jurásico y cretáceo de los Andes Argentinos (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo XIII, 1897).
- Contribución al conocimiento de la Precordillera de San Juan, Mendoza y de las sierras centrales de la República Argentina (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo XVII, 1902).
- La parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes (Anales del Ministerio de Agricultura, tomo VIII).
- Contribución a la historia del desarrollo de la llanura pampeana.
- Los minerales, su descripción y análisis con especialidad de los existentes en la R. Argentina. (1899).
- La sierra de Córdoba. Constitución geológica y productos minerales de aplicación (1905).
- Parte meridional de la provincia de La Rioja y regiones limítrofes. Constitución geológica y productos minerales (1912).
- El Nevado de Famatina (La Rioja) y muchos otros.

Burkhardt.

- La formation pampeanne de Buenos Aires y Santa Fe.

Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.

Boletín del Instituto Geográfico Argentino, Buenos Aires.

Bibliografía de la Geología, Mineralogía y Paleontología de la República Argentina (Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 1904).

Bibliografía geológica argentina (Anales de la Sociedad Científica Argentina, N.º 150).

Bonarelli y Nájera.

- Un viaje de investigación geológica a las provincias de Entre Ríos y Corrientes (Boletín Ministerio de Agricultura, N.º 5, 1913).

Bonarelli.

- La estructura geológica y los yacimientos petrolíferos de Orán, Salta (Boletín del Ministerio de Agricultura, 1914).
- Tierra del Fuego y sus turberas (Boletín del Ministerio de Agricultura, tomo XII, N.º 3).

Bravard.

- Los terrenos terciarios del Paraná (Anales del Museo de Buenos Aires, tomo III, 1884).

Castellanos.

- Observaciones sobre el pleistoceno de la provincia de Córdoba (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo XXIII, 1918).

Catalano L. R.

- Yacimientos kaolínicos del valle de los Sauces (La Rioja).
- Geología económica de los yacimientos de boratos y materiales de las cuencas Salar Cauchari, Puna de Atacama (territorio de los Andes).

D'Orbigny.

- Voyage dans l'Amerique Meridionale.

Doering.

- Informe oficial de la comisión científica, agregada a la expedición del General Roca al Río Negro.

Fréguelli.

- Contribución al conocimiento de la Geología de la provincia de Entre Ríos (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, tomo XXIII, 1918).

Fourrier.

- Reconocimiento geológico del territorio de Misiones (Boletín Ministerio de Agricultura, N.º 21, 1910).

Felsch.

- Reconocimientos geológicos de los alrededores de Punta Arenas y parte Noroeste de la Tierra del Fuego (Boletín Inspección Geográfica y Minas de Chile, tomo IV, 1912).

González Juan B.

- Tratado elemental de Geología (1929).

Gallois.

- Los Andes de Patagonia (An. Geográfico, tomo X, 1901).

Groeber.

- Edad y estructura de la Cordillera entre San Juan y Nahuel Huapi (Physis., tomo VI, 1918).

Hauthal.

- Distribución de los centros volcánicos de la República Argentina y Chile (Rev. Museo de La Plata, tomo XII, 1901).
- Contribución al conocimiento de la Geología de la provincia de Buenos Aires (Bol. Universidad La Plata, N.º 1, 1901).
- Nieve Penitente (Rev. Museo La Plata, tomo XII, 1901).
- Algunos ventisqueros de los Andes (Rev. Museo La Plata, tomo VI, 1895).

Hermitte.

- Contribución al estudio de la cuenca artesiana de las provincias de Córdoba y de Santa Fe (Boletín de Agricultura y Ganadería, N.º 44, 1902).

Kühne Franz.

- Fundamentos de fisiografía argentina (1922).
- El englosamiento actual de la cordillera patagónica austral.
- Informe sobre un viaje de exploración morfológica en el valle de Calchaquí y territorio de los Andes (Boletín de Instrucción Pública, tomo VI, N.º 18, 1910).

Keidel.

- Los progresos en la exploración geológica de la República Argentina.

Lallement.

- Estudio orográfico de la Cordillera de Mendoza y Neuquén, con 6 perfiles (Bol. Inst. Geográfico Argentino, tomo VIII, 1887).
- Memoria descriptiva de la provincia de San Luis (1888).

Lista.

- La Patagonia andina (Anales Soc. Cientif. Argent., tomo XLII, 1890).
- Exploración de la costa oriental de la Patagonia (Bolet. Int. Geog. Argentino, tomo I, 1879-1881).

Moneta.

- La piedra movediza del Tantil (Anales Soc. Cient. Arg., tomo XXXIV, 1892).

Miatello.

- Las dunas marítimas. Su fijación en Quequén (Bol. Minist. Agricultura, XXI, 1917).

Moyano.

- Exploraciones en las nacientes del Río Santa Cruz (Bol. Inst. Geog. Argent., I, 1870-1881).

Moreno.

- Patagonia (Anales Soc. Cient. Arg., tomo XIV, 1882).

Nájera.

- Nota preliminar sobre la serie sedimentaria antigua de la Sierra Baya (Sociedad Argentina de Ciencias Naturales, Tucumán, 1916).

Nordenkjöld.

- Algunos datos sobre la naturaleza de la región magallánica (Anales Soc. Cient. Arg., tomo XLIV, 1897).

Pastore.

- Estudio geológico y petrográfico de la Sierra del Morro.

Roth.

- Estudios sobre la Geología y la Paleontología de los territorios del Río Negro y Neuquén (Rev. Museo La Plata, tomo IX, 1899).

Roveretto.

- La penisola Valdez e la formazione costiera della Patagonia Settentrionale (Rend. Reale Acad. Roma, tomo XXIII).

Revista del Museo de La Plata.**Reichert.**

- Las regiones inexploradas de la cordillera nor-patagónica (Sociedad Científica Alemana, N.º 120).

Senet Rodolfo.

- Los ascendientes del hombre según Ameghino (Boletín de Instruc. Pública, 1909).

Sobral J. M.

- La mina aurífera de San Román (Mendoza).

Sparr.

- Bibliografía de la Mineralogía y Geología argentina.

Stappenbeck.

- El agua subterránea al pie de la cordillera mendocina y sanjuanina (Anales Ministerio Agricultura, tomo VIII, N.º 5, 1913).
- Geología de la faldá oriental de la cordillera del Plata, Mendoza (Anales Ministerio Agricultura, tomo XII, N.º 1, 1917).

Valentín.

- Comunicaciones geológicas y mineras de las provincias de Salta y Jujuy (Anales del Museo de Buenos Aires, tomo VI, 1896).
- Informe sobre una excursión a la provincia de San Luis (Revista Museo de La Plata, tomo VII, 1896).

Windhausen.

- La planicie costanera en la Patagonia Septentrional (Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo XXIII, 1918).
- Geología argentina (2 tomos). — Obra de consulta digna de ser recomendada muy especialmente, para los profesores de la materia).

Wichman.

- Estudios geológicos e hidrogeológicos de la región comprendida entre la Boca del Río Negro, San Antonio y Choele-Choel (Anales Ministerio Agricultura, tomo XIII, N.º 3, 1918).
- Las capas con dinosaurios en la costa sud del río Negro (Physis, tomo II, 1916).
- Sobre las condiciones geológicas del río Negro y la región vecina (Soc. Arg. de Ciencias Naturales, Tucumán, 1916).
- Contribución a la Geología de la región comprendida entre el río Negro y arroyo Valcheta (Anales Ministerio de Agricultura, tomo XIII, N.º 4, Buenos Aires, 1919).

Zeballos.

- Estudio geológico sobre la provincia de Buenos Aires (Anales Sociedad Científica Argentina, tomo II, 1876).

BOLILLA XXVI

Geología de la Capital Federal. Geología de la Provincia o Territorio correspondiente al establecimiento educacional.

Geología de la Capital Federal (1).

La primera perforación profunda, practicada en la Capital Federal, fué la de la Iglesia de la Piedad, calle Bartolomé Mitre esquina Paraná, que llegó a unos 300 metros de profundidad y cuyo esquema puede verse en la figura 245.

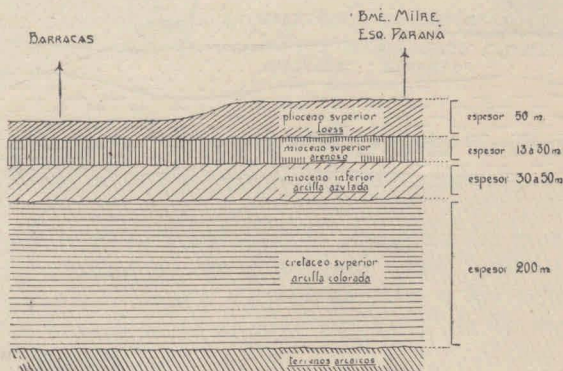


Fig. 245

Punto de referencia: Iglesia de la Piedad, calle Bartolomé Mitre esquina Paraná.

El plioceno superior, corresponde al Post-Pampeano.

(1) Para construir este capítulo hemos tomado como base el correspondiente trabajo del Dr. Juan José Nájera, publicado en "El Monitor de la Educación Común", año 1918, agosto 31.

El mioceno superior, corresponde al Araucano.

El mioceno inferior, corresponde al Entrerriano.

El cretáceo superior, corresponde al Guaranítico.

A esta primera perforación profunda le siguieron muchas otras, practicadas por la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, de resultas de las cuales podemos presentar como perfil geológico general de la Capital Federal, el que puede verse en la figura 246.

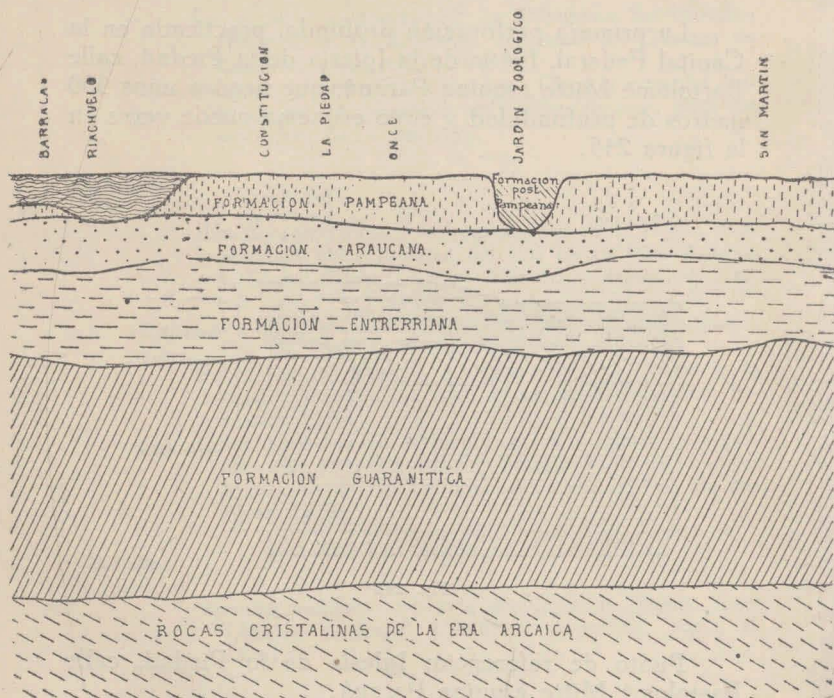


Fig. 246

Al estudiar detenidamente las muestras correspondientes a este perfil, nos encontramos que las rocas cristalinas de la era arcaica, rocas sobre las cuales se asienta en lo más profundo, la Capital Federal, se hallan for-

madas, en su mayor parte, por "micasquito" (cuarzo, con inclusiones de biotita y muy escaso feldespato).

La formación guaranítica, en cambio, con un espesor de más de 200 metros, se halla formada, en su parte superior, por una arcilla rojo oscura, mezclada con concreciones calcáreas, que se continúa a 225 metros con una capa de arena gruesa y cantos rodados.

La formación entrerriana, llamada también mesopotámica, con un espesor de unos 50 metros, se halla formada en su parte superior, por arcilla; en su parte media, por calizas, y en su parte inferior, por arenas.

La formación araucana, con un espesor irregular de unos 30 metros, se halla constituida por arenas.

La formación pampeana y post-pampeana, que ocupa una gran parte de nuestro país, sobre todo en el litoral, se halla formada por un limo rojizo arcilloso —arenoso— calcáreo que contiene numerosas concreciones de tosca.

Geología de la Provincia o Territorio correspondiente al establecimiento educacional.

Para los establecimientos de educación del interior, los datos consignados en el capítulo: "Bibliografía geológica argentina", pág. 387, permitirán a los señores profesores orientar el estudio geológico de la región correspondiente.

INDICE GENERAL

MINERALOGIA

	Pág.
Programa oficial	11
 Bolilla I.	
Minerales y rocas: definiciones y ejemplos	15
Cristales y cuerpos amorfos	16
Constitución de los cristales. Hipótesis de Haüy	17
Estructura reticular	20
Isomorfismo. Polimorfismo. Pseudomorfismo	21
Formas imitativas	22
Cristalización: sus procedimientos	25
 Bolilla II.	
Superficie	27
Brillo	27
Transparencia	27
Polvo	28
Fractura	28
Apegamiento	28
Tacto	28
Sabor	28
Olor	29
Color	29
Dureza	30
Flexibilidad	31
Ductilidad	31
Untuosidad	31
Frío o conductibilidad	31
Fluorescencia	32
Fusibilidad	33
Densidad	33
Doble refracción	35

Bolilla III.

Pág.

Centros, ejes y planos de simetría	37
Leyes cristalográficas	41
Ley de la convexidad de los ángulos	41
Goniómetros	43
Ley de constancia de los ángulos	46
Forma simple	47
Pasaje de una forma simple a otra por el método de los truncamientos	47
Ley de los índices racionales	50
Notaciones de Weiss	55
Notación de Miller	57
Ley de simetría	60
Formas holoédricas y hemiédricas	61
División de los cuerpos cristalizados en sistemas crista- linos de acuerdo a los elementos de simetría que poseen	62
Sistemas cristalinos	63

Bolilla IV.

Sistema cúbico	67
Su estudio sobre la forma primitiva	67
Elementos geométricos: caras, aristas y ángulos triedros	67
Notación	67
Elementos de simetría	67
Símbolos	69
Formas holoédricas más comunes: su derivación	70
Formas hemiédricas: su explicación	77
Ejemplos de cristales naturales del sistema cúbico	79

Bolilla V.

Sistema cuadrático	81
Forma primitiva	81
Elementos geométricos	81
Notación	82
Elementos de simetría	82
Símbolos	84
Formas holoédricas principales: su obtención a partir de la forma primitiva	85
Formas hemiédricas	91
Ejemplos de cristales naturales que pertenecen al siste- ma cuadrático	94

Bolilla VI.

Pág.

Idéntico estudio del sistema exagonal	95
Sistema romboédrico	105
Ejemplos de cristales naturales que pertenecen a estos sistemas	110

Bolilla VII.

Estudio de los sistemas ortorrómbico y monoclinico ...	113
Sistema ortorrómbico	113
Sistema monoclinico	124
Sistema triclinico	135
Ejemplos de cuerpos cristalizados que pertenecen a cada uno de estos sistemas	138
Formas compuestas	138
Idea de maclas	139
Ejemplos de cuerpos que se presentan generalmente maclados	142
Trabajos prácticos de cristalografía	143

Bolilla VIII.

Algunas propiedades físicas	147
Dureza	147
Fusibilidad	147
Brillo	148
Densidad	148
Nociones químicas aplicadas a la determinación de minerales	148
Oxidación y reducción	150
Estudio de la llama. Usos	150
Soplete: su empleo	154
Ensayos de coloración de la llama	155
Ensayos en tubo abierto	156
Ensayos en tubo cerrado	158
Ensayo sobre el carbón	159
Ensayo de Bunsen sobre una cápsula de porcelana	162
Perlas de bórax y sal de fósforo	164

Bolilla IX.

Ensayos por vía húmeda	167
Principales disolventes	167
Disgregación	169

	Pág.
Reconocimiento de los principales metaloides	169
Reconocimiento de los principales metales	170
Trabajos prácticos	175
Clave para clasificar minerales naturales	176

Bolilla X.

Idea de clasificación de minerales	183
Metaloides	185
Metales	187
Combustibles	188
Resinas fósiles	189
Lámpridos	190

Bolilla XI.

Oxidos anhidros e hidratados	195
Sales haloides	199
Carbonatos	202
Silicatos	204
Feldespatos	207
Feldespatoides	207
Micas	208
Piroxenos	208
Anfiboles	209
Sulfatos	209
Boratos	211
Fosfatos	211
Nitratos	211
Aluminatos y tungstatos	212
Minerales radioactivos	212
Mineralogía argentina	212

Bolilla XII.

Principales propiedades ópticas de los cuerpos cristalizados	215
Luz común	216
Luz polarizada	217
Microscopio polarizante	223
Minerales mono y birrefringentes	224
Minerales opacos	228
Polarización cromática	229
Figuras en luz convergente que distinguen a un mineral monoaxial de uno biaxial	230
Minerales policroicos	232

PETROGRAFIA

Bolilla XIII.

	Pág.
Composición química media de las rocas	235
División de las rocas	236
Rocas ígneas: su composición química y mineralógica	236
Minerales principales y accesorios	237
Textura: tipos principales	238
Idea de clasificación racional de rocas eruptivas	241
Principales rocas eruptivas	242
Rocas sedimentarias: su formación	244
Principales rocas sedimentarias	245
Rocas metamórficas	255
Principales rocas metamórficas	255
Trabajos prácticos	256

GEOLOGIA

Bolilla XIV.

La Tierra: forma, volumen y densidad	259
Plataformas continentales, continente, plataforma subma- rina, borde continental	264
Mar epicontinental	266
Cuencas oceánicas, talud continental, depresiones y fosas	266
Enumeración, distribución e ideas generales sobre plata- formas continentales	266
Enumeración, distribución e ideas generales sobre las cuen- cas oceánicas	270

Bolilla XV.

Nociones sobre la vida en los continentes	273
La vida en el medio marino	280
Zona nerítica, batial y abisal	285

Bolilla XVI.

Pág.

Ciclo de los fenómenos geológicos, gliptogénesis, litogénesis y orogénesis	287
Agentes atmosféricos	288
Agentes ácuos	292
Agentes biológicos	302

Bolilla XVII.

Sedimentación	305
Sedimentos de origen detritico, orgánico y químico	305
Facies	307
Dirección e inclinación de los estratos	309
El clinómetro	309
Geosinclinales	311

Bolilla XVIII.

Concordancia. Discordancia. Diversas formas	313
Hiato	314
Plieques. Diversos tipos	314
Fallas. Diversos tipos	316
Determinación de las edades relativas de un estrato ..	318

Bolilla XIX.

El ciclo del agua en la Naturaleza	319
Consideraciones generales sobre las aguas subterráneas .	320
Napas freáticas y artesianas (ascendentes y surgentes) ..	324

Bolilla XX.

Movimientos orogénicos	327
Movimientos sísmicos	330
Movimientos epirogénicos	337
Transgresiones y regresiones marinas	337

Bolilla XXI.

Volcanes	339
Erupciones	340
Productos de las erupciones volcánicas	345

Bolilla XXII.

Pág.

Caracteres generales de las eras: agnotozoica, paleozoica, mesozoica, cenozoica y psicozoica	353
Era agnotozoica	353
Era paleozoica	355
Era mesozoica	358
Era cenozoica	363
Era antropozoica o psicozoica	367
Principales ciclos de movimientos orogénicos	374

Bolilla XXIII.

Nociones sobre la geología de la República Argentina ..	377
Origen del hombre	380

Bolilla XXIV.

Breves nociones sobre los yacimientos de los minerales y de las rocas	385
---	-----

Bolilla XXV.

Historia de las exploraciones geológicas en la República Argentina. Bibliografía geológica argentina	387
--	-----

Bolilla XXVI.

Geología de la Capital Federal	395
Geología de la Provincia o Territorio correspondiente al establecimiento educacional	397

*Este libro se concluyó de imprimir
el 31 de enero de 1938
por los talleres de Ferrari
Hermanos, Bmé. Mi-
tre 2748, impreso-
res de Buenos
Aires.*

