

Juan Antonio Diego
Muñoz



J. Diez-Curso-1926-27

CURSO ELEMENTAL DE HISTORIA NATURAL

Joaquín Diez-Munoz

GEOLOGÍA

TROZOS DE HIGIENE MODERNA

Son unas nociones de divulgación científica, muy útiles para las Escuelas y para todas aquellas personas que no hayan estudiado esta rama de la Ciencia en algún Centro docente, puesto que en dichos Trozos hallarán las principales reglas para prevenirse contra el contagio de las enfermedades más frecuentes, etc., etc., según puede deducirse por los títulos de los folletos que constituyen la colección completa, y que se enumeran a continuación. Cada folleto se vende separadamente.

TÍTULOS Y PRECIOS DE CADA UNO DE LOS FOLLETOS QUE CONSTITUYEN LA COLECCIÓN COMPLETA

	Exemplar	Diez
	Pesetas	Plas.
FOLL. 1.— <i>Qué son los microbios, cómo viven y cómo se desarrollan</i>	0,50	3,50
— 2.— <i>Esterilización y desinfección</i> .—Procedimientos sencillos para desinfectar objetos, etc.....	0,50	3,50
— 3.— <i>Concepto de los términos etiología, profilaxis, invasión, infección, receptividad, inmunidad, incubación, endemia, epidemia y pandemia</i>	0,30	2,10
— 4.— <i>La tuberculosis</i> .—Con los principales procedimientos para destruir las moscas, que tanto contribuyen a la propagación de ésta y demás enfermedades.....	0,75	5,75
— 5.— <i>La fiebre tifoidea o tífus abdominal</i> .— <i>Las fiebres paratifoideas</i> .— <i>El tífus exantemático o tabardillo</i>	0,40	2,80
— 6.— <i>La gripe</i> .— <i>La tos ferina</i>	0,30	2,10
— 7.— <i>Las fiebres eruptivas (viruela, sarampión y escarlatina)</i>	0,30	2,10
— 8.— <i>La difteria</i> .— <i>La pulmonía y la bronconeumonía</i>	0,30	2,10
— 9.— <i>La meningitis cerebro-espinal</i> .— <i>La parálisis infantil</i>	0,30	2,10
— 10.— <i>La encefalitis letárgica</i> .— <i>La erisipela</i> .— <i>La gangrena</i>	0,30	2,10
— 11.— <i>El carbunco</i> .— <i>El tétanos</i> .— <i>El muermo</i>	0,30	2,10
— 12.— <i>El cólera</i> .— <i>La peste</i>	0,30	2,10
— 13.— <i>La fiebre amarilla</i> .—Con los principales procedimientos para destruir las larvas de los mosquitos o agentes transmisores de esta enfermedad, del paludismo, etc.....	0,40	2,80
— 14.— <i>El paludismo</i>	0,30	2,10
— 15.— <i>La rabia</i>	0,30	2,10
— 16.— <i>La sífilis</i> .— <i>La disentería</i>	0,30	2,10
— 17.— <i>Higiene del sistema muscular</i>	0,30	2,10
— 18.— <i>Higiene del sistema nervioso</i> .— <i>El sueño</i>	0,30	2,10
— 19.— <i>Higiene de la piel y del pelo</i>	0,30	2,10
— 20.— <i>Higiene del olfato, gusto, vista y oído</i>	0,30	2,10
— 21.— <i>Higiene de la boca, dientes y faringe</i>	0,30	2,10
— 22.— <i>Higiene de la digestión</i> .— <i>Acción del tabaco sobre el aparato digestivo</i>	0,30	2,10
— 23.— <i>El agua: su grado de potabilidad según su procedencia: su purificación</i>	0,30	2,10
— 24.— <i>La leche</i> .— <i>Las bebidas aromáticas (café, mate, coca, etc.): su acción sobre el organismo</i>	0,30	2,10
— 25.— <i>Las bebidas alcohólicas (vinos, cervezas, licores, etc.)</i> .— <i>Alcoholismo y su profilaxis</i>	0,40	2,80
— 26.— <i>Alimentos vegetales y animales: su valor nutritivo</i>	0,40	2,80
— 27.— <i>Enfermedades que pueden adquirirse por intermedio de los alimentos vegetales (quiste hidatídico, etc.)</i>	0,40	2,80
— 28.— <i>Enfermedades que pueden adquirirse por intermedio de los alimentos animales (solitarias y triquina)</i>	0,40	2,80
— 29.— <i>La alimentación insuficiente y la sobrealimentación</i> .— <i>Los condimentos</i> .— <i>Las conservas</i> .— <i>Los utensilios de cocina</i>	0,30	2,10
— 30.— <i>Higiene del aparato circulatorio: acción del tabaco sobre el mismo</i>	0,30	2,10
— 31.— <i>Higiene del aparato respiratorio: Acción del tabaco</i> .— <i>Capacidad y ventilación de las habitaciones</i>	0,30	2,10
— 32.— <i>El calor del cuerpo</i> .— <i>Los vestidos</i>	0,40	2,80
— 33.— <i>Los baños</i> .— <i>Las viviendas</i>	0,30	2,10
— 34.— <i>Los retretes</i> .— <i>Los pozos negros y su desodorización</i> .— <i>Las alcantarillas</i>	0,40	2,80
— 35.— <i>Higiene de los niños (1.^a y 2.^a infancia y puericia)</i>	0,50	3,50
— 36.— <i>Las calles: su pavimentación y limpieza</i> .— <i>Las basuras</i>	0,50	3,50

De venta en las principales librerías de España y de América.

Cada folleto se vende por separado, tanto por unidad como en grandes cantidades.

Para los pedidos al por mayor, DIRIGIRSE AL AUTOR.

Reg. 5017 / 16
Domingo

CURSO ELEMENTAL DE HISTORIA NATURAL

GEOLOGÍA

POR

Orestes Cendrero Curiel

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES

EX-ENCARGADO DE LOS CURSOS PRÁCTICOS DE ORGANOGRAFÍA Y FISIOLÓGIA COMPARADAS
EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID

EX-PENSIONADO POR EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES Y JUNTA PARA AMPLIACIÓN
DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS EN LA ESTACIÓN DE BIOLOGÍA MARÍTIMA DE SANTANDER.

INDIVIDUO DE LA COMISIÓN EXPLORADORA DE LAS COSTAS DEL NORTE DE ÁFRICA, ENVIADA
POR EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES DE MADRID Y LABORATORIO
BIOLÓGICO MARÍTIMO DE BALEARES.

CORRESPONDIENTE DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HIGIENE.

EX-AUXILIAR DE MINERALOGÍA Y BOTÁNICA Y ZOOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO.

EX-CATEDRÁTICO, POR OPOSICIÓN, DE HISTORIA NATURAL Y FISIOLÓGIA E HIGIENE EN EL INSTITUTO
NACIONAL DE SEGUNDA ENSEÑANZA DE HUELVA,

Y ACTUALMENTE, CATEDRÁTICO, TAMBIÉN POR OPOSICIÓN, DE DICHAS ASIGNATURAS
EN EL INSTITUTO NACIONAL DE SEGUNDA ENSEÑANZA DE SANTANDER.

Obra declarada de mérito y de utilidad para la enseñanza
por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,
por el Real Consejo de Instrucción Pública
y por Real Orden del Ministerio de Instrucción Pública, agosto 1923.

QUINTA EDICIÓN

PRECIO: OCHO PESETAS

REINOSA

1927



ES PROPIEDAD DEL AUTOR, QUIEN
SE RESERVA, EN TODOS LOS PAÍ-
SES, LOS DERECHOS DE REPRO-
DUCCIÓN DE TEXTO Y GRABADOS,
DE ADAPTACIÓN Y DE TRADUCCIÓN

Títulos y precios de las obras didácticas del mismo autor.

	PRECIO
	<i>Pesetas</i>
Elementos de Anatomía y Fisiología, 6. ^a edición.....	12,00
Elementos de Higiene, 6. ^a edición.....	6,00
Nociones de Anatomía, Fisiología e Higiene, 5. ^a edición.	8,00
Geología, 5. ^a edición.....	8,00
Botánica, 5. ^a edición.....	8,00
Zoología, 5. ^a edición.....	9,00
Nociones de Historia Natural, 4. ^a edición.....	12,00

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN

Se nota la falta de un libro elemental que, siendo inteligible para el alumno, dé idea de las doctrinas y tecnicismos hoy imperantes en Geología y forme un todo lo más coherente posible, dentro de la relativa heterogeneidad de la materia.

Pero tampoco se puede pasar bruscamente de la Geología clásica a la moderna Geología, sino que es menester un libro de transición en el que las distintas materias estén tratadas próximamente con igual amplitud, sin extenderse más de lo debido en aquellas que sean objeto de estudio especial por parte del autor.

Esto es lo que he procurado hacer en la presente obra, que iré modernizando en lo posible y gradualmente en ediciones sucesivas, si ésta fuera del agrado de los distinguidos compañeros que me han animado a hacerla y a los cuales me complazco en testimoniar mi gratitud.

Orestes Cendrero.

Santander, septiembre 1916

PRÓLOGO A LA TERCERA EDICIÓN

Para aquellos que conozcan las anteriores ediciones de esta obra y vean la presente, no necesito decir cuáles y cuántas han sido las mejoras que en esta edición introduje; pero para los que no conocieren aquéllas, diré que, aparte de las adiciones y correcciones que hice en el texto, he agregado numerosísimos grabados conducentes a hacer más comprensible el texto por parte del alumno y a que éste se dé la más exacta cuenta posible de la estructura, etc., de los minerales; del modo de actuar de los agentes geológicos; etc., etc. Por ello, he hecho un verdadero derroche de figuras, si es que en esto puede haber derroche, y por ello también, de los grabados agregados, en su mayor parte son reproducción de fotografías, fotografías que, a su vez, han sido casi todas tomadas con destino a esta obra por numerosos profesores, discípulos y amigos, o por mí. Al pie de cada grabado aparece el nombre del que me comunicó la fotografía y tengo especial complacencia en enviar a todos los comunicantes desde estas líneas el público testimonio de mi agradecimiento por su interés.

Todas estas mejoras, unidas al elevado precio que, como todo el mundo sabe, han experimentado el material de Artes Gráficas y, sobre todo, la mano de obra, me han obligado a elevar un poco el precio de esta edición.

Sólo me queda enviar una vez más a mis queridos compañeros y amigos las gracias más efusivas, tanto por el valioso concurso que me han prestado, como por la favorabilísima acogida que siguen dispensando a esta obra.

Orestes Cendrero.

PRELIMINARES

La palabra *Naturaleza* significa, en su sentido más amplio, el conjunto de todos los seres que componen el Universo, y las ciencias que tienen por objeto el estudio de la Naturaleza se conocen con el nombre de *Ciencias naturales*. Estas ciencias se dividen en varias ramas, según el asunto de que se ocupan: así, la rama que estudia las fuerzas se denomina *Física*; la que estudia las sustancias, *Química*; si trata de los astros que pueblan el espacio, comprendiendo la Tierra entre ellos, en lo que se refiere a sus movimientos, densidades, etc., *Astronomía*, y, por último, la que estudia los seres naturales, o sea aquellos en cuya formación no ha intervenido la mano del hombre, no sólo de la Tierra, sino del Universo en general, recibe el nombre de *Historia Natural*. Conviene advertir, sin embargo, que actualmente se reserva el nombre de Ciencias Naturales para la Historia Natural exclusivamente.

División de los seres naturales: sus analogías y diferencias.—Entre todos los seres existentes se distinguen dos categorías: una formada por los minerales, las rocas, las montañas, la Tierra que habitamos y todos los astros, y otra por los vegetales y animales que pueblan la Tierra. A estas dos categorías de seres se las conoce de antiguo con los nombres de *inorgánicos* a los primeros y *orgánicos* a los segundos. Mas como estos nombres pueden inducir a error, porque hay seres orgánicos que carecen de órganos, modernamente se les designa respectivamente con los de *telúricos* (del lat. *Tellus*; *Telluris*, la Tierra) o *sidéreos* (del latín *sidereus*, lo relativo a los astros) y *epitelúricos* o *episidéreos* (del gr. *epi*, sobre), nombres que son sinónimos, por tanto, de los de inorgánico y orgánico, aunque se emplean menos.

Entre ambos grupos de seres existen *analogías y diferencias*, y para metodizar el rápido estudio de las principales, expondré se-

paradamente las que tienen relación: 1.º, con la forma y estructura; 2.º, con la composición química; 3.º, con el origen; y 4.º, con los caracteres físicos.

FORMA Y ESTRUCTURA.—Los individuos de la *misma especie vegetal o animal* tienen siempre próximamente la forma y tamaño constantes y fijos, al paso que *dos minerales o rocas de la misma especie* son en general de forma irregular y tamaño distinto. Pero si en vez de comparar los seres orgánicos con los minerales o rocas de la Tierra los comparásemos con los astros, se vería que tal semejanza no existe por lo que respecta a la forma, por cuanto la de éstos es siempre constante, no ocurriendo lo mismo si en el tamaño nos fijamos, que varía mucho de unos cuerpos celestes a otros. Si a la forma de sus elementos nos referimos, la única diferencia que existe es que mientras los minerales están formados en general por cristales o formas poliédricas (*fig. 1*), las células, o últimos elementos morfológicos de los seres orgánicos, son, muchas veces, de formas no poliédricas (*fig. 2*).

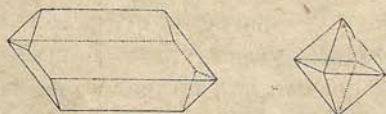


Fig. 1.—Los seres inorgánicos están formados, generalmente, por cristales, que tienen formas poliédricas.

La *estructura*, es decir, la distribución de las diversas partes que los constituyen, es diferente en un cristal y en una célula, pues mientras en el primero sus moléculas están agregadas de un modo geométrico, las moléculas de la segunda no se hallan nunca agrupadas de una manera regular. Por otra parte, los seres vivos están formados por la reunión de materias sólidas, líquidas y gaseosas, y si bien es cierto que en un astro considerado como individuo, la Tierra, por

ejemplo, encontramos estos tres estados de la materia, un mineral de la superficie terrestre no se encuentra más que en uno de los tres estados: o sólido, como en las piedras; o líquido, como en el agua; o gaseoso, como en el anhídrido carbónico.

COMPOSICIÓN QUÍMICA.—Encontramos en ésta uno de los caracteres de más entidad para diferenciar los seres orgánicos de los inorgánicos, *no por lo que se refiere a los cuerpos simples que*



Fig. 2.—Los seres orgánicos están formados por células, que con frecuencia tienen formas no poliédricas.

constituyen ambos grupos de seres, sino por el modo que éstos tienen de agruparse en cada uno de ellos. Así vemos, en efecto, que la materia orgánica está formada por oxígeno, hidrógeno, carbono, nitrógeno, azufre y fósforo, a cuyos elementos se agregan otros menos abundantes, como el calcio, hierro, etc., todos los cuales forman también la materia inorgánica, sin que se encuentre ninguno que pueda decirse sea propio y exclusivo de la materia orgánica, y el mismo átomo de oxígeno que forma parte de la grasa, por ejemplo, de un animal, puede combinarse después de la muerte del mismo con un átomo de hierro, originando un mineral, y a la inversa. Pero si bien es cierto que los materiales son los mismos, la manera que tienen de combinarse entre sí para formar los seres orgánicos y los inorgánicos es distinta, pues mientras que en cada mineral el número de elementos químicos que le forman es muy pequeño y varía mucho para los distintos minerales (como el agua, que está formada de oxígeno e hidrógeno; la caliza, de carbono, oxígeno y calcio, etc.), todo ser vivo está constantemente formado por carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, a los que se agregan otros varios elementos, originándose cuerpos de composición química muy compleja, en oposición a lo que ocurre con los cuerpos inorgánicos, que son de composición más sencilla. Claro que esto refiriéndonos a los cuerpos inorgánicos de la superficie terrestre, porque la complejidad aumenta cuando se examina la composición de los astros considerados como cuerpos inorgánicos.

ORIGEN.—En la actualidad vemos que *los seres vivos proceden de padres muy parecidos a ellos y que no pueden formarse artificialmente* por más que se reúnan los mismos cuerpos simples que los constituyen, al paso que *los seres inorgánicos se pueden producir artificialmente* con sólo reunir, bajo ciertas condiciones de calor, electricidad, etc., los mismos cuerpos simples que los componen, los cuales tienen caracteres y propiedades físicas y químicas muy distintas de las del cuerpo originado, y así se puede formar en los laboratorios el agua, *cuerpo líquido*, combinando *los dos gases* oxígeno e hidrógeno, por la acción del calor o de la chispa eléctrica. Antes se creía que los cuerpos orgánicos podían nacer por *generación espontánea*, es decir, en el seno de la materia inerte, de una manera análoga a como se originan los cuerpos inorgánicos; pero hoy está fuera de duda que actualmente los seres

*Manuscrito
22 junio 1924*

AL ILUSTRE GEÓLOGO ESPAÑOL

Excmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano,

(1854-1922)

INGENIERO DE MINAS

Director del Instituto Geológico de España. Inspector general de Minas.
Miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales, etc., etc.

Con admiración y respeto,

EL AUTOR

orgánicos, por sencillos que sean, no pueden originarse más que a expensas de otros orgánicos análogos a ellos. Más, como dice Claus (*), si en la actualidad no podemos formar los seres orgánicos a expensas de los inorgánicos, científicamente hay que admitir la formación de los primeros seres orgánicos de la Tierra a expensas de la materia inorgánica para explicarse de un modo racional la aparición de la vida sobre ésta. Se sabe que nuestro globo ha pasado por un estado de incandescencia en el cual era, por consiguiente, imposible la vida de ningún ser orgánico: de esto se deduce que la aparición de estos seres es posterior a dicho estado ígneo y como están formados por los mismos cuerpos simples que forman la materia inorgánica de la atmósfera y costra terrestres, y de entre ellos los más abundantes (**), es lógico suponer que los primeros organismos se constituyeron a expensas de la materia inorgánica. Claro es que nosotros no podemos fabricar en el laboratorio un ser orgánico con materiales inorgánicos porque no conocemos con exactitud las condiciones físicas que en aquella época reinaban en el globo, pues si bien es cierto que sabemos había más calor que en la actualidad, no sabemos a cuántos grados ascendía dicho calor; si sabemos que la electricidad, la presión, etcétera, eran mayores que hoy, no sabemos qué cantidad existía de cada uno de estos factores y en estas condiciones nos encontramos en presencia de una especie de candado de letras compuesto de un número x de ruedas, cada una de las cuales posee un número n de letras o valores, y considerando lo difícilísimo que es abrir un candado de letras que, por grande que sea, está formado por un número limitado de ruedas y cada una de éstas por un número también limitado de letras, se comprenderá que el candado que podríamos formar con los factores arriba citados, sería imposible abrirlo por sernos desconocido, siguiendo la comparación, no sólo el número de ruedas, sino también el número de letras que cada rueda tiene.

CARACTERES FÍSICOS.—Dejando a un lado aquellos que son comunes a la materia de los cuerpos, tanto orgánicos como inorgánicos (cuales son: la impenetrabilidad, porosidad, peso, etcétera),

(*) Claus. Zoólogo alemán (1835-99). Se dedicó preferentemente al estudio de los Celentéreos y Crustáceos, y fué profesor en varias Universidades alemanas y austriacas.

(**) Véase mi *Botánica*, 5.ª edición, pág. 30, y *Zoología*, 5.ª edición, pág. 15.

se hablará sólo del movimiento, que es el carácter físico a que más se atendía antes para diferenciar los seres orgánicos de los inorgánicos, considerándole como la señal más característica de la vida. Esto no es cierto en absoluto, pues algunos infusorios, por ejemplo, cuando se acaba el agua de las charcas en que viven, se enquistan, es decir, se reducen de tamaño cuanto pueden y se proveen de una o más cubiertas córneas, pudiendo permanecer en este estado, sin movimiento ninguno y pareciendo una partícula de polvo, durante años enteros, hasta que, arrastrados por el aire, van a parar al agua, o bien regresa el agua a la charca de donde faltó, en cuyo caso vuelven a la vida activa. Aquí vemos que no hay movimiento ninguno mientras dura el enquistamiento. En cambio, si tomamos azufre y lo fundimos en un crisol, se forman poliedros o cristales del sistema monosimétrico, los cuales, al cabo de un cierto tiempo, se convierten en cristales del sistema rómbico: para verificarse este cambio ha tenido que haber movimiento interior. Y si nos fijamos en los astros, nada hay que decir: todos saben que la Tierra se mueve en el espacio; del mismo modo es de todos conocido que en la costra de la Tierra hay movimiento que se traduce en terremotos y, por fin, la atmósfera y los mares son continuas pruebas del dinamismo terrestre, basándose en lo cual, no hace mucho tiempo relativamente, se incluían ambos medios en los seres vivos.

División de la Historia Natural.—Del estudio de cada uno de los grupos de seres de que viene tratándose se ocupa una de las ramas de la Historia Natural, que puede considerarse así dividida en dos partes: la *Uranografía* y la *Biología*. La Uranografía (del griego *ouranós*, cielo, y *grafo*, yo describo) estudia los astros, no en lo que corresponde a sus movimientos, masas, etc., en cuyo asunto se ocupa la Astronomía, según se ha dicho antes, sino en lo que se relaciona con el relieve externo, estructura, evoluciones que han sufrido en el transcurso del tiempo, etc.; y cuando dicho estudio se aplica a la Tierra en particular recibe el nombre de *Geología* (del gr. *ge*, Tierra; *logos*, tratado), la cual no es, como se ve, más que una rama de la Uranografía, pero que ha constituido siempre una ciencia independiente por tener medios propios de estudio y gran extensión. La otra parte de la Historia Natural es la Biología (del gr. *bios*, vida), que se ocupa del estudio de los seres vivos.

URANOGRAFÍA

Clasificación de los astros según Faye.—Como los astros han sido conocidos por el hombre desde que éste apareció en la Tierra, no debe extrañar que siempre hayan recibido nombres particulares y que desde hace mucho tiempo se hayan agrupado en clasificaciones distintas; pero el trabajo de clasificar los astros fundándose en los principios y haciendo los grupos que los naturalistas utilizan en sus clasificaciones (véase *taxonomía mineralógica*), no se ha llevado a cabo hasta que el célebre astrónomo francés Faye (1814-902) lo ha hecho de un modo bastante completo. Los divide en dos *Tipos* denominados *nebulosas* y *formaciones estelares*.

Nebulosas.—Las nebulosas son manchas difusas y blanquecinas, con luz sumamente ténue, que aparecen diseminadas en el cielo sin orden ninguno. Algunos autores clasifican las nebulosas en *resolubles* e *irresolubles*: las primeras son aquellas que examinadas con un telescopio se ve que están formadas por estrellas y que el número de éstas aumenta a medida que va aumentándose el poder amplificante del telescopio; las segundas no se resuelven en estrellas por más que se aumente el poder amplificante del

telescopio. *Estas son las verdaderas nebulosas*, dentro de las cuales pueden establecerse dos *Clases* atendiendo a su forma: unas la tienen irregular, por lo que se las llama *amorfas* o *irregulares* (figs. 3 y 4); gracias al espectroscopio ha podido averiguarse que éstas están constituidas, principalmente, por hidrógeno y nitrógeno:

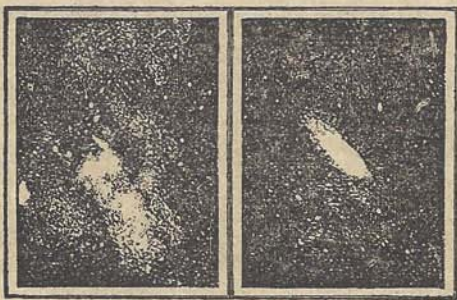


Fig. 3.—Nebulosa poco condensada.

Fig. 4.—Nebulosa más condensada.

otras son llamadas *regulares* por ofrecer formas constantes, es-

tán constituídas por análogos elementos que las anteriores, aunque más condensados, y reciben diversos nombres según su forma, y así se llaman espirales (*fig. 5*), anulares, etc., mereciendo especial mención las denominadas nebulosas *planetiformes*, porque presentan una forma esférica tan regular, que parecen verdaderos planetas, diferenciándose de éstos en que el análisis espectral da tan sólo las rayas del hidrógeno, del nitrógeno y de pocos cuerpos más, no llegando nunca a ofrecer la complejidad de aquéllos. Aún hay otra variedad que ni puede clasificarse como nebulosa ni como estrella; se las llama *estrellas nebulosas*, y no son estrellas propiamente dichas, sino verdaderas condensaciones nucleares de las nebulosas planetiformes. Estas distintas formas que presentan las nebulosas irresolubles parecen indicar que las nebulosas, primitivamente irregulares, agrupan su materia hasta terminar formando las estrellas; esta suposición está corroborada por varios hechos, entre ellos la composición de las estrellas blancas y el que, como ha hecho observar Herschel (*), los alrededores de las nebulosas se hallan desprovistos de estrellas.



Fig. 5.—Nebulosa espiral.

Formaciones estelares.—Las *formaciones estelares* o *estrellas* son astros de forma esferoidal y de luz propia y en general potente: su centelleo sirve para distinguirlas de los planetas. El P. Secchi (**) divide las estrellas en tres *Clases* llamadas *blancas*, *amarillas* y *rojas*, cuyos colores dependen de la temperatura y composición de cada una. Las *estrellas blancas* son las que poseen temperatura más elevada; en ellas abunda extraordinariamente el hidrógeno: las *estrellas amarillas* tienen menor temperatura que las anteriores y su composición es parecida a la que se dirá al tratar del Sol, que es el tipo de esta clase de estrellas: por último, las *estrellas rojas* son las que menor temperatura poseen; en su composición no se encuentra el hidrógeno libre. La relación existente entre el color de las estrellas y su temperatura se comprenderá observando lo que ocurre con un hierro cuando se le introduce en el fuego: primero se pone rojo, luego amarillo y por último

(*) Herschel. Astrónomo inglés (1738-822).

(**) Secchi. Célebre astrónomo italiano (1818-878).

blanco; al enfriarse pasa por estos mismos estados, pero en orden inverso. De todas las estrellas conocidas, el 50 por 100 son blancas, el 35 por 100 amarillas y el 15 por 100 rojas.

Sistema solar. Está constituido por el Sol, que es el centro del sistema, los planetas con sus satélites, y los cometas.



Fig. 6.—Esquema que representa el tamaño comparativo del disco solar y de los planetas.

mado para evitar que el exceso de luz dañe la vista, aparece como un disco brillante o *fotosfera* (gr. *fotos*, luz; *sphaira*, esfera) (fig. 7), en la cual destacan manchas irregulares más brillantes aún que la fotosfera y que reciben el nombre de *fáculas* (latín *fáculla*, antorcha pequeña). Posee también pequeños puntos negros denominados *poros* y además las llamadas *manchas* (fig. 8), que primitivamente consisten en poros, los cuales van aumentando de tamaño progresivamente, terminando por alcanzar dimensiones variables, pero generalmente

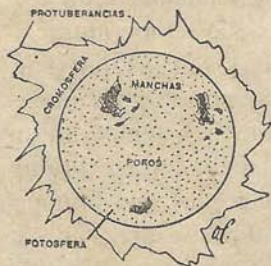


Fig. 7.—Conjunto esquemático del Sol.



Fig. 8.—Manchas solares.

terminando por alcanzar dimensiones variables, pero generalmente

EL SOL.—Es el tipo de estrellas *amarillas* y la más cercana a la Tierra. Tiene un movimiento de rotación en el cual invierte unos veinticinco días, y otro de traslación hacia la constelación de Hércules. Su *volumen* es seiscientos veces mayor que el de todos los planetas reunidos (fig. 6) y su *densidad* la cuarta parte de la de la Tierra. Su *forma* es esférica y, observado con un telescopio ordinario, provisto de un vidrio ahumado para evitar que el exceso de luz dañe la vista, aparece como

grandes; la forma de dichas manchas es también variable, así como su duración, que siendo ordinariamente corta puede persistir durante meses enteros. La fotosfera se halla rodeada por la *atmósfera solar* o *cromosfera*, nombre este último debido al color rosado que presenta (gr. *kroma*, color) en su parte próxima a la fotosfera, de la que de vez en cuando surgen las llamadas *protuberancias rosadas*, que no son sino inmensos surtidores de *hidrógeno* incandescente que salen de la cromosfera. Esta se halla constituida preferentemente por el mismo *hidrógeno* incandescente y tanto ella como las protuberancias rosadas, no son visibles más que durante los eclipses. En la composición de la fotosfera entran hasta unos veinte cuerpos, principalmente hidrógeno, nitrógeno, carbono, oxígeno, flúor, calcio, helio, etc., que son también elementos que se encuentran en la Tierra.

Todos los astrónomos consideran actualmente que el Sol está constituido por una masa incandescente de gases y de vapores, cuyo núcleo está relativamente más condensado que la periferia, y que en ésta se enfrían por irradiación las capas superficiales, que cayendo de nuevo al interior de la fotosfera vuelven al estado gaseoso. Según la mayor parte de los autores, el *origen del calor solar* es debido a la retracción progresiva del astro, así como a las rápidas y enormes corrientes que se establecen al pasar al interior del astro la materia condensada en el exterior. Estas mismas corrientes son las que, según Faye, originarían las manchas solares.

LOS PLANETAS.—Son astros esferoidales que se distinguen de las estrellas en que carecen de centelleo y en que aparentemente aumentan de tamaño si se aumenta el poder amplificante del telescopio con que se los observe. Poseen un movimiento de rotación alrededor de su eje, y otro de traslación alrededor del Sol, describiendo en este último una órbita elíptica, en uno de cuyos focos se halla el Sol. Casi todos los planetas tienen un cortejo de otros menores que giran en torno suyo y reciben el nombre de *satélites*. Los planetas son, procediendo del más próximo al más alejado del Sol (fig. 6): *Mercurio*, *Venus*, la *Tierra*, *Marte*, *Asteroides*, *Júpiter*, *Saturno*, *Urano* y *Neptuno*. Todos ellos se hallan distribuidos con arreglo a la llamada *ley de Bode* (*), que indica la distancia a

(*) *Bode*. Astrónomo alemán (1747-826).

que se hallan del Sol, considerando la de la Tierra (153.000.000 de kilómetros, en números redondos) como uno. Esta ley es como sigue: si al cero y a los términos de una serie geométrica formada por los números 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, se les agrega cuatro unidades a cada uno, se transformará en la serie: 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388, en la que dividiendo cada término por 10 y escribiendo debajo de cada número los nombres de los planetas ordenados según su distancia al Sol, se tendrá:

0,4; 0,7; 1; 1,6; 2,8; 5,2; 10; 19,6; 38,8;
Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Asteroides, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno.

Cuando Bode formuló esta ley faltaba el planeta correspondiente al término 2,8; pero su autor anunció que llegaría día en que fuese descubierto y, en efecto, algún tiempo después se descubrió que en dicho lugar se encontraban los asteroides o planetas telescópicos. Sin embargo esta ley no merece en realidad el nombre de tal, porque las distancias obtenidas por medio de ella no son las distancias *exactas*, sino *aproximadas*, pues Neptuno, p. ej.; no se halla treinta y ocho veces más alejado del Sol que la Tierra, sino sólo treinta.

El *volumen* de cada planeta, tomando el de la Tierra como unidad, es el siguiente: Mercurio, $\frac{1}{17}$; Venus, 1; Tierra 1; Marte, $\frac{1}{7}$; Asteroides (los mayores), $\frac{1}{2000}$; Júpiter, 1414; Saturno 734; Urano, 82; Neptuno, 100. El *peso*, tomando la tierra como unidad: Mercurio, $\frac{1}{13}$; Venus, $\frac{9}{10}$; Tierra, 1; Marte, $\frac{1}{8}$; Júpiter, 338; Saturno, 101; Urano, 15; Neptuno, 21. La *densidad*, comparada con la del agua: Mercurio, 6,76; Venus, 5,02; Tierra, 5,5; Marte, 5,15; Júpiter, 1,29; Saturno, 0,75; Urano, 0,98; Neptuno, 1,21. Finalmente, la *duración del año*, tomando como unidad el año terrestre: Mercurio, ochenta y ocho días; Venus, doscientos veinticuatro; Tierra, un año; Marte, dos; Asteroides (término medio), cinco; Júpiter, doce; Saturno, veintinueve; Urano, ochenta y cuatro y Neptuno, ciento sesenta y cinco.

Con los planetas se hacen dos grupos, según sea su órbita interior o exterior a la terrestre; a los de órbita interior o menor que la terrestre se los denomina *interiores* o *inferiores* (Mercurio y Venus) y a los de órbita exterior, *exteriores* o *superiores*. Los planetas interiores tienen *fases* análogas a las de la Luna, mientras

que los exteriores se nos presentan siempre brillantes. Se comprende, en efecto, que estando la Tierra donde indica la *figura 9*, de Mercurio y de Venus no se distinguirá en I el hemisferio vuelto hacia nosotros, por estar en la obscuridad; en II se verá sólo una parte iluminada, y en III todo el hemisferio iluminado por el Sol: en cambio, de un planeta exterior vemos siempre el hemisferio iluminado. Todas estas fases no pueden apreciarse a simple vista.

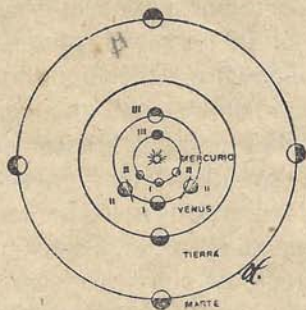


Fig. 9.

Mercurio. — Como se halla muy próximo al Sol, está constantemente envuelto en su brillante atmósfera, por lo que no es visible más que poco antes de salir y ponerse el Sol. Del aspecto dentado de su cuarto creciente se ha deducido que posee montañas, de las cuales una ha podido medirse, habiéndose visto que es de unos 27 kilómetros, altura enorme comparada con las montañas terrestres (el pico más elevado del Himalaya no llega a 10 kilómetros), y más si se tiene en cuenta el pequeño tamaño de Mercurio. El calor en su superficie es mucho mayor que el de la Tierra, si bien se hallará mitigado por su atmósfera, que es mucho más densa que la terrestre.

Venus. — Conocido vulgarmente con los nombres de lucero de la mañana y de la tarde, es el más brillante y próximo a nosotros. Posee una atmósfera análoga a la de la Tierra y montañas de unos 50 kilómetros. Su eje está tan poco inclinado con relación al plano de la órbita (18°), que los polos boreal y austral son durante medio año de Venus (ciento doce días nuestros) el equivalente en temperatura a nuestra zona tórrida.

Tierra. — De ella se tratará en Geología. Tiene un gran satélite que es la *Luna*, cuyo volumen es sólo cuarenta y nueve veces menor que el de la Tierra. Posee un movimiento de rotación y otro de traslación que son *isócronos*, es decir, que se verifican en el mismo tiempo (unos veintisiete días y cuarto próximamente), por lo cual no conocemos más que un hemisferio de su superficie. Carece de atmósfera y de agua; esta circunstancia permite ver su superficie siempre límpida y apreciar que posee grandes depresiones, impro-

piamente llamadas *mares*, y grandes montañas análogas a las que constituyen nuestros volcanes, pero de dimensiones colosales. Como por no poseer atmósfera se calienta bruscamente por la acción de los rayos solares, y pasa también bruscamente al frío que reina en el espacio interplanetario, la Luna se está agrietando de una manera análoga a como se rompería una placa de arcilla calentada y enfriada bruscamente: estas grietas o *ranuras* son a veces de grandes dimensiones, y hoy se pueden observar con gran claridad gracias a los modernos y potentes telescopios con que se cuenta para ello. Se demuestra que la Luna carece de atmósfera por medio de una sencilla observación: en efecto, cuando la Luna en su movimiento pasa por delante de alguna estrella, la oculta bruscamente en cuanto pasa del borde del disco lunar y aparece también bruscamente por otro punto; si la Luna poseyera atmósfera, esta desaparición y aparición no se verificaría bruscamente, porque por efecto de la refracción de los rayos estelares al atravesar dicha atmósfera, la estrella sería visible para nosotros con alguna menor claridad algún tiempo después de haber desaparecido y antes de aparecer detrás del disco lunar. Careciendo de atmósfera tiene también que carecer de agua, puesto que si la hubiera se evaporaría bruscamente, tanto por el exceso de calor como por la falta de presión, y nuestro satélite estaría envuelto en nubes.

Marte.—Es un planeta de brillo intenso que se distingue de los restantes por su color rojo; examinado con un telescopio potente, sobre todo cuando está más cerca de nosotros, se perciben en él manchas rojizas y verdosas que se supone corresponden a los continentes y mares, respectivamente. Además, en los polos se distinguen dos manchas circulares de un color blanco intenso que se destacan claramente sobre el tono rojizo-verdoso circundante; dichas manchas se supone corresponden a nuestros casquetes polares, suposición que está corroborada por el hecho de que su extensión varía periódicamente, y mientras la del polo Norte disminuye en la época del año en que el Sol la hiere más directamente, aumenta la del polo Sur, e inversamente. Finalmente, posee una atmósfera parecida a la terrestre. Le escoltan dos satélites pequeñísimos (10 y 12 kilómetros de diámetro).

Asteroides.—Son también llamados *planetas telescópicos* porque no se pueden percibir sin el concurso del telescopio. Su nú-

mero es considerable (más de cuatrocientos) y de día en día aumenta el de los conocidos. Su tamaño es pequeñísimo: los mayores tienen un diámetro que no excede de 2.700 kilómetros. Para el astrónomo alemán Olbers (1758-840) estos planetas serían los fragmentos resultantes de la explosión de un planeta existente entre Marte y Júpiter.

Júpiter.—Es el mayor de los planetas y aparece como una estrella muy brillante, si bien menos que Venus. Un punto ecuatorial de Júpiter se desplaza, por efecto del movimiento de rotación, con una velocidad de 12.586 metros por segundo, mientras que un punto del ecuador terrestre sólo lo hace a 462. Por efecto de tan enorme velocidad y de la poca densidad de su materia, cada polo de Júpiter ofrece un aplastamiento que se evalúa en unos 5.000 kilómetros. Posee nueve satélites, de los cuales tres son mayores que nuestra Luna y en todos ellos sus movimientos de rotación y traslación son isócronos: los dos últimos descubiertos, tienen movimiento *retógrado*, es decir, que giran en sentido opuesto al del planeta.

Saturno.—Su volumen es próximamente la mitad que el de Júpiter, y esto, unido a su mayor distancia del Sol y de nosotros, hace que se nos aparezca como una estrella más pequeña y pálida. Su depresión polar es de unos 7.000 kilómetros, lo que es debido, como en Júpiter, a su rapidísimo movimiento de rotación (una vuelta en diez y media horas), y a la poca densidad de su materia, que es menor que la del agua. Posee diez satélites y tiene además un anillo aplastado que rodea al planeta sin tener con él ningún punto de contacto. Este anillo (*fig. 10*) está compuesto de tres zonas concéntricas, de las cuales la interior es oscura y transparente, la media más luminosa que el mismo disco planetario y la exterior grisácea; estas dos están separadas por un espacio vacío de unos



Fig. 10.—Saturno y su anillo.

plea en su movimiento de rotación y por sí mismo no es luminoso, puesto que proyecta su sombra en el planeta.

Uraño.—No es visible a simple vista más que en circunstancias muy favorables; entonces aparece como una estrella de sexta magnitud. Sus depresiones polares son muy ostensibles. Posee cuatro satélites *retógrados*.

Neptuno.—No es nunca visible a simple vista. El único satélite que se le conoce es *retógrado*.

COMETAS.—Son astros que se mueven describiendo elipses muy alargadas, en uno de cuyos focos se halla el Sol. Algunos parece, sin embargo, que no cierran órbita, es decir, que llegando a un punto, son atraídos por otro Sol y giran entonces en torno suyo, e inversamente. En el caso de mayor complicación se distinguen en un cometa tres partes, que son: el *núcleo*, la *cabellera* y la *cola*. El *núcleo* es la parte central y también la más luminosa, por ser donde más concentrada se halla la sustancia; la *cabellera* es una nebulosidad que envuelve al núcleo, y, finalmente, la *cola* consiste en una banda o rastro luminoso de longitud, anchura y forma variables. Existen cometas que carecen de cabellera y cola. La materia de los cometas se halla tan enrarecida que, según Faye, la densidad de los núcleos es la novena parte de la del aire enrarecido de las máquinas neumáticas. Respecto a la composición de esta materia se sabe que entran el hidrógeno y el carbono.

ESTRELLAS FUGACES, BÓLIDOS Y METEORITOS.—Con el nombre de *estrellas fugaces* se conocen las ráfagas luminosas que de vez en cuando aparecen en el cielo y desaparecen rápidamente. Casi todas las noches se observa alguna, pero cuando en realidad parece una verdadera lluvia de estrellas es hacia el 10 de agosto y 12 de noviembre; como la fiesta de San Lorenzo es el 10 de Agosto, de ahí el nombre de *lágrimas de San Lorenzo* que dan a dicho fenómeno en muchas localidades. En algunas ocasiones estas estrellas fugaces semejan globos de fuego, que atraviesan la atmósfera con velocidades considerables.

Los *bóolidos* consisten también en globos incandescentes, pero que en lugar de atravesar las capas superiores de la atmósfera, penetran en el espesor de ésta y son atraídos por la Tierra, antes de llegar a la cual estallan con estruendo formidable y se fragmentan en multitud de trozos de tamaño que varía desde el de granos de arena

hasta muchas toneladas: estos fragmentos reciben el nombre de *meteoritos*. La composición de éstos es análoga a la de los materiales terrestres, pudiéndose establecer dentro de ellos dos grupos: los *hierros meteóricos* y las *pedras meteóricas*. Los primeros se denominan así porque están constituídos por hierro o combinaciones suyas; son los más abundantes: los segundos deben su nombre a estar formados por materiales no metálicos, es decir, por verdaderas piedras del grupo de los silicatos, preferentemente (pág. 100). En ninguno de ellos se *encuentra agua ni minerales hidratados*. Tanto unos como otros poseen una costra fundida, pues por efecto de la elevada temperatura que el bólido adquiere al rozar contra las capas de la atmósfera, su superficie se pone incandescente, llegando un momento en que a causa de la diferencia de temperatura del interior y exterior, se rompe en los fragmentos que constituyen los meteoritos.

Para muchos autores las estrellas fugaces serían debidas a numerosos y pequeñísimos asteroides ultratelescópicos que existirían alrededor del Sol, formando verdaderos enjambres de forma anular, de los cuales, el más próximo a la Tierra es el que originaría las estrellas fugaces, pues al penetrar uno o varios asteroides, de tamaño relativamente grande, oblicuamente en nuestra atmósfera, por el roce del aire y la enorme rapidez de su marcha, su superficie se pondría incandescente y se haría visible, lo cual no era posible antes a causa de su pequeñez: una vez que ha salido de la atmósfera se enfría al llegar al espacio interplanetario. Ordinariamente la oblicuidad de su penetración en la atmósfera, la rapidez de su marcha y resistencia del aire, impiden a la estrella fugaz caer en la Tierra, pues rebota, digámoslo así, como una piedra lanzada oblicuamente y con fuerza sobre la superficie de las aguas tranquilas, y saliendo por otro punto continúa su marcha; pero si no penetra con tanta oblicuidad, o no puede escapar a la atracción de la Tierra, cae en ella, constituyendo los bólidos y meteoritos. Si el asteroide fuera muy pequeño, se pondría todo él incandescente y se volatilizaría completamente o casi completamente, y no caería a la Tierra más que la *ceniza* o polvo impalpable no volatilizado.

Nacimiento, vida y muerte de los astros.—Con las nociones que anteceden, hay ya datos suficientes para comprender la hipó-

tesis de Laplace (*), que es la más admitida en la Ciencia para explicar esta cuestión. Supone dicho autor que el sistema solar ha constituido primitivamente una nebulosa de hidrógeno, que siendo amorfa al principio fué condensando su materia por efecto de la atracción, y al mismo tiempo adquiriendo elevada temperatura y movimiento de rotación, terminando por formar el Sol, con una masa mucho mayor que la que tiene actualmente. Estando constituido este Sol primitivo por materiales muy poco densos, entre los cuales predominaba el hidrógeno, y gozando de un rápido movimiento de rotación, no tardó en formarse un anillo que desprendiéndose y agrupando su materia en un cuerpo esférico originó o dió nacimiento al primer planeta, o sea Neptuno: del mismo modo se originarían los demás planetas (fig. 11). Cada uno de éstos, a su vez, originaría otros anillos, que formarían los satélites. El mismo origen tendrían los demás sistemas solares. Parecen corroborar esta hipótesis varios hechos: 1.º Lo dicho a propósito de la composición y formas de las nebulosas. 2.º La composición de las estrellas. 3.º La densidad de los planetas, que va creciendo hasta llegar a Mercurio, que por su pequeñez y por ser el último formado (es decir, constituido por materiales de una estrella amarilla, que son más densos que los de una blanca), es el más denso de todos: se exceptúan Urano y Neptuno, en los cuales, como son más pequeños que Júpiter y Saturno, su vida es más breve y rápida y su materia se ha condensado antes que la de éstos. 4.º El estado actual de Saturno, cuyo anillo puede considerarse como un satélite en vía de formación. 5.º 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, lo cual se conoce en que colocando en la mezcla una gota de éste toma forma



Fig. 11.—Esquema de la formación sucesiva de los anillos planetarios, según la hipótesis de Laplace.

Plateau (**), que consiste en hacer una mezcla de agua y alcohol hasta conseguir que tenga la misma densidad que el aceite, lo cual se conoce en que colocando en la mezcla una gota de éste toma forma

(*) Laplace. Físico, geómetra y astrónomo francés (1749-827).

(**) Plateau. Físico y naturalista belga (1801-883). En 1843 quedó ciego, a pesar de lo cual siguió desempeñando sus clases de Física y Anatomía en la Universidad de Gante.

esférica, y en lugar de flotar queda en el punto donde se la coloque. 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.

El astro, según esto, se *reproduce* u origina otros análogos a él cuando se encuentra en plenitud de vida. Cuanta mayor plétora de materia tiene, tanto mayor número de semejantes origina (Júpiter y Saturno). Después de un período de *vida* que varía de unos a otros, el astro se va enfriando gradualmente, se provee de una costra cada vez más gruesa y desaparece el agua de su superficie y hasta del interior: es la *decadencia* y la *muerte*. Después de ésta viene la *descomposición* y por último la caída al astro que le originó. Todo este ciclo evolutivo es recorrido con mayor rapidez por los astros pequeños que por los grandes, pues cuanto más pequeño sea, tanto más pronto se enfriará su materia, etc. Parece corroborar todo lo que antecede el estado en que se hallan los planetas mejor conocidos del hombre (Venus, la Tierra y Marte), el de la Luna, y además los meteoritos. En efecto, los planetas antes citados están ya camino de la decadencia, pues a causa de su pequeñez, la materia se ha enfriado más rápidamente; se los puede calificar de astros próximos a la *vejez*, pero aún no puede considerárselos como astros *muertos*, porque poseen agua y atmósfera.

En cambio, este calificativo puede aplicarse a la Luna, la cual carece de agua y atmósfera y comienza ya a *descomponerse*: esta es la interpretación que se da a las largas y profundas ranuras que la recorren en todas direcciones y atraviesan llanuras, cráteres y montañas; la luna terminará por fragmentarse en un gran número de trozos, labor que realizan diariamente y de consuno, el Sol, calentándola bruscamente; el espacio interplanetario, enfriándola. Finalmente, para Meunier, los meteoritos no serían otra cosa que los restos de un segundo satélite de la Tierra que, por ser más pequeño que la Luna, ha recorrido antes su ciclo evolutivo y cuyos trozos, teniendo distintas densidades y estando situados a distintas distancias del centro, se habrán ido acelerando o retardando, se habrán deslizado unos sobre otros, y, por último, se habrán esparcido poco a poco a lo largo de la órbita que describía el globo de

que formaban parte, constituyendo a la larga un anillo, alrededor de la Tierra y entonces, mucho más sensibles a la atracción terrestre, podrán caer sobre su superficie. Las estrellas fugaces tendrían análogo origen.

Esta teoría no explica el por qué de los movimientos de los satélites retrógrados de Urano y Neptuno, ya que debían tener la misma dirección que sus planetas respectivos. Faye intenta explicarse esto diciendo, en esencia, que serían debidos a torbellinos existentes en la periferia del anillo, los que girando en sentido inverso al del anillo terminarían por reunirse en un globo cuyo movimiento sería retrógrado.

Además de la recién resumida hipótesis de Laplace, se han ideado otras varias hipótesis cosmogónicas (gr. *kosmos*, mundo; *gignomai*, producirse); pero entre todas ellas destaca, por su originalidad y relieve científico, la hipótesis *giroscópica* emitida modernamente por Belot (*). Es absolutamente imposible sintetizar dicha hipótesis en unas líneas; pero la idea fundamental de la misma puede resumirse diciendo que Belot supone que contra una nebulosa amorfa chocó un torbellino o tromba de electrones de signo contrario a los de la nebulosa primera y que por efecto del choque se formaron varios torbellinos secundarios cuya condensación originó los planetas, y los que derivaron de éstos, los satélites. Parece corroborar esta hipótesis el gran número de nebulosas espirales que existen, comparativamente con las demás. Para Belot, la Tierra ha tenido cuatro satélites, de los cuales no subsiste actualmente más que la Luna, que es el mayor y más lejano de los cuatro, habiendo caído a la Tierra los otros tres en diversas épocas geológicas, según se verá al tratar de éstas (**).

(*) Belot (E.) Actual director de las fábricas del Estado francés.

(**) Puede verse un resumen de esta hipótesis en *Las teorías cosmogónicas y físicas modernas y sus relaciones con la Geología*. Conferencia dada en el Ateneo de Madrid en 1921 por el profesor Dr. Juan Carandell, y también en *El interior de la Tierra*, por V. Ingiada, jefe de la Estación Sismológica de Toledo. Madrid, 1919.

GEOLOGÍA

Sección 4^a 18

Definición y división.—Ya se dijo (pág. 13) que tiene por objeto el estudio de la Tierra. Como este estudio es muy extenso y abarca diversidad de asuntos, se divide en varias ramas o tratados, que se denominan: *Fisiografía* (gr. *physis*, naturaleza; *grapho*, describir), *Geología fisiográfica* o *Geografía física* la parte que se ocupa principalmente del estudio del relieve externo y de sus condiciones físicas y fisiológicas; *Geognosia*, la que estudia los materiales de que está formada (gr. *ge*, Tierra; *gnosis*, conocimiento); *Geotectónica*, *Arquitectónica* o *Tectónica*, la que estudia la disposición o colocación de estos materiales (gr. *architektonikós*, lo relativo a la construcción; *tektónikós*, análogo significado); *Geología dinámica*, *Geodinámica* o *Dinámica terrestre*, la que se ocupa de los fenómenos geológicos o fuerzas que actúan y modifican la superficie del globo (gr. *dynamis*, fuerza); en realidad, es una rama de la Geografía física; finalmente, la *Geología histórica* o *estratigráfica* se ocupa de los cambios que ha experimentado en el transcurso de los tiempos, sirviéndose para ello, principalmente, de los *fósiles*, que son los restos animales o vegetales que se encuentran conservados en los *estratos* o capas de la Tierra; el estudio de dichos fósiles recibe el nombre de *Paleontología* (gr. *palaios*, antiguo; *ontos*, ser; *logos*, tratado).

Importancia de la Geología.—Aparte de la importancia indudable que tiene desde el punto de vista teórico exclusivamente, la tiene grandísima desde el punto de vista práctico, pues es el fundamento de la minería, construcción en general, investigación de aguas, etc., etc. En Agricultura «no se puede dar un paso sin conocer el suelo y el subsuelo. Las dos cuestiones de mayor transcendencia para el agricultor, los abonos químicos y enmiendas y

los riegos, se los resuelve el geólogo; muchas veces un suelo es estéril por falta de determinado mineral o especie química, y el agricultor inconsciente paga en el mercado por esos productos cuando puede casi siempre adquirirlos del suelo, con sólo el coste de su trabajo, en mejores condiciones. Unicamente la Geología puede prestarle el servicio de aguas cuando naturalmente no las tiene a su alcance; ella saca a la superficie las aguas ocultas en las profundidades, después de haber hecho concienzudos estudios sobre la naturaleza y orientación de los estratos y la Hidrología subterránea» (*).

(*) De los *Apuntes de Geología Geognóstica y Estratigráfica*, por el Dr. Maximino San Miguel de la Cámara, culto catedrático de Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona.

GEOGRAFÍA FÍSICA

En ella indicaré, además, algunos otros datos relativos al globo terrestre, como son: su forma, superficie y densidad, y después hablaré de la Geografía física propiamente dicha, en lo que se refiere a las partes concéntricas de la Tierra.

Forma, superficie y densidad de la Tierra.—Es ya del dominio vulgar que la forma de la Tierra, *considerada en conjunto*, es, como la de todos los planetas, la de un elipsoide de revolución es decir, una esfera achatada por los polos, con una diferencia de unos 21 kilómetros más largo el radio ecuatorial que el polar. Considerada *en su parte sólida exclusivamente*, se admite hoy que es un tetraedro de caras curvas; estas caras están ocupadas por mares. Los vértices, opuestos a las caras, se hallan situados en los continentes, y son: un vértice inferior en el Continente austral (cara opuesta, Océano Artico), y de los tres superiores, uno, en Escandinavia (cara opuesta, Océano Pacífico); otro, en la región de Yakoust (Siberia) (cara opuesta Océano Atlántico), y otro, en el Centro del Canadá (cara opuesta, Océano Índico).

La *superficie* total del Globo es de unos 510.000.000 de kilómetros cuadrados.

La *densidad* se ha averiguado valiéndose de varios procedimientos que se estudian en Física, por medio de los cuales se ha obtenido que es de 5,5 con relación a la del agua, es decir, que un decímetro cúbico de la materia de la Tierra, suponiendo mezclados homogéneamente el aire, agua y tierra, pesaría cinco y medio kilogramos, y un centímetro cúbico, cinco y medio gramos.

Partes concéntricas de la Tierra.—Habiendo pasado nuestro planeta por un estado ígneo, a medida que se fué enfriando, los distintos materiales que le constituían debieron separarse con arre-

glo a sus densidades, y mientras los más pesados se dirigieron al centro, los más ligeros fueron a la periferia, quedando entre ambos los de peso intermedio. Así se formarían tres capas o zonas concéntricas: una exterior, gaseosa; otra intermedia, líquida, y otra interior más o menos pastosa que, enfriándose gradualmente, formaría una delgada costra sólida continuamente rota y trastornada por el excesivo calor interior, hasta que se hizo lo suficientemente gruesa para constituir el conjunto estable que pisamos. Como el núcleo central iba refrayéndose a medida que se enfriaba, la costra sólida debía adaptarse a dicho núcleo, y por ello fueron apareciendo depresiones donde se acumulaba la parte líquida, mientras quedaban otras porciones emergidas o relieves terrestres. Así ha quedado la Tierra constituida, procediendo del exterior al interior, por una envoltura gaseosa o *atmósfera* (*gr. atmós*, aire; *sfaira*, esfera), una costra sólida llamada *corteza terrestre* o *litosfera* (*gr. lithós*, piedra) recubierta en parte por la *hidrosfera* (*gr. ydor*, agua), y finalmente una región interior o central denominada *endosfera*, (*gr. éndon*, dentro).

Atmósfera.—Está formada por el aire y éste constituido, en 100 partes, por 21 de oxígeno (O), 78 de nitrógeno (N) y cantidades variables, aunque generalmente pequeñas, de anhídrido carbónico (CO₂), vapor de agua, argón, etc. Además contiene en suspensión infinidad de partículas sólidas de pequeño tamaño, cuya cantidad varía de unas regiones de la Tierra a otras, pero que en términos generales puede decirse es mayor en las capas inferiores o más próximas a la litosfera que en las superiores: dichas partículas son las que se hacen visibles en las habitaciones oscuras cuando en éstas penetra un rayo de sol. La altura exacta de la atmósfera no es conocida, si bien se sabe que se va enrareciendo a medida que se aleja de la Tierra; pero el conocimiento de este dato no es de gran interés para el geólogo, puesto que todos los fenómenos atmosféricos que a él le puedan interesar se hallan comprendidos en una zona de unos diez kilómetros, es decir, entre el nivel del mar y las cimas de las más altas montañas.

La atmósfera está en continuo movimiento y recorrida por *corrientes* de velocidad variable, que reciben el nombre de *vientos*: éstos pueden ser *regulares*, como los vientos *alísios* o vientos que de los polos se dirigen al ecuador, y los *contra-alísios*, que van del

ecuador a los polos, o sea de las regiones más cálidas de la atmósfera a las más frías; los vientos *periódicos*, que son aquellos que durante un tiempo dado soplan en una dirección, y después, durante el mismo tiempo, en dirección contraria, como la brisa de las costas o corriente que durante el día va del mar a tierra y durante la noche de tierra al mar, debidas a que durante el día la tierra se calienta más que el mar y se precipita hacia ésta el aire de aquél, e inversamente durante la noche, porque la tierra se enfría antes; finalmente, los vientos *locales*, que también tienen por causa la desigual repartición del calor en las distintas regiones de cada país o países próximos, como nuestro viento N. o *cierzo*; el *vendaval* o viento fuerte del S. con tendencia al O.; por generalización se da también este nombre en España y países hispanoamericanos a todo viento fuerte que no llegue a constituir un temporal declarado; el viento NO., llamado *maestral* o *mistral* en la región levantina; el *simún* o *simoum*, de los desiertos de Africa y de Arabia; el *zonda* o viento N. de las llanuras interiores de la Argentina, que es algo parecido al *simoum*; etc.

× **Litosfera.**—En ella hay que considerar la parte sólida o *litosfera* propiamente dicha, y la parte líquida o *hidrosfera*, que recubre en parte la litosfera.

MARES.—Constituyen la mayor parte de la hidrosfera y ocupan unos 365.000.000 de kilómetros cuadrados, o sea algo más de las siete décimas partes de la superficie total del globo.

Composición.—El agua del mar contiene en *disolución* diversas sustancias, de las cuales las principales son: el *aire*, en el cual el O., N. y CO_2 no se hallan en la misma proporción que en la atmósfera, pues el O. y el CO_2 son más solubles en el agua que el N., por cuya razón se hallan en mayor cantidad; los *cloruros sódico* o sal común, *potásico* y *magnésico*; los *sulfatos magnésico*, *sódico*, *cálcico* y *amónico*; *carbonato cálcico*, *silice*, *iodo*, etc. Además contiene en *suspensión*, *arcilla*, *materias orgánicas*, etc., en cantidades muy variables, según se considere en la proximidad de las costas y, sobre todo, de la desembocadura de los ríos o en alta mar.

Profundidad.—También es muy variable, y en términos generales puede decirse que el fondo del mar posee elevaciones y depresiones análogas a las terrestres; la *fosa* o depresión mayor encontrada hasta hoy se debe a los trabajos de sondaje hechos cerca

de las islas Filipinas en 1913 por el cañonero alemán *Planet*, que dió una profundidad de 9.780 metros. En las islas Marianas hay otra de 9.636 metros; otras varias exceden de 8.000 metros.

Movimientos.—La superficie de los mares está continuamente agitada a causa del viento que levanta olas, cuya altura depende de la velocidad del viento, y, sobre todo, de la profundidad del mar; las olas del Mar Caspio son menores que las del Mediterráneo y éstas menores que las del Atlántico y Pacífico. Además de esto, el mar sufre movimientos regulares, debidos a la atracción del Sol y de la Luna, más de ésta que de aquél, por hallarse más cerca (leyes de Newton). Cuando la acción de ambos se suma, la amplitud de las mareas llega al máximo (mareas *vivas* de marzo y septiembre). En los mares cerrados apenas se notan otras mareas que éstas. Finalmente, los mares poseen también *corrientes* constantes, que van de las regiones cálidas del mar a las frías, y de las cuales la más conocida es la llamada *corriente del Golfo*, o Gulf-Stream, que partiendo del Golfo de Méjico con una velocidad de 2,50 metros por segundo, una temperatura de 30°, anchura de 50 kilómetros y profundidad de 400 metros, atraviesa el Atlántico oblicuamente hacia el N. de Europa, perdiendo gradualmente su temperatura, velocidad y profundidad, y ganando en anchura: esta corriente se divide en varias ramas, a una de las cuales deben la dulzura de clima nuestras costas N. y NO. En cambio, a las costas orientales de América Central y del Sur van las ramas de una corriente que se origina en Africa, un poco más abajo de la Guinea española.

RELIEVES TERRESTRES.—Se llaman así, y también *tierras firmes*, en oposición a las *depresiones* o *mares*, a las partes emergidas de la Tierra, o sea los *continentes* y las *islas*. Los primeros están desigualmente repartidos en los dos hemisferios, pues mientras en el N. predominan los continentes sobre los mares, en el Sur ocurre a la inversa. Por esto, de los 145.000.000 de kilómetros cuadrados que, en números redondos, corresponden a los continentes (incluyendo Australia), 100 corresponden al hemisferio N. y los 45 restantes al S. Las *islas* de gran extensión y las próximas a los continentes son porciones de tierra actualmente rodeadas de agua por todas partes, pero que generalmente han estado en algún tiempo unidas a continentes, según pone de manifiesto su estudio geológico. Las islas de poca extensión y alejadas de los continentes son

debidas, generalmente, bien a la actividad volcánica, bien a la de algunos de los animales denominados pólipos (*) cuyos esqueletos, acumulándose en cantidad enorme, pueden terminar por originar islas: tal es el origen de la mayor parte de las islas de Oceanía, si bien algunas son debidas a la actividad combinada de los volcanes y de los pólipos.

Tanto los continentes como las islas presentan elevaciones de forma más o menos cónica y altura variable, que reciben el nombre de *montañas*, las cuales pueden hallarse aisladas como ocurre generalmente con las volcánicas (*figs. 12 a 15*), o enlazadas varias

EJEMPLOS DE MONTAÑAS AISLADAS



Fig. 12.—La montaña volcánica llamada El Pico de Teide (Tenerife-Canarias), vista desde la Cañada de los Guancheros. (Fot. comunicada por el profesor Dr. L. Fernández Navarro).



Fig. 13.—El volcán Asososca (León-Nicaragua), visto desde la carretera Matagalpa. (Fot. comunicada por el profesor nicaraguense Dr. J. Carrillo Salazar).



Fig. 14.—El volcán Calbuco (Puerto Varas-Chile): en primer término el lago Llanquihue. (Fot. comunicada por la profesora chilena F. Ramírez Burgos).



Fig. 15.—El volcán Misti (Arequipa-Perú) cubierto de nieve. (Fot. comunicada por el profesor P. C. Gornáls C. M.)

entre sí, originando las *cordilleras* (*figs. 16 y 17*), cuyas partes bajas o depresiones reciben el nombre de *valles*. Por éstos co-

(*) Véase el Índice y mi *Zoología*, 5.ª edición, pág. 115.

rrén, constituyendo arroyos o ríos, las aguas recogidas en las vertientes de las montañas que van a parar a él, denominándose *cuenca hidrográfica* al conjunto de todas las vertientes que reúnen sus aguas en un valle común.

Las montañas se llaman *montañas bajas* cuando su altura es de 500 a 700 metros; *medias*, de 700 a 1.500; *alpinas*, de 1.500 a 2.000, y *altas montañas*, de 2.000 en adelante (*figs. 16 y 17*). Las elevaciones parecidas a las montañas, pero cuya altura no llega a 500 metros, se denominan *colinas*, *cerros*, *oteros*, etc.

En los continentes existen también las llamadas *planicies* o *tierras llanas*, que cuando se encuentran a más de 300 metros de altura y tienen gran extensión reciben el nombre de *altiplanicies*, *planicies elevadas* o *mesetas*, como las clásicas de Quito, en Ecuador, y de Anahuac, en Méjico, de unos 3.000 metros de altura media; la de Bogotá, en Colombia, de 2.610 metros (*fig. 18*); la meseta castellana, de unos 600 metros de elevación, como término medio (*fig. 19*); las planicies comprendidas entre el nivel del mar y los 300 metros reciben el nombre de *llanuras*, como la pampa argentina, por ejemplo, (*fig. 20*); y las que están por debajo del nivel del mar, *planicies bajas*, *países bajos* o *depresiones*, como parte de Holanda, por ejemplo (*fig. 21*).

Los materiales o rocas que constituyen los relieves terrestres y toda la litosfera propiamente dicha, hasta donde ha podido ser estudiada, son, en términos generales, la sílice, los silicatos y los carbonatos, cuya densidad media en conjunto es alrededor de 2,5.

LA VIDA EN LA TIERRA.—Según se dijo (pág. 12) se supone que la vida se originó en la superficie terrestre por la combinación de los elementos de ésta y los de la atmósfera. Ahora bien: la mayor parte de los autores se inclinan a creer que los primeros seres vivos se originaron en el fondo del mar, teniendo en cuenta la composición de los líquidos orgánicos de animales y vegetales, en todos los cuales abunda el agua que lleva en disolución cloruro sódico y otras diversas sales del agua marina (*): por esta circunstancia, la mayor parte de los seres son marinos. Los terrestres y fluviales provendrían de la adaptación ulterior de los marinos a la vida aérea y de agua dulce, respectivamente.

(*) Véanse mis *Elementos de Anatomía y Fisiología*, 6.ª edición, págs. 29 y 242, y *Botánica*, 5.ª edición, pág. 34.

CORDILLERAS Y TIERRAS LLANAS

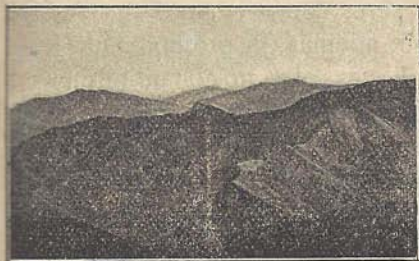


Fig. 16.—La cordillera de los Andes en las proximidades de Bogotá (Colombia). (Fot. comunicada por el profesor colombiano M. Piquero).



Fig. 17.—La cordillera cantábrica (en la región llamada Peñas o Picos de Europa), vista desde Potes (Santander). (Fot. O. Cendrero).



Fig. 18.—La meseta de Bogotá (Colombia), como ejemplo de altiplanicie situada a gran altura (2.610 metros). (Fot. comunicada por la profesora colombiana Ana Torres Plata).



Fig. 19.—La meseta castellana en Burgos, como ejemplo de meseta de elevación media (856 metros). (Fot. O. Cendrero).



Fig. 20.—La pampa argentina como ejemplo de llanura. (Fot. comunicada por el profesor argentino Dr. Víctor E. Míguez).

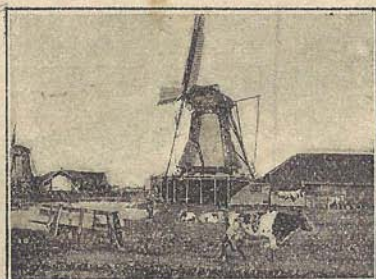


Fig. 21.—Un trozo de la campiña holandesa como ejemplo de país bajo. Los molinos de viento se utilizan, aparte de otros fines, para extraer, elevar y canalizar el agua de los pantanos.

Con los nombres de *fauna* y de *flora* se conocen al conjunto de los animales y vegetales, respectivamente, que viven en un país o región. La flora y fauna *marinas*, están constituidas por enorme cantidad de seres; pero como éstos son de muy variada organización, y como, además, la profundidad, temperatura, salinidad, pureza de las aguas, etc., no son uniformes en todos los mares y varían también en las distintas regiones de un mismo mar, de ahí que los organismos estén distintamente distribuidos. Algunos animales y vegetales (protozoos, diatomeas, etcétera), son muy ténues y viven *flotando* en las aguas del mar, donde son llevados de un sitio a otro por las corrientes, mareas, etc., sin que ellos puedan oponerse a ser arrastrados, por carecer de medios de locomoción, o por la insuficiencia de los mismos; estos seres reciben el nombre de *plancton* (gr. *plagktos*, errante). Hay otros que también son flotantes, pero como poseen poderosos medios de locomoción, pueden desplazarse a voluntad (calamares, muchos peces, etc.); éstos son los que constituyen el *necton* (griego *necko*, nadar). Finalmente, los que viven en el fondo del mar constituyen el *bentos* (gr. *benthos*, el fondo del mar), entre los cuales los hay *fijos* (como muchas algas, esponjas, corales, etc.) y *libres* (como algunos crustáceos, peces, etc.), pudiendo distinguirse aún los organismos *abisales* (gr. *a*, sin; *byssos*, fondo), que son los bentónicos que viven a profundidades superiores a 1.000 metros: corresponden a ellos escaso número de animales.

Como se ha dicho, la profundidad, pureza, etc., de las aguas del mar varían de unos sitios a otros, y atendiendo a estos caracteres,

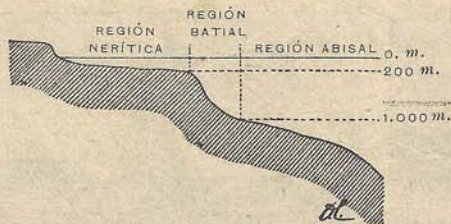


Fig. 22.—Esquema de las regiones marinas.
(Imit. Haug).

se distinguen varias regiones, en cada una de las cuales viven determinados seres. La región *nerítica* (figura 22) comprende las zonas cuya profundidad se halla entre el nivel del mar y los 200 metros: las aguas de esta región están muy

agitadas, su temperatura es variable y la luz penetra bien en ella: está habitada por corales, algas verdes y pardas y numerosos mo-

lucos, principalmente. La región *batial* se extiende entre los 200 y 1.000 metros; temperatura constante y poca luz son sus caracteres principales; en ella viven: en la parte superior, algas rojas, peces, etc., y en las restantes, peces, algunos crustáceos, etc. La región *abisal* se extiende de los 1.000 metros en adelante; agua muy fría y ausencia de luz solar son los caracteres de esta zona, habitada exclusivamente por animales que en su mayor parte tienen formas extrañas, y de los cuales muchos son ciegos y otros fosforescentes.

La distribución de los seres vivos en los continentes e islas está limitada por las mismas causas principales que la distribución en los mares, a saber: por la existencia de barreras naturales que los seres no pueden franquear a causa de las desfavorables condiciones que para su vida reinan en ellas. En el mar estas barreras son los grandes fondos para los seres neríticos, etc. En tierra firme son las montañas y los ríos, principalmente; además, la naturaleza y grado de humedad del suelo limitan también el área de dispersión, principalmente de las plantas, habiendo entre éstas muchas que son *silícícolas*, es decir (de *silice* o *cuarzo* y del lat. *colere*, habitar), que viven en terrenos silíceos porque los suelos calizos les son perjudiciales; otras son *serófilas* (gr. *xerós*, seco; *filos*, amigo) por estar organizadas para vivir en atmósfera y suelo secos (chumberas, etc.); otras, por el contrario, son *higrófilas* (gr. *ygrós*, húmedo), es decir, viven en atmósfera y suelo húmedos; etc. Pero el clima sobre todo es el que regula las grandes líneas de repartición de los animales y plantas en tierra firme, en la que, según la distribución de las floras y faunas, se establecen diversas regiones botánicas y zoológicas, de cada una de las cuales se ocupan la *Geografía Botánica* y *Zoológica*, respectivamente.

Endosfera.—Se denomina también *pirosfera* (del gr. *pir*, fuego) porque durante mucho tiempo se ha tenido como axiomático, partiendo de la hipótesis de Laplace, que constituía un núcleo incandescente. Parecían corroborar esto mismo los plegamientos de la corteza terrestre, los volcanes y el *grado geotérmico*. Se llama así el número de metros que es preciso descender hacia el centro de la Tierra para que la temperatura aumente un grado. En los pozos de las minas se había observado, en efecto, que a medida que

se descendía aumentaba la temperatura: en la proximidad del mar hace falta descender 100 metros para que la temperatura aumente un grado, mientras que en la proximidad de los volcanes (activos o extinguidos) cada 14 metros aumenta un grado. Los pozos gigantes; como el abierto en Paruschowitz, en Rybnik (alta Silesia) han permitido fijar el grado geotérmico en unos 33 metros como término medio: según esto, si el calor continúa aumentando en la misma proporción a medida que nos aproximamos al centro de la Tierra, a los 60 kilómetros de profundidad debe haber alrededor de 1.900° , o sea una temperatura suficiente para que todos los cuerpos se hallen en estado líquido o gaseoso (el platino funde a 1.693°). Por tanto, la Tierra estaría constituida por un núcleo incandescente, rodeado por una litosfera de poco grosor, relativamente. Pero esta hipótesis puede considerarse como abandonada, porque el cálculo demuestra que si la mayor parte de la Tierra fuese flúida, no sólo el aplastamiento polar tenía que ser mayor, sino que por efecto de la atracción de la Luna y del Sol debía estar sometida a *mareas* análogas a las que sufren los mares, que se traducirían, si no en roturas periódicas de la corteza, por lo menos en deformaciones de la misma, siguiendo al núcleo interno. Por otra parte, como la densidad media de los materiales del globo es de 5,5 (pág. 29) y como las capas superficiales están formadas por agua del mar, de densidad poco mayor que 1, y por rocas cuya densidad media es de 2,5 (página 34) es lógico suponer que para que la densidad de la Tierra sea 5,5 el núcleo interior tiene que tener una densidad de unos 7,7 (densidad del hierro) o acaso algo mayor. Por esto la palabra *pirofera* usada como sinónima de endosfera, se ha sustituido por la de *barisfera* (gr. *barys*, pesado), o sea esfera o núcleo pesado, que se supone constituido, principalmente, por hierro o sus combinaciones. Indirectamente es corroborada esta suposición por la composición de los meteoritos (pág. 23), de los cuales los más abundantes son los hierros meteóricos, por ser también los materiales que más abundarían en el segundo satélite de la Tierra o en el planeta fragmentado, según la hipótesis que se considere respecto a su origen.

«El plegamiento tan considerable de las rocas de la corteza ofrece, al parecer, gran dificultad para ser explicado en un globo sólido que posea en toda su masa la rigidez del acero o del vidrio.

Pero esta dificultad es más aparente que real, porque si bien es cierto que la Tierra debe tener un grado de rigidez tal que resista la deformación de las mareas, esto no se opone a la plasticidad de su materia, porque es bien sabido que cuerpos tan rígidos como el acero fluyen como la manteca bajo una presión adecuada. No hay inconveniente, pues, en admitir que la Tierra sea completamente sólida y su zona exterior o corteza se pliegue y rompa en fragmentos para adaptarse al interior, que disminuye de volumen y acorta su radio, en cuyo proceso se desarrollan en el seno de esa misma corteza presiones suficientes para determinar la licuefacción o pastosidad al menos de ciertos materiales que se inyectan por las grietas y roturas existentes en las zonas de menor resistencia más plegadas y rotas.» (Tschermak) (*).

Para algunos autores, entre la litosfera y la endosfera existe una *pirosfera* continua en estado de fusión.

ITINERARIOS Y DISTANCIAS	
SANTANDER-BURGOS	SANTANDER-PALENCIA
PEÑA-CASTILLO 4	
MURIEDAS 2	
CUARMÍDO 43	
RENEO 26	
VARGAS 31	
166	202
M. 395	Madrid 442
SANTANDER-LEÓN	SANTANDER-BILBAO
209	110
	S.S. 224

GEOGNOSIA

Sección 6ª

Definición y división.—Tiene por objeto el estudio de los materiales que constituyen la corteza terrestre. Estos materiales son de dos clases: los *minerales* y las *rocas*. Los primeros son verdaderas *especies químicas naturales* que cristalizan en formas pertenecientes al mismo sistema; ordinariamente suelen presentarse en cantidades relativamente pequeñas. Las rocas están constituidas, generalmente, por la reunión constante de varios minerales. Sin embargo, cuando un mineral se presenta en *gran cantidad*, se le denomina también *roca*, como la caliza, por ejemplo. La parte de la Geognosia que estudia los minerales se denomina *Mineralogía*, y la que estudia las rocas *Litología* (gr. *lithos*, piedra) o *Petrografía* (lat. *petra*, piedra).

MINERALOGÍA

Se divide en *Mineralogía general*, o parte que tiene por objeto el estudio de los caracteres comunes a todos los minerales, o sea de las propiedades que sirven para distinguir unos minerales de otros, y en *Mineralogía especial* o *descriptiva*, que es la parte que se ocupa del estudio de los caracteres de cada mineral en particular y clasifica éstos y los da nombre.

MINERALOGÍA GENERAL

Caracteres mineralógicos.—Puede hacerse con ellos tres grupos: unos se refieren a la *forma* de los minerales, y su estudio

constituye la *Morfología mineral*: otros a los caracteres *físicos*, o sea a aquellos que pueden estudiarse sin alterar la composición del mineral, y constituyen la *Física mineral*; otros, finalmente, a los caracteres *químicos*, o sea a aquellos que para apreciarlos es menester alterar la composición del mineral y que constituyen la *Química mineral*.

MORFOLOGÍA MINERAL

Minerales cristalizados, cristalinos y amorfos.—Los minerales se presentan *cristalizados*, *cristalinos* y *amorfos*. *Cristalizados* son los que poseen sus moléculas agrupadas interiormente, de una manera regular y constante, que se traduce exteriormente por una forma poliédrica; *cristalinos*, los que tienen su agrupación interior como los cristalizados, pero carecen de forma exterior poliédrica; finalmente, los *amorfos* son los que ni interior ni exteriormente tienen su materia agrupada con regularidad. Con un ejemplo se comprenderá lo que antecede: si se toman numerosas hojas de papel, cuadradas, y se pegan unas sobre otras, se podrá formar un prisma (fig. 23), en el cual estará agrupada la materia de un modo, hasta cierto punto, regular, sobre todo en las direcciones paralelas, pues si, por ejemplo, intentamos atravesarle con una aguja en el sentido perpendicular a la anchura de las hojas, no sólo cuesta más trabajo hacerlo que en el sentido horizontal, sino que se atravesará mayor número de hojas; es un cuerpo *cristalizado*. Si es un espacio irregular el que se rellena de hojas de papel superpuestas, el cuerpo resultante (fig. 24) tendrá análogas propiedades que el anterior, pero no forma poliédrica exterior; es un cuerpo *cristalino*. Finalmente, si se toma pasta de papel y se rellena con ella una

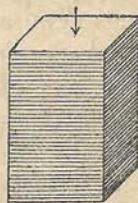


Fig. 23.

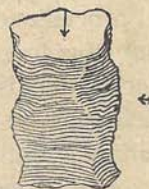


Fig. 24.

Esquemas destinados a demostrar la estructura de los cuerpos cristalizados (fig. 23) y cristalinos (fig. 24) (*).

(*) De la *Cristalografía geométrica elemental* (1915), por don Lucas Fernández Navarro, sabio catedrático de Cristalografía y Mineralogía descriptiva de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid y uno de los geólogos más competentes de nuestra época.

cavidad cualquiera, la aguja la atravesará con la misma facilidad o dificultad en todos sentidos: es un cuerpo *amorfo*.

Cristalización. — En la naturaleza, y lo mismo en los laboratorios, para que los cristales puedan formarse es necesario que las moléculas de la sustancia se encuentren libres, con objeto de que puedan agruparse bajo la acción de sus propias energías y pasar al estado sólido. Si la cristalización se hace lentamente y en un espacio suficiente, los cristales resultantes serán perfectos y voluminosos; por el contrario, si faltan estas condiciones se originan los cuerpos cristalinos. Las moléculas de las sustancias pueden separarse por *fusión* y por *disolución* : para lo primero se suele elegir en los laboratorios el bismuto, al cual se le coloca en un crisol y elevando la temperatura pasa al estado líquido; dejándolo enfriar, rompiendo enseguida la costra superficial que se forma y vertiendo el líquido que aún no se ha solidificado, se obtienen cristales de bismuto que tapizan la pared del crisol; si se hubiera dejado enfriar completamente, se habría obtenido una masa cristalina. Algunos cuerpos, en lugar de fundirse por la elevación de temperatura, se *subliman* , es decir, pasan bruscamente del estado sólido al gaseoso, e inversamente, sin intermedio del líquido; así se forman en los volcanes algunos cristales. Finalmente, la *disolución* es el procedimiento más general, pudiendo formarse así cristales de sal, alumbre, etc., para lo cual basta provocar una activa evaporación del disolvente, bien elevando la temperatura, bien colocándole en un recipiente de poca altura y mucha anchura: de este modo se obtiene la sal en las salinas.

Inclusiones. — Muchas veces quedan aprisionadas entre las moléculas de los cristales y de las sustancias amorfas, diversas sustancias extrañas, que reciben el nombre común de *inclusiones* . Éstas pueden ser gaseosas, líquidas y sólidas; las primeras son, generalmente, de aire; las segundas de agua, y las terceras de muy variados cuerpos; a veces, en el seno de una inclusión líquida se halla otra sólida, como en la *figura 25* , que representa un cristal de sal común contenido en una inclusión líquida. Las sustancias *amorfas* , como

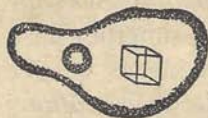


Fig. 25.—Inclusiones.
(De Tschermak).

la llamada obsidiana o vidrio de los volcanes, etc., poseen frecuentemente inclusiones que presentan todos los tránsitos, desde el de

sencillos filamentos hasta el de cristales microscópicos, que reciben el nombre de *microlitos*: de esto se ha deducido que la materia amorfa puede, en el transcurso del tiempo, convertirse en materia cristalizada, y que dichas sustancias amorfas no constituyen una agrupación estable de la materia, sino una agrupación transitoria.

Principios fundamentales a que obedecen los cristales.—

En los *cristales* o formas poliédricas que presentan los minerales, hay que considerar, como en todo poliedro, las *caras* o planos que le limitan, las *aristas* o líneas de intersección de dos caras y los *vértices* o puntos de reunión de tres o más aristas. No hay que confundir, sin embargo, el *sólido cristalino* con el *poliedro geométrico*. «La forma es todo en el cuerpo geométrico, mientras que en el cristal no es sino un carácter dependiente de la estructura molecular, que es lo verdaderamente esencial de los cuerpos cristalinos» (Fernández Navarro). Para un geómetra, el cristal de magnetita que representa la *figura 26*

no sería un octaedro regular, pero sí para un cristalógrafo, puesto que para éste es suficiente que el sólido conserve en sus aristas el mismo valor angular que el octaedro regular de la Geometría



Fig. 26.
(De Fernández Navarro.)



Fig. 27.

y tenga la misma estructura molecular que un octaedro perfectamente formado de la misma sustancia (*fig. 27*).

Las dos leyes principales a que obedecen los cristales son: la de la *constancia del valor de los ángulos diedros* y la de *simetría*.

LEY DE LA CONSTANCIA DEL VALOR DE LOS ÁNGULOS DIEDROS: GONIÓMETROS.—Esta ley se enuncia diciendo: para una sustancia *químicamente pura* los ángulos bajo los cuales las caras se cortan, son constantes. Las dimensiones de las caras y aristas pueden variar; solamente es invariable el valor del ángulo diedro. Dicho carácter es, por tanto, de una importancia capital para distinguir unos minerales de otros, y por ello se comprende lo necesario que es poder medir los ángulos con exactitud, lo cual se hace por medio de unos aparatos denominados *goniómetros* (gr. *gonía*, ángulo; *métron*, medida), que son de dos clases: de *aplicación* o de *contacto* y de *reflexión*. Los primeros se llaman así porque para medir el cristal hay que aplicarle sobre las caras cuyo ángulo se trata de determi-

nar, mientras que el nombre de los segundos se debe a que el ángulo se mide merced a la reflexión de la luz sobre las caras de los cristales.

Los *goniómetros de aplicación*, únicos que a nosotros interesan, consisten (fig. 28) en dos reglas de acero unidas, como las dos ramas de una tijera, mediante un botón metálico que sirve para fijarlas en la posición que se quiera: una de las reglas se aplica al diámetro de un semicírculo graduado y sobre ella gira la otra. Para

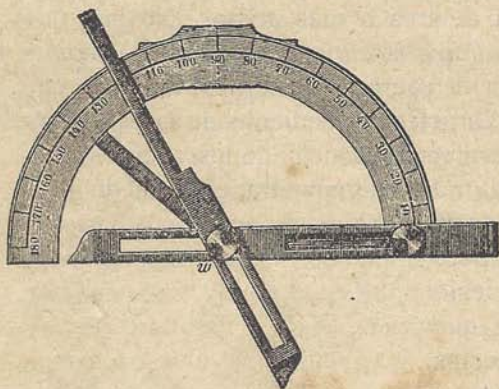


Fig. 28.—Goniómetro de aplicación (s. Tschermak).

medir un cristal se aplican las dos reglas perpendicularmente a la arista y a las caras que forman el diedro, procurando que coincidan exactamente con ellas en la mayor longitud posible; después se sujetan por medio del botón y se mira el ángulo que marcan en el semicírculo y que por ser el opuesto por el vértice al del diedro, será igual a él.

Para medir con estos goniómetros es necesario que los cristales sean de bastante tamaño.

ccion 7-3 **LEY DE SIMETRÍA.**—Se enuncia diciendo: «En un cristal, los elementos homólogos deben modificarse a la vez y del mismo modo, mientras que los elementos no homólogos no se modifican simultáneamente o lo hacen de distinto modo. Por elementos homólogos (vértices o aristas) entendemos los definidos por caras iguales en forma, dimensión, número y disposición recíproca, suponiendo proporcionados los cristales» (Fernández Navarro). Para comprender esta ley es menester hacer algunas consideraciones previas respecto a los elementos de simetría de los cristales llamados *centro* y *ejes de simetría*. *Centro de simetría* es el punto del cristal que tiene la propiedad de que toda recta que pase por él encuentra a la superficie del cristal en dos puntos equidistantes del mismo. *Ejes de simetría* son las rectas que pasan por el centro de simetría y que haciendo girar al cristal alrededor de ellas ocupa varias posi-

ciones análogas en una vuelta completa: si las posiciones idénticas son dos, el eje es *binario*; si tres, *ternario*; si cuatro, *cuaternario*; y si seis, *senario*. Los ejes de simetría superior a la binaria se llaman *ejes principales*. En las figuras 29, 30 y 31, los tres ejes que van a los centros de las caras, son cuaternarios; los cuatro que van a los vértices, ternarios, y los seis que van a los centros de las aristas, binarios.

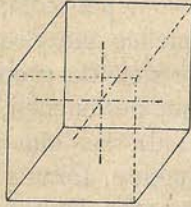


Fig. 29.—Cubo con los tres ejes cuaternarios.

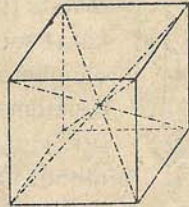


Fig. 30.—Cubo con los cuatro ejes ternarios.

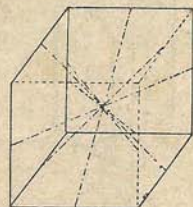


Fig. 31.—Cubo con los seis ejes binarios.

De modo que, según

la ley de simetría, cuando en el cubo de las figuras anteriores aparece modificado un vértice o una arista, aparecerán también modifi-

cados todos los demás por ser homólogos. Las modificaciones que pueden recaer sobre dichos elementos del cristal, son: la *truncadura* o *truncamiento*, que consiste en la sustitución de un vértice (figura 32) o de una arista (fig. 33) por una cara; el *biselamiento*

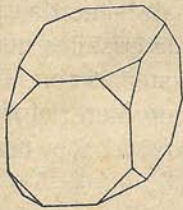


Fig. 32.—Cubo con los vértices truncados.

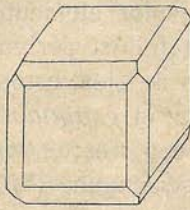


Fig. 33.—Cubo con las aristas truncadas.

(fig. 34), que consiste en la sustitución de una arista por dos caras paralelas a ella, pero que estén igualmente inclinadas y formen ángulos más obtusos; finalmente, el *apuntamiento* (fig. 35) consiste en la sustitución de las caras que concurren en un vértice, por otras caras. Estas modificaciones de que acabo de hablar no son más que medios artificiosos de explicarse las relaciones entre las distintas formas de grupos o sistemas (pág. 46) análogos; pero entiéndase que la Naturaleza no trunca, etc., las formas.

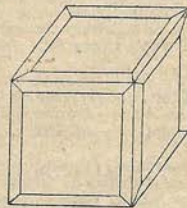


Fig. 34.—Cubo biselado.

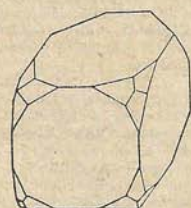


Fig. 35.—Cubo con los vértices apuntados.

Formas simples y compuestas, holoédricas, hemiédricas y hemimórficas. — Formas *simples* son las que no poseen más que caras correspondientes a un solo poliedro cristalográfico (fig. 29), y *compuestas* las que poseen caras correspondientes a dos o más

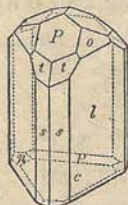


Fig. 36.

Dos formas hemimórficas.
(De Tschermak).

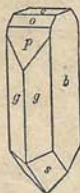


Fig. 37.

(figuras 32, 33, 34, etc.). Formas *holoédricas* (gr. *olós*, por completo, y *édra*, cara) son aquellas que poseen todos los elementos de simetría propios del grupo o sistema a que pertenecen, y *hemiédricas* (gr. *emi*, mitad), las que sólo poseen la mitad. Finalmente, formas *hemimórficas* son las que poseen distinto número de caras en los extremos de un eje de naturaleza única, o sea que no hay en la forma otro igual a él (figuras 36 y 37).

Sistemas cristalinos. — Con este nombre se conocen los *grupos* de cristales que tienen los mismos elementos de simetría, y también los que, no poseyéndolos todos, derivan de cristales que los poseen. Atendiendo al número de ejes, estos sistemas son: el *regular*, con trece ejes de simetría; el *exagonal*, con siete; el *tetragonal*, con cinco; el *rómbico*, con tres; el *monosimétrico*, con uno, y el *asimétrico*, que no posee ninguno (*).

(*) Dentro de cada uno de estos sistemas se admiten hoy diversas *clases* o *modos* de simetría, que en total ascienden a treinta y dos. Los nombres de estas treinta y dos clases de simetría, con los ejemplos de las formas que pueden encontrarse en el texto de este libro, se indican a continuación con objeto de que el alumno que lo desee pueda familiarizarse con ellos, ya que son los que habrá de ver citados en muchos libros de Estudios Superiores. El que quiera conocer detalles, consultará con fruto el libro del Dr. Fernández Navarro (véase nota *) de la pág. 41) titulado *Cristalografía geométrica elemental*, Madrid, 1915, del cual están tomados los datos que siguen.

SISTEMA REGULAR.—Todas sus Clases tienen cuatro ejes de simetría ternaria. **Clase I.**—*Exaocotáedrica* o de la *fluorita*: comprende todas las formas que se estudian en el texto con el nombre de formas holoédricas. **Clase II.**—*Ezatetraédrica* o de la *tetraédrita*: ejemplo, el tetraedro. **Clase III.**—*Didodecaédrica* o de la *pirita*: ejemplo, el pentadodecaedro. **Clase IV.**—*Icositetraédrica pentagonal*. **Clase V.**—*Dodecaédrica plagiédrica*.

SISTEMA EXAGONAL.—Sus clases más frecuentes se caracterizan por tener un eje senario. **Clase VI.**—*Bipiramidal diecagonal* o del *berilo*: comprende las formas holoédricas estudiadas en el texto. **Clase VII.**—*Piramidal diecagonal*. **Clase VIII.**—*Bipiramidal exagonal* o del *apatito*. **Clase IX.**—*Trapezoédrica exagonal*. **Clase X.**—*Piramidal exagonal*. **Clase XI.**—*Bipiramidal ditrigonal*. **Clase XII.**—*Piramidal ditrigonal* o de la *turmalina*.

SISTEMA TRIGONAL.—Sus Clases se caracterizan por tener un solo eje ternario: corresponde a las formas que se estudian en el texto con el nombre de formas hemiédricas del sistema exagonal. **Clase XIII.**—*Escalenocédrica ditrigonal* o de la *calcita*: a ella corresponden las formas hemiédricas citadas en el texto. **Clase XIV.**—*Romboédrica*. **Clase XV.**—*Bipiramidal trigonal*. **Clase XVI.**—*Trapezoédrica trigonal*. **Clase XVII.**—*Piramidal trigonal*.

SISTEMA TETRAGONAL.—Sus Clases más frecuentes se caracterizan por poseer un solo eje cuaternario. **Clase XVIII.**—*Bipiramidal ditetragonal* o del *Zircón*: corresponden a ella las formas holoédricas estudiadas en el texto. **Clase XIX.**—*Piramidal ditetragonal*. **Clase XX.**—*Bipiramidal tetragonal*. **Clase XXI.**—*Trapezoédrica tetragonal*. **Clase XXII.**—*Escalenocédrica tetragonal* o de la *calcopirita*: ejemplo, esfenocedro. **Clase XXIII.**—*Biesfenocédrica tetragonal*. **Clase XXIV.**—*Piramidal tetragonal*.

SISTEMA RÓMBICO. La característica de sus formas más comunes es la de poseer tres ejes binarios desiguales y perpendiculares entre sí. **Clase XXV.**—*Rómbica bipiramidal*: comprende las formas citadas en el

SISTEMA REGULAR.—También se le denomina *cúbico*. De los trece ejes de simetría que posee, tres son de simetría *cuaternaria*, cuatro de simetría *ternaria*, y los seis restantes de simetría *binaria*, (figuras 29, 30 y 31). Las formas *holoédricas* son: el *exaedro* (griego *ex*, seis; *édra*, cara) o *cubo* (figs, 29, 30 y 31), limitado por seis caras que son cuadrados iguales; el *octaedro* (gr. *octo*, ocho), por ocho caras que son triángulos equiláteros (fig. 38); el *rombododecaedro* (gr. *dodeka*, doce), por doce caras que son rombos (fig. 39); el *trapezoedro* o *icositetraedro* (gr. *eikosi*, veinte; *tetra*, cuatro; *édra*, cara), por veinticuatro caras que son trapezoides (fig. 40); el *cubo piramidado*, *tetraquisexaedro* o *tetraexaedro* (gr. *tetra*, cuatro; *ex*; seis; *édra*, cara), como indican sus nombres, parece un cubo sobre cada una de cuyas caras se hubiese colocado una pirámide cuadrangular de poca altura, de modo que resultan en total veinticuatro caras triángulos isósceles (fig. 41); el *octaedro piramidado*, *triaquisoctaedro* o *trioctaedro* (gr. *tris*, tres) u octaedro en cuyas caras se hubiesen colocado pirámides triangulares, resultando

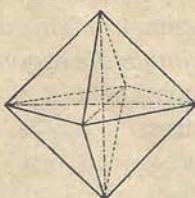


Fig. 38.—Octaedro.

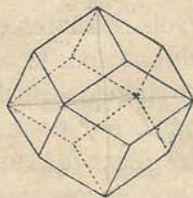


Fig. 39.—Rombododecaedro.

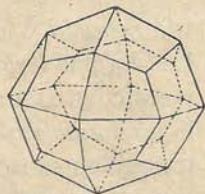
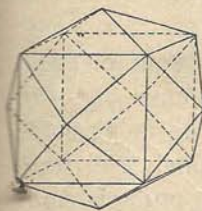
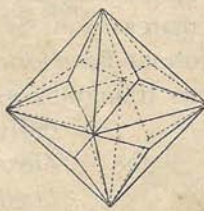
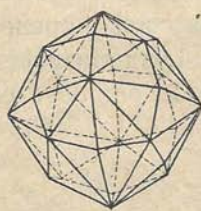


Fig. 40.—Trapezoedro.

Fig. 41.
Tetraquisexaedro.Fig. 42.
Triaquisoctaedro.Fig. 43.
Exaquisoctaedro.

en total una forma de veinticuatro caras triángulos isósceles (figura 42); finalmente, el *exaquisoctaedro* o *exaocaedro*, posee cuarenta y ocho caras, que son triángulos escalenos (fig. 43). Las

texto. **Clase XXVI.**—*Rómbica piramidal o de la calamina.* **Clase XXVII.**—*Rómbica esfenocédrica o de la epsomita.*

SISTEMA MONOCLÍNICO.—Sus Clases sólo tienen un eje binario. **Clase XXVIII.**—*Prismática:* a ella corresponden las formas estudiadas en el texto. **Clase XXIX.**—*Esfenocédrica.*—**Clase xxx.**—*Domática.*

SISTEMA TRICLÍNICO.—Sus Clases carecen de ejes de simetría.—**Clase. XXXI.**—*Pinacoidal:* comprende las formas citadas en el texto. **Clase XXXII.**—*Petial.*

principales formas *hemiédricas* son: el *tetraedro* o forma de cuatro caras triángulos equiláteros (*fig. 44*); deriva del octaedro por desarrollo de la mitad de sus caras, y el *dodecaedro pentagonal* o *pentadodecaedro*, que deriva del tetraexaedro y tiene doce caras

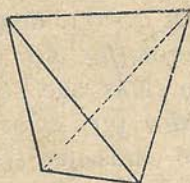


Fig. 44.
Tetraedro.

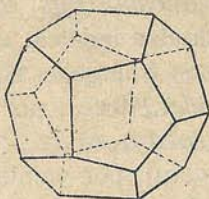


Fig. 45.
Pentadodecaedro.

pentágonos irregulares (*fig. 45*): se le denomina también *piritoedro*, por ser forma frecuente en el mineral llamado pirita de hierro.

SISTEMA EXAGONAL. —

De sus siete ejes de simetría, uno es de simetría

senaria y los seis restantes de simetría *binaria* (*figs. 46 y 47*).

Las formas *holoédricas* son: la *pirámide diexagonal*, formada por veinticuatro caras triángulos escalenos;

la *pirámide exagonal*, por doce caras triángulos isósceles (*fig. 46*); el *prisma diexagonal*, por doce caras rectángulos iguales;

el *prisma exagonal*, por seis caras rectángulos iguales (*figura 47*); estas dos últimas formas van siempre acompañadas por la *base*, que

consiste en dos caras perpendiculares al eje principal. Las principales formas *hemiédricas* son: el *esca-*

lenoedro, limitado por doce caras triángulos escalenos (*fig. 48*); deriva de la pirámide diexagonal; y el *romboedro*, por seis caras que son rombos (*figura 49*); deriva de la pirámide exagonal.

SISTEMA TETRAGONAL. — Posee cinco ejes de simetría, de los cuales uno es de simetría *cuaternaria* y los cuatro restantes de simetría *binaria* (*fig. 50*). Sus formas *holoédricas* son: la *pirámide ditetragonal* limitada por dieciseis triángulos escalenos; la *pirámide*

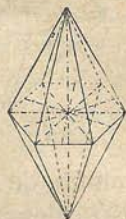


Fig. 46. — Pirámide exagonal.



Fig. 47. — Prisma exagonal.

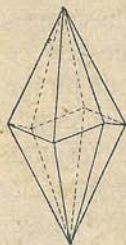


Fig. 48. — Escalenoedro.

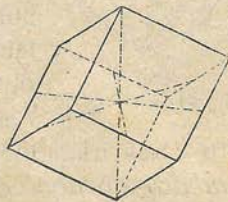


Fig. 49. — Romboedro.

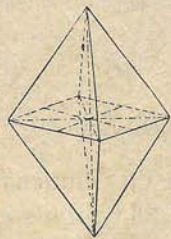


Fig. 50. — Pirámide tetragonal.

tetragonal por ocho caras triángulos isósceles (fig. 50); el *prisma ditetragonal*, por ocho caras rectángulos iguales: el *prisma tetragonal*, por cuatro caras rectángulos iguales (fig. 51); finalmente, la *base* consiste en dos caras perpendiculares al eje cuaternario (fig. 51). La principal forma *hemiédrica* es el *esfenodro tetragonal*, con cuatro caras triángulos isósceles (fig. 52), que deriva de la pirámide tetragonal: su nombre alude a que parece una cuña (griego *sphen*, cuña).

SISTEMA RÓMBICO.—Tiene tres ejes de simetría *binaria desiguales* y perpendiculares entre sí. La posición que estos ejes han de ocupar se elige arbitrariamente por cada cristalógrafo, pero generalmente se toma como eje *vertical* al mayor de todos, y de los *dos horizontales*, el mayor o *macroeje* (gr. *makrós*, grande) se coloca *transversalmente*, por lo que se le llama también *eje transverso*, y el menor o *braquieje* (gr. *brachys*, corto), se coloca de delante atrás, por lo que también se le denomina *ántero-posterior* (fig. 53). Las formas *holoédricas* son (*): la *pirámide rómbica*, limitada por ocho caras triángulos escalenos iguales (fig. 54); los *prismas rómbicos*, limitados por cuatro caras rectángulos iguales; si dichas caras son paralelas al eje vertical, la forma se denomina *prisma vertical*, *prisma recto de base romboidal* o sencillamente *prisma* (fig. 53), y si lo son a los ejes horizontales se denominan *prismas horizontales* o *domos*,

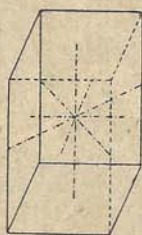


Fig. 51.—Prisma tetragonal.



Fig. 52.—Esfenodro tetragonal.



Fig. 53.—Prisma rómbico.

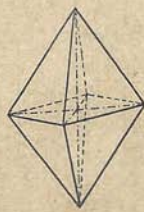


Fig. 54.—Pirámide rómbica.



Fig. 55.—Forma compuesta de dos domos.

(figs. 55 y 58) o que lo sean al *braquieje*, denominándose *braquido-*

(*) Para facilitar la determinación de las formas, conviene advertir que en este sistema (y también en los dos siguientes) las *caras piramidales* o *de pirámide*, se distinguen bien de todas las demás porque cortan a los tres ejes: las *prismáticas* o *de prisma*, porque cortan a dos ejes y son paralelas al tercero, y las *pinacoidales* o *de pinacoide*, porque sólo cortan a un eje y son paralelas a los otros dos.

mos o *braquiprismas* (figs. 55 y 58). Los *pinacoides* son pares de caras que cuando son *normales* al eje vertical reciben el nombre de *pinacoide básico*, y si son *paralelas* a los ejes horizontales se de-



Fig. 56.—Forma compuesta de los tres pinacoides.



Fig. 57.—Forma compuesta de pinacoides y prisma vertical.

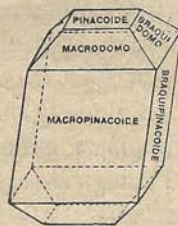


Fig. 58.—Forma compuesta de pinacoides y domos.

nominan *macropinacoide* y *braquipinacoide*, según lo sean al macro o braqueje (figs. 56, 57 y 58).

SISTEMA MONOSIMÉTRICO.—También se le denomina *monoclínico*. No tiene

más que un eje de simetría binaria que se coloca *horizontal* y *transversalmente*, denominándosele *ortoeje* (gr. *orthós*, recto) o eje *transverso* (figuras 59 y 60). Para referir las formas se toman además otros dos ejes que *no son de simetría* y de los cuales el más largo se denomina *eje vertical*, y el más corto *clinoeje*, por orientarse siempre de modo que venga inclinado de atrás a delante (gr. *klinein*, inclinar); también se le llama *ántero-posterior*. Las formas *holoédricas*, son: la *pirámide monosimétrica*, con ocho caras triángulos escalenos de dos clases (fig. 59); el *prisma oblicuo de base romboidal*, formado por cuatro caras romboidales iguales (fig. 60), y, en una palabra, todas las formas del sistema rómbico, sustituyendo los prefijos *macro* y *braqui* por los de *orto* y *clino* (ortodomo, clinopinacoide, etc.) (fig. 61).

SISTEMA ASIMÉTRICO.—También se le llama *triclínico*. Carece de ejes de simetría y sólo posee centro. Como referencia se toman tres ejes que *no son de simetría* y que reciben los mismos nombres que en el rómbico, así como todas las formas del sistema (pirámide triclínica, etc.)



Fig. 59.—Pirámide monosimétrica.



Fig. 60.—Prisma monosimétrico.



Fig. 61.—Combinación de pinacoides y prisma oblicuo.

Agregados cristalinos: maclas: cristales miméticos.—En ge-

neral los cristales no se presentan aislados tal como acaban de estudiarse, sino que ordinariamente se asocian constituyendo los *agregados* o *complejos cristalinos*, los cuales pueden ser de dos clases: *irregulares* cuando no se conocen las leyes que siguen para agruparse, y *regulares* aquellos en que sus elementos se agrupan siguiendo determinadas leyes. Entre las asociaciones irregulares se encuentran las llamadas *drusas*, *geodas*, *formas imitativas*, *estalactitas*, etc. Las *drusas* consisten en la reunión de cristales sobre una superficie plana (fig. 62), y las *geodas* en la misma reunión sobre una superficie cóncava (fig. 63); las *formas imitativas* reciben este nombre porque de una manera



Fig. 62.—Drusa de cuarzo.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 63.—Geoda de cuarzo. (Fot. O. Cendrero).

más o menos clara recuerdan diversos objetos, así se llaman *dendritas* cuando semejan ramas de árbol (gr. *déndron*, árbol) (figuras 64 y 65); *coraloideas* si parecen corales (fig. 152), etc.; las *estalactitas* consisten en asociaciones de cristales que, generalmente, se envuelven unas a otras formando capas concéntricas (figs. 66 y 67).



Fig. 64.

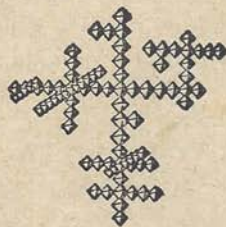


Fig. 65

Fig. 64.—Dendritas que, observadas al microscopio, se ve que están formadas por los octaedros de la figura 65. (Tschermak).

Los complejos *regulares* más importantes son las *maclas*, que consisten en la agrupación de dos cristales, a veces más, de *la misma forma y espe-*

cie mineral. Las maclas se distinguen porque *generalmente* poseen ángulos entrantes que corresponden a los planos de unión de los individuos; pero conviene advertir que existen maclas *que no presentan* ángulos entrantes.



Fig. 66.—Estalactita caliza no formada por capas concéntricas



Fig. 67.—Estalactita caliza formada por capas concéntricas.

(Fots. O. Cendrero).

Sansoní (*) divide las maclas en maclas de *yuxtaposición* o de *contacto* cuando los cristales están como pegados uno a otro, siguiendo

un plano (figs. 68, 69 y 70); de *compenetración* cuando los cristales penetran uno en otro, aunque quedando bien claros sus límites respectivos (figs. 71, 72 y 73): finalmente,

las de *intrusión* están constituidas por dos individuos que se entrecruzan irregularmente, pero que dan origen a un conjunto que parece una forma simple por carecer de ángulos entrantes, distinguiéndose los individuos por las estrías



Fig. 68.—Macla de yuxtaposición del yeso. (Tschermack).



Fig. 69.—Macla natural del yeso. (Fot. O. Cendrero).



Fig. 70.—Macla de contacto de la casiterita. (Tschermack).

(fig. 74) o rugosidades (fig. 75) de las caras de la forma resultante.

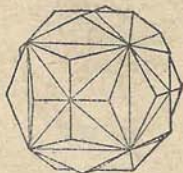


Fig. 71. Maclas de compenetración de la pirita de hierro (71), fluorita (72) y ortosa (73). (Tschermack).

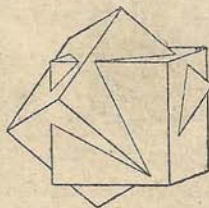


Fig. 72.

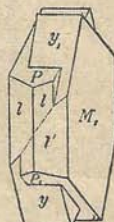


Fig. 73.

Cuando dos o más cristales se asocian y constituyen otro con aspecto de forma simple, *pero de simetría superior* a la de los cristales que le

(*) Sansoní, Catedrático de Mineralogía en la Universidad de Pavia.

originaron, recibe el nombre de *crystal mimético* (gr. *mimesis*, imitación): son bastante frecuentes y entre ellos merece citarse el aragonito,



Fig. 74.
Dos maclas de intrusión del cuarzo.
(Tschermak, Sansoni).



Fig. 75.

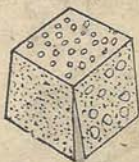


Fig. 76.—Esquema de un cristal mimético de aragonito, cortado transversalmente.

que cristaliza en prismas verticales del sistema rómbico y asociándose tres constituyen un prisma exagonal (fig. 76). Según Lapparent (*) la existencia de los cristales miméticos es debida a la tendencia que la materia tiene a la conquista del más elevado grado de simetría, porque cuanto más simétricos sean, tanto más protegidos se hallarán contra los agentes exteriores que tienden a destruirlos: la disposición esférica será, por tanto, la más conveniente para escapar a la destrucción. Por esto los cristales del sistema regular, aun los exaquisoctaedros, es frecuente que tengan aristas y caras curvas.

Estructura de los minerales.—Depende ésta de la manera que tienen de agruparse las partículas de los minerales, agrupación que a su vez suele estar en relación con la cristalización. Los tipos principales de estructura son: la *fibrosa*, la *hojosa* y la *granuda*. Se denomina *fibrosa* cuando las partículas se agrupan preferentemente en una dirección: comprende numerosas variedades, como la *capilar* (lat. *capillus*, cabello); la *sedosa*; la *acicular* o en forma de agujas; la *fibrosa* propiamente dicha, de mayor grosor que las anteriores (fig. 77); la *bacilar* (lat. *bacillus*, bastón), del grosor de cables gruesos en adelante (fig. 78); la *fibroso-radiada*,



Fig. 77.—Estructura fibrosa.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 78.
Estructura bacilar.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 79.
Estructura fibroso-radiada.
(Fot. Cendrero).

cuando salen varias fibras a partir de un centro (figs. 79 y 82); etc.

(*) Lapparent, Catedrático de Mineralogía y Geología del Instituto Católico de Paris (1839-906).

En la *estructura hojosa* o *espática*, las partículas se agrupan en un plano: presenta también numerosas variedades, que de mayor a menor son: la *escamosa*; la *hojosa* propiamente dicha o *foliácea* (figs. 80 y 81); la *laminar* y la *pizarrosa*. Si las láminas



Fig. 80.
Estructura hojosa de una mica.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 81
Estructura espática de una broncita: se aprecian bien las distintas hojas, porque éstas poseen finas estrias dirigidas en direcciones diferentes para cada hoja.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 82.
A veces se presentan juntas en un mismo ejemplar varias estructuras, como esta bacilo-radiada y concrecionado-arriñonada que representa la figura.
(Fot. O. Cendrero).

son curvas originan la *estructura concrecionada* (figs. 82 a 85), de



Fig. 83.



Fig. 84.

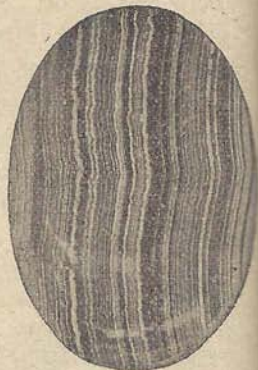


Fig. 85.

Tres tipos de estructura concrecionada. (Fots. de ejemplares del Museo Nacional de Ciencias Naturales, comunicadas por el jefe de la Sección de Mineralogía de dicho Museo profesor Dr. L. Fernández Navarro).

las que son casos particulares las *oolitas* y las *pisolitas*, que son esferitas del tamaño de un huevo de pescado (figs. 86 y 87) y de un guisante (figs. 88 y 89), respectivamente, y están constituidas por láminas concéntricas: dentro de la estructura concrecionada se

distinguen variedades, como la *arriñonada*, (fig. 82), la *botrioides*



Fig. 86.
Estructura oolítica.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 87.
Oolitas separadas o aisladas
del mineral de la fig. 86.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 88.
Estructura pisolítica.
(Fot. O. Cendrero).

(figura 90) o con aspecto más o menos parecido a un racimo (griego *botrys*, racimo, *eidos*, aspecto); etc. Finalmente, en

la *estructura granuda*, las partículas se agrupan en todas direcciones, diciéndose que es *fina, gruesa granudo-cristalina*, etc.; un caso particular de esta última es la *sacaroidea*, llamada así porque los

crisales son pequeños y dan al conjunto el aspecto del azúcar de pilón. Los términos *estructura terrosa* y *compacta*, que tanto se utilizan en Mi-

neralología, se aplican a los minerales siempre que sus elementos se separen con facilidad o no sean visibles a simple vista, respectivamente.



Fig. 89.
Pisolitas aisladas (Fot. O. Cendrero)



Fig. 90.
Estructura concrecionada-
botrioides. (Fot. O. Cendrero).

Sección 14^a

FÍSICA MINERAL

Exfoliación.—Con este nombre se conoce la propiedad que poseen los minerales de dejarse separar en láminas, según determinados planos denominados *planos de exfoliación*. Esta separación puede hacerse por medio de un cortaplumas y también golpeando el mineral. Si el mineral que trata de exfoliarse posee pla-

nos de exfoliación en tres direcciones, entonces pueden obtenerse formas cerradas que reciben el nombre de *sólidos de exfoliación*, los cuales son siempre constantes en cada especie mineral y sirven, por tanto, para poder determinarla.

Dureza.—Es la resistencia que oponen los cuerpos sólidos a dejarse rayar por otros. Werner (*) clasificaba los minerales con arreglo a su dureza, según puede verse en el cuadro siguiente: Mohs (**) formó la escala, que también puede verse a continuación, con la equivalencia a la escala de Werner.

WERNER	MOHS	
<i>Muy blandos</i> (se rayan con la uña).	1. Talco.....	} Todos estos cuerpos deben encontrarse cristalizados.
	2. Yeso o sal gema...	
<i>Blandos</i> (no se rayan con la uña y se rayan y cortan con la navaja).....	3. Calcita.....	
	4. Fluorita.....	
<i>Semiduros</i> (que se rayan difícilmente con la navaja).....	5. Apatito.....	
	6. Ortosa.....	
<i>Duros</i> (no se rayan con la navaja y dan chispas con el eslabón).....	7. Cuarzo.....	
	8. Topacio.....	
	9. Corindon.....	
	10. Diamante.....	

Conviene advertir que el diamante es el *mineral* más duro que se conoce, pero no el *cuerpo* más duro, pues el boruro de carbono, el carburo de silicio o carborundo y el carbosiliciuro de titanio, cuerpos artificiales, son más duros que él.

Con esta escala, entre cuyos términos hay bastante diferencia, se puede determinar la dureza *aproximada* de los minerales, de la siguiente manera: se toma el mineral y se ve si le raya cada uno de los términos de la escala, comenzando por el 1: si le raya el 4, por ejemplo, la dureza está comprendida entre el 3 y el 4; se escribirá 3, 5. Se puede abreviar utilizando la uña y el cortaplumas, que dan ya términos de referencia para la escala de Mohs. Para averiguar la dureza con exactitud se utilizan los aparatos denominados *esclerómetros* (gr. *sklerós*, duro; *métron*, medida), que se estudian en Física.

Elasticidad.—Llámase así la forma de la energía en virtud de la cual los cuerpos tienden a conservar su volumen y forma, recorbrándolos cuando se los deforma: los minerales se denominan *elás-*

(*) *Werner*. Célebre mineralogista alemán (1750-817): fué quien dió carácter científico a la Mineralogía.

(**) *Mohs*. Mineralogista alemán (1774-839), profesor de Mineralogía en la Universidad de Viena.

ricos cuando separados de su forma habitual vuelven a ella tan pronto como deja de actuar la fuerza que los deforma; *flexibles* los que son fácilmente deformables, pero que no vuelven a su posición aunque cese de obrar la fuerza que los deformó.

Tenacidad. — Es la resistencia que oponen los cuerpos a dejarse romper; los minerales que no se rompen fácilmente se llaman *tenaces*; los que se rompen con facilidad, *frágiles*; los que se rompen en multitud de trozos bajo la sola presión de la punta de un cortaplumas, *agrios*; *maleables* si al golpearlos, en lugar de romperse, se extienden en láminas, y *dúctiles*, los que se pueden estirar en hilos; etc.

Fractura. — Con este nombre se alude, en realidad, a las *superficies de fractura*, es decir, al aspecto que dichas superficies presentan cuando se rompe un mineral, *siempre que no sean las superficies planas de exfoliación*. La fractura se observa con dificultad en los minerales fácilmente exfoliables, y puede ser: *concoidea* (gr. *kogke*, concha; *eidos*, aspecto) cuando una superficie es cóncava y la otra convexa, recordando más o menos vagamente las caras interna y externa de una concha (fig. 91); *plana* o *lisa* si las superficies carecen de desigualdades; *astillosa* (fig. 77), *terrosa*, *ganchuda*, etc., cuyos nombres indican su forma.



Fig. 91. — Fractura concoidea.
(Fot. O. Cendrero).

Peso específico. — Es el cociente que resulta de dividir el peso de un cuerpo por el peso de un volumen igual de agua destilada y a 4.º C. No debe confundirse con la *densidad*, puesto que ésta es la *cantidad de materia* o suma de las moléculas contenidas en la unidad de volumen. Son muchos los procedimientos que se utilizan para determinar el peso específico de los sólidos, pero el más sencillo y de uso más corriente en los laboratorios es el llamado *método del frasco o picnómetro*, cuyo nombre alude a que hay que disponer de un frasco de vidrio como el que indica la figura 92, o de otro modelo cualquiera (fig. 93), con tal que el tapón *A* sea esmerilado para que ajuste perfectamente al cuello del frasco, y termine en un tubo capilar que tenga marcado, o donde pueda marcarse, un raya, *E*. Para averiguar el peso

específico de un mineral, se pulveriza un trocito del mismo y se pesa en una balanza de precisión: su peso P constituirá el dividendo. Se llena el frasco de agua destilada hasta el enrase E , y, después de bien seco, se le coloca en un platillo de la balanza, junto con el mineral, y en el otro se pone granalla hasta que se equilibren. Después se quita el frasco de la balanza y destapando T , se introduce con cuidado el polvo del mineral, que determinará la salida de un volumen de agua



Fig. 92.
Dos modelos de picnómetro.



Fig. 93.

igual al suyo. Por medio de un papel secante se quita agua hasta que llegue al enrase E ; se pone el tapón T , se seca el frasco y se coloca de nuevo en el platillo de la balanza; ésta se inclina del lado de la granalla y para restablecer el equilibrio hay que colocar pesas en el platillo donde se halla el frasco: estas pesas indican el peso del agua desalojada por el mineral y constituyen el divisor P' . El cociente de dividir P por P' será el peso específico.

Brillo o lustre.—Es el aspecto que presenta la superficie de los minerales por efecto de la reflexión de la luz: cuando la cantidad de luz reflejada es mucha, los minerales se denominan *brillantes* o *lustrosos*, llamándose *mates* a los que, por no reflejar la luz, carecen de brillo. Se conocen muchas clases de brillo y las denominaciones que se les da se refieren siempre a un tipo conocido, como *metálico*; *metaloideo*, o con aspecto de metálico (antracita, grafito); *sedoso*, *resinoso*, *nacarado*, *vitreo*, *diamantino* o *adamantino*, *craso* o con aspecto de grasa, *céreo*, etc.

Transparencia.—Los minerales que en capas gruesas permiten el paso de la luz a su través de modo que se pueda leer un escrito, se denominan *transparentes*; si impiden dicho paso se llaman *opacos*, y, finalmente, si dejan pasar la luz, pero no se distinguen netamente los objetos a su través, se califican de *translucientes*. La mayor parte de los cuerpos opacos dejan pasar la luz si son reducidos a láminas delgadísimas; inversamente, cuando los cuerpos transparentes se hallan en gruesas láminas se convierten en traslúcidos y opacos.

Refracción de la luz.—Con este nombre se conoce el cambio

de dirección y de velocidad que un rayo luminoso experimenta cuando pasa oblicuamente de un medio a otro medio transparente de distinta densidad. La refracción puede ser *sencilla* y *doble*: se dice que es *sencilla* cuando el rayo incidente no se bifurca y hay, por tanto, un solo rayo refractado, y se denomina *doble* cuando el rayo incidente se bifurca en dos refractados que reciben el nombre de rayo *ordinario* y rayo *extraordinario*, según sigan o no las leyes de la refracción de la luz.

Las sustancias *amorfas* y las cristalizadas en el *sistema regular* no presentan nunca más que la *refracción sencilla*, por lo que se las denomina sustancias *monorrefringentes* (gr. *monos*, uno) o *isótropas* (gr. *isos*, igual), mientras que las sustancias cristalizadas en los restantes sistemas presentan la *doble refracción* en algunas direcciones, por lo que se denominan sustancias *birrefringentes* (gr. *bis*, dos) o *anisótropas* (gr. *ánisos*, desigual); en la mayor parte de los casos, la doble refracción no se precia más que tallando los cristales en determinadas direcciones; por excepción se aprecia bien en el mineral denominado caliza, una de cuyas variedades, llamada *espato de Islandia*, cristaliza en romboedros muy transparentes (fig. 94).

Si en uno de dichos romboedros se tallan dos caras normales al *eje ternario*, como indica la sección representada en la *figura 95*, y se coloca la cara así tallada sobre un punto, *P*, o una raya trazada en un papel, mirando a través de la cara superior se verá sólo un punto *P'*; de modo que en esta dirección no posee más que *refracción sencilla*: se denomina *eje óptico* al que sigue esta dirección de la refracción sencilla.

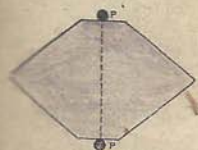


Fig. 95.

Por el contrario, si se apoya el romboedro sobre cualquiera de sus caras naturales, como indica la *figura 96* (y también la 94); el punto *P* se verá a través de la cara opuesta como dos puntos *E*, y *O*, de los cuales el *E* es más borroso: haciendo girar al romboedro sobre el



Fig. 94.—Doble refracción del espato de Islandia. (Fot. O. Cendrero).

plano del papel y teniendo por eje de giro la línea PO , se verá que el punto E se mueve con mayor velocidad que el O ; el primero corresponde al rayo extraordinario, y el segundo al ordinario. Pues bien: los cristales correspondientes a los sistemas *exagonal* y *tetragonal* no poseen más que un eje óptico que coincide con el de simetría superior; en las restantes direcciones, la refracción es doble: estos cristales se denominan *uniáxicos* (un sólo eje óptico).

Los cristales pertenecientes a los sistemas *rómbico*, *monosimétrico* y *asimétrico* tienen dos ejes ópticos (que nunca coinciden con los de simetría) y por esto se denominan *biáxicos*.

Los cristales del sistema regular, serán *poliáxicos*.

Es fácil distinguir entre sí todas estas sustancias por medio de los aparatos llamados de *polarización*, es decir, aparatos gracias a los cuales se consigue que la luz vibre en planos paralelos en lugar de vibrar en todas direcciones, lo que se consigue principalmente con los cristales birrefringentes. De estos aparatos los más sencillos son las llamadas *pinzas de turmalina* que consisten (fig. 97) en una pinza metálica de presión continua, cuyos extremos terminan en anillo, en cada uno de los cuales va una rodaja de corcho que puede hacerse girar y que en su punto medio están agujereadas y llevan una lámina del mineral denominado turmalina, que cristaliza en el sistema exagonal. Estas láminas (figs. 98 y 99) están talladas paralelamente al eje óptico, y por esto cuando un rayo de luz las atraviesa, sufre la doble refracción y se *polariza*, por lo cual sólo saldrán por el lado opuesto las vibraciones *paralelas* a las líneas verticales de la figura 98 y que corresponden al rayo extraordinario; todas las vibraciones correspondientes al rayo ordinario son absorbidas por la turmalina, que suele ser coloreada. Si este rayo extraordinario ya polarizado atraviesa la otra lámina de turmalina colocada detrás, según indica la figura 98, como las vibraciones son paralelas a las direcciones de vibración de ésta, los rayos pasarán y se ve la luz a través de las dos placas y con el color que tengan las

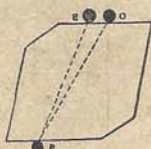
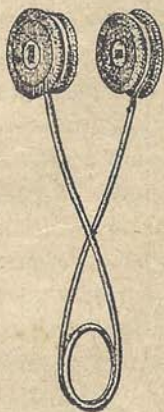


Fig. 96.

Fig. 97.
Pinza de turmalina.

turmalinas. Por el contrario, si las láminas estuviesen cruzadas (figura 99) la luz es interceptada por la segunda turmalina, y entonces, mirando a través de ellas, se nota oscuridad en vez de luz. La primera turmalina se llama *polarizador*, y la segunda, *analisador*. Ahora bien: si se abre la pinza y entre estas dos turmalinas así cruzadas



Fig. 98.
(De Tschermak).

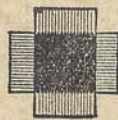


Fig. 99.

se coloca una delgada lámina de una sustancia *isótropa*, la *oscuridad persiste*; pero si se coloca una lámina de una sustancia *anisótropa*, el campo se *ilumina inmediatamente*. Si la lámina correspondía a una sustancia *uniáxica*, tallada paralelamente al eje óptico,



Fig. 100 (Naumann).



Fig. 101 (Naumann)

se nota además un conjunto de *anillos concéntricos coloreados*, atravesados por una *cruz negra* (figura 100), que desaparece y cambia por una *cruz clara* (fig. 101) haciendo girar lentamente el *analisador*. Cuando la lámina correspon-

de a una *sustancia biáxica*, en lugar de círculos aparecen *lemniscatas rodeadas por eclipses*, todo ello *coloreado* y atravesado por una *cruz negra* (figura 102) que se *disloca en dos ramas de hipérbola* (figura 103) si se hace girar el cristal entre las turmalinas.



Fig. 102 (Naumann)



Fig. 103 (Naumann).

Color.—El color de los minerales puede ser *propio* o *accidental*, siendo debido este último a la interposición de sustancias extrañas. Además hay que distinguir el color por *reflexión* y el color por *refracción*, que a veces es distinto: el ejemplo clásico es el oro, cuyo color por reflexión es amarillo típico o amarillo de oro, mientras que cuando se le extiende en láminas muy delgadas, llamadas *panes de oro*, y se mira a su través, tiene color verde. Los colores por reflexión se dividen en *metálicos* y no *metálicos* y dentro de cada uno se dan nombres vulgares, como *gris de acero*, *gris de plomo*, *amarillo de oro*, *amarillo de latón*, etc.

El *color de la raya* es un carácter de mucha importancia en Mineralogía, porque permite apreciar el verdadero color de los minerales cuando se halla enmascarado por contener sustancias extrañas o bien por estar empañada su superficie; se aprecia el color de la raya, bien *rayando con el mineral* sobre el bizcocho de porcelana, o sea porcelana sin barnizar; bien *rayando el mineral* con un cortaplumas o con un diamante.

Fosforescencia.—Algunos minerales, cuando se calientan, frota o exponen al sol, se hacen luminosos o *fosforecen*, propiedad que puede apreciarse llevándolos a la oscuridad.

Fusibilidad.—Varía de unos minerales a otros y para ensayarla se deben utilizar fragmentos pequeños que, ya sosteniéndolos con unas pinzas de punta de platino, ya en un carbón, se les dirige la llama del soplete (pág. 67), así se ve si funden totalmente o sólo en los bordes, etc. Existe una escala de fusibilidad cuyo primer término es la antimonita, que funde a la llama de una bujía, y el último el cuarzo, que no funde con el soplete.

Magnetismo, electricidad y radioactividad de los minerales. Algunos escasos minerales son verdaderos *imanes naturales*, pues acercándolos a una aguja imantada ejercen atracción sobre un polo y repulsión sobre otro. Otros, en mayor número pero también escasos, sólo *poseen magnetismo simple*, porque atraen indistintamente los dos polos.

Muchos minerales se *electrizan* cuando se los frota, comprime o calienta: el ámbar y el azufre adquieren electricidad *negativa* por frotamiento, mientras que el cuarzo la adquiere *positiva*. La *piezoelectricidad* o electricidad desarrollada por *presión*, se manifiesta en el cuarzo, caliza, etc. Finalmente, la *pireoelectricidad* o electricidad desarrollada por la elevación de *temperatura*, es frecuente en muchos minerales (turmalina, etc.), con la particularidad de que los cristales *hemimorfos* se electrizan positivamente en un extremo y negativamente en el opuesto.

A fines del pasado siglo se vió que existían minerales (pechblenda, calcolita, etc.), que gozan de la propiedad de emitir espontáneamente unas radiaciones especiales que hacen al aire buen conductor de la electricidad, que son capaces de impresionar las placas fotográficas a través de una pantalla opaca, etc.; a este fenómeno se le denomina *radioactividad*, propiedad notabilísima

debida a tres cuerpos llamados *radio*, *actinio* y *polonio*, uno de los cuales o todos ellos son contenidos en cantidades pequeñísimas por los minerales radioactivos.

Caracteres organolépticos.—Suelen denominarse así aquellos caracteres que se aprecian por los sentidos del tacto, olfato y gusto, sin necesidad de ningún aparato: entre los apreciables por el *tacto* se encuentran, principalmente, la *aspereza*, *suavidad* y *untuosidad*, calificativo este último que se aplica a los minerales suaves que dan la impresión de estar recubiertos de una capa de grasa o de jabón. Algunos minerales, como las arcillas, etc., se adhieren más o menos fuertemente a las mucosas húmedas de los labios y la lengua; este carácter se denomina *apegamiento*. Por el *olfato* se aprecia el *olor* de algunos minerales que le tienen *propio*, como el petróleo, por ejemplo, y también el de algunas sustancias que otros llevan *interpuestas*, como algunas calizas que al golpearlas desprenden olor a huevos podridos por llevar entre sus partículas ácido sulfhídrico: en la mezquita de Córdoba existe una columna de esta caliza (*fig. 104*). Las arcillas, etc., desprenden olor a tierra mojada cuando se les proyecta el aliento, etc. Por el *gusto* se aprecia el *sabor* de algunos que son solubles en el agua, como el salado de la sal común, el salado amargo de la sal de higuera, el salado fresco del nitro, el *estíptico* o con sabor metálico astringente parecido al de la tinta, del alumbre, etc.

Sección 13ª

QUÍMICA MINERAL

Constitución química de los minerales. — Con el nombre de constitución química de un mineral se conoce la *composición constante* que le es peculiar, que a su vez es el resultado de la unión de elementos definidos en proporciones fijas. Unos cuantos minerales, sin embargo, se consideran como *cuerpos simples* o *elementos químicos*, aunque siempre contienen cuerpos extraños en cantidades variables. Pero la mayor parte son *cuerpos compuestos*, es decir, formados por la combinación de dos o más cuerpos simples: ordinariamente tampoco se presentan puros.

Isomorfismo, polimorfismo y seudomorfismo. — En general, entre la *composición química* y la *forma cristalina* de los mine-

rales existen estrechas relaciones, diciéndose que *dos sustancias de composición química análoga* son *isomorfas* (gr. *isos*, igual; *morfe*, forma) cuando pueden *crystalizar juntas* formando un cristal de análogos propiedades cristalográficas (constancia del die-

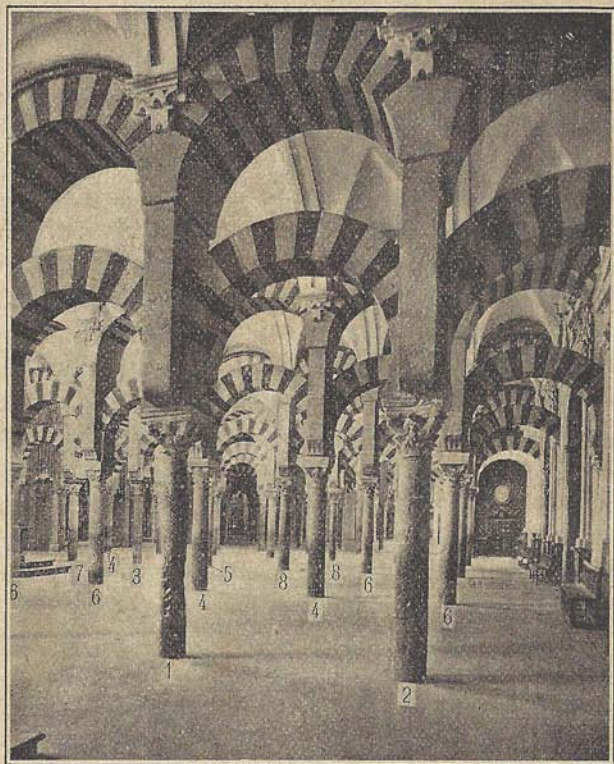


Fig. 104. — Vista parcial del *bosque de columnas* de la Mezquita o Catedral de Córdoba, que es el monumento más importante del primer período de la arquitectura árabe en España (siglos VIII al XI).—1, Columna de caliza fétida, que al golpearla o rasparla produce olor a huevos podridos; 2, idem de mármol rojo brechiforme; 3, idem, id. amarillento grisáceo; 4, idem, id., rosado de Cabra; 5, idem, id., blanco; 6, idem de caliza basta; 7, idem de arenisca, y 8, idem de granito verde. (Fotografía comunicada por el M. I. Sr. Dr. Jaime Espases, canónigo de la S. I. Catedral; datos mineralógicos de D. Diego Jordano, catedrático del Instituto).

dro, etc.) al que formarían cristalizando separadas: con un criterio más amplio se da también dicho calificativo a las sustancias de composición química *parecida* que cristalizan en formas *muy análogas*. Ocurre a veces, sin embargo, que *la misma especie química cristaliza en distintos sistemas cristalinos*: a las especies

químicas con que esto ocurre se las denomina *polimorfos* (griego *polys*, mucho), pudiendo ser *dimorfos* o *trimorfos*, según cristalicen en dos o tres sistemas distintos; el ejemplo clásico es el carbonato cálcico, que cuando cristaliza en el sistema exagonal se denomina calcita y si en el rómbico, aragonito. Por último, existen minerales que se presentan cristalizados en sistemas que no son los que les corresponden; este fenómeno se denomina *seudomorfismo* o *seudomorfosis* (gr. *pseudo*, falso). El seudomorfismo puede provenir de que un mineral rellene el hueco dejado por el cristal de otra especie, y así se ve frecuentemente a la arcilla, que es amorfa, con la forma de un romboedro de caliza, etc.; pero el verdadero seudomorfismo es un *fenómeno químico* que consiste en la *pérdida* de parte de los elementos de un mineral, que queda así convertido en otro distinto, o en la *sustitución lenta* de todos o parte de los elementos químicos que componen un mineral, por otros distintos; entre otros ejemplos puede citarse la pirita de hierro (sulfuro de hierro, regular), que se convierte en limonita (hidrato férrico, amorfa) perdiendo azufre y adquiriendo oxígeno e hidrógeno.

Medios de determinar la composición de los minerales.—

Los caracteres físicos no sirven, ordinariamente, más que de caracteres auxiliares para la determinación de las especies minerales; por esto se recurre generalmente a procedimientos químicos que, denunciando la composición de los ejemplares, sirven de base para decidir de qué especie mineralógica se trata. Los verdaderos procedimientos químicos consisten en someter los cuerpos a un *análisis cualitativo* y, sobre todo, *cuantitativo*; pero como éstos, y principalmente el segundo, exigen mucho tiempo y bastantes conocimientos de Química, en Mineralogía se emplean *análisis cualitativos abreviados*, que reciben el nombre de *ensayos*, por medio de los cuales se logra determinar rápidamente la composición de los minerales. Estos ensayos pueden hacerse por *vía seca*, que es el método propiamente mineralógico, y por *vía húmeda*; para los primeros se utiliza el fuego, de donde el nombre de ensayos *pirog-nósticos* (gr. *pyr*, fuego; *gnosis*, conocimiento) con que también se los conoce, y para los segundos, diversos reactivos, generalmente disueltos en agua, de donde el nombre de ensayos *hidrognósticos* (gr. *ydor*, agua).

ENSAYOS POR VÍA SECA.—Para practicar estos ensayos hace falta disponer, ante todo de una llama cualquiera: suele emplearse la de la lamparilla de alcohol (*figura 105*) o la del mechero Bunsen (*fig. 106*), pues las demás suelen dejar impurezas que enmascaran el ensayo. En una llama se distinguen varias zonas, de las que las principales son dos (*fig. 107*): una interior *oscura (I)* constituida por la mezcla combustible, pero que aún no está incandescente por falta de oxígeno, y otra exterior *brillante*, que es la verdadera llama y la única que interesa en Mineralogía; en ella hay que distinguir, a su vez, una región interior (*R*), que es la región luminosa o brillante propiamente dicha, la cual, por las numerosas partículas de carbón que contiene y por la falta de oxígeno, se emplea como *llama de reducción*; la porción estrecha y más oscura (*O*), que rodea a esta zona brillante, se utiliza como *llama de oxidación* por tener un exceso de oxígeno; esta parte es también la de mayor temperatura.



Fig. 105.



Fig. 106.



Fig. 107.—Esquema de una llama.

Para dirigir la llama al ensayo y activar la combustión, se utiliza el instrumento denominado *soplete*, gracias al cual se produce una corriente de aire que da a la llama una forma alargada y puntiaguda que le ha valido el nombre de *dardo* (*fig. 108*). Con un poco de práctica, el operador aprenderá a sostener la corriente *continua*, que es necesaria, respirando por la nariz e hinchando los carrillos. Un soplete consiste (*fig. 109*) en un tubo metálico largo, terminado en un extremo en una embocadura para soplar, y por el otro, en un recipiente cilíndrico destinado a recibir el vapor de agua del aire que se insufla; formando ángulo recto con este depósito, va otro tubo corto terminado en una punta de platino; hay modelos sin punta de platino y muy económicos, como el que indica la *figura 110*.

Fig. 108.
Dardo de la llama.

Para sostener el ensayo se utilizan varios medios, de los cuales

Los más usados son *las pinzas con punta de platino* y, sobre todo, un *carbón vegetal* cualquiera, con tal que sea compacto. En este carbón se hace una pequeña oquedad con un *fresa* y en ella se coloca el mineral previamente pulverizado (sin golpear, sino por presión) en un *mortero de ágata* o de *vidrio*: se agrega una gota de agua, para que no se vaya el polvo al soplar, y se dirige el dardo del soplete y se ve si el mineral se *funde* o *no*, si *decrepita*, si *colorea la llama*, si *desprende olor* o *humos* y el *olor de éstos*, si deja *aureola*, o depósito de color variable, alrededor del ensayo y, finalmente, si deja *residuo*, el cual puede verse si es una *masa* o residuo sin forma determinada, o un *botón*, que es el residuo de forma esferoidal y, además, golpeándole sobre un pequeño *yunque de acero*, si es frágil o maleable; por medio de una *barra imanada* si

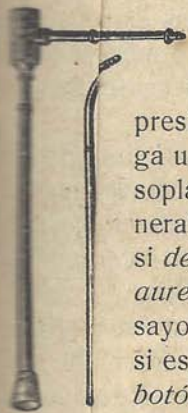


Fig. 109. Fig. 110
Sopletes.

es atraído o no y por medio de *la perla de bórax* (tetraborato sódico) o de *la sal de fósforo* (fosfato sódico amónico), el color que a ésta comunica una pequeñísima porción de dicho residuo. Estas *perlas* se obtienen muy fácilmente haciendo en el extremo de un delgado *hilo de platino* con mango de vidrio, un pequeño anillo que se introduce en la llama hasta que se pone al rojo, después de lo cual se toma con ella una pequeña cantidad de bórax o sal de fósforo y se la dirige el dardo del soplete hasta conseguir que esté transparente; estando al rojo, se toca con ella al mineral, o residuo del mineral, en el carbón en que se está ensayando y se sopla de nuevo, coloreándose la perla según la sustancia y según sea la llama de oxidación o de reducción la que se dirija. También puede averiguarse si el residuo, o el mineral, tienen *alúmina*, bario, calcio o estroncio, estaño, magnesia o zinc, poniéndole una gota de *nitrito de cobalto* y volviéndole a calentar: la *alúmina da una masa azul*; el *bario, parda*; el *calcio y estroncio, gris*; el *estaño, azul verdoso*; la *magnesia, rosada*, y el *zinc, verde*.

Cuando se quiere averiguar si un mineral es *hidratado*, es decir, si tiene agua en su composición, se le calienta en un tubo cerrado o abierto, después de haber expulsado de dicho tubo, calentándole directamente a la llama, toda el agua que contiene adherida a sus paredes: si el mineral es hidratado, el agua se desprende

en forma de vapor, que se deposita en la parte fría del tubo. *Un tubo cerrado*, es, sencillamente, un tubo de ensayo; por consiguiente, es un tubo que está cerrado por uno de sus extremos; *un tubo abierto* consiste en un delgado tubo (de unos 6 milímetros de diámetro) acodado en ángulo obtuso a unos 3 ó 4 centímetros de su centro y abierto por los dos extremos.

En general, los minerales con *brillo metálico se funden* en el carbón; pero la mayor parte de los que *carecen* de brillo metálico *son infusibles*, por lo cual es menester agregarles algún *fundente*, de los cuales el más usado es el *carbonato sódico*, llamado *rosca* en el comercio (también son fundentes el *bórax* y la *sal de fósforo*, de los que ya se vió la aplicación que tienen), que se pulveriza y se mezcla con el polvo del mineral en la proporción de 2 de carbonato sódico por uno del mineral. Se coloca la mezcla en la oquedad del carbón y se la dirige el dardo del soplete, pudiéndose observar ordinariamente los mismos fenómenos que se han indicado antes: merece mencionarse que los *sulfuros* y *sulfatos* forman así una masa pardusca denominada *hépar* por su forma redondeada y aspecto remotamente parecidos al de un hígado (gr. *hépar*, hígado), que colocada sobre un objeto de plata le ennegrece cuando se agrega una gota de agua.

ENSAYOS POR VÍA HÚMEDA.—La primera condición para reconocer un mineral por este método es que se halle *disuelto*. Como son pocos los que se disuelven en *agua destilada* (que es la que se utiliza en los laboratorios), es menester recurrir a reactivos más enérgicos, como el *ácido clorhídrico* o el *nítrico*, y si también fuera insoluble en éstos, se pone la mezcla de ambos, conocida con el nombre de *agua regia*. Pero como hay minerales que tampoco se disuelven en ésta, hay que hacerlos solubles, para lo cual *se funden con carbonato sódico*, o con la mezcla de éste y el potásico, después de lo cual, en general, ya se disuelven en los ácidos.

Para ensayar un mineral se le pulveriza y este polvo se coloca en el extremo de un estrecho y largo papel, por medio del cual se le introduce hasta el fondo de un *tubo* de vidrio llamado *de ensayo*. Después de agregado el disolvente y de disuelto el mineral, para lo cual se ayuda con el calor de la llama, se procede a buscar en *pequeñas porciones de la disolución diluidas en agua* y neutralizadas con amoníaco, el *ácido* del mineral, y una vez encontra-

se buscarán las *bases*. Como las reacciones que es menester saber para reconocer minerales, tanto por vía seca como húmeda, son numerosísimas y el alumno no debe aprenderlas más que practicando, a continuación doy unas cuantas de las más características, que le permitirán reconocer los minerales más frecuentes.

Para los ácidos y elementos electronegativos seguiré el orden de la clasificación de los minerales de Pablo de Groth, que es la que adopto en esta obra.

Abreviaturas (por índice alfabético): amarillo (am.), anaranjado (an.), añil (añ.), aureo (au.), azul (az.), blanco (bl.), botón (b.), brillante (br.), castaño (ca.), color (c.), colocación de la llama (c. ll.), disolución (dis.), en caliente (en c.), en frío (en f.), esmeralda (esm.), gris (gr.), incoloro (inc.), infusible (inf.), insoluble (insol.), masa (m.), negro (n.), pedo (pa.), precipitado (p.), púrpura (púr.), rojo (r.), rosado (rs.), soluble (sol.), verde (v.), vía húmeda (v. h.), vía seca (v. s.), violeta (vi.).—**Simbolos**: cobalto (Co.), estaño (Sn.), potasio (K.).—**Fórmulas**: ácido clorhídrico (ClH), ácido nítrico (NO₃H), ácido sulfúrico (SO₄H₂), ácido sulfhídrico (SH₂), amoníaco (NH₃), anhídrido carbónico (CO₂), nitrato de plata (NO₃Ag.).

(1) **Sulfuros**.—En el carbón producen *olor* a anhídrido sulfuroso; con carbonato sódico dan hépar (pág. 68.): por v. h. con el ClH producen, generalmente, SH₂ con olor a huesos podridos (*).

(2) **Arseniuros**.—En el carbón producen olor a ajos.

(3) **Antimoniuros**.—En el carbón, abundantes humos blancos inodoros: aureola blanqueada lejos del ensayo.

(4) **Cloruros**.—Por v. h. con el NO₃Ag., p. bl. cuajoso que ennegrece a la luz al cabo de algunas horas y es insol. en los ácidos y sol. en el NH₃. *amoníaco*.

(5) **Fluoruros**.—Por v. h. calentados con SO₄H₂ *concentrado*, desprenden ácido fluorhídrico que corroe al vidrio del tubo.

(6) **Nitratos**.—Por v. s. *deflagran*, es decir, avivan la combustión echados en el carbón encendido.

(7) **Carbonatos**.—Con los ácidos producen efervescencia.

(8) **Sulfatos**.—Por v. s. producen hépar como los sulfuros, pero no producen anhídrido sulfuroso. Por v. h. no dan SH₂ y con el cloruro bórico p. blanco pulverulento insol. en ácidos.

(9) **Fosfatos**.—Disueltos en NO₃H, tratados por exceso de una disolución nítrica de hidrato amónico y calentando, p. amarillo.

(10) **Silicatos**.—La mayor parte originan en la perla de la sal de fósforo, y estando el mineral pulverizado, unas estrias blanquecinas llamadas *esqueleto de la sílice*.

(11) **Minerales orgánicos**.—Calentados con nitro fundido originan carbonato potásico, que da efervescencia con los ácidos.

Enunciaré las principales bases por índice alfabético:

* Cada reacción característica va precedida de un número, que será el que citaré en el reconocimiento de las especies, debiéndose, por tanto, buscar el número de que se trata para poder reconocer el mineral.

Reacciones por vía seca y húmeda, de las principales bases

(Véanse las abreviaturas en la página anterior.)

	VÍA SECA											
	PERLAS						EN EL CARBÓN				VÍA HÚME	
	BÓRAX				SAL DE FÓSFORO							AUREOLAS, BOTO-
	Llama de oxidación		Llama de reducción		Llama de oxidación		Llama de reducción					NES, COLORACIÓN
En.c.	En.f.	En.c.	En.f.	En.c.	En.f.	En.c.	En.f.	DE LA LLAMA				
(12) Aluminio.....								Con nitrato de Co. masa az.	Con fosfato sódico p. b. en ácido acético, sol. tasa.			
(13) Antimonio. in.	in.	gr.	gr.					Reacción (3): c. ll. az. lívido.	Las soluciones clorhídricas se descomponen por el a.			
(14) Arsénico.....								Reacción (2): c. ll. az. lívido.	Con NO ₂ Ag. p. am. sol. e.			
(15) Azufre.....								La parte de v. s. de (1).				
(16) Bario.....								C. ll. v. claro; con nitrato de Co. m. pa.	Con SO ₄ H ₂ p. bl. insol. dos.			
(17) Calcio.....								C. ll. r. naranja; con nitr. Co. m. gr.	Con oxalato amónico p.			
(18) Cobalto... az.	az.	az.	az.	az.	az.	az.	az.	M. magnética enc.	Con cianuro de K. p. dis. en NO ₂ H, c. rs.			
(19) Cobre..... v.	az.	r.	r.	v.	az.	v.	r.	C. ll. v.; sus compuestos dan con carbonato sódico b. rojo.	Sus dis. en NO ₂ H, c. v.; p. v., sol. en exceso d. mando el líquido c. a.			
(20) Estaño.....								B. bl. br., maleable; con nitr. de Co., m. az. v.	Con cloruro de oro p. Casius.			
(21) Hierro.... r. o	casí in. o am.	v. bo-tella	v. bo-tella	r.	am. claro	r.	r.	M. magnética en caliente y en frío	Con NH ₃ p. ca. rojizo; rricas con el sulfocianato c. r. de vino; rrosas con el ferricianato c. r. de vino.			
(22) Magnesio.....								Con nitr. Co. m. rs.	Con fosfato sódico y N.			
(23) Manganeso vi.	vi.	in. o rs.	in. o rs.	vi.	vi.	in. o rs.	in. o rs.	Se volatiliza.	Ferricianuro potásico curo.			
(24) Mercurio.....								M. magnética en caliente.	Con ioduro potásico p. curo.			
(25) Niquel.... vi.	rojo	gr.	gr.	r.	am.	am.	am. gr. gr.	B. am. maleable.	Con cianuro potásico doso, soluble en e reactivo.			
(26) Oro.....								B. am. maleable.	Con cloruro de Sn. p. Casius.			
(27) Plata.....								Au. r. carne o r. tierra; b. bl. maleable.	Con ClH, p. bl. cuajos ácidos, sol. en NH ₃			
(28) Platino.....								Chispitas bl. o masa infusible.	Con cloruro de estaño curo.			
(29) Plomo.... am.	am.	gr. o n.	gr. o n.	am.	in.	gr. o n.	gr.	Au. am. rojiza en c., bl. am. en f.; b. gr. maleable.	Con ioduro potásico canario.			
(30) Potasio.....								C. ll. vi.	Con cloruro platínico curo.			
(31) Sodio.....								C. ll. am.	Con biantimoniato p. blanco.			
(32) Urano..... r.	am.	v.	v. bo-tella	am.	am. verdoso	v. esm.	v. esm.		Con NH ₃ p. am.			
(33) Zinc.....								Au. am. enc., bl. en f.; con nitr. Co. m. v.	Con ferricianuro potásico amarillento, sol. en			

Sección 14ª

MINERALOGÍA DESCRIPTIVA

TAXONOMÍA Y GLOSOLOGÍA MINERALES

Taxonomía.—Como indica su nombre (del gr. *taxis*, *taxeos*, ordenación; *nomos*, ley), tiene por objeto *ordenar* o *clasificar* los minerales, es decir, *diferenciar* primero unos de otros, atendiendo a sus caracteres, y *agrupar* después aquellos que más se parecen entre sí. El conjunto de *grupos*, contenidos unos en otros de mayor a menor, constituye una *clasificación*. Para establecer los distintos grupos que forman éstas, se utilizan diversos caracteres que, con arreglo a su importancia, se califican de *esenciales* o *primarios* y *accesorios* o *secundarios*; los primeros se llaman así porque su falta o variación acarrea grandes variaciones en el mineral; entre ellos se encuentran la composición química y la forma cristalina; los *secundarios* reciben este nombre porque su variación o supresión no es de transcendencia para el mineral, como el color, brillo, etc.

CATEGORÍAS TAXONÓMICAS O GRUPOS MINERALÓGICOS.—Aun cuando son varios, en un curso elemental no interesa conocer más que la *especie*, la *familia* y la *clase*, que son también los grupos mejor definidos.

El grupo fundamental es la *especie*, que puede definirse diciendo que es el conjunto de minerales que tienen *igual composición química y cristalizan en el mismo sistema*. Dentro de cada *especie* se constituyen los subgrupos llamados *variedades* con los minerales que poseen algún *carácter secundario común*, como el color, la estructura, etc. La reunión de especies análogas en composición química y forma cristalina constituyen una *familia*, y, finalmente, por la agrupación de familias, o de familias y especies, se forman las *clases*. Para la formación de éstas se siguen varios criterios, si bien hoy predomina el criterio químico.

CLASIFICACIONES MINERALÓGICAS.—Son muchas las existentes; pero no citaré más que las que hoy están más en boga, que son las del ilustre profesor de Geología del Instituto Católico de París, A. de Lapparent, y las del no menos ilustre Pablo Groth, profesor de

Mineralogía en la Universidad de Munich, que es la que adopto en esta obra. (*)

Fundamentos de la clasificación de Lapparent.—Partiendo este autor de la hipótesis de Laplace, supone que «la Tierra ha debido formar en su origen una esfera de materiales líquidos, superpuestos por orden de densidades. Cuando los progresos del enfriamiento motivaron la formación de una corteza externa», ésta debió producirse por la unión de la sílice y alúmina, materiales esencialmente refractarios, «con los óxidos de los metales menos pesados. Esta corteza debió flotar primeramente en la superficie del baño metálico, como lo hacen las escorias sobre los metales en fusión; cuando llegó a ser consistente, formó una corteza sólida, separando el núcleo metálico de una atmósfera que contenía, en vapores, el agua y todas las sustancias susceptibles de tomar el estado gaseoso a la temperatura de estas primeras edades. De ahí un primer grupo de minerales que llamaremos minerales de *escorificación*, todos silicatados y formando el fondo principal de la corteza primitiva.» Al ir disminuyendo la temperatura, «parte de los elementos volátiles de la atmósfera debió condensarse», formando los océanos, etc., y este agua, circulando a través de la «corteza y cargándose en ella», de minerales en disolución, los fué depositando en las hendiduras del terreno, originando los minerales de *precipitación química*. Al mismo tiempo, las emanaciones del interior salieron por las fisuras de la corteza, en las que se depositaron «los elementos metálicos tomados al núcleo interno, y particularmente los metales pesados», formándose así los minerales de *emanación*. Finalmente, «por la actividad de los organismos, sobre todo de los vegetales», se han formado los minerales de *origen orgánico*.

En el primer grupo están incluidos el *cuarzo* y los *silicatos*; en el segundo, los *cloruros*, *fluoruros*, *carbonatos*, *sulfatos* y *fosfatos*, principalmente; en el tercero, los *metales nativos*, *sulfuros*, *arseniuros* y *óxidos*, principalmente, y en el último, los *carbones*, etc.

CLASIFICACIÓN DE GROTH.—Comprende diez Clases, agrupadas según el elemento electro-negativo o según el ácido, comenzando, con arreglo al criterio seguido hoy por todos los naturalistas modernos, por los más sencillos y terminando por los más complicados. He aquí, en esencia, dicha clasificación.

Clase I. *Elementos*.—Clase II. *Sulfuros, arseniuros, antimonuros*, etc.—Clase III. *Óxidos*.—Clase IV. *Sales haloideas*.—Clase V.

(*) Esta clasificación ha sido introducida y generalizada en España por el tan bondadoso como sabio mineralogista español Dr. Salvador Calderón, catedrático de Historia Natural en varios Institutos, y a su muerte (1911) catedrático de Mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, donde fué profesor de varias generaciones de naturalistas. Dicha clasificación es también la adoptada por él en su magnífica obra *Los Minerales de España*, a la que sigo para la cita de localidades españolas, que es la primera de las obras publicadas por la *Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas*, entidad oficial formada por los mayores prestigios españoles de las Ciencias y de las Letras, que patrocina un notable resurgimiento científico en todas las ramas del saber, y ayuda en sus empresas e investigaciones tanto a los españoles como a los extranjeros con suficiente bagaje científico. Por encargo de la referida Junta ha traducido recientemente el Catedrático del Instituto de Cabra Dr. Carandell (nota ** de la pág. 26) la última edición de la obra original del Dr. Groth, que contiene íntegra la precitada clasificación: dicha traducción, hecha con toda esmerapulosidad y acierto, va precedida de un notable Prólogo del Dr. Fernández Navarro (nota * de la pág. 41) y se titula *Tablas Mineralógicas*.

Sulfatos, carbonatos, etc.:—Clase VI. *Sulfatos, uranatos, etc.*
 Clase VII. *Aluminatos, ferritos, etc.*—Clase VIII. *Fosfatos, etc.*—
 Clase IX. *Silicatos, etc.*—Clase X. *Minerales de origen orgánico.*

Glosología o nomenclatura de los minerales.—Como su nombre indica (gr. *glossa*, lengua, lat; *nomen*, nombre), tiene por objeto dar a conocer las palabras o nombres técnicos con que se designan los minerales. En Botánica y Zoología la nomenclatura está unificada (*), no ocurriendo lo mismo en Mineralogía, donde no existe un criterio definido para dar los nombres. A cada mineral se le designa, con una sola palabra, que algunas veces está tomada del griego o del latín y terminada en *ita* o *ito*; otras palabras derivan de nombres propios, como Dolomita (de Dolmieu, naturalista francés), etc.; otras aluden a la localidad donde primero se encontraron, como aragonito (de Molina de Aragón, España), etc.; a su composición química, como Argentita, etc.; a su coloración (Azurita, etc.); al peso específico (Baritina; de *barys*, pesado); etc. Es frecuente que a un mineral se le conozca con dos o más nombres: todos estos nombres constituyen la llamada *sinonimia* de la especie.

sección. 15.
 CLASE I. — ELEMENTOS

Como su nombre indica, comprende los minerales que se presentan en la Naturaleza como cuerpos simples.

Diamante.—Carbono puro; regular (**) (*figura 111*); frágil; *d.* 10 (***) y a esta elevada dureza, que, como se dijo, es la mayor de todos los cuerpos naturales, alude su nombre (gr. *adamas*, *ant-*, indomable); *p. e.* 3,5; lustre típico llamado por esto adamantino. Ordinariamente es incoloro, pero también hay variedades de diversos colores, de las cua-



Fig. 111.—Diamantes cristalizados en octaedros, etc., tal como se sacan de la mina, que era la forma en que se usaron hasta el siglo XV. (Fot. comunicada por el Dr. A. Heismaus, de Transvaal).

* Véase *Botánica y Zoología*, glosología o nomenclatura de los vegetales y animales, respectivamente.

** Después de la composición indicará siempre el sistema cristalino.

*** La dureza y el peso específico se indicarán abreviadamente por *d.* y *p. e.*, respectivamente: en general, no son datos que deban retenerse en la memoria más que en unos cuantos minerales, que el profesor

La cubanita que envuelve al diamante se llama cascabe

les las más frecuentes son las de color amarillo; las verdes, azules y negras son poco frecuentes, siéndolo menos aún las rosadas, por lo cual estos diamantes son tanto más apreciados que los incoloros. En general son transparentes. Aparte de las variedades de color citadas, se conocen tres, que son: el *diamante* propiamente dicho, bien cristalizado; el *bort*, en esferas bacilo-radiadas y el *carbonado*, en masas cristalinas de grano fino.

Usos: El diamante propiamente dicho se usa desde muy antiguo, como piedra preciosa o gema, si bien hasta el siglo XV se usaron en estado natural por desconocerse la manera de tallarle: hoy se le talla principalmente en *brillante*, que en esencia consiste en un cono o en una pirámide y un tronco de cono o de pirámide unidos por su base y provistos de numerosas facetas (*figuras 115 y 116*): en el cono se engasta la montura y sólo queda visible, si no va montado *al aire*, que hoy es lo general, el tronco de cono. El diamante y todas las piedras preciosas se venden a peso, tomando como unidad el *quilate*, que pesa unos 200 miligramos: el precio de cada quilate, después de tallado el diamante, oscila dentro de amplios límites y con frecuencia, pues depende del color del diamante, de la abundancia que de ellos haya en el mercado, etc.: por término medio se puede calcular en 250 a 300 pesetas; pero teniendo en cuenta que para un tamaño mayor el precio suele aumentar proporcionalmente al *cuadrado de los pesos*, si bien esta regla deja de aplicarse al pasar de los 20 quilates, en cuyo caso adquieren precios fabulosos. Como diamantes célebres por su tamaño o belleza merecen citarse: el *Orlow*, que figuraba en el cetro del Emperador de Rusia y que pesaba 194 quilates; el *Gran Mogol*, del Shah de Persia, que antes de tallado pesaba 787 quilates y actualmente 280; tiene forma de medio huevo de paloma (*figura 112*), y por último el *Cullinan*, que es el mayor encontrado hasta la fecha. Fué descubierto en 1905 en el Sur de Africa, en una mina de Transvaal (*fig. 113*),



Fig. 112. — El diamante Gran Mogol (280 quilates).

y fué comprado

por el Gobierno del Transvaal para regalárselo al Rey de Inglaterra: en



Fig. 113. — Mina de diamantes situada en Transvaal (S. de Africa), a unos 400 km. de Kimberley, que es uno de los principales centros diamantíferos del mundo. En ella se encontró el célebre diamante Cullinan. (Fot. comunicada por el Dr. A. Heimaus, de Transvaal).

este pesaba 3.025 quilates y tenía la forma que reproduce la *figura 114*, habiendo sido tasado en 12.500.000 francos; fué tallado en Amsterdam y de él se obtuvieron nueve diamantes grandes y otros varios más pequeños: los dos mayores son llamados Cullinan 1.º y Cullinan 2.º (*figs. 115 y 116*), están tallados en brillante y pesan, respectivamente, 516 y 309 quilates. Los diamantes pequeños se utilizan para joyas de menos valor, para cortar

el cristal, para puntos de apoyo de las



Fig. 114.—El diamante Cullinan, tal como se le encontró en 1905.

Fig. 115.—El Cullinan 1.º

Fig. 116.—El Cullinan 2.º

Dos de los nueve diamantes que se obtuvieron del de la fig. 114: ambos tallados en brillante.

estas reducidos a un tamaño algo menor que la mitad del suyo. Dib. Benitez com. por el profesor Dr. L. Fernández Navarro).

piezas de los cronómetros, etc. El polvo del bort para tallar los diamantes y otras piedras preciosas, y el carbonado para aparatos de sondeo. *Reconocimiento*: el diamante arde con llama intensa y se quema totalmente en el O; el bort y el carbonado dejan residuos por contener impurezas. *Localidades*: provincias de Minas Geraes y Bahía (Brasil) y sobre todo en el Transvaal y Orange (África).

Grafito.—*Plombagina, piedra lápiz, lápiz plomo.*—Carbono con impurezas. Monoclínico con apariencia exagonal; ordinariamente en masas laminares; color negro o gris; brillo metaloideo; raya negra o gris; untuoso; *d.* 0,5 a 1; *p. e.* 2,5. *Reconocimiento*: infusible e inatacable por los ácidos: arde en el oxígeno dejando residuo. *Usos*: para fabricación de crisoles, lapiceros, etc., *Localidades*: Marbella (Málaga). Casi todo el usado en lapiceros procede de Tunguska (Siberia) y Pargas (Finlandia). *Pasa Jabarov, Rusia*

Azufre.—Rómbico (*figura 117*). Sin embargo, por fusión cristaliza en formas monoclínicas, que en el transcurso del tiempo pasan a rómbicas. Ordinariamente en masas de color amarillo típico o melado, es decir, parecido al de la miel; brillo adamantino en las caras de los cristales, resinoso en la fractura; *d.* 1,5; *p. e.* 2.

Reconocimiento: (15) (*): insol. en agua y ácidos; sol. en el sulfuro de carbono. *Usos:* como desinfectante e insecticida (**); en Medicina para pomadas, etc.; en Agricultura para combatir el



Fig. 117.—Cristales rómbicos de azufre de Conil (Cádiz). (Fot. y ejemplar del Museo Nacional de Ciencias Naturales).

oidium (***) en la industria para la fabricación del ácido sulfúrico, pólvora, etcétera. *Localidades:* en muchos volcanes activos y extinguidos; en las aguas sulfhidricas donde viven algas sulfurarias (****), etcétera; Teide (Canarias),

Hellín (Albacete), Libros (Teruel) (*figuras 118 y 119*), Conil (Cádiz) (*fig. 117*), Cerro del Azufre (Atacama-Chile), etc.



Fig. 118.—Cargando los hornos de primera fusión con las margas azufrosas.



Fig. 119.—Hornos de primera fusión, delante de los cuales se ve el azufre moldeado en pastillas de 60 kilogramos cada una.

Platino.—Regular: ordinariamente en escamitas y granos pequeños, rara vez en *pepitas* o masas de mayor tamaño; color gris blanquecino típico, brillo metálico; muy dúctil y maleable; *d.* 4, 5; *p. e.* 17, 18; estando puro 21 a 22. *Reconocimiento:* infusible al soplete; soluble sólo en el agua regia; (28). *Usos:* para crisoles, puntas de sopletes y pararrayos, pinzas, alambres y actualmente mucho en joyería: el precio del platino es elevadísimo a causa

(*) Los números entre paréntesis indican el número que tiene la reacción de que se trató en la pág. 70.
 (**) Véase mi obra *Elementos de Higiene*, 6.ª edición, páginas 26, 44, 63, etc.—(***) Véase mi obra *Botánica*, 5.ª edición, pág. 68.—(****) *Idem id.*, pág. 59.

Se llama agua regia por su capacidad al rey de los metales

de su escasez; vale por lo menos tres veces más que el oro. *Localidades*: fué descubierto por los españoles en las arenas del río Pinto (Colombia) y lo llamaban *platina del Pinto* por ser parecido a la plata: también se halla formando venas en la serpentina de los Montes Urales; pero como hoy apenas se explota éste, puede asegurarse que actualmente es Colombia el único país productor: en España, según recientes investigaciones del ilustre Ingeniero de Minas señor Orueta, en la serranía de Ronda existe importante yacimiento platinífero.

Hierro.—En el estado nativo es muy escaso en la Tierra; en cambio es muy frecuente en los meteoritos; en el obtenido artificialmente cristaliza en el regular; *p. e.* 7,3 a 7,8 *Reconocimiento* (21).

Cobre. — Regular: de ordinario en masas dendríticas (*fig. 64*) o en chapas; color rojo típico y brillo metálico; pero las superficies expuestas al aire carecen de brillo y el color es rojo mate o verdoso; tenaz, dúctil y maleable; *d.* 2,5; *p. e.* 8,8. *Reconocimiento* (19): sus disoluciones en NO_3H tienen color verde. *Usos*: para la fabricación de la moneda, bronce (cobre y estaño), latón (cobre y zinc), plata Meneses (cobre, níquel y zinc), etc. *Localidades*: acompañando a los minerales de cobre de Río tinto (Huelva); sierras de Mendoza, Córdoba, etc. (Argentina); Atacama y Copiapó (Chile) (*fig. 120*); Santiago de Cuba, etc.

Plata. — Regular: comúnmente en agregados fibrosos o laminares de color blanco típico y brillo metálico intenso; pero ordinariamente las superficies expuestas al aire están ennegrecidas, no porque se oxide, sino porque se forma sulfuro de plata, que tiene color negro: dúctil y maleable; *d.* 2,5; *p. e.* 10 a 11. *Reconocimiento* (27). *Usos*: fabricación de moneda y objetos de joyería aleado al cobre; sus compuestos



Fig. 120.—Mina de cobre de Atacama (Chile). En ella se encuentran diversos minerales de cobre, como el cobre nativo, calcopirita, etc. (Fot. comunicada por la profesora chilena F. Ramírez Burgos).

con HCl p. bl. magoso insol. en ácido sol. en NH_3

en Medicina. *Localidades:* en pequeñas cantidades asociada a otros minerales de plata en Hiendelaencina (Guadalajara); en mayor cantidad en Copiapó (Chile) y Potosí (Bolivia) (fig. 121)



Fig. 121.—La célebre «Montaña de Plata» de Potosí (Bolivia), que se calcula ha producido, desde la conquista por los españoles, unos 900 millones de pesetas. En ella existe plata nativa asociada a otros minerales de plata. (Fot. comunicada por el profesor boliviano Dr. J. T. Oropeza).

con ioduro potásico por granate
gamado con el estaño forma el *alinde*, que sirve para el azogado de los espejos. *Localidades:* Almadén (Ciudad Real), Huancavelica (Perú), Valparaíso y Sierra de Ovalle (Chile).



Fig. 122.—Interior de una mina de cuarzo aurífero de Portovelo (Provincia del Oro—Ecuador). (Fot. comunicada por el profesor ecuatoriano Dr. Clodoveo Carrión).



Fig. 123.—Draga-lavadero en los terrenos auríferos de Auen (Nueva Gales del Sur-Australia). (Fot. comunicada por el profesor australiano Dr. O. Dalton).

escamitas o granos sueltos; a veces pepitas; color amarillo típico; brillo metálico intenso; dúctil y maleable; *d.* 2,5; *p. e.* 15 a 1

H/S
Mercurio.—*Azogue.* Líquido a la temperatura ordinaria: a -40° se solidifica y cristaliza en el regular; color blanco; brillo metálico intenso; *p. e.* 13,5. Se presenta en gotitas, y a veces en bolsadas en el cinabrio (pág. 81). *Reconocimiento* (24): en el carbón se volatiliza completamente. *Usos:* construcción de termómetros, etcétera; en Medicina; como *disuolvente al oro* y otros metales se emplea para beneficiar éstos; amalgamado con el estaño forma el *alinde*, que sirve para el azogado de los espejos. *Localidades:* Almadén (Ciudad Real), Huancavelica (Perú), Valparaíso y Sierra de Ovalle (Chile).

Fig. 123
Oro.—Regular: frecuentemente e

uro 19,5. *un cloruro de Sn por el. De Casius*
Reconocimiento: sólo atacable por agua regia, (26).
Usos: para fabricación de moneda y en joyería aleado al cobre; etcétera. **Localidades:** en España en las arenas de los ríos Darro (Granada); Sil, etc., (León); cuarzo aurífero en cantidad, en Rodalquilar (Cabo de Gata, Almería); extranjero: Bolivia, Brasil, California, Colombia, Ecuador (provincia del Oro, fig. 122), Transvaal y Australia (fig. 123). *Sección 16^a*

CLASE II.—SULFUROS, ARSENIUROS, ANTIMONIUROS, ETC.

Son combinaciones del azufre, arsénico, antimonio, etc., con los demás cuerpos simples.

Los minerales que forman esta Clase son los que principalmente constituyen las *menas* de los distintos metales, es decir, los minerales de donde dichos metales se extraen con más frecuencia por encontrarse en cantidad. Suelen presentarse unidos a otros minerales no utilizables con este objeto, que reciben el nombre común de *ganga*. **Reconocimiento:** (1), (2) y (3).

Rejalgar y Oropimente.—Protosulfuro y sesquisulfuro de arsénico, respectivamente; el primero, monosimétrico y de color rojo, se usa para la fabricación de las bengalas de luz blanca; el segundo, rómbico, de color amarillo de oro y brillo nacarado, se utiliza para la fabricación del color amarillo real. **Reconocimiento:** (1) y (2). Se volatilizan por completo en el carbón. Suelen presentarse asociados en Pola de Lena (Asturias), etc. *54. 55
los cloruros de Sn
militan
no se separan
de la ganga
de la ganga
pueden ser
ganga*

Antimonita.—*Estibina, antimonio gris.*—Sesquisulfuro de antimonio. Rómbico, en primas alargados que a veces son muy delgados en forma de agujas; estructura bacilar o fibroso-radiada; color gris de plomo o de acero, y brillo metálico que se empaña al aire; raya y polvo negros; *d.* 2; *p. e.* 4,5. **Reconocimiento** (1) y (3); es el número 1 de la escala de fusibilidad. **Usos:** es la mena del antimonio. **Localidades:** Losacio (Zamora), Rubiana (Orense), Cervantes (Lugo), etc.

Blenda.—Sulfuro de zinc. Regular: ordinariamente en masas hojosas o granudas, las primeras con exfoliación rombododecaédrica: color variable; amarillo de miel, verdosa, parda y rara vez negra; la de color amarillento y transparente recibe el nombre de blenda *acaramelada*; la raya y el polvo son siempre de color amarillo claro de resina; lustre adamantino o craso: *d.* 3,5; *p. e.* 4. **Reconocimiento:** (1) y (33); decrepita en el carbón. **Usos:** para la extracción del zinc. *con fortificación potásica por. faja amarilla en el H*

Localidades: Picos de Europa, Comillas, Cajo, etcétera (Santander). En América en numerosos puntos de los Andes, etc. Los mineros llaman colectivamente *calamina* a todas las menas de zinc.

Niquelita. —Arseniuro de níquel. Exagonal; generalmente en masas compactas de color rojo claro de cobre y brillo metálico; las superficies viejas se presentan ennegrecidas o verdosas; *d.* 5,5; *p. e.* 7,5

Reconocimiento: (2) y (25): su disolución en NO_3H tiene color verde manzana. *Usos:* es la principal mena del níquel, el cual en algunos países (Argentina, España, etc.) se usa para fabricar moneda

Localidades: Pico Gallinero (Huesca), Carratraca (Málaga), etc.

Pirita. —*Pirita de hierro.* —Sulfuro ferroso. Regular; en cubos y dodecaedros pentagonales, frecuentemente maclados (*fig. 71*); comúnmente en masas granudas y compactas de color amarillo de latón y brillo metálico; a veces de color pardo por convertirse en limonita (pág. 65); raya y polvo gris verdoso; *d.* 6,5; da chispas con el eslabón, a lo que alude su nombre; *p. e.* 5. *Reconocimiento* (1) y (21): no se disuelve en el C.H. *Usos:* para la fabricación del ácido sulfúrico, obtención del azufre, etc.; no se utiliza para extraer el hierro porque le da muy quebradizo, a causa del azufre que siempre contiene, y si se quiere eliminar éste totalmente, resulta ya excesivamente caro. *Localidades:* Riotinto (Huelva) es uno de los yacimientos más potentes del mundo (*figs. 124 y 125*): en pequeña cantidad es de los minerales más frecuentes en todos los países



Fig. 124.—Canteras en el mismo mineral en el sitio llamado La Dehesa. (Fot. comunicada por el prof. doctor M. San Miguel).



Fig. 125.—Labores a cielo abierto en el sitio llamado El Lago. (Fotografía comunicada por el profesor E. bórs).

Minas de pirita y de calcopirita de Riotinto (Huelva).

Cobaltina y Esmaltina. —Sulfoarseniuro y arseniuro de cobalto, respectivamente. Regular ambos, pero más frecuente en masas granulares o compactas de color blanco de plata el primero, y gris de acero el segundo; brill

con cianuro potasico
p. Hanes y otros
sol en exceso de
reactivo
con cianuro de
p. castano
justo en NH₄H
E. 1012

metálico; raya gris negruzca; *d.* 5,5; *p. e.* 6 a 7. *Reconocimiento:* el primero (1), (2) y (18); el segundo (2) y (18); la disolución de ambos en NO_3H es de color rosado. *Usos:* es la mena del cobalto. *Localidades:* Cangas de Onís y Llanes (Asturias), etc.

Lección 24

14^o **Galena.**—*Alcohol de alfareros.*—Sulfuro de plomo. Regular: ^{24) con α H₂P₄} frecuentemente en masas hojosas o granudo-cristalinas; las de grano fino suelen ser argentíferas: color plumizo y brillo metálico intenso, raya negro-grisácea; exfoliación exaédrica; *d.* 2,5; *p. e.* 7,5. *Reconocimiento* (1) y (29); las argentíferas también (27). *Usos:* es la mena del plomo; de las argentíferas se extrae, en España, la mayor parte de la plata en circulación; el polvo de galena, extendido en la superficie de las vasijas de barro, antes de cocerlas, forma cuando se las cuece un barniz o vidriado, atacable por los ácidos (del vinagre, etc.), formándose compuestos venenosos de plomo.

Localidades: La Carolina y Linares (Jaén) y la provincia de Murcia (*fig 126*) constituyen los primeros centros de producción del mundo. Además, en cantidades pequeñas se encuentra en todos los países.

Argentita.—*Argirita, argirosa*, etc.—Sulfuro de plata. Regular: comunmente en masas compactas de color gris de plomo o negruzco: raya negra; essectil, es decir, se puede cortar en virutas; *d.* 2; *p. e.* 7. *Reconocimiento:* (1) y (27). *Usos:* es la mena más rica de la plata (hasta 87 por 100). *Localidades:* en España, muy escaso en Hiedelaencina (Guadalajara), etc.; donde abunda más es en América, sobre todo en Chile, Perú, Bolivia y Méjico; en Famatina (La Rioja-Argentina) es también abundante asociada a la limonita y constituyendo lo que los mineros denominan *metal paco*.

Cinabrio.—*Bermellón*, etc.—Sulfuro mercurio. Exagonal: ordinariamente en masas térreas, granudas o compactas de color y raya rojo-escarlata; lustre adamantino en las caras de los cristales; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 8. *Reconocimiento* (1) y (24): se volatiliza en el carbón, soluble en el agua regia. *Usos:* es la mena del mercurio.

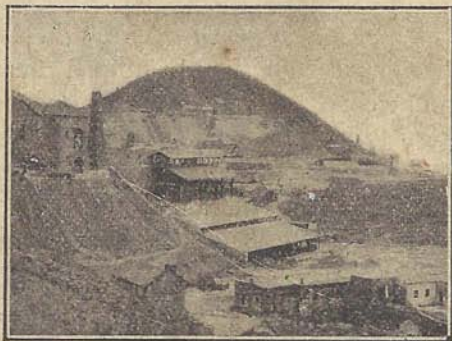


Fig. 126.—Mina de Galena (asociada a otros varios minerales) del cabezo de San Cristóbal (Mazarrón-Murcia.) (Fot. comunicada por el ingeniero J. Carbonell).

24) con α H₂P₄ p. granate

Localidades: el mayor centro del mundo se encuentra en Almadén y Almadenejos (Ciudad Real (fig. 127), siguiéndolas después Nueva Almadén (California); en menor cantidad existe en numerosas localidades, como en las provincias de Atacama y Copiapó (Chile); Huancavelica (Perú), etc.



Fig. 127.—Minas de cinabrio de Almadén (Ciudad Real): vista general del cerco de destilación. (Fot. comunicada por E. Gallego).

19) sus dis. en HNO₃ color v. con NH₃ p. v. 10' en exceso de NH₃ toma color de líquido c. azul

Calcopirita.—*Pirita de cobre.*—Sulfuro de cobre y hierro. Tetragonal en esfe-noedros: más frecuentemente en masas compactas, de color amarillo de latón como la pirita de hierro (aunque algo más oscuro), a la que se parece mucho, pero se distingue de ella en que generalmente tiene irisaciones en las superficies antiguas; raya y polvo gris verdoso; brillo metálico; *d.* 3,5 a 4, por lo que no da chispas con el eslabón, carácter que también sirve para diferenciarla de la pirita de hierro; *p. e.* 4,2. *Reconocimiento:* (1), (19) y (21). *Usos:* para la extracción del cobre, pues, aunque es el mineral de cobre que contiene menos de éste, es el que en mayor abundancia se encuentra; ordinariamente se halla asociado a la pirita de hierro, como en Riotinto (Huelva), que es uno de los principales centros cupríferos del mundo (figuras 124 y 125). Se halla en numerosas localidades de Chile (Tamblillos, Carrizal, etc.); en Santiago de Cuba; en todas las provincias andinas de Argentina; etc.

Proustita.—*Plata roja clara.*—Sulfoarsenito de plata. Exagonal: en masas de color rojo cochinilla y brillo adamantino; polvo y raya rojo; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 5,5. *Reconocimiento:* (1), (2) y (27). *Usos:* extracción de la plata. *Localidades:* muy rara en España (Guadalcanal-Sevilla, etc.). Asociada a otros minerales de plata en Famatina (La Rioja-Argentina); Chañarcillo, etc. (Copiapó-Chile), Huantaja (Tacna-Perú), etc.

Pirargirita.—*Plata roja oscura.*—Sulfoantimonito de plata. Exagonal; en masas de color gris de hierro o gris de acero; por refracción rojo de cochinilla, como el polvo y la raya; lustre adamantino; fractura concoidea; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 5,8. *Reconocimiento:* (1), (3) y (27). *Usos:* para la extracción de la plata. *Localidades:* Hien-

delaencina (Guadalajara); abundantísima en Tres Puntas (Copiapó-Chile) y en menor cantidad en Famatina (La Rioja-Argentina), etc.

Tetraedritas.—*Cobres grises.*—Forman una verdadera familia numerosas especies que son sulfoarseniuros o sulfoantimoniuros de varios cuerpos como el Cu, Fe, Ag y Zn. Todos cristalizan en tetraedros regulares y tienen color gris de acero y brillo metaloideo o metálico. Ordinariamente se presentan en masas: *d.* 3 a 4; *p. e.* 4,5 a 6. *Reconocimiento:* (1), (2) o (1), (3), y (19), (21), (27) y (33). *Usos:* extracción del cobre y de la plata. *Localidades:* Güejar-Sierra (Granada), etc.; en Chile abundan bastante en las localidades antes citadas.

(Lección - 25)

CLASE III.—ÓXIDOS

Son combinaciones del oxígeno con los demás cuerpos simples.

Cuarzo.—*Sílice.*—Anhidrido silícico. Exagonal: generalmente en prismas terminados aparentemente por una pirámide, pero estas caras son comunmente alternativamente lustrosas y mates o grandes y pequeñas por corresponder a dos romboedros: maclas de intrusión, frecuentes (*figs. 74 y 75*). Los cristales se presentan con frecuencia en drusas y en geodas (*figs. 62 y 63*): se halla también en masas cristalinas; lustre vítreo; en los cristales la fractura es concoidea; *d.* 7; *p. e.* 2. 6. Comprende numerosas variedades de color: *cuarzo hialino* o *crystal de roca*, incoloro; *falso topacio* o *topacio de Hinojosa*, de color amarillento; *cuarzo rosado*; *cuarzo prasio*, de color verde; *amatista*, de color violeta; *falso zafiro*, de color azul; *cuarzo hematoideo* o *jacinto de Compostela*, de color rojo debido a arcilla ferruginosa; *cuarzo ahumado*, de color pardo o negro debido a materias carbonosas; *venturina*, de coloración rojiza y con inclusiones de mica que brillan a la luz. *Reconocimiento:* infusible e inatacable por los ácidos, excepto el fluorhídrico; con carbonato sódico funde formando un vidrio claro que tratado con ClH, da un precipitado gelatinoso, el cual, recogido y seco, se transforma en un polvo blanco inatacable por los ácidos: con la sal de fósforo forma el *esqueleto de la sílice*. *Usos:* el cristal de roca para la fabricación de lentes; los falsos topacios y zafiros para imitar dichas piedras preciosas; la venturina en joyería barata; la amatista también en joyería, siendo la piedra preciosa más barata. *Localidades:* el cuarzo, ya cristalizado, en masas o en

arena, se encuentra en todos los países del mundo: En España, en Galicia, Sierra Nevada, Guadarrama, etc., se halla bien cristalizado. Las amatistas de Cataluña y Murcia son las más bellas, después de las de Uruguay. Unido a otros minerales forma numerosas rocas.

Calcedonia.—Se considera por muchos autores como una variedad microcristalina del cuarzo, y por otros como una mezcla de cuarzo microcristalino y de ópalo (hidrato silícico), puesto que sometida al calor desprende hasta un 3 por 100 de agua. Se presenta en masas concrecionadas de muy diversa coloración y aspecto; lustre vítreo o craso: *d.* 7; *p. e.* 2,6. Entre sus variedades se encuentra: el *pedernal*, *sílex* o *pedra de chispa*, así llamado por dar chispas con el eslabón, habiéndose usado para encender yesca, etc.; color ceniciento más o menos claro, amarillento o negro, el hombre cuaternario le utilizó para la fabricación de los instrumentos llamados colectivamente de *pedra tallada*, que tanto abundan en nuestras cavernas de las provincias del Norte, principalmente en Santander: el *ágata* está formada, generalmente, por capas de coloraciones distintas (*figs.* 128, 129 y 130) alternando a veces



Fig. 128.

Fig. 129.

Fig. 130.

Tres tipos de ágata, pulimentadas. (Fots. de ejemplares del Museo Nacional de Ciencias Naturales comunicadas por el profesor jefe de la sección de Mineralogía de dicho Museo Dr. L. Fernández Navarro).

con otras de cuarzo; es susceptible de adquirir bello pulimento, por lo que se utiliza para fabricar objetos de ornamentación; por su dureza, para morteros, punto de apoyo para las balanzas de precisión, etc. Finalmente, el *jaspe* es una calcedonia con arcilla muy ferruginosa; es opaco hasta en los bordes; variedad suya es la *lidita* o *pedra de toque*, de color negro, usada por los joyeros para ensayar las aleaciones del oro. *Localidades:* Vallecas (Madrid), etc. Los mejores ejemplares de ágata proceden de El Salto (Uruguay) y de Hungría.

Zircón.—Anhidrido zircónico-silícico. Tetragonal: color pardo rojizo o gris; la variedad de color rojo vinoso claro recibe el nombre de *jacinto*, que se utiliza algo en joyería y tiene escaso valor; *d.* 7,5; *p. e.* 4,5.

Casiterita.— Bióxido de estaño o anhídrido estánnico. Tetragonal; es frecuente la macla de yuxtaposición llamada *pico de estaño* (fig. 70). Ordinariamente, en masas compactas de fractura concoidea y color amarillento oscuro, pardo o negro; raya amarillenta; brillo craso o adamantino; *d.* 6 a 7; *p. e.* 7. **Reconocimiento:** infusible, decrepita; con carbonato sódico funde y deja estaño; atacable por los ácidos; (20).

Usos: es la mena del estaño.

Localidades: provincias de Pontevedra, Coruña, Orense (fig. 131), Zamora, Salamanca y Cáceres, principalmente.

Pirolusita.— *Manganesa.*—

Bióxido de manganeso. Rómbico. Frecuente en masas aciculares o fibroso-radiadas, y más aún en masas compactas y terrosas; color gris de acero o negro; polvo y raya negros; *d.* 2; *p. e.* 5. **Reconocimiento:** Infusible al soplete; se disuelve en ClH y le descompone desprendiendo cloro; (23). **Usos:** para la extracción del manganeso; para la fabricación de aceros manganesíferos; incorporada a la pasta del vidrio sirve para quitarle el color verdoso, de donde el nombre de *jabón de vidrieros*, y en mayor cantidad para teñirle de violeta; para la obtención del cloro; etc.

Localidades: provincias de Huelva, Oviedo, etc.: en la Argentina, en las provincias de Córdoba, la Rioja, etc.

Corindon.— Óxido aluminico, sesquióxido de aluminio, o sea alúmina pura. Exagonal; frecuente bien cristalizado o en masas granudas o espáticas de lustre vítreo-adamantino. Color muy variado, originando diversas variedades que reciben nombres particulares: *tesia*, cuando es incoloro; *zafiro*, de color azul; *topacio oriental*, *rubí oriental*, *amatista oriental* y *esmeralda oriental*, cuando tiene color amarillo, rojo, violeta y verde, respectivamente; *esmeril* es una variedad granuda y de color gris, debido a minerales de hierro; *d.* 9; *p. e.* 4. **Reconocimiento:** infusible; sólo atacable por los ácidos después de haberle fundido con bisulfato potásico; (12). **Usos:** la tesia y las variedades coloreadas y transpa-



Fig. 131.—Mina de casiterita de Escudeiros (Orense). Cima de la montaña de gneis donde los *ventureiros* (aventureros) buscan las bolsadas del mineral. (Fot. comunicada por el profesor P. L. Montes P. Sch).

con cloruro de oro p. pur. de Casius
con bisulfato Na y NH₄ p. M. L. Montañana p. con oro

con bisulfato sódico p. bisulfato ácido acético ref. en pitona

rentes son muy apreciadas en joyería; sobre todo el zafiro y el rubí; también para puntos de apoyo en las máquinas de relojes; el esmeril para tallar rocas en láminas muy delgadas, para grabar el vidrio, para ruedas y piedras de afilar, etc. *Localidad* clásica, Ceilán.

Fe₂O₃ **Oligisto.**—*Hematites roja, hierro brillante, hierro oligisto.* Los mineros le llaman *campanil*.—Óxido férrico o sesquióxido férrico. Exagonal: sus variedades reciben distintos nombres, solliéndose reservar el de *oligisto* para las cristalizadas y cristalinas de color gris de acero y brillo metálico, y el de *hematites roja* para las fibrosas o compactas de color rojo y sin brillo metálico, o con él muy escaso; entre las primeras se encuentra el *oligisto micáceo*, en pequeñas escamitas brillantes, y entre las segundas, la *hematites fibrosa* y la *compacta*: con el nombre de *ocre rojo* se conoce al que está mezclado con gran cantidad de arcilla. La raya y el polvo son siempre rojos; *d.* 5,5 a 6,5; *p. e.* 5. *Reconocimiento:* (21); infusible al soplete. *Usos:* para la extracción del hierro. *Localidades:* Principalmente Vizcaya y Melilla (*fig. 161*); en pequeñas cantidades y los ocreos en todo el mundo.

Cu₂O **Cuprita.**—*Cobre rojo.*—Óxido cuproso. Regular: más frecuente en masas compactas de color rojo pardusco; raya y polvo rojo cochinilla; brillo adamantino-metaloideo; *d.* 3,5 a 4; *p. e.* 6. Frecuentemente asociado a la malaquita (pág. 95). *Reconocimiento:* (19). *Usos:* es el compuesto mineral más rico en cobre. *Localidades:* asociado a los demás minerales de cobre.

Ópalo.—Hidrato silícico o sílice hidratada. Amorfo: en masas concrecionadas de brillo vítreo o craso: *d.* 5 a 6, por lo que no da chispas con el eslabón;

p. e. 2. Posee numerosas variedades de estructura y coloración: *ópalo común*, concrecionado-arriñonado y de coloración gris, rojiza, blanquecina, etc.; *ópalo de fuego*, coloración roja jacinto con reflejos amarillos; *ópalo noble*, color blanco azulado, transluciente y con reflejos variados; *geiserita* o *gaiserita*, masas concrecionadas y blanquecinas que se depositan por las aguas de las fuentes termales y geiseres (*figura 132*) (*); *trípoli* o *harina fósil*, constituido por caparazones de diatomeas (**) en cantidad enorme; el



Fig. 132.—Geiserita depositada por las aguas termales del Parque de Yellowstone (EE. UU. de N. América). (Fot. comunicada por el prof. Cástor Ordóñez C. M.)

(*) Véase *Geiseres*, pág. 169.—(**) Véase mi obra *Botánica*, 5.ª edición, pág. 60.

xilópalo, *jilópalo* u *ópalo leñoso*, fosiliza la madera de diversos vegetales (figura 133). *Reconocimiento*: infusible al soplete, decrepita; en un tubo de ensayo da agua; soluble en una disolución de potasa cáustica. *Usos*: los ópalos de fuego y noble se aprecian en joyería; el trípoli se utiliza para pulimentar metales, para mezclar con la nitroglicerina en la fabricación de la dinamita, etc. *Localidades*: los ópalos de joyería proceden de Méjico y Hun-



Fig. 133.—Troncos convertidos en xilópalo (Arizona-EE. UU. de N. América). (Fot. comunicada por el profesor Cástor Ordóñez C. M.)

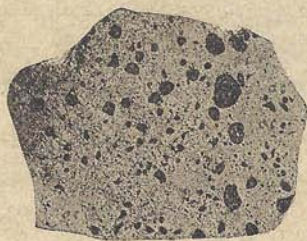


Fig. 134.—Aspecto de una Bauxita. (Del trabajo «Las Bauxitas de Cataluña» por el Dr. J. R. Bataller).

gría, el trípoli se halla en Hellín (Albacete), Sevilla, etc.

Bauxita.—Hidrato aluminíco o alúmina hidratada, mezclada siempre con hidrato férrico. Amorfa: en masas oolíticas y pisolíticas (fig. 134), granudas o terrosas de color grisáceo o rojizo; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 2,5 a 3. *Reconocimiento*: (12); da agua en el tubo; infusible, soluble con dificultad en los ácidos. *Usos*: para extraer el aluminio, tan usado actualmente hasta para fabricar moneda en sustitución de la de cobre. *Localidades*: en cantidad explotable en Cataluña, y en pequeñas cantidades en otras varias regiones de España.



Fig. 135.

Dos aspectos de la explotación de una mina de Limonita en Setares (Castro Urdiales-Santander.) (Fots. comunicadas por el Dr. J. del Arco).



Fig. 136.

Limonita.—*Hematites parda*. Los mineros le llaman *rubio y vena*.—Hidrato férrico. Amorfa: las principales variedades son:

la *hematites parda* propiamente dicha o *limonita fibrosa*, cuando se presenta en masas concrecionadas o estalactíticas de estructura fibroso-radiada y superficie negra brillante, a veces con irisciones; la *limonita* propiamente dicha o *limonita compacta*, cuando se presenta en masas compactas y de color pardo, y los *ocres amarillos*, cuando lleva gran cantidad de arcilla. Las limonitas tienen raya y polvo pardos; *d.* 5 a 5,5; *p. e.* 3,5 a 4. *Reconocimiento:* (21); infusible al soplete; da agua en el tubo. *Usos:* para la extracción del hierro. *Localidades:* Vizcaya, Santander (*figuras 135 y 136*), Teruel, Almería, etc. En muchos sitios proviene de la pirita de hierro (página 65).

Lección 19ª

CLASE IV.—SALES HALOIDEAS

Son los cuerpos resultantes de la sustitución del hidrógeno de los hidrácidos (ácidos clorhídrico, fluorhídrico, etc.) por los metales. *Reconocimiento:* (4) y (5).

Sal gema.—*Sal piedra, sal común, sal marina.* Cloruro sódico. Regular: exfoliación según el cubo; generalmente en masas granudo-cristalinas o compactas de color variable, pero más frecuentemente incolora, rojiza o azul; pura es incolora, así como el polvo y la raya; lustre vítreo, sabor salado; *d.* 2; *p. e.* 2,1 a 2,2. *Reconocimiento:* (4) y (31); decrepita en el carbón y funde; soluble en agua, próximamente igual en caliente que en frío. *Usos:* indispensable en la alimentación humana (*); sirve para la salazón de pescados y carnes; para la fabricación de la sosa; del vidrio, etc. *Localidades:* se halla muy abundante y muy repartida en la naturaleza; desde luego se encuentra en el agua del mar y en la de los lagos, fuentes, etc., salados, de todos los cuales puede extraerse evaporando el agua; así se hace en las salinas marinas de Torrevieja (Alicante) (*fig. 137*) y San Fernando (Cádiz) (*fig. 138*), que surten de sal a casi toda España. En menor cantidad la producen Bacuta (Huelva), etc. La verdadera *sal piedra* es la que se en-

(*) Véase mi obra *Anatomía y Fisiología Humanas*, 5.ª edición pág. 242.

entre entre las capas de los terrenos, constituyendo à veces depósitos de enorme espesor, como en Cabezón de la Sal (Santan-



Fig. 137.—Vista parcial de las salinas de Torreón (Alicante); al fondo y derecha e izquierda, los montones de sal o parvas de sal. (Fot. comunicada por el prof. P. M. Vigo S. J.)

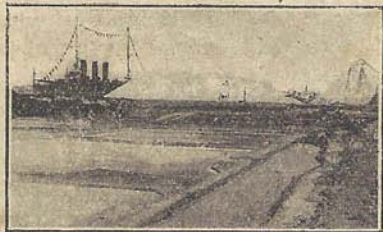


Fig. 138.—Vista parcial de las salinas de San Fernando (Cádiz); en segundo término, los montones o parvas de sal. (Fot. comunicada por el prof. doctor V. Martínez Gámez).

der), Cardona (Barcelona), donde está al descubierto (figs. 139 y 140), etc.: al atravesar estas capas las aguas dulces, se mineralizan; así se encuentra en mayor o menor cantidad en todos los pueblos españoles e hispano-americanos llamados Salinas (Salinillas, Burgos; Salinas de Pisuegra, Palencia, etc.), y en otros como Cabezón de la Sal (Santander), Poza de la Sal (Burgos), etc. Merece mención el enorme depósito de sal piedra de Stassfurt, en Sprenberg, al Sur de Berlín.



Fig. 139.—Vista general de los cerros de Sal (S) de Cardona (Barcelona).



Fig. 140.—Detalle de uno de los cerros de sal de la figura 139.

En las proximidades y debajo de este yacimiento, existe otro importante de sales potásicas. (Fotografías comunicadas por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).

Silvina.—Cloruro potásico. Regular; frecuentemente en masas incoloras o coloreadas como la sal; lustre vítreo; sabor parecido al de la sal; *d. 2; p. e. 2.*
Reconocimiento: (4) y (30). **Usos:** para preparar las sales potásicas y como abono. **Localidades:** disuelto en las aguas del mar y en algunos manantiales:

la localidad clásica es Stassfurt, asociada a la sal. En España, según recientes sondeos del Instituto Geológico, se hayan importantes yacimientos de esta especie y de la siguiente en Cardona (Barcelona) y en Castellfullit (Gerona). En Cardona (*fig. 139*) la Silvina forma una capa de cinco metros de espesor a los 1.600 metros de profundidad.

Carnalita.—Cloruro potásico-magnésico hidratado; a veces el *K* está sustituido por el *Na*. Rómbico: ordinariamente en masas granudas de color blanco o rojizo y lustre vítreo; delicuescente; sabor amargo; *d. 1*; *p. e.* 1,6. *Reconocimiento*: (4), (30) y (22); a veces también (31); en el tubo cerrado da agua. *Usos y localidades*: como la anterior. Más abundante que la Silvina en Cardona (Barcelona), pues forma capas de 30 metros de espesor a los 1.525 metros de profundidad; yace, por lo tanto, encima de la Silvina.

Fluorita.—*Espato flúor*. Fluoruro cálcico. Regular: frecuente en maclas de compenetración (*fig. 72*): se presenta compacta y hojosa; incolora y más comunmente diversamente coloreada, a veces en zonas de color rojo, azul o verde en el mismo ejemplar; polvo y raya blancos; lustre vítreo; *d. 4*; *p. e.* 3 a 3,2. Fosforescente por el calor. *Reconocimiento*: (5) y (17); atacable por el SO_4H_2 . *Usos*: para la obtención del ácido fluorhídrico; en ornamentación; para falsificar las piedras preciosas, etc. *Localidades*: sirve de ganga a muchos filones metalíferos, como a los de plomo de la sierra de Gador (Almería), etc.

CLASE V.—NITRATOS, CARBONATOS, ETC.

Son minerales resultantes de la sustitución del hidrógeno de los ácidos nítrico, carbónico, etc., por los metales. *Reconocimiento* (6) y (7).

Nitro.—*Salitre*. Nitrato potásico. En cristales exagonales miméticos procedentes de tres prismas rómbicos (*fig. 76*). Ordinariamente en eflorescencias blancas o grises; lustre vítreo; sabor salado fresco, algo amargo; *d. 2*; *p. e.* 2. *Reconocimiento*: (6) y (30). *Usos*: para la fabricación de la pólvora, sales potásicas, como abono, etc. *Localidades*: no es muy abundante; donde con más profusión se halla es en varios pueblos de las provincias de Ciudad Real, Toledo, etc. Casi todo el que se usa actualmente se obtiene artificialmente por reacciones entre la nitratina y sales potásicas.

Nitratina.—Nitrato sódico. Exagonal en romboedros: más frecuente en masas granudas, incoloras o blancas y de brillo vítreo. Ordinariamente va asociada al yeso, arcillas y diversas sales sódicas y magnésicas, constituyendo un conjunto grisáceo denominado *caliche* en América: delicuescente; sabor parecido al del nitro; *d. 2*; *p. e.* 2,1. *Reconocimiento*: (6) y (31). *Usos*: para la fabricación del ácido nítrico, del nitro, de abonos, etc. *Localidades*: grandes

mentos en Perú, Bolivia y Chile (figs. 141 y 142), de donde el nombre de *nitro del Perú* y *nitro de Chile* con que también se conoce a esta especie.



Fig. 141. — Arrancando el caliche en la pampa llamada salitrera del Norte de Chile.

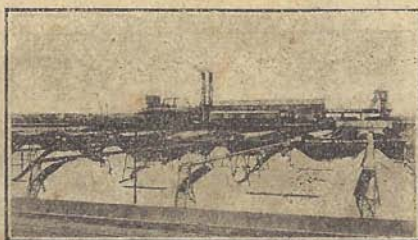


Fig. 142. — Vista parcial de una *cancha*, o depósito de nitrato con el mineral dispuesto para el embarque (Taltal-Chile).

(Fotografías comunicadas por la profesora chilena F. Ramírez Burgos).

Calcita.—*Caliza, espato calizo*. Exagonal: exfoliación romboédrica muy fácil (fig. 92): incolora o diversamente coloreada por sustancias extrañas; raya y polvo blancos; brillo vítreo las cristalizadas y cristalinas; *d.* 3; *p. e.* 2,6 a 2,8. Comprende numerosas variedades de estructura, de las cuales las más frecuentes son: las *calcitas cristalizadas*, entre ellas el espato de Islandia (pág. 59); las *calcitas cristalinas*, entre las que se encuentran las fibrosas y hacilares (fig. 82); estalactitas y estalagmitas (véase figs. 66 y 67 y también *cavernas*, pág. 138), oolitas, pisolitas (figs. 86 a 89), etcétera, y algunos *mármoles* de estructura claramente cristalina, como el célebre de Carrara (Italia), que es blanco y de grano fino y homogéneo (figs. 143 a 145). Finalmente las *calizas compactas* o *bastas*, entre las que se hallan las calizas en grandes masas que forman una roca de las más abundantes y más utilizada en construcción (fig. 146); también se incluyen en ellas los *mármoles* cuyos elementos no se perciben a simple vista; estos mármoles y los cristalinos suelen presentarse diversamente coloreados (fig. 104, 157 y 158); la *caliza* o *piedra litográfica* es una variedad muy compacta, de color grisáceo, fractura concoidea y estructura más o menos pizarrosa (fig. 147). Hay también *calizas terrosas*, como la *creta* o *tiza* que está formada por los microscópicos caparazones de foraminíferos (*), etc., y las *margas* o *cayuelas*, que son calizas con un 50 por 100 o más de arcilla y que tienen estructura terrosa o

(*) Véase mi *Zoología*, 5.^a edición, pág. 43.

pizarrosa (fig. 148). Reconocimiento: (7) y (17); en el carbón queda reducido a cal viva u óxido de calcio, que enrojece el papel amarillo de cúrcuma: se disuelve en el agua carbóni-



Fig. 143.—Vista parcial de las célebres canteras de mármol de Carrara (Italia). (Fot. comunicada por el Marqués de Maccarani).



Fig. 144.—Extracción de grandes bloques de mármol en Carrara (Italia). (Fot. comunicada por el Marqués de Marcelo de Nobili).

ca en la proporción de un 10 a un 12 por 100. Usos: muy conocidos los de los mármoles y calizas compactas de construcción; las litográficas para grabar sobre ellas; todas para obtener la cal, y las margas para obtener la cal hidráulica,



Fig. 145.—Arrastre y carga de sillares de mármol en las canteras de Carrara (Italia). (Fot. comunicada por el Marqués de Maccarani).



Fig. 146.—La mayor parte de la piedra utilizada en la construcción de la catedral de Burgos es caliza basta de Ontoria (Burgos). (Fot. O. Cendrero).

que se endurece debajo del agua; el espató de Islandia para pris-

mas de microscopios petrográficos, etc. *Localidades*: es muy abundante en todas las provincias de España y en el mundo todo.



Fig. 147.—Cantera de caliza litográfica en Santa María de Baya (Lérida). (Fot. M. Vidal, comunicada por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).

Sección - 20°
Dolomita.—Carbonato cálcico magnésico. Exagonal romboédrico; exfoliación romboédrica; en masas granudas de color blanco o rosado y lustre nacarado; *d.* 3,5 a 4,5; *p. e.* 2,8 a 2,9. *Reconocimiento*: (7), (17) y (22); como el precipitado con el oxalato amónico impide apreciar el del fosfato sódico, hay que separar aquél filtrando, y ensayar éste en el líquido resultante: para precipitar el calcio conviene hacer la reacción *en caliente*, pues si se hace *en frío* los cristales del precipitado que se forma, son tan pequeños, que algunos pasan a través del filtro. *Usos*: en construcción, para preparar sales magnésicas, cementos, materiales refractarios, etc. *Localidades*: Reocín (Santander) (fig. 149), etcétera, etc.

Smithsonita.—Carbonato zincico. Exagonal romboédrico; ordinariamente en masas concrecionadas y de color grisáceo, amarillento, verdoso o pardusco y lustre céreo-vítreo, *d.* 5; *p. e.* 4 a 4,5. *Reconocimiento*: (7) y (33). *Usos*: para la extracción del zinc. *Localidades*: Picos de Europa, Reocín (Santander) (fig. 149), etc.

Siderita.—*Hierro espático*. Carbonato ferroso. Exagonal rom-



Fig. 148.—Margas en capas casi verticales en la provincia de Barcelona. (Fot. comunicada por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).



Fig. 149.—Minas de Reocín (Santander). Aspecto ruinoso de la Dolomita después de extraídos los minerales de zinc (carbonatos principalmente) que yacen sobre y entre ella. (Fot. O. Cendrero).

Siderita.—*Hierro espático*. Carbonato ferroso. Exagonal rom-

Siderita.—*Hierro espático*. Carbonato ferroso. Exagonal rom-

boédrico; ordinariamente en masas espáticas o granudas de color amarillo de miel o más o menos pardo, por convertirse en limonita; raya amarillenta; lustre vítreo-nacarado: *d.* 3,5 a 4,5; *p. e.* 3,8.



Fig. 150.—Frente de siderita de la mina Las Conchas (Vizcaya). (Fot. comunicada por F. de las Heras).

aspecto de coral (*fig. 152*): color blanco, o bien rojizo o verdoso, debido a interposiciones; raya y polvo blancos; lustre vítreo: *d.* 3,5 a 4; *p. e.* 3. **Reconocimiento:** (7) y (17): al soplete decrepita. **Localidades:** Molina de Aragón (Guadalajara), de donde toma el nombre (*figs. 153 y 154*): allí le llaman *torrecicas* por su forma (*figs. 151, 5 y 7 y figura 154*); Santa Casilda (Burgos), donde le denominan

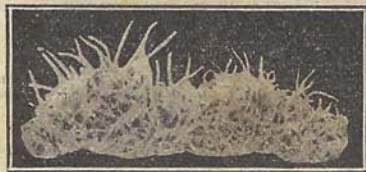


Fig. 152.—Aragonito coraloido. (Fot. O. Cendrero).

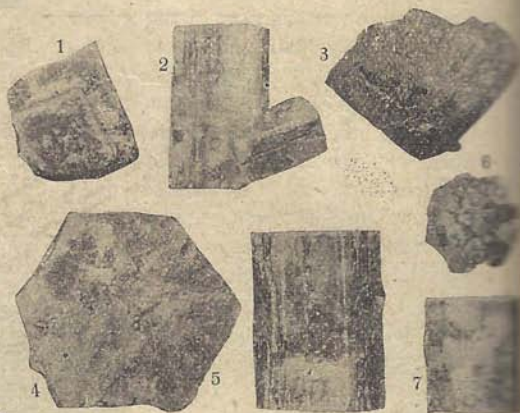


Fig. 151.—Aragonito. 1, cristal rómbico; los restantes, diversas formas frecuentes de presentarse los cristales métricos. (Fots. del Autor: 1 y 4, de cristales enviados de Santa Casilda por el prof. P. J. del Portillo S. J.; los demás, de ejemplares remitidos de Molina de Aragón por el maestro nacional M. Corredor).

lágrimas o *pedras de Santa Casilda* (*figuras 155 y 156*); etc.

Cerusita.—*Albayalde natural.* Carbonato plúmbico. Rómbico: bacilar o compacta de color blanco grisáceo y lustre adamantino, estando cristalizada o cristalina; *d.* 3; *p. e.* 6,5. **Reconocimiento:** (7) y (29). **Usos:** para la

Reconocimiento: (7) y (21). **Usos:** para la extracción del hierro. **Localidades:** Vizcaya (*fig. 150*), Guipúzcoa y Navarra.

Aragonito.—Carbonato cálcico. Rómbico (*fig. 151, 1*) y más frecuentemente en cristales métricos (pág. 53 y *fig. 151*). A veces en agregados esferoidales (*fig. 151, 6*) y en masas fibrosas o bacilares: también suele presentar estructura *coraloidea* o *con*

extracción del plomo, como pintura, etc. *Localidades:* asociado a la galena.



Fig. 153.—Vista general de «Las Terreras», uno de los yacimientos de Molina de Aragón (Guadalajara), donde el aragonito es más abundante.

Fig. 154.—Detalle de la figura 153 en X.

(Fots. comunicadas por el maestro nacional M. Corredor).

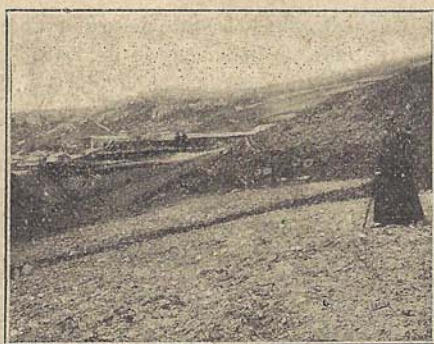
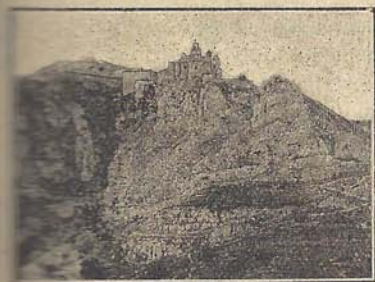


Fig. 155.—Santuario de Santa Casilda (Burgos), donde se toman los aragonitos el nombre de lágrimas o piedras de Santa Casilda por suponer el vulgo que son las lágrimas de esta Santa que al caer en la tierra quedaban convertidas en piedra. El yacimiento está en Salinillas de Bureba (fig. 156), aldea próxima a este santuario.

Fig. 156.—El yacimiento de aragonito de Salinillas de Bureba (Burgos); todas piedras que se ven diseminadas por la superficie del suelo son de aragonito.

(Fots. comunicadas por el profesor P. J. del Portillo S. J.)

Hidrocincita.—*Zinconisa.* Carbonato zíncico hidratado. Amorfa: en masas hojosas, concrecionadas (figura 90) o terrosas, de color blanco o amarillento; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 3,5. *Reconocimiento:* (7) y (33); da agua en el tubo. *Usos y localidades:* las de la smithsonita.

Malaquita y Azurita.—Ambas son carbonato cúprico hidratado y monoclínicas; ordinariamente en masas fibrosas o compactas de color verde y azul, respectivamente. *Reconocimiento:* (7) y (19); dan agua en el tubo. *Usos y localidades:* las de la cuprita; además se utilizan en ornamentación por sus bellos colores.

Sección 21^ª

CLASE VI.—SULFATOS, ETC.

Sulfatos

Son las sales del SO_4H_2 , etc. Todos dan hépar, como los sulfuros; pero carecen de brillo metálico. *Reconocimiento*: (8).

Baritina.—*Espato pesado*. Sulfato bórico. Rómbico: ordinariamente laminar, fibrosa o compacta; incolora, amarillenta o rojiza; lustre vítreo o craso; *d.* 3 a 3,5; *p. e.* 4,5 a 4,7, o sea de mucho peso específico comparativamente con la mayor parte de los demás minerales *de brillo vítreo*; a esto alude su nombre (gr. *barys*, pesado). *Reconocimiento*: (8) y (16); decrepita en el carbón, pero no se funde; inatacable por NO_3H y ClH . *Usos*: para la obtención de sales bóricas, etc. *Localidades*: es ganga de muchos minerales, como los de plata en Hiendelaencina, Cinabrio en Almadén, etc.

Pechblenda.—Uranato de uranilo: contiene además radio, actinio y polonio. Regular: ordinariamente en masas compactas de color gris pardusco o negro de pez y lustre metaloideo-craso. Es el mineral más radioactivo; *d.* 5,5; *p. e.* 6,5. *Reconocimiento*: (32). *Usos*: para la fabricación de esmaltes y sales radioactivas, haciendo falta para obtener un gramo de éstas alrededor de 800 toneladas del mineral. *Localidades*: San Rafael (Segovia), etc.

Alunita, Alumbres y Calafatita.—Todos ellos son sulfatos aluminopotásicos con un número distinto de moléculas de agua de cristalización y color blanco mate o amarillento. La primera cristaliza en romboedros; la segunda en el regular, y la tercera es amorfa: las tres especies son solubles en el agua y tienen sabor estíptico. *Reconocimiento*: (8), (12) y (30): todos dan agua en el tubo y se *usan* para la fabricación del alumbre, sales potásicas y extracción del aluminio. *Localidades*: las dos primeras Mazarrón (Murcia); la tercera, Gador (Almería), donde la descubrió el colector del Museo Nacional de Ciencias Naturales, señor Calafat, a quien se la dedicó don Salvador Calderón.

Yeso.—Sulfato cálcico hidratado. Monosimétrico: frecuente la macla en *punta de flecha* (fig. 69): se presenta en masas hojosas (*selenita*), compactas o fibrosas: en este último caso tiene lustre sedoso y en los primeros vítreo; incoloro o de color amarillento, gris o rojo; *d.* 2; *p. e.* 2,2 a 2,4. *Reconocimiento*: (8) y (17); da agua en el tubo; más soluble en el agua fría que en la caliente y más aún en la carbónica. *Usos*: cocido de 100° a 120° pierde parte

del agua y al volver a recobrarla se endurece, por lo que se utiliza para unir materiales de construcción; si se cuece a más de 160° no vuelve a recobrar el agua; también se usa como abono; las varie-

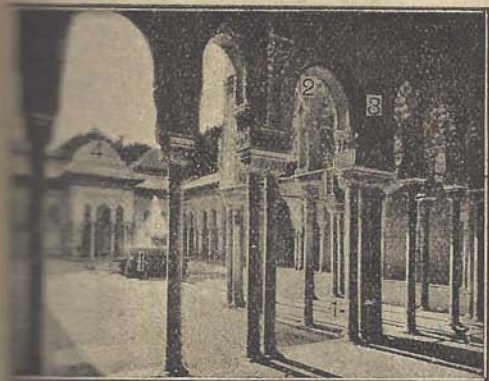


Fig. 157.—La Alhambra de Granada. Pórticos del Patio de los Leones.



Fig. 158.—La Alhambra de Granada. El Patio de los Leones visto desde X de la figura 157.

La Alhambra de Granada corresponde al tercero y último período de la arquitectura árabe en España (siglo XIV y la mayor parte del XV) y puede considerarse como la obra más perfecta del mismo. Es de una belleza sorprendente y superior a toda ponderación, a lo que contribuye la atinada aplicación que hicieron del reino mineral, como, por ejemplo, la profusión con que están empleados los mármoles de diversos colores, preferentemente el mármol blanco (columnas y núm. 1); la de los mocárabes o especie de estalactitas de yeso (2); principalmente pintados de varios colores, distribuidos con tanta minuciosidad como si fueran miniaturas; los azulejos en yeso de las paredes (3); los azulejos y tejas vidriados y de colores (4), etc., etc. (Fots. comunicadas por los profesores S. Pulpón e I. Díaz Ruiz Sch. P.).

Las sales blancas y fibrosas o de grano fino cortadas en láminas delgadas constituyen el *alabastro de yeso* que se utiliza para baldosines, etc.; el polvo de dichas variedades, y en general el de todo yeso blanco, constituye la *escayola*, tan usada en ornamentación (figuras 157 y 158), escultura y en los laboratorios de taidermia o disección de los grandes Museos de Historia Natural (figuras 159 y 160). *Localidades*: forma a veces una verdadera roca en los terrenos sedimentarios de todos los países, acompañando a menudo a la sal; en España abunda en las dos Castillas, etc.

Epsomita.—*Salde la Higuera, sal amarga, etc.*—Sulfato magnésico hidratado. Rómbico, masas blancas aciculares, fibrosas u hojosas; más frecuente-

mente disuelta en el agua del mar (pág. 31) y en los manantiales de aguas purgantes, que deben a ella sus propiedades purgantes y el sabor salado amargo; *d.* 2,5; *p. e.* 1,7. *Reconocimiento:* (8) y (22).



Fig. 159.

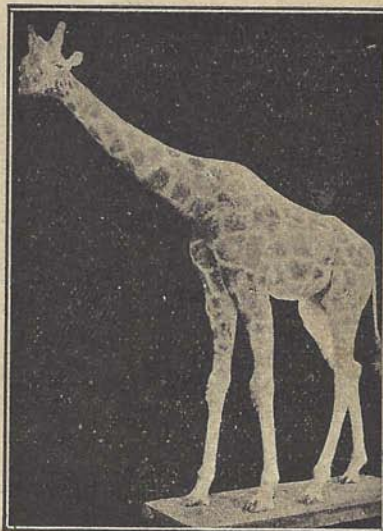


Fig. 160.

La escayola se utiliza hoy mucho en los Laboratorios de Taxidermia de los Museos de Historia Natural pues con ella se hacen las esculturas de los animales, que luego son recubiertas por la piel. De este modo se pueden dar a los mismos posiciones, etc., más en armonía con las naturales que relleno las pieles de estopa u otra sustancia análoga, que es lo que antes se hacía.—La figura 159 reproduce la escultura de una girafa hecha por los Hnos. Benedito, taxidermistas del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, y la figura 160 la misma recubierta con la piel del animal. (Fot. com. por J. M. Benedito).

Sección 22:

CLASE VII.—ALUMINATOS, FERRITOS, ETC.

Son cuerpos resultantes de la sustitución del hidrógeno de los hidróxidos $AlO(OH)$, $FeO(OH)$, etc., por radicales metálicos, de modo que dichos hidróxidos desempeñan el papel de ácidos, o radicales electro-negativos en general.

Espinela.—Aluminato magnésico. Regular: brillo vítreo; *d.* 8; *p. e.* 3,5 a 4 las principales variedades de color son: el *rubi* o *rubi espinela*, de color rojo vivo; el *rubi balaje*, de color rojo pálido, y la *picotita*, de color pardo. *Reconocimiento:* (12) (22): infusible e inatacable por los ácidos. *Usos:* las variedades rojas y transparentes, como piedra preciosa bastante apreciada. *Localidades:* Ceilán. En España: El Escorial (Madrid), Sierra Nevada, etc.

Magnetita.—*Piedra imán.* Ferrito ferroso. Regular (figs. 26 y 27): frecuente en masas de color negro o gris pardusco, así como la raya; brillo metálico o metaloideo: posee magnetismo polar o simple, según los ejemplares; *d.* 5 a 6; *p. e.* 5. *Reconocimiento:* (21); su polvo es atraído *en frío* por uno u otro extremo de la barra imanada. *Usos:* el hierro de mejor calidad se extrae de ella: la que se presenta en granos sueltos se utiliza para arenilla o polvos de salvaderas. *Localidades:* en la proximidad de gran parte de los volcanes activos y extinguidos (Canarias, etc.); pero la mayor parte de la explotable se encuentra en terrenos antiguos, como en las provincias de Málaga, Almería, etcétera; también se halla en las minas españolas de Beni-Bu-Ifrur (Melilla) (fig. 161).

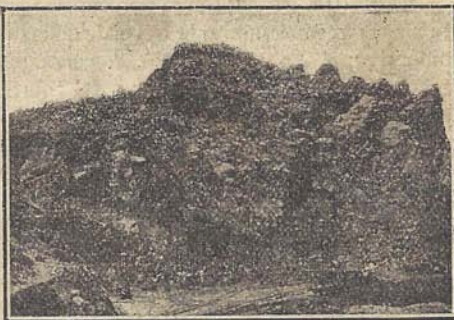


Fig. 161.—Crestones de oligisto y magnetita en el Monte Uisan (Melilla-Africa).

CLASE VIII.—FOSFATOS, ETC.

Son las sales del ácido fosfórico, etc. *Reconocimiento:* (9).

Apatito.—Clorofosfato y fluofosfato cálcico. Exagonal: en cristales incoloros, blancos o violeta, y también verde espárrago (*esparaguina*); lustre vítreo: ordinariamente en masas compactas, coalescidas o fibrosas, de color amarillento, azulado o rojizo y lustre craso, recibiendo entonces el nombre de *fosforita*: fosforece por el calor; *d.* 5; *p. e.* 3 a 3,3. *Reconocimiento:* (4), (5), (9) y (17). *Usos:* la fosforita para abono, ya directamente reducida a polvo, ya más frecuentemente después de haber sido tratada por el ácido sulfúrico para convertirla en *superfosfato* o fosfato soluble; la *esparaguina* se usa algo en joyería. *Localidades:* provincia de Cáceres, principalmente, y además Zamora, etc.

Piomorfita.—Clorofosfato plúmbico. Exagonal: muy frecuente cristalizado, fibroso o compacto, de color ordinariamente verde o pardo; lustre vítreo

Cambia de forma por el fuego

algo craso o adamantino; *d.* 3,5 a 4; *p. e.* 7. *Reconocimiento:* (4), (9) y (29). *Usos y localidades:* los de la galena.

Calaita.—*Turquesa.* Fosfato aluminico hidratado con cantidades variables de cobre, hierro y manganeso. Amorfa; masas compactas o concrecionadas de color azul celeste y a veces verde azulado; *d.* 6; *p. e.* 2,6 a 2,8. *Reconocimiento:* (9), (12), (19) y (21) y a veces (23); da agua en el tubo y ennegrece: infusible. *Usos:* la verdadera turquesa es bastante apreciada en joyería, cuando está de moda; se falsifica con el fosfato aluminico cúprico artificial y comprimido.

Calcolita.—Fosfato uránico cúprico hidratado. Tetragonal. Ordinariamente masas verde esmeralda o verde manzana y lustre vítreo-nacarado. Es radioactivo; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 3,5. *Reconocimiento:* (9), (32) y (19); da agua en el tubo. *Usos:* para la extracción del cobre y sales radioactivas. *Localidades:* provincias de Madrid, Cáceres y Segovia.

CLASE IX.—SILICATOS, ETC.

Son las sales de los ácidos silícicos, etc. Es el grupo más importante, litológicamente considerado, por que los minerales que le forman son los que, en unión del cuarzo, constituyen la mayor parte de las rocas. En este grupo no sigo la clasificación de Groth, sino la del mineralogista francés Des-Cloizeaux (1817-97), que es más sencilla y a propósito, por tanto, para la enseñanza elemental, pero reuniéndolos en dos grandes grupos: *silicatos anhidros y silicatos hidratados.* *Reconocimiento:* (10).

SILICATOS ANHIDROS

Olivino.—*Peridoto.* Silicato magnésico ferroso. Rómbico: en cristales o en masas granudas de color verde oliva y lustre vítreo; *d.* 6,5 a 7; *p. e.* 3,5. Por hidratación se transforma en serpentina. *Reconocimiento:* (10), (22) y (21); si predomina el Mg sobre el Fe es infusible y poco atacable por el ClH. *Usos:* algo en joyería. *Localidades:* en algunas rocas volcánicas (basaltos), como Olot (Gerona), Canarias, etc. También en algunas piedras meteóricas.

Silimanita.—*Fibrolita.* Es un silicato de aluminio. Rómbico, de estructura

fibrosa; color grisáceo con manchas y rayas negras y lustre craso; muy usada por los habitantes neolíticos de España para la fabricación de hachas, etc. *Reconocimiento:* (10) y (12). *Localidades:* Sierra de Guadarrama, etc.

Topacio.—Fluosilicato aluminico. Rómbico: en cristales o masas granudas de color frecuentemente amarillo típico, pero puede haber también variedades incoloras, azules, etc.; lustre vítreo: los cristales están estriados longitudinalmente: exfoliación facilísima paralelamente a la base, por lo que se creyó era hemimórfico: *d.* 8; *p. e.* 3,5. *Reconocimiento:* (5), (10) y (12). *Usos:* en joyería como piedra de algún valor cuando está de moda. *Localidades:* Montes Urales, Méjico, etc.

Turmalina.—Es una verdadera familia de borosilicatos de aluminio y numerosos otros cuerpos como Mg., Na., Fe., Ca., etc. Exagonal hemimorfo (*fig. 36*): cristalizado o en masas aciculares o bacilares, lustre vítreo; *d.* 7; *p. e.* 3; numerosas variedades de color: incoloras (*acrota*); rojo carmín (*rubelita*); azul o verde (*indicolita*), negro (*chorlo negro*). *Reconocimiento:* (10), (12) y además (17), (21), (22) y (31), etc. según los cuerpos que contenga. *Usos:* las rojas, azules y verdes bien transparentes, en joyería; para fabricar las pinzas de turmalina (pág. 60), etc. *Localidades:* en España abunda el chorlo negro en Galicia, Guadarrama, Sierra Nevada, etc.; las usadas en joyería proceden de Ceilán y Brasil, principalmente.

Granates.—Familia constituída por varias especies que difieren entre sí por su composición y color; el silicato aluminico cálcico se denomina *grosularia* y es, generalmente, de color rojo pálido: el aluminico ferroso o *almandino* es el más abundante y tiene color rojo negruzco o rojo de sangre; en este último caso se llama *granate noble*: el aluminico magnésico o *piropo* es rojo sangre o jacinto; el silicato crómico cálcico o *uwarovita* es de color verde esmeralda; etc. Todos cristalizan en el regular, principalmente en rombododecaedros y trapezoedros, y tienen lustre vítreo; *d.* 6,5 a 8; *p. e.* 3,5 a 4,2. *Reconocimiento:* (10), (12) y además (17), etc. *Usos:* los aquí citados se usan más o menos en joyería. *Localidades:* en el Barranco de las Granatillas (Cabo de Gata); El Escorial, etc.

Piroxenos.—Familia de gran importancia litológica y de composición variada: cristalizan en los sistemas rómbico, monosimétrico y asimétrico y el valor del ángulo del prisma natural u obtenido por exfoliación es de 87° a 93° en todos ellos; *d.* 5 a 6; *p. e.* 3 a 3,5. Los más importantes son los rómbicos y monosimétricos. Entre los *piroxenos de la serie rómbica* se encuentran: la *enstatita*, que es silicato magnésico ferroso, pero con muy poco hierro, y de color blanco grisáceo y brillo vítreo-perlado; la *bronzita* (*fig. 81*), que es silicato magnésico ferroso con más hierro que la anterior, color bronceado y brillo vítreo-nacarado o perlado, con reflejos metálico-cúpreos (brillo *tumbaga*; del malayo *tembaga*, cobre) y,

finalmente, la *hiperstena*, con más hierro todavía y de color pardo verdoso casi negro y brillo tumbaga. A la *serie monosimétrica* corresponden: la *augita*, silicato aluminico-férrico-cálcico-magnésico-ferroso, de color pardo o negro, con una variedad llamada *onfacita*, de color verde; *dialaga* y el *diopsido*, ambos son silicato magnésico cálcico y de color verde, pero el primero tiene lustre nacarado-tumbaga y el segundo vítreo. *Reconocimiento*: (10), (17), (21), (22); la *augita* además (12); la *enstatita* es infusible, las demás funden con más o menos dificultad. *Usos*: algunos diopsidos transparentes se usan en joyería. *Localidades*: numerosas, baste decir que se hallan en las llamadas rocas ígneas; la *broncita*, *hiperstena* y *augita*, principalmente, en las piedras meteóricas.

Jadeíta.—*Jade*. Silicato aluminico sódico. Monosimétrico, no se halla nativo en nuestro país y merece citarse por su gran importancia prehistórica, ya que los hombres neolíticos la usaban para fabricar hachas, etc., en Asia, etc., donde principalmente se halla.

Anfiboles.—Familia análoga a los piroxenos por su composición y que también comprende tres series: el ángulo del prisma es de unos 124° ; *d.* 5,5; *p. e.* 3. La serie principal es la *monosimétrica*, en la que se encuentran: la *hornblenda* o *anfíbol negro*, de análoga composición y color que la *augita*; la *actinota* o *anfíbol verde*, que es silicato magnésico ferroso cálcico, y la *tremolita* o *anfíbol blanco*, que es silicato magnésico cálcico: todas ellas se presentan fibrosas o aciculares: las variedades de la *tremolita* de fibras rígidas se llaman *asbesto* (*fig. 77*), y las de fibras flexibles y sedosas *amianto*. *Reconocimiento*: como los piroxenos. *Usos*: el *amianto* para la fabricación de tejidos incombustibles con destino a telones de teatro, etc., recubrimiento exterior de calderas y tubos de fuego, etc.

Feldespatos.—Familia de mucha importancia litológica también; comprende dos series: una *monosimétrica* y otra *asimétrica*; las primeras se llaman colectivamente *ortoclasas* porque su ángulo de exfoliación entre el pinacoide básico y clinopinacoide es de unos 90° (gr. *ortos*, recto); y las segundas *plagioclasas* (gr. *plagios*, oblicuo) o *clinoclasas* (gr. *klinein*, inclinar), por ser de unos $85,50^\circ$ a $86,50^\circ$, es decir, inclinadas entre sí: *d.* 6; *p. e.* 2,5. Las *ortoclasas* comprenden principalmente la *ortosa*, que es silicato alu-

mínico potásico; frecuente en maclas de compenetración (fig. 73), más frecuente aún en masas hojosas de color blanco, rosado o verdoso y de brillo vítreo-nacarado; es variedad suya la *ortosa vítrea* o *sanidino*, que se presenta en cristales de brillo vítreo y *no se encuentra más que en rocas volcánicas*. Las *plagioclasas* principales son: la *albita* o silicato aluminico sódico y la *anortita* o silicato aluminico cálcico. Según Tschermak, de la mezcla de estos dos en proporciones distintas resultan las restantes plagioclasas, isomorfas entre sí y con ellas, denominadas colectivamente *feldespatos cálcico-sódicos* o *calco-sódicos*, nombre este último algo impropio: estos feldespatos son: la *oligoclasa*, la *labradorita* y la *andesina*: estos tres, con la anortita, son los más importantes desde el punto de vista litológico, pues si bien en general no se presentan en grandes masas, son elemento esencial de muchas rocas: la *labradorita* en masas fué descubierta en la península del Labrador (Canadá); presenta estructura hojosa y color ceniciento, pero en ciertas incidencias de luz, sobre todo cuando está pulimentada, posee hermosas irisaciones azules, rojas, etc., que la hacen muy apreciada para la ornamentación y hasta en joyería. *Reconocimiento*: (10), (12) y según la especie (30), (31) y (17). Existen en numerosas regiones: Galicia, Sierra de Guadarrama, Sierra Nevada, etc.

Esmeralda.—Silicato de aluminio y glucinio. Exagonal: bien cristalizada y de colores diversos: en la *esmeralda* propiamente dicha es verde intenso, en el *berilo*, verdoso amarillento, y en el *agua marina*, verde azulado; *d.* 7,5 a 8; *p. e.* 2,6. La esmeralda y el agua marina se *usan* en joyería, alcanzando buenos precios las muy límpidas. Se encuentran berilos en Galicia, y muy hermosos y agua marina en Valparaíso (Chile); las esmeraldas de Bogotá (Colombia) fueron descubiertas por los españoles y son muy apreciadas por su belleza, así como las del valle de Cauca (Antioquía-Colombia), las de Muzo (Boyacá-Colombia) (figura 162), Tirol y Urales.



Fig. 162.—Una de las canteras en explotación de las célebres minas de esmeraldas de Muzo (Boyacá-Colombia). Las esmeraldas se presentan en las grietas rellenas por una ganga caliza (vetas blancas en la figura). (Fot. comunicada por los profesores P. M. Gutiérrez y F. Garatxabal S. J.)

(Lección 31)

SILICATOS HIDRATADOS

Talco.—Silicato magnésico hidratado. Exagonal mimético de monosimétrico o rómbico; hojoso y de color verdoso; untuoso: cuando es compacto y de color blanquecino recibe el nombre de *esteatita*, *jaboncillo* o *jabón de saстре*, por ser untuoso y utilizarle éstos para marcar; *d.* 1; *p. e.* 2,7. *Reconocimiento:* infusible e inatacable por los ácidos (10) y (22): desprende agua en el tubo. *Usos:* el indicado, y, reducido a polvo, como lubricante en guantería, etc. *Localidades:* puede proceder de la hidratación de la enstatita, en cuyo caso se halla asociado a ella: provincias de Gerona y Barcelona; en Galicia; Sierra Nevada; etc.

Sepiolita.—*Espuma de mar*, *magnesita*.—Silicato magnésico hidratado. Amorfa: en masas blancas o amarillentas y mates, que cortándolas o frotándolas adquieren brillo débil y se hacen algo untuosas: apegamiento a la lengua: *d.* 2; *p. e.* 1,2 a 2. *Reconocimiento:* como el talco: atacable por el ClH. *Usos:* para la fabricación de hornillos y materiales refractarios, pipas y boquillas, etc. *Localidades:* provincia de Toledo, donde le llaman *pedra loca*, a causa de que, por su poco *p. e.*, no está en proporción su volumen con su peso y de que ejemplares muy voluminosos requieren poco esfuerzo muscular para levantarlos; Vallecas (Madrid), etc.

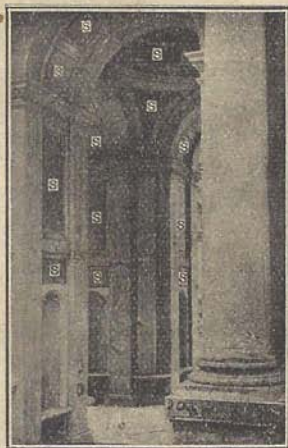


Fig. 163.—R. Monasterio del Escorial; fragmento del templo del Patio de los Evangelistas.—S. Serpentina.—(Fot. com. por los profesores P. J. Garrido e I. Acebal O. S. A.)

Serpentina.—Silicato magnésico ferroso hidratado. Amorfa: en masas compactas de color amarillo, amarillo-verdoso o verde oscuro con manchas o vetas pardas o negras que recuerdan vagamente la piel de las serpientes, a lo que alude su nombre; brillo craso: entre sus variedades se encuentra el *crisotilo* o *asbesto de serpentina*, formado por finas fibras paralelas de color amarillento y lustre sedoso: *d.* 3 a 4; tenaz; *p. e.* 2,6. *Reconocimiento:* como el talco y (21); da agua en el tubo. *Usos:* las serpentinas se usan como ornamentales en construcciones de lujo, de que tenemos ejemplo en el Monasterio del Escorial (figura 163), en la catedral de Granada

(figura 164), etc.; para fabricar vasos, mesas, etc., decorativos. El crisotilo deshilachado se usa como el amianto de tremolita. *Localidades*: procede de la hidratación del olivino o de los piroxenos rómbicos, principalmente la broncita; por ello puede presentarse asociada a éstos; se halla en Sierra Nevada y Galicia, principalmente.

Calamina.—Silicato de zinc hidratado. Rómbico: cristales hemimorfos, más frecuentemente compacta, estalactítica, concrecionada o terrosa; color gris amarillento, a veces incolora o verdosa; lustre vítreo: *d.* 5; *p. e.* 3,4. *Reconocimiento*: (10) y (33). *Usos*: para la extracción del zinc. *Localidades*: Reocín, Udías, Picos de Europa (Santander), etc.

Micas.—Familia que comprende varias especies cristalizadas en el sistema monosimétrico con apariencia exagonal y que más frecuentemente se presentan en masas de estructura escamosa, hojosa (fig. 80), o laminar de intenso lustre metaloideo o metálico, a lo que alude el nombre de la familia (lat. *micare*, brillar); elásticas; *d.* 2 a 3; *p. e.* 2,5 a 3. Las principales especies son: la *moscovita* o *mica potásica*, que es silicato aluminico potásico hidratado, es transparente e incolora o de color blanco, por lo que también se la llama *mica blanca*; la *biotita* o *mica magnésica*, que es silicato aluminico magnésico potásico hidratado, es opaca y de color amarillento o pardo verdoso casi negro, de donde el nombre de *mica negra*; finalmente, la *lepidolita* o *mica litínica* es el silicato aluminico potásico litínico hidratado, suele presentarse en escamitas, a lo que alude su nombre (gr. *lepidos*, escama), es de color rosado y se le llama *mica rosada*. *Reconocimiento*: (10), etc.: las litínicas coloran la llama de rojo. *Usos*: la moscovita, en láminas delgadas, en sustitución de los vidrios de las ventanas, automó-



Fig. 164. —Catedral de Granada: capilla de San Miguel.—El centro en que aparece en altorrelieve San Miguel, es de una sola pieza de mármol blanco y mide 2,85 metros de altura. Las cuatro columnas que le rodean son de Serpentina, también de una pieza cada una, y miden 3,75 metros de alto. (Fotografía comunicada por los profesores P. S. Pulpón y P. I. Díaz Ruiz Sch. P.)

viles, portaobjetos, etc.; ésta y la biotita reducidas a polvo fino, hervidas con CIH y lavadas, para la preparación de barnices bronceados, etc. *Localidades*: Galicia, Sierra Nevada y Guadarrama, etc.

Cloritas.—Son silicatos aluminicos magnésicos, etc., hidratados; derivan, principalmente, del talco y piroxenos. Son minerales hojosos flexibles y de color verdoso, a lo que alude su nombre (gr. *chlorós*, verde).

Arcillas.—Proceden de la hidratación de algunos silicatos anteriormente estudiados, principalmente de los feldespatos y micas, especialmente de la ortosa y de la moscovita. Son, por tanto, minerales complejos a base de silicato aluminico hidratado, que es la composición que tienen cuando son puras. La mayor parte de las arcillas son *sedimentarias*, es decir, resultan de la reunión de los restos de las rocas de que proceden, en los sitios tranquilos de los mares, lagos o ríos; entre ellas se encuentran las *arcillas plásticas*, de color vario según la cantidad de hierro y otras sustancias que contengan; se llaman así porque con el agua forman una pasta moldeable: cuando estas arcillas son puras, reciben el nombre particular de *caolín* o *caolinita* y pueden presentarse cristalizadas en el sistema monosimétrico; pero ordinariamente, tanto éstas como las demás, se presentan en masas terrosas o compactas; poseen muy marcado el carácter del apegamiento a la lengua y además, cuando se las proyecta el aliento, desprenden el olor especial llamado a *tierra mojada*. Los caolínes y demás arcillas plásticas muy pobres en hierro y cuerpos extraños, constituyen las arcillas llamadas *refractarias*, porque resisten elevadas temperaturas sin fundirse, a lo que es debido que se utilicen para la fabricación de crisoles, ladrillos refractarios, etc. Existe otro grupo de arcillas que tienen análogas propiedades que las anteriores, pero que carecen de la facultad de formar con el agua una pasta moldeable; éstas reciben el calificativo de *arcillas no plásticas*, denominándose las también *esmécticas* y *tierra de batán*, porque poseen la propiedad de absorber las grasas y de limpiar, por tanto, las lanas, paños, etc., que es para lo que se utilizan y a lo que aluden sus nombres: estas arcillas son suaves al tacto y ordinariamente de color rojizo o verdoso. Las *gredas* están constituidas por mezcla de arcilla esméctica, arcilla plástica y sílice.

Reconocimiento: (10) y (12); dan agua en el tubo; infusibles cuando puras.

Usos: ya se han indicado en parte; las arcillas plásticas se utilizan en cerámica para fabricar objetos de todas clases; la misma aplicación tienen los *barros*, que son las arcillas impuras y con gran cantidad de hierro; las *gredas*, para limpiar suelos, vasijas, etc. *Localidades:* las plásticas, en muchos sitios de las provincias de Burgos, Logroño, Palencia, Toledo (*fig. 165*) y Valencia; las refractarias, en Zamora, etc.; las esmécticas, en Tarrasa y Manresa (Barcelona), Alcoy (Alicante), Segovia, etc.



Fig. 165.—Mina de Caolín en San Martín de Montalbán (Toledo). (Fot. J. Royo com. por el prof. Dr. L. Fernández-Navarro).

CLASE X.—MINERALES DE ORIGEN ORGÁNICO

Como indica su nombre, son sustancias de procedencia orgánica. *Reconocimiento:* (11).

Petróleo.—*Aceite mineral, nafta.* Es una mezcla de varios hidrocarburos líquidos en proporciones variables: su color es pardo-negruzco o rojizo, y el olor típico; *p. e.* 0,7 a 0,9, es decir, inferior al del agua, en la que flota. Es insoluble en ésta, pero se disuelve en el alcohol etílico, y a su vez disuelve al asfalto, etc. Por destilación fraccionada se obtienen tres grupos de productos: entre los 20° y 150°, los *aceites ligeros*; entre los 150° y 300°, los *aceites intermedios*, llamados *petróleos refinados* o de lámpara, que son los que se utilizan para el alumbrado; y entre los 300° y 400°, los *aceites pesados*, quedando después un residuo pastoso llamado *pez mineral*. A su vez, de los grupos primero y tercero se obtienen otras diversas sustancias por el mismo procedimiento; así, del primer grupo se destila la *gasolina*, entre los 70° y 80°; la *bencina*, entre los 80° y 110°, etc., del tercer grupo se separan la *vaselina* y la *parafina*. Algunos mineralogistas dan el nombre de *nafta* a los petróleos obtenidos por destilación a temperaturas inferiores a 100°. *Localidades:* el petróleo se halla asociado a materias orgánicas entre diversas rocas sedimentarias, principalmente calizas y areniscas; tal ocurre en algunos de los célebres manantiales de Bakú, en la costa del Mar Caspio (en la moderna república de

Aserbeidscán, parte de la Rusia clásica). Pero los gigantescos depósitos de los Estados Unidos (Pensilvania, Ohío, etc.) y de Méjico (Tampico, etc.), y otros de Bakú no parecen tener un origen orgánico, ya que el número de manantiales y la cantidad producida es tan enorme (en los Estados Unidos existen en actividad más de 50.000 manantiales, que anualmente producen más de 300 millones de barriles de petróleo natural), que no dan la idea de una producción limitada, como tendría que suceder en el caso de una procedencia orgánica. Por esto Mendelejeff o Mendeleef (*) supone sería debido a la acción desarrollada en las capas profundas del planeta, entre el agua a elevada temperatura y un núcleo metálico carburado, que originaría los hidrocarburos y los óxidos metálicos

correspondientes (oligisto, etcétera), del mismo modo que el agua actuando sobre el carburo de calcio origina el acetileno; sin embargo, conviene advertir que la mayor parte de los autores se inclinan a pensar en una procedencia orgánica.

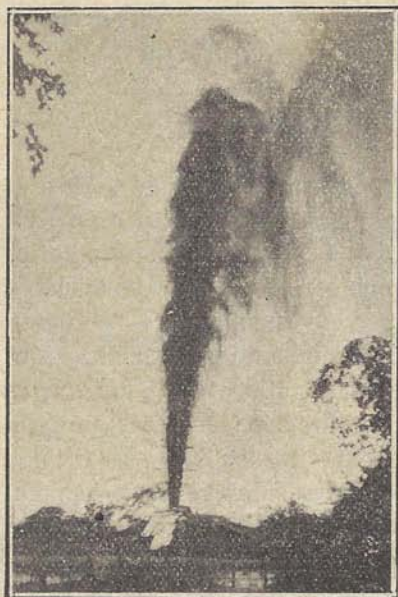


Fig. 165 bis.—Chorro de petróleo en Maracaibo (Venezuela). (Fot. comunicada por S. Juez).

En América, aparte de los yacimientos ya citados, se encuentra petróleo en todas las naciones del Centro y Sur, como Argentina (en Comodoro Rivadavia, etc.), Bolivia (Santa Cruz, Tarija, etc.), Perú (en la región de Negritos y con las refineras en Talara), y, sobre todo, en Colombia (entre la desembocadura del río Magdalena y la frontera venezolana, hacia el interior, etcétera) y Venezuela (principalmente en toda la región del Lago Maracaibo) (fig. 165 bis): las riquezas petrolíferas de estas dos últimas naciones parecen llamadas a tener

tanta importancia como las de los Estados Unidos de N. América y de Méjico. Esta última nación es, de todas las repúblicas hispano-americanas, la

(*) Mendelejeff (D. I.).—Célebre químico ruso (1834-907), autor de la clasificación periódica de los cuerpos simples.

de producción mayor, pues en 1924-1925 ha llegado a un 15 por 100 de la producción mundial. Sigue después Venezuela, cuya producción aumenta considerablemente, pues el año 1924, p. ej., obtuvo cerca de millón y medio de toneladas métricas. Perú produjo en el mismo año, cerca de un millón de toneladas, y Colombia, debido a circunstancias diversas, una cantidad relativamente pequeña; pero en 1925 volvió a intensificar la producción. Finalmente, Argentina aumentó su producción tan considerablemente en 1924, que pronto se colocará entre las principales productoras. En España se hallan pequeñas cantidades en Suances (Santander), Jerez de la Frontera (Cádiz), etcétera, y parece que en mayor cantidad en Villamartin (Cádiz) y Polanco y Ajo (Santander).

Asfalto.—*Pez mineral. Betún de Judea.* Deriva de la oxidación lenta de los petróleos. Se presenta en masas compactas de fractura concoidea, color negro de pez y lustre craso, tiene olor bituminoso que a veces no se aprecia más que frotándole y, sobre todo, calentándole. Soluble en el petróleo; en el éter etílico sólo se disuelve en parte y el resto en esencia de trementina. Se usa para la pavimentación, etc. En España se halla principalmente en la provincia de Vitoria impregnando areniscas y calizas. Es curioso el lago de asfalto que existe en la isla de Trinidad, cerca de la costa de Venezuela (*fig. 166 y 167*).



Fig. 166.—Lago de asfalto de la isla de Trinidad (costa de Venezuela): dicho lago es circular y mide unas 400 áreas de superficie (Fot. com. por el profesor venezolano G. Delgado Palacios).

Fig. 167.—Extrayendo bloques del lago de asfalto de la fig. 166. (Fot. comunicada por el profesor venezolano Dr. Eladio A. del Castillo).

Ambar.—*Succinita, succino.* Es una resina fósil que se distingue de las restantes, porque por destilación seca origina ácido succínico, que cristaliza en agujas blancas. Se presenta en nódulos redondeados en los terrenos Terciarios, principalmente. Es frecuente que englobe arañas, insectos, etc. Su color es amarillo claro, rojizo o pardusco y brillo resinoso; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 1 a 1,1, por lo que flota en el agua del mar y no en la dulce. Se *usa* para la fabrica-

cación de boquillas, botones, etc.; al quemarlo desprende humo de olor agradable, por lo que los antiguos lo usaban para perfumar las habitaciones. En España se encuentran resinas fósiles, pero no ámbar, ya que ninguna de ellas produce ácido succínico. (Calderón.—Los Minerales de España).

Carbones minerales.—Los principales son, procediendo del más moderno al más antiguo, la *turba*, *lignito*, *hulla* y *antracita*.

TURBA.—Es el carbón que actualmente se forma. Está constituido por restos de plantas generalmente de poco porte e incompletamente carbonizadas: su color es negro o pardo y la estructura esponjosa, a veces térrea; arde fácilmente cuando está seca y produce pocas calorías: por esto no suele utilizarse más que en los sitios donde se encuentra. Se usa además para hacer el fondo de las cajas de insectos. En España es poco abundante en las provincias de Burgos (fig. 168), Santander, Oviedo, Delta del Ebro, etcétera. La turba buena procede de Holanda.

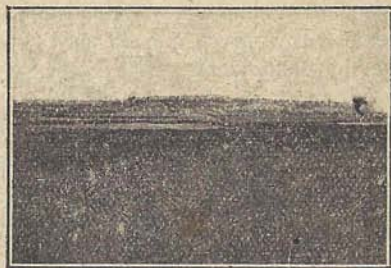


Fig. 168.—Valle con turba en Gumiel de Izán (Burgos). (Fot. comunicada por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

LIGNITO.—Es carbón más antiguo (del Terciario y Secundario) y más rico en carbono que la turba, por lo que, al quemarlo, suministra mayor número de calorías: ordinariamente se presenta en masas negras o pardas de estructura compacta, en las que es frecuente distinguir las fibras vegetales de las especies leñosas de donde procede; la variedad muy negra y compacta, de brillo metaloideo y de fractura concoidea, recibe el nombre de *azabache*: el lignito colorea de pardo y en frío la solución de potasa cáustica. *Usos*: como combustible en los lugares donde se extrae; por destilación seca origina parafina y otros productos (gas del alumbrado, etc.); el azabache para fabricar objetos de adorno. *Localidades*: provincias de Santander, Oviedo, Gerona, etc.

HULLA. *Hornaguera*, *carbón de piedra*, *carbón mineral*.—Es más antiguo aún que los anteriores (de la Era Primaria) y también más rico en carbono, por lo que desprende más calorías al quemarlo. Se presenta en masas negras y de lustre metaloideo o craso cuya estructura vegetal no es visible más que al microscopio en secciones delgadas. Comprende dos variedades: las *hullas grasas*, que son ricas en materias bituminosas y arden fácilmente, hinchándose y aglutinándose los trozos; y las *hullas secas*, que poseen pequeña cantidad de betunes, arden con más facilidad y los trozos no se hinchan ni aglutinan al arder; son el tránsito a las antracitas.

Las hullas no colorean apenas en frío a la solución de potasa cáustica.—*Usos*: es el combustible más utilizado; además se extraen de él, por destilación seca, numerosísimos productos, quedando como residuo el *coque*, carbón de gran potencia calorífica y que al arder no produce llama ni humo; entre las sustancias originadas por la destilación de la hulla citaré el gas del alumbrado, el amoníaco y la brea o alquitrán mineral, de la que a su vez se extraen la bencina, naftalina, colores de anilina, etc. *Localidades*: forma capas a veces de 16 metros de espesor (Siberia), siendo famosos los enormes yacimientos de China, América del Norte e Inglaterra (*fig. 169*). Se encuentra en cantidad en varias naciones hispano-americanas, principalmente en Argentina, cuyos potentes yacimientos de Malargüe (Mendoza) y Chubut (Norte de Patagonia), entre otros, servirán para cubrir todas las necesidades industriales del país: en Chile existen

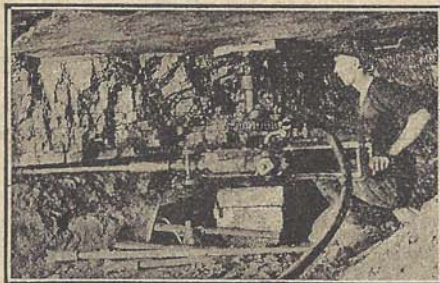


Fig. 169.—Interior de una mina de hulla: rompiendo las capas del carbón por medio de una persurora eléctrica. (Fot. comunicada por M. de Piniés).

también importantes yacimientos, sobre todo en las provincias de Concepción y Arauco: finalmente, Colombia y otras naciones prometen ser en breve grandes productoras de hulla. En España existen importantes cuencas carboníferas, como las de las provincias de Asturias, León y Palencia, y algunas menores como las de Córdoba, Ciudad Real, etc.

ANTRACITA.—*Hulla brillante*. Algunos autores no la consideran más que como una variedad de la hulla seca originada por acciones metamórficas. Tiene color negro, brillo metaloideo, casi metálico; frecuentemente con irisaciones. Contiene más cantidad de carbono que la hulla, por lo que origina mayor número de calorías, pero para arder necesita gran corriente de aire; produce poca llama. Se *utiliza* como combustible, ya sola, ya mezclada con alquitrán formando las briquetas y ovoides, según su forma. *Localidades*: en España se encuentra frecuentemente asociada a la hulla, pero en general es más antigua que ésta.

GEOLOGÍA DINÁMICA, LITOLOGÍA Y GEOTECTÓNICA

Sección 5ª

Estudiaré en este capítulo el funcionamiento de los diversos agentes que modifican la Tierra y después de cada grupo de agentes, las rocas que originan, así como la disposición o colocación de dichos materiales. De este modo el alumno puede darse exacta cuenta de las íntimas relaciones que existen entre el origen de las rocas y su composición, estructura y modo de yacer.

El ciclo de los fenómenos geológicos.—Numerosos agentes exteriores, como el aire, la lluvia, el mar, los animales, etc., están *erosionando* (pág. 124) y *denudando* (pág. 124) constantemente la superficie de la Tierra, es decir, están *desmenuzando* continuamente los materiales de la corteza terrestre que, *arrastrados* al mar por las aguas de los ríos, se depositan o *sedimentan* en él, donde constituyen *rocas* en *capas* o *estratos* de espesor variable, aunque generalmente grande; estos materiales depositados por sedimentación son los que después han de servir para originar nuevas *montañas*, y en general el relieve terrestre, como lo prueba el hecho de encontrarse en éstas restos o *fósiles* de organismos marinos: la erosión y denudación de la superficie terrestre, o sea el desmenuzamiento y arrastre de los materiales de su superficie, recibe el nombre de *gliptogénesis* (g. *glyptós*, cincelado; *glyptikós*, relativo al grabado; *génesis*, origen) porque esculpe el relieve terrestre; la sedimentación y formación de las rocas, *litogénesis* (griego *lithos*, piedra) y la formación de las montañas *orogénesis* (griego *oros*, montaña). Una vez constituídas las montañas, como los agentes exteriores siguen actuando, se repetirán de nuevo análogos hechos, y a esta sucesión repetida de la gliptogénesis, litogénesis y orogénesis en todo el curso de la historia de la Tie-

rra, es a lo que Haug (*) denomina el *ciclo de los fenómenos geológicos*. «*La historia de nuestro planeta no es otra cosa que la historia de estos ciclos sucesivos*. Cada gran ciclo corresponde a una división de primer orden en la sucesión de los tiempos geológicos.» «Tres grandes ciclos de primer orden se han sucedido (**) desde que se depositaron los primeros sedimentos con fósiles reconocibles» (Haug), no pudiéndose afirmar, ni que el primer ciclo conocido sea realmente el más antiguo, ni que el actual sea el último.

Agentes geológicos.—Todos los fenómenos que se verifican durante los ciclos geológicos son debidos a los *agentes geológicos*, que, según puede deducirse de lo antes expuesto, son los diversos factores naturales que actuando sobre la corteza terrestre hacen cambiar el aspecto de ésta y la disposición de sus materiales. Los agentes geológicos se dividen en dos grupos, llamados externos o *exógenos*, e internos o *endógenos*, según ejerzan acciones geológicas *epigénicas*, es decir, de afuera a dentro de la corteza terrestre (gr. *epi*, sobre) o *hipogénicas*, o sea de dentro a fuera de dicha corteza (gr. *ypó*, debajo). Los exógenos, a su vez, se subdividen en *atmosféricos*, *ácueos* y *biológicos*, y los endógenos en *eruptivos* y *orogénicos*.

Por la acción combinada de los agentes exógenos, se verifican simultáneamente la gliptogénesis y la litogénesis: por efecto de la primera, las montañas quedarán a la larga convertidas en *penillanuras* (lat. *pæne*, casi), es decir en mesetas bajas o medias y de contorno irregular, en las cuales las antiguas montañas se hallan reducidas a ondulaciones o cerros de altura variable, aunque generalmente pequeña (*fig. 170*). Según se dijo, estos materiales arrancados de las montañas por las acciones gliptogénicas, serán los que ulteriormente habrán de servir para la litogénesis y éstos a su vez para la orogénesis.



Fig. 170.—La penillanura castellana en Burgos.
(Fot. O. Cendrero).

(*) Haug, Catedrático de Geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Paris.

(**) Uno en la *Era Primaria*, otro en la *Secundaria* y otro en la *Terciaria*. Para la significación de estos términos véase más adelante *Geología histórica*.

AGENTES ATMOSFÉRICOS

Por lo que se dijo a propósito de la Luna (pág. 20), puede comprenderse que la atmósfera ejerce un papel de capital importancia en la vida del globo, permitiendo además la repartición del calor solar por la superficie terrestre, la vida de los seres, etc. Pero aparte de este papel meramente *pasivo*, la atmósfera ejerce acciones *destructoras* sobre las rocas de la superficie terrestre y acciones *creadoras* o *reparadoras*.

ACCIONES DESTRUCTORAS.—La acción destructora de la atmósfera se debe a dos causas principales: a la *descomposición química* y a la *disgregación mecánica*. La primera, a su vez, es debida a otros varios factores que obran conjuntamente, como son: el contenido o cantidad de *vapor de agua*, de *oxígeno* y de *anhidrido carbónico* que la atmósfera posea. La atmósfera con mucho vapor de agua o muy cargada de *humedad*, *hidrata* algunos de los minerales constitutivos de las rocas y los transforma en otros más incoherentes, y también, por lo tanto, a la roca de que forman parte: ejemplo tenemos en lo que ocurre con los feldespatos (página 102), que son materiales coherentes, al transformarse en arcillas (pág. 106), que son materiales incoherentes. El oxígeno y el anhídrido carbónico determinan análogos efectos en otros minerales, a los que convierten en minerales más solubles, que son ya fácilmente disueltos y arrastrados por las aguas de lluvia. *La acción destructora más eficaz es la de la atmósfera húmeda cargada de anhídrido carbónico*: produce las formas redondeadas o suaves del terreno (como, por ejemplo, en todo el Norte y Noroeste de España) y a ella es debida la *descalcificación* de algunos terrenos por convertirse la caliza, o carbonato cálcico insoluble en el agua ordinaria (pág. 92), en bicarbonato cálcico, que ya es soluble en el agua (véase *cavernas*). También la atmósfera *seca* y *cálida* ejerce acción destructora: primero, por impedir la vida de los vegetales en el suelo, y después, por agrietar y desmenuzar, como ahora se dirá, los materiales de este suelo desprovisto de vegetación; tal es el caso de los desiertos, principalmente.

La *disgregación mecánica* es debida a las variaciones bruscas de temperatura: se comprende que su acción será más intensa en las regiones muy secas o en las muy elevadas, pues en ambas es donde son también mayores la intensidad de la insolación diurna y de la irradiación nocturna: en ambas, en efecto, la insolación diurna determina una dilatación de las rocas y la irradiación o enfriamiento nocturno, una retracción; por la acción combinada de las dos, unida a la acción del hielo en las regiones elevadas (véase *Agua en estado sólido*), las rocas se cuarteán y rompen en trozos de tamaño variable y se originan los *canchales* o *peñascales* y las *pedrizas* o *pedregales*, según que los trozos de roca resultantes sean de tamaño



Fig. 171.—Un canchal en Tandil (Argentina).
(Fot. comunicada por D. Isaac Gutiérrez).

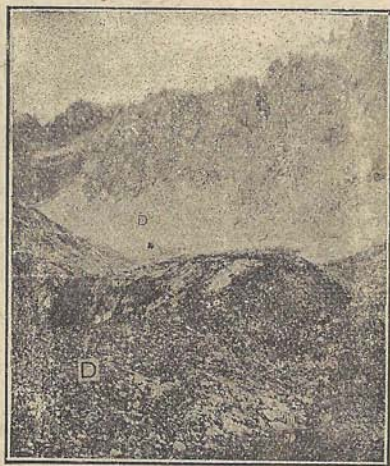


Fig. 172.—Pedrizas o pedregales en Picos o Peñas de Europa (Santander-Asturias). En las vertientes de las montañas elevadas se encuentran muchos detritos de tamaño variable (D en la figura) debidos a la descomposición atmosférica, o acción destructura de la atmósfera, y a la acción del hielo.
(Fot. comunicada por el profesor J. Fresno).

grande o de tamaño pequeño, respectivamente (*figuras 171 y 172*). Pero cuando la atmósfera manifiesta de un modo más intenso y ostensible su acción destructora, es cuando se halla en movimiento. En efecto: cuando el viento circula rápidamente entre las rocas transformadas en incoherentes por la misma atmósfera o por otros agentes, arrastra partículas de éstas que son proyectadas con fuerza sobre otras rocas, determinando su desgaste lento; este desgaste se observa principalmente en las rocas de los desiertos, las cuales se presentan como pulimentadas o corroidas por efecto de dicha acción (*figura 173*).

Por la acción conjunta de todos los factores antedichos, a la

que se suma la del agua de lluvia, de que se hablará más adelante (página 124), se originan los arcos naturales (*figs. 174 a 177*) y las pintorescas formas del terreno conocidas con la denominación común de *topografía ruinforme*, nombre que alude a que



Fig. 173.—«Hu» o Gran Esfinge de Giza (Egipto), cuyas facciones van siendo borradas lentamente por la acción erosiva de la arena transportada por el viento; al fondo, Las Pirámides. Toda la parte inferior del monumento estaba cubierta de arena, que en la figura aparece quitada en parte por la mano del hombre. (Fot. com. por el prof. egipcio Dr. L. Rhais).

las rocas presentan aspecto más o menos parecido al de las ruinas de edificios: buen ejemplo de ello tenemos en España en La Ciudad Encantada (Cuenca) (*figuras 176 a 179*), y sobre todo, en el Torcal (Antequera-Málaga) (*figuras 180 a 183*); Monserrat (Barcelona) (*fig. 184*); etcétera. Cuando la base de las rocas es más blanda, o la erosión es más intensa en ellas, las rocas toman caprichosas formas de hongos o de muelas (*figuras 176 a 179 y 185*); siendo

también debidas a causas análogas a las antedichas la formación de las denominadas piedras *oscilantes*, *movedizas*, *mecedoras* o *bamboleantes* (*figs. 186 y 187*) y la de los llamados *penedos* o *piedras caballeras*, que consisten en acumulaciones de peñascos o canchos de formas redondeadas y que *cabalgan* unas sobre otras, a veces en posiciones muy raras y en equilibrio inestable (*figura 188*).

ACCIONES REPARADORAS.—Las partículas arrancadas de las rocas por el viento, caen cuando *cesa la fuerza impulsiva del viento* o al *chocar contra un obstáculo*, como una montaña, por ejemplo, originando así un depósito de espesor variable.

Al actuar los vientos fuertes sobre terrenos desprovistos de vegetación, determinan la formación de grandes nubes de polvo que, depositándose por cualquiera de las dos causas antes citadas, constituyen el *loes* o tierra formada por partículas generalmente

LAS MARAVILLAS DE LA EROSIÓN



Fig. 174.—Arco natural en Brugues (Barcelona) (Fot. Soler com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).



Fig. 175.—El «Arco del Diablo», en Santander; en su formación ha intervenido también el mar en los días de temporal violento y en las mareas vivas. (Fotografía O. Cendrero).

Diversos aspectos de La Ciudad Encantada (Cuenca)



Fig. 176.—Gran arco natural. (Fot. comunicada por el profesor E. Lizondo).



Fig. 177.—Al fondo, pequeño arco natural. En primer término, gran roca fungiforme. (Fot. com. por el prof. E. Lizondo).



Fig. 178.—Rocas fungiformes. (Fot. comunicada por el prof. Dr. J. Gómez de Llarena).



Fig. 179.—Dos rocas fungiformes. (Fot. com. por el profesor E. Castañeda).

LAS MARAVILLAS DE LA EROSIÓN

Cuatro aspectos de la topografía ruíniforme de «El Torcal»
(al S. de la Sierra de Abdalajis-Antequera-Málaga)



Fig. 180.—(Fot. J. Romero com. por J. Muñoz Burgos).

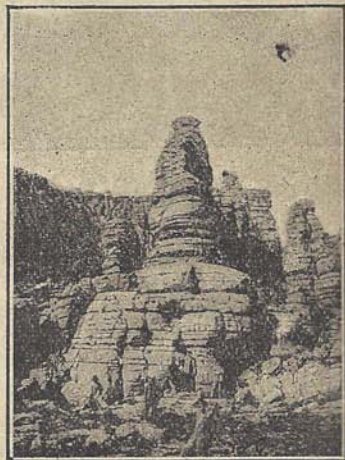


Fig. 181.—(Fotografía J. Muñoz Burgos)



Fig. 182.—(Fot. J. Muñoz Burgos).



Fig. 183.—(Fot. J. Muñoz Burgos).

LAS MARAVILLAS DE LA EROSIÓN

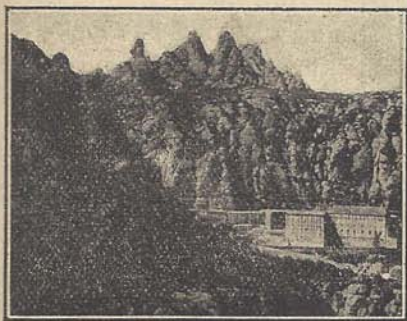


Fig. 184.—Topografía ruiniforme-monserratina. (Fotografía comunicada por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).



Fig. 185.—Roca fangiforme en Yura (Perú). (Fot. com. por el prof. C. Gornáls C. M.).



Fig. 186.—Roca oscilante del Jardín de los Dioses (Colorado-Estados Unidos de Norte América). (Fotografía comunicada por el profesor Cástor Ordóñez C. M.).

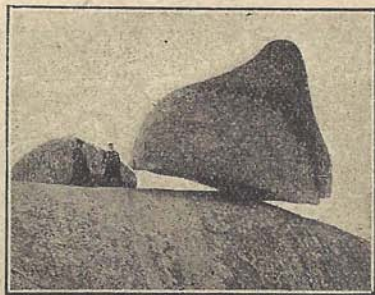


Fig. 187.—La «roca mecedora» de Tandil (Argentina). Se la movía, con poco esfuerzo, con una mano; cayó el año 1915. (Fot. y datos comunicados por D. Isaac Gutiérrez).

pequeñas, y próximamente de igual tamaño, que se encuentra en varios países, principalmente en China y Méjico, donde constitu-



Fig. 188.—Piedras caballerías de granito originadas por erosión (Del trabajo del Dr. L. Fernández Navarro *Monografía Geológica del Valle de Lozoya*.—Trabajo del Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1916.)

en montículos de arena que se forman por la acción del viento en los terrenos sueltos o en su proximidad. Para que dichos montículos puedan originarse, es condición indispensable que en la región exista un viento predominante, de alguna fuerza; en el Norte y Noroeste de España, es el viento Nor-

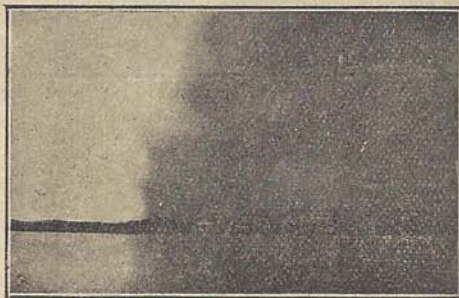


Fig. 189.—Nube de arena en la proximidad del desierto de Libia: análogas a ella son las nubes de polvo que han formado el loes.—(Fot. com. por el prof. egipcio Dr. L. Rhalis).

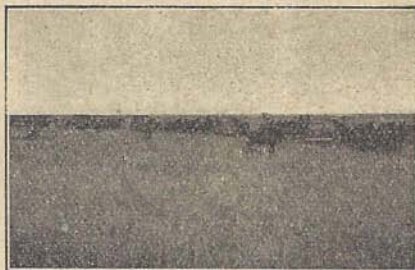


Fig. 190.—La pampa Argentina, así como otras varias pampas americanas, están formadas por loes. (Fot. comunicada por el prof. argentino Dr. Víctor E. Miguez).

ye masas homogéneas, a veces de 600 metros de espesor (fig. 189). También es loes el suelo que forma la extensa pampa Argentina (fig. 190).

Pero las formaciones más numerosas y más importantes son las llamadas en castellano *dunas*, *médanos* o *arenas voladoras*. Consisten éstas

oeste; en el Sur, el Suroeste, y en la región mediterránea, el Este o levante. Además es necesario un obstáculo donde pueda detenerse la arena; no es menester que dicho obstáculo sea grande, una concha, un pequeño trozo de madera, etc., son suficientes para que pueda comenzar a formarse la duna.

Para que se comprenda en líneas generales dicha formación,

basta fijarse en la *figura 191*. Consiste en colocar en un terreno dunoso un obstáculo cualquiera, como una valla de madera, por ejemplo, en un plano normal a la dirección del viento reinante; las arenas arrastradas por el viento, al chocar contra la valla, caen delante y por los lados de ésta hasta que terminan por alcanzar su misma altura, ya

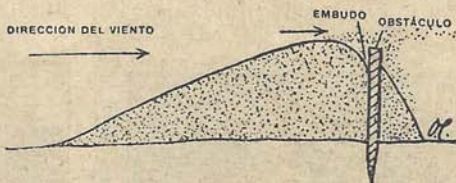


Fig. 191.—Esquema de la formación de una duna.

que tardan en tamarla a causa de los remolinos que el viento hace al chocar contra la valla y que forman en la arena, y junto a la valla, a la manera de un embudo. Desde este momento, de los granos de arena de la cúspide de la duna, los más pesados o menos impulsados por el viento, caen por el lado opuesto de la valla, originando una pendiente brusca, mientras que los más ligeros o

que recibieron mayor impulso, son arrastrados por el viento a distancias más o menos lejanas, donde constituyen otra segunda duna más alta que la primera; ésta a su vez origina otra, y así sucesivamente, etcétera, formándose de este modo lo que se denomina una *cadena de dunas* (*figuras 192 y 194*), las cuales tienen siem-



Fig. 192.—Cadena de dunas de Boó de Piélagos. (Mogro-Santander). (F. O. Cendrero).

pre una pendiente suave hacia el lado del viento y una pendiente brusca por el lado opuesto.

Las dunas se dividen en *litorales* y *continentales*, según se hallen a la orilla del mar o en el interior de los continentes. En España hay dunas en toda la costa, siendo las más altas y numerosas las de las provincias de Huelva, Cádiz y Alicante.

Entre las dunas continentales merecen citarse las del desierto de Sahara y de Libia (*figs. 193 y 194*), que forman cadenas de varios kilómetros y que gozan de gran movilidad, lo que las hace muy temibles para las caravanas, sobre todo cuando sopla el *simún* (pág. 31): son curiosas por su forma estrecha las dunas o *gua-*

dales de casi todas las provincias andinas de América y las de forma de corona de la pampa argentina, originadas por el *zonda* (página 31). Las dunas que van avanzando continuamente en las



Fig. 193.—Dunas del Sahara argelino. Como puede apreciarse, parece un mar de arena con las dunas orientadas en la dirección del viento predominante. (Fot. Garaud).



Fig. 194.—Dunas del desierto de Libia. (Fot. comunicada por el prof. egipcio Dr. L. Khalis).

tierras próximas se denominan *dunas vivas* (figs. 172 a 194), las cuales constituyen un peligro para los terrenos de cultivo, y para



Fig. 195.—Vista parcial del pueblo de Guardamar (Alicante) amenazado por la invasión de dunas litorales vivas.

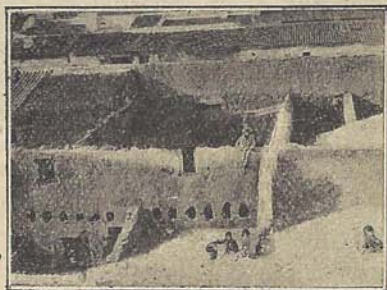


Fig. 196.—Casas de Guardamar (Alicante) hundidas por la invasión de las arenas de las dunas de la figura 195.

(Fots. ing. F. Mira comunicadas por el profesor P. M. Vigo. S. J.)

los poblados (figs. 195 y 196): por esto se suelen fijar artificialmente con objeto de impedir su avance y hacer que pasen a montones de arena sin movimiento o *dunas muertas* o *fijas*. Para ello se utilizan varias plantas (como diversas gramíneas, etc.), (figu-

ras 197 y 198) que pueden vivir en la arena, y cuyas raíces for-

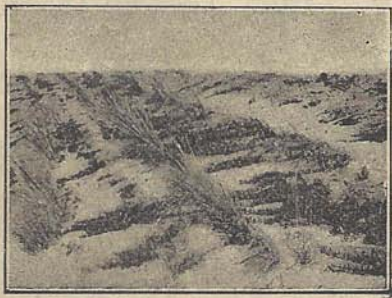


Fig. 197.—Fijación de la duna viva de Guardamar (Alicante) por medio de ramsaje y plantaciones de barrón (*Psamma arenaria*) y de matachillo (*Mesembryanthemum*).

(Fots. ing. F. Mira comunicadas por el profesor P. M. Vigo S. J.)



Fig. 198.—Fijación de la duna litoral de Guardamar (Alicante) con plantaciones de barrón (*Psamma*); entre ellas, pinos de un año.



Fig. 199.—Trinchera excavada en una duna muerta para dejar a descubierto las raíces de los vegetales y demostrar cómo éstas fijan las arenas. Obsérvanse en la parte inferior de la figura las ondulaciones que el viento produce en la arena, que son análogas a las que produce el agua del mar. (Fot. O. Cendrero).

man a la manera de una red (*figura 199*), que impide el desplazamiento de la arena: después se plantan vegetales arbóreos, preferentemente pinos (*figura 198*). Esta fijación se hace también es-



Fig. 200.—Duna viva en vía de fijación espontánea por medio de Gramináceas. (*Psamma arenaria*, principalmente). (Fot. O. Cendrero).

pontáneamente (*fig. 200*) por varias Gramináceas (*fig. 201*) y otros vegetales (*fig. 202*).



Fig. 201.—Gramináceas (principalmente *Psamma arenaria*) que fijan espontáneamente las dunas vivas.



Fig. 202.—Otras plantas (*Eryngium*, la menor y *Euphorbia*, la mayor) que contribuyen a la fijación espontánea de las dunas vivas.

(Fotografías O. Cendrero).

Sección 27ª

AGENTES ÁCUEOS

De los agentes exógenos que modifican la superficie de la Tierra, el *agua* es el más importante de todos. Puede obrar: ya en estado de *vapor* contenido en la atmósfera (pág. 114), ya en estado *líquido*, ya en estado *sólido*.

AGUA EN ESTADO LÍQUIDO

AGUAS SUPERFICIALES

Acción de las aguas dulces.—EROSIÓN Y DENUDACIÓN.—Al caer la lluvia sobre el terreno, por la misma fuerza con que cae, sobre todo si son lluvias torrenciales, o bien por otras causas que ahora se verán, arranca y disuelve partículas de las rocas del suelo, *sobre todo de las que son más blandas y solubles*: este fenómeno recibe el nombre de *erosión* (lat. *erosio*, roedura). Los materiales así arrancados por la erosión, son después llevados por las corrientes que se originan en el suelo gracias a los desniveles del mismo: este acarreo de los materiales resultantes de la erosión se denomina *denudación* (lat. *denudare*, desnudar). A veces se de-

nomina *ablación* (lat. *ablatio*, separación), al conjunto de la erosión y denudación (*figs. 203 a 208*).

Si la caída de la lluvia se verifica en un suelo inclinado, como



Fig. 203.—Barrancos o zanjas formados por efecto de la erosión y denudación de las aguas de lluvia en terrenos blandos. (Liébana-Santander). (Fot. comunicada por A. Gutiérrez-Cueto)



Fig. 204.—Cárcava formada por ablación hidráulica en la margen de un arroyo: en las paredes, barrancos de erosión pluvial parecidos a los de la figura 203. (Del trabajo *Datos topológicos del Cuaternario de Castilla la Nueva*, por los profesores Dr. L. Fernández Navarro y Dr. J. Gómez de Llarena).



Fig. 205.—El agua de lluvia que penetra por las fisuras de los estratos o capas de la roca dura de la parte superior, unida a la acción mecánica y química de la atmósfera, ha determinado su rotura en los bloques paralelepípedicos de la parte media de la figura. Y éstos, a su vez, pasan a los cantos rodados de la inferior al continuar la acción de los agentes citados. (Fot. O. Cendrero).

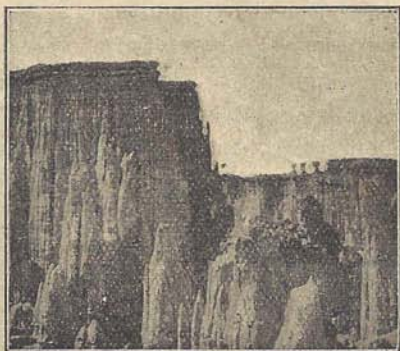


Fig. 206.—En cambio, si la roca es blanda, como la que representa la figura, que está formada por una arenisca (o arenas cementadas) poco coherente, el agua de lluvia, en lugar de separar bloques, arrastra la arena y origina esta topografía característica (Fot. de Bogotá (Colombia) comunicada por la prof. colombiana Ana Torres Plata).

la vertiente de una montaña, por ejemplo, al correr el agua por la pendiente irá erosionando y denudando las rocas por donde pasa, tanto por la misma fuerza de la corriente originada, como por los materiales sólidos que arrastra consigo: la *fuerza de la corriente*

y su *poder erosivo y denudador* están en *razón directa* de la *cantidad de agua que lleva* y de la *inclinación de la pendiente* por

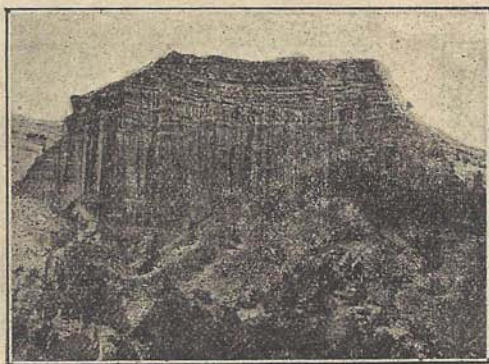


Fig. 207.—«El Rajo» (Teruel).—Las rocas que constituyen estos terrenos, son también blandas, aunque no tanto como las que forman los de la fig. 206, por lo cual los efectos de la erosión son también análogos. (Fot. com. por el prof. Dr. E. Rodríguez y López Neyra).

tanto mayor cuanto mayor es la cantidad de líquido que arrastran y la inclinación de la pendiente por donde corren. Las dimensiones de los materiales arrastrados están también en razón directa de las circunstancias antedichas y serán, por lo tanto, más voluminosos cuanto la fuerza de las corrientes sea mayor y el mayor declive favorezca su arrastre. Estos mimos materiales aumentan la fuerza erosiva y denudadora de las corrientes, puesto que al chocar con el álveo arrancan nuevos trozos de él, pudiendo terminar por originar profundos barrancos, de los qu



Fig. 208.—«Las Alhambras» (Teruel).—Aquí, la ablación ha llevado las margas (pág. 91) que rodean a las dolomitas (pág. 93) que como más resistentes a la acción de los agentes de erosión, ha quedado formando salientes. (Fot. com. por el prof. Dr. E. Rodríguez y López Neyra).

donde corre. El agua de estas corrientes, con los materiales que lleva en suspensión y en disolución, van reuniéndose en arroyuelos cada vez mayores, éstos en torrentes o en arroyos, que a su vez vierten en ríos y éstos en otros mayores o en el mar: el poder erosivo y denudador de todas estas corrientes sigue la regla general, es decir, repito, que es

Marzo del río del arroyo

son clásico ejemplo los enormes *cañones* del Río Colorado (Estados Unidos y Méjico), cuyas paredes alcanzan cerca de 2.000 me-



Fig. 209.—Vista parcial del Gran Cañón del Río Colorado (Estados Unidos y Méjico). El río apenas se distingue en la parte derecha de la figura (Fotografía com. por el prof. P. C. Ordóñez C. M.)



Fig. 210.—El Puente Nuevo a la terminación del cañón u hoz del Río Guadalevín (Ronda-Málaga), excavado por erosión de las aguas de dicho río. Altura del puente, 90 metros; ídem de la cascada, 40 metros. (Fot. com. por M. Roperó).

tros de altura y por cuyo fondo corre impetuoso el río (*fig. 209*): en España, a los cañones se les denomina también *tajos* y *hoces* (*figura 210*), si bien el primer nombre se aplica asimismo cualquier escarpa alta y cortada casi a plomo, y el segundo a los recovecos o *meandros* que presentan las gargantas profundas por donde los ríos corren entre altas paredes (*fig. 211*). Como se comprende, la profundidad de los barrancos depende también de la dureza de las rocas del cauce, pues cuanto más blandas sean, tanto más fácilmente serán erosionadas y denudadas. Ordinariamente esta es



Fig. 211.—Una hoz del Río Deva (Santander-Asturias). Las rocas claras, son las de la orilla derecha del río, y las oscuras, las de la izquierda. (Fotografía com. por el prof. Dr. J. Rioja).

también la causa de la formación de las *cataratas* o *cascadas* y de los *saltos de agua*, que consisten en bruscos desniveles existentes en el lecho de un río o arroyo debidos a la existencia de una roca dura desde la que cae el agua a otra roca que, por ser más blanda, se ha erosionado antes: también pueden ser debidas a la presencia en el cauce de una *falla* o rotura del terreno (*figs. 212 a 220*)

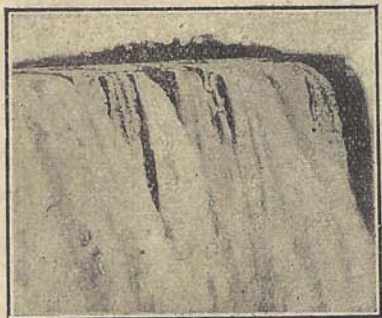


Fig. 212.—Cascadas de Victoria, en el río Zambeza (África del Sur). Es debida a una falla existente en el lecho del río y su altura total es de unos 60 metros. La fotografía sólo reproduce la parte superior de la catarata. (Fot. comunicada por el profesor Dr. A. Heimaus).



Fig. 213.—Generalmente son poco conocidas las grandes cataratas del río Iguazú (Brasil-Argentina), de magnificencia iguala, si no excede, a la de otras renombradas. La de la fotografía representa una de las dos consecutivas que presenta el río, cada una de las cuales tiene 32 metros de altura. (Fot. com. por el profesor argentino Dr. César Acardi).

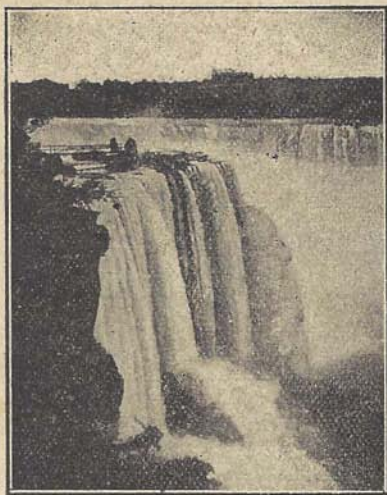


Fig. 214.—Catarata del río Niágara, entre los lagos Erie y Ontario. Tiene forma de herradura y cerca de 50 metros de altura.



Fig. 215.—Salto de Tequendama, en el río Bogotá o Funza (Colombia). (Fot. comunicada por profesora colombiana Ana Torres Plata).



Fig. 216.

Dos saltos del río Jimenoa (República Dominicana). Altura de ambos, alrededor de 15 metros. (Fots. C. M. Sánchez comunicadas por el profesor dominicano F. Patxot.)



Fig. 217.



Fig. 218.—Cascada del río Gándara (Santander) durante el estiaje. Su altura total, alrededor de 50 metros. (Fotografía comunicada por el profesor J. Fresno).



Fig. 219.—El «Puente del diablo», orificio de unos cuatro metros de diámetro en roca viva por donde pasa el río Miera (Santander), después de lo cual se despeña en vistosa catarata (Fot. comunicada por J. Duomarco).

El mismo origen tienen los llamados *rápidos*, que presentan todos los ríos y arroyos, nombre con que se designan las zonas del río que por presentar en su cauce rocas o bandas transversales de rocas duras, al pasar el agua por ellas forma a la manera de numerosas y pequeñas cascadas (*figuras 220 y 221*): conviene advertir que también se da este



Fig. 220.—Catarata del río Laja (Chile) al desembocar en el Bio-Bio (altura, unos 25 metros); después de ella, rápidos. (Fot. comunicada por la profesora chilena F. Ramírez Burgos).



Fig. 221.—Rápidos del Río Miera (Santander) po antes de penetrar por el orificio de la figura 2. (Fot. comunicada por J. Duomarco).

nombre a las zonas del río por donde el agua corre con gran impetuosidad por el efecto del desnivel del cauce.

SEDIMENTACIÓN MECÁNICA: ALUVIONES.—Cuando la fuerza de las corrientes aminora, ya porque las lluvias cesan, ya por llegar a sitios de menor pendiente, los materiales que llevan en suspensión se depositan por orden de densidades, es decir, que primero se depositan los más pesados y luego los más ligeros, tardando mucho tiempo en depositarse los muy pequeños y ligeros: este fenómeno recibe el nombre de *sedimentación mecánica* y es más ostensible en la desembocadura de los ríos que desaguan en los lagos, y en los que salen de cauce en las crecidas. Estos materiales heterogéneos depositados mecánicamente por la corriente de los ríos o arroyos, reciben el nombre de *aluviones* y están contituídos por *cantos rodados* o piedras más o menos redondeadas por el roce (*fig. 222*), por *arenas* o trozos pequeños y por *barro* o restos menores aún. Si el depósito se verifica en un lago, puede ocurrir

que los sedimentos lleguen a rellenar éste completamente y a convertirle en una región *pantanos*a surcada por los numerosos brazos que tiene que dividirse el río.

✕ TRAYECTOS EN QUE SE DIVIDE UN RÍO. — Según que predominen unos u otros de los caracteres de que viene hablándose desde el principio de este capítulo, se distinguen en cada río tres regiones, porciones o trayectos, que pueden caracterizarse fácilmente: su primera porción o curso superior, o sea en la parte del río más próxima al nacimiento, se caracteriza porque es donde con más intensidad se ejerce la ablación, por ser la de mayor pendiente; en ella es donde se encuentran ordinariamente los cañones, las cascadas y los rápidos. La segunda porción o región media del río, se caracteriza porque por ser la pendiente menor que en el trayecto anterior, el agua corre con menos impetuosidad y la erosión es también menos intensa: en esta región suelen encontrarse algunos rápidos y cascadas, y en ella se depositan en forma de aluviones,

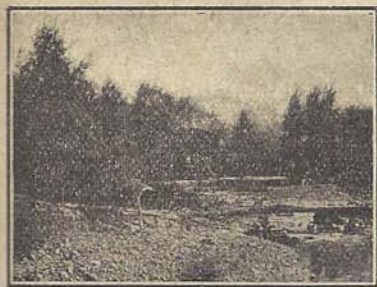


Fig. 222.—Aluviones, principalmente cantos rodados, en las orillas del río Miera (Santander). (Fot. O. Cendrero).



Fig. 223.—Hermosos y típicos meandros del río Jhelum, en el valle de Cachemira (India).

sobre todo durante las crecidas, algunos de los materiales arrancados en el primer trayecto (*fig. 222*). Por fin, el tercero y último trayecto o curso inferior se caracteriza porque el río corre con más lentitud que en los trayectos anteriores y porque los materiales arrancados en las dos primeras regiones, son depositados en abundancia originando potentes masas de aluvión: en esta última región es donde más frecuentemente se forman los *meandros* (*figura 223*), sin que esto quiera decir que no los presenten también algunos ríos en su segundo trayecto.

BARRAS Y DELTAS.—Los ríos que desembocan en el mar lo hacen por una escotadura de la costa que recibe el nombre de *estuario*, el cual es debido principalmente a la acción erosiva del río. Los materiales de algún peso que las aguas del río llevan en suspensión, se depositan en el mar precisamente en el punto donde se equilibran la fuerza de la corriente del río y la de las mareas. Si el mar es abierto y posee grandes mareas y fuertes corrientes paralelas a la costa se origina un depósito movible que recibe el nombre de *barra*, el cual avanza o retrocede en parte cuando lo hacen las mareas y constituye un peligro para la navegación en las rías: las dimensiones de las barras no son grandes porque gran parte de sus materiales son distribuidos a lo largo del litoral por la acción de las corrientes marinas. Si, por el contrario, el mar es cerrado o las corrientes paralelas al litoral son débiles, los materiales del río no sólo rellenan el estuario, sino que penetran en el mar y originan un depósito de aluvión de forma triangular con un vértice vuelto hacia el río y la base hacia el mar: este depósito se denomina *delta* por su forma parecida a la letra griega de este nombre. llamándose también *alfaque* en castellano. Ejemplo de ello tenemos el pequeño delta del Ebro; el gran delta del Nilo, cuyo vértice está en El Cairo, a 200 kilómetros de la costa, y en cuya base están edificadas las poblaciones Roseta y Damietta: otros deltas se



Fig. 224.

Fig. 225.

Fig. 226

Tres fotografías, tomadas en un día de mar tranquilo, que demuestran la acción erosiva del mar. En la *figura 224*, se ve la roca antes de que la ola rompa sobre ella; en la *figura 225*, en el momento en que la ola rompe sobre la roca, que es el de mayor potencia erosiva, y en la *figura 226*, cuando la ola pasa de la roca, que es el momento de máxima acción denudadora. Obsérvese que tanto la roca mayor como la menor, están más erosionadas en su parte media, que será por donde se romperán con el tiempo. (Fots. O. Cendrero).

hallan en golfos, como el de Ganges y el del Misipi. También se forman deltas en los lagos.

Acción de las aguas del mar.—El mar es un poderoso agente de erosión y denudación. Las olas (*figs. 224 a 226*), sobre todo

las grandes olas levantadas por los vientos fuertes, al estrellarse violentamente contra las rocas de la costa (*figuras 227 a 229*), van arrancando los materiales mas blandos, que proyectados a su vez

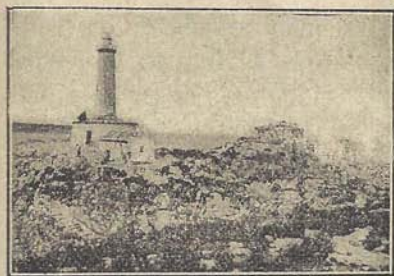


Fig. 227.

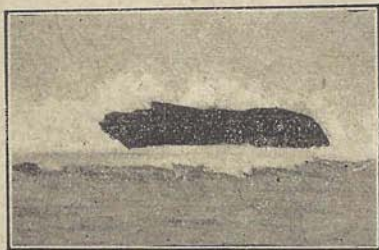


Fig. 228.

Estas dos fotografías están tomadas con objeto de demostrar la gran altura que pueden alcanzar las olas. La *figura 227* es una vista cercana de la parte superior del islote de Mouro (que es el que aparece delante de la península de la *figura 231*) y el faro del mismo: la primera tiene una altura de unos 15 metros, y el segundo, unos 12. La *figura 228* es una vista del mismo islote tomada en un día de fuerte oleaje: como se ve, las olas pasan por encima del islote y del faro, lo cual demuestra que tienen por lo menos 27 metros de altura. (Fots. Orestes Cendrero).

contra las rocas por olas sucesivas, las socavan (*figs. 224 a 226* y *figura 230*) tan profundamente que terminan por desplomarse y caer al mar, donde éste continúa sin descanso su acción



Fig. 229.—Viendo romper esta ola contra las rocas de la costa, se comprende fácilmente que la acción erosiva del mar, tiene que ser grande. Del tamaño de la ola puede juzgarse por comparación a la figura humana de la derecha del grabado. (Fot. O. Cendrero).



Fig. 230.—Acantilado de Suances (Santander), mostrando su base erosionada y desnuda por la acción de las olas. La fotografía está tomada en un día de mar tranquilo, a pesar de lo cual puede verse una ola de bastante tamaño. (Fot. com. por Arturo del Río).

erosiva sobre ellas hasta demolerlas por completo y dejarlas reducidas a barro, arenas y cantos de tamaño variable.

Como ocurre con la erosión debida a las aguas dulces, los ma-

teriales más duros son los que más resisten el embate de las olas y los que forman los cabos, las pequeñas penínsulas (*fig. 231*),



Fig. 231.—Las regiones costeras de mayor resistencia forman los cabos y pequeñas penínsulas, como la que reproduce la fotografía, que es la península de la Magdalena, en Santander, residencia veraniega de los Reyes de España: delante de ella hay otras rocas resistentes que forman el islote de Mouro. (Fot. tomada desde un aeroplano por el aviador santanderino J. Pombo).

y, en general, las partes salientes de la costa mientras que en las blandas se forman las escotaduras, originando así el conjunto las costas sinuosas. A las mismas causas se debe la formación de las cuevas en la base de los acantilados, la de los arcos naturales en las rocas azotadas por el oleaje (*figura 232*), etc.

Todos los materiales arrancados a las rocas de la costa se depositan o *sedimentan mecánica-*

mente por orden de densidades, cayendo primero los más pesados, como los guijarros y arenas gruesas, que quedan en la proximidad de la costa, y llevándose mar adentro los más ligeros, como las arenas finas y el barro, que van depositándose lentamente: la faja de anchura variable y color blanquecino o amarillento que se ve en la proximidad de la costa los días de tempestad, es debida a estos últimos materiales, los cuales son llevados y depositados en sitios lejanos y tranquilo gracias a las corrientes marinas.

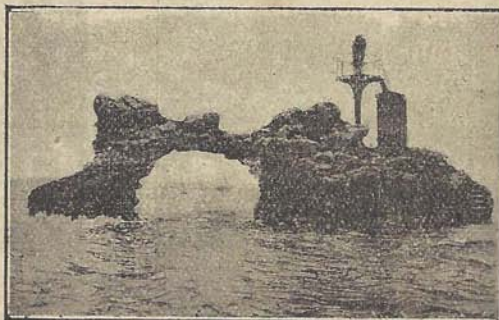


Fig. 232.—«Peña Horadada», a la entrada de la bahía de Santander, como ejemplo de arco natural debido a la acción erosiva del mar. (Fot. O. Cendrero).

Las olas que baten oblicuamente la costa, y las corrientes marinas litorales, determinan un desplazamiento y depósito más o menos rápido de las arenas y detritos pesados a lo largo de toda la costa. Cuando ésta presenta un entrante o escotadura donde no penetran las corrientes, o donde penetran con poca velocidad, el transporte y depósito de dichos materiales se verifica delante de la escotadura siguiendo la dirección que traían y formando una especie de dique que recibe el nombre de *cordón litoral*, el cual, aumentando progresivamente, forma una barrera de anchura variable que emerge del mar y cuya altura aumenta cuando las grandes olas arrojan sobre ellas arenas y fragmentos de rocas, sobre todo durante las mareas equinocciales o vivas, que llegan a sitios donde no alcanzan las ordinarias. Si la actividad atmosférica es grande, pueden llegar a consti-

tuirse dunas sobre dichos cordones, que adquieren ya gran estabilidad: un caso particular de cordones litorales son los denominados *tómbolos*, nombre que se aplica a los cordones litorales que unen un islote o una isla al continente (figura 233). Las escotaduras de la costa que quedan detrás del

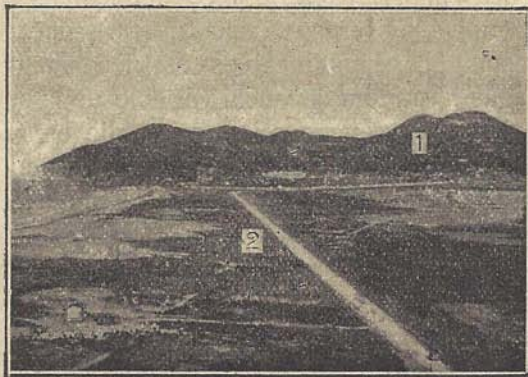


Fig. 233.—Tómbolo de Berria (Santander). 1, isla de Santoña; 2, tómbolo. (Fot. O. Cendrero).

cordón litoral, con o sin dunas, se convierten en lagunas (o en terrenos pantanosos), que pueden comunicar con el mar por brazos más o menos estrechos y profundos, sobre todo si por la escotadura desagua un río: ejemplo de cordón litoral con dunas que separa una laguna del mar tenemos en la faja que se extiende entre el Mediterráneo y Mar Chica (Melilla, N. de Africa); la Albufera (Valencia), Mar Menor (Murcia), etc., tienen análogo origen. Si la comunicación de estas lagunas saladas con el mar llega a cerrarse y la evaporación es muy activa, las sustancias que el agua lleva en disolución se depositan cuando, por haberse evaporado

mucho disolvente, se concentra la disolución: este fenómeno recibe el nombre de *sedimentación química*, y las principales sustancias que se depositan así son: el yeso, la sal, la silvina, la carnalita y la epsomita.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Sección 48

Cuando la lluvia cae sobre rocas permeables o agrietadas, o bien las aguas corrientes circulan sobre ellas, una parte del agua penetra más o menos profundamente en el terreno hasta llegar a rocas impermeables o poco permeables (arcillas, etc.): las rocas permeables (arenas, calizas, etc.), que se hallan por encima de estas rocas impermeables, están constantemente impregnadas de agua hasta una distancia variable de la superficie, en la cual, por efecto de la evaporación, se pierde una cantidad mayor o menor de agua, según sea la intensidad de aquélla. Todas las capas de rocas permeables impregnadas de agua reciben el calificativo común de *capas* o *mantos de agua*, que en el caso que se acaba de exponer reciben el nombre particular de *capas freáticas* porque es en ellas donde se abren los pozos ordinarios (gr. *phréas*, *phreatos*, pozo), en cuya cavidad se va reuniendo poco a poco el agua que cae por sus paredes, que interrumpen la continuidad de la capa



Fig. 234. — Esquema de los principales tipos de fuentes.

freática: las soluciones de continuidad naturales de las capas freáticas constituyen las *fuentes*, que pueden ser de *vaguada*, *ascendentes* o *descendentes*, según provengan de la filtración del agua de una capa freática en contacto con una capa impermeable en el fondo de un valle, o de una solución de continuidad en una capa acuífera ascendente o descendente (*fig. 234*). Si una de estas capas acuíferas desciende a gran profundidad para volver a ascender de nuevo, se originan las *fuentes termales* o *caldas*, las cuales pueden

provenir también de diversas soluciones de continuidad en las capas acuíferas profundas.

Cuando una capa acuífera se halla entre dos capas impermeables curvadas, si de éstas se perfora la superior a un nivel más bajo que el nivel superior de dichas capas, el agua, en virtud del principio de los vasos comunicantes, saldrá hacia la superficie hasta llegar próximamente al mayor nivel alcanzado por las capas: éste es el fundamento que sirve para la construcción de los *pozos artesianos* (*figura 235*), así llamados por conocerse desde hace mucho tiempo en Artois (Francia).



Fig. 235.—Esquema de un pozo artesiano.

En los terrenos *agriados*, y particularmente en las calizas, el agua en lugar de acumularse para constituir capas como éstas de que se viene tratando, sigue las hendiduras, y reuniéndose en otras mayores origina los *arroyos* y los *ríos subterráneos*: el poder erosivo y denudador de éstos es análogo al de los superficiales, y si sus aguas van además cargadas del anhídrido carbónico que siempre hay en el suelo procedente de las descomposiciones orgánicas, gozan también de poder disolvente, pues ya se dijo que el agua carbónica disuelve la caliza (pág. 92): de este modo se originan *galerías* por donde corren los ríos, y las *grutas* o *cavernas*, cuyo estudio especial, conocido con el nombre de *Espeleología*: (gr. *spelaión*, caverna), no debe confundirse con el de la *Prehistoria*: la primera estudia exclusivamente las cavernas *en sí*; la segunda, por los restos que del hombre y de su industria se encuentran en muchas de ellas, por haberle servido de morada en las épocas que siguieron a su aparición sobre la Tierra. Es frecuente que del techo de estas grutas penden conos de carbonato cálcico cristalino llamados *estalactitas* (*fig. 236*) y que en el suelo haya otros conos, análogos a los anteriores pero más cortos e invertidos, denominados *estalagmitas* (*fig. 237*). El proceso de formación de ambos es como sigue: al agua de la superficie que se infiltra por un suelo calizo se agrega el anhídrido carbónico procedente de las descomposiciones orgánicas y el mismo que de la atmósfera arrastra en su caída, y se convierte por tanto en ácido carbónico, el cual actúa sobre la

caliza y la convierte en bicarbonato cálcico, que es muy soluble en agua: al llegar al techo de la gruta este agua con bicarbonato cálcico, por efecto de la menor presión a que está sometida pierde parte del anhídrido carbónico y el bicarbonato cálcico pasa de nuevo a la forma de carbonato, menos soluble, que se deposita en el techo formando las *estalactitas*, y el remanente que cae al suelo

origina en éste las *estalagmitas*, que muchas veces se unen y originan *columnas* de formas caprichosas (*figuras 239 a 241*) y de belleza tanto mayor cuanto más blanca es la caliza: ejemplos de esta clase de grutas hay muchos en las provincias de Santander (*fig. 238*), Oviedo, y Vizcaya; son célebres por su belleza



Fig. 236.
Estalactita.



Fig. 237.—Estalagmita.

(Fots. O. Cendrero).



Fig. 238.—Estalactitas de la gruta de Sámamo (Santander) (Fot. O. Cendrero).



Fig. 239.—Estalactitas y estalagmitas de Cuevas del Drach (Mallorca-Baleares). (Fot. com. por el prof. Dr. E. Rodríguez y López Neyra).

las de Artá y el Drach, en Mallorca (*figs. 239 a 241*); Bellamar, en Cuba (*figs. 242 y 243*); etc.

Las grutas se forman también en el yeso y demás sales solu-



Fig. 240.—«El Lago». Cuevas del Drach (Manacor-Mallorca-Baleares).

(Fots. comunicadas por el prof. Dr. E. Rodríguez y López Neyra).



Fig. 241.—«El Sueño de un Angel». Cuevas del Hams (Manacor-Mallorca).

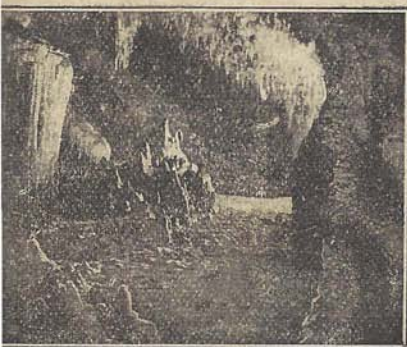


Fig. 242.—«El Baño de la Doncella». (Cuevas de Bellamar-Matanzas-República de Cuba). (Fots. comunicadas por el prof. P. J. M. Alonso S. J.)

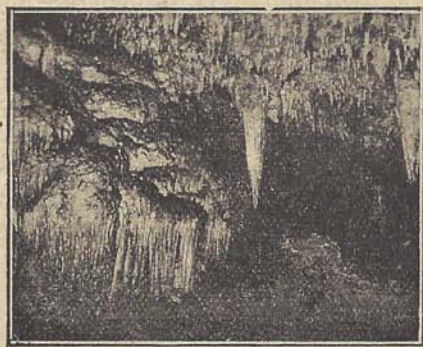


Fig. 243.—«El Techo Helado».

bles. Cuando se hunde el techo de una gruta cualquiera se originan en el terreno hundimientos o depresiones conformes llamados *embudos de disolución*.

AGUA EN ESTADO SÓLIDO

Constituye un poderoso agente de destrucción, si bien, como se comprende, no ejerce su acción más que en los climas fríos y templados y en las altas montañas de los cálidos.

Hielo y nieve.—Cuando la temperatura de la atmósfera es inferior a 0° , el agua existente en los poros y hendiduras del terreno se convierte en *hielo*, o agua en estado sólido y cristalino; pero como al pasar al estado sólido aumenta de volumen, obra a la manera de una cuña, que fragmenta las rocas en multitud de trozos de tamaño variable y de aspecto anguloso (fig. 172). El exceso de vapor de agua contenido en esta atmósfera fría, en lugar de condensarse en forma líquida para dar origen a las lluvias, cae en la forma sólida y cristalizada denominada *nieve*, que fundiéndose cuando la temperatura aumenta, contribuye a engrosar el caudal de los ríos y arroyos y a aumentar su potencia erosiva y denudadora; estas crecidas debidas a la licuefacción de la nieve, son particularmente temibles en todos los países de suelo montañoso, como el nuestro por ejemplo.

En la cúspide de las montañas elevadas, esta liquidación de la nieve no es total y por esto queda siempre en ellas una zona de anchura variable constantemente cubierta de nieve, llamada región de las *nieves persistentes*. Las denominaciones *nieves eternas* y *nieves perpetuas* no expresan con exactitud en lo que consisten. El límite inferior de estas *nieves persistentes* se halla tanto más bajo cuanto más fría es la región, y mientras en las regiones polares se halla al nivel del mar, en el Ecuador se encuentra alrededor de los 5.000 metros. Ordinaria-



Fig. 244.—La nieve como agente protector. Paisaje nevado en Noruega.



Fig. 245.—El nevado del Tolima (5.620 metros), en Colombia, es un ejemplo muy demostrativo de cómo la nieve obra como agente protector, pues es evidente que las rocas que emergen de ella serán más fácilmente erosionadas que las cubiertas. (Fotografía com. por la prof. colombiana Ana Torres Plata).

mente la nieve por sí ejerce más efecto protector que destructor (figuras 244 y 245); pero hay dos casos en los que tiene también efectos destructores, tal ocurre con los *aludes* o *avalanchas* y

con los *glaciares*. Un *alud* consiste en una masa de nieve desprendida de la montaña y que al ir rodando por la vertiente de ésta aumenta gradualmente de volumen por la adición de nuevas cantidades de nieve, pudiendo llegar a adquirir dimensiones considerables y arrasar árboles, casas y a veces hasta pueblos; también puede provenir del corrimiento de toda la nieve acumulada en una vertiente: son relativamente frecuentes en nuestros Pirineos, Cordillera Cantábrica, etc.

Glaciares.—Se pueden definir los *glaciares* diciendo que son «masas de agua congelada con una estructura especial, debida principalmente al rehielo, y dotadas de un movimiento semejante al de los ríos y torrentes; pero de una velocidad incomparablemente menor, sólo pueden existir a grandes altitudes o a latitudes elevadas». (*)

En efecto: cuando las nieves persistentes se acumulan en los *circos* o depresiones rodeadas de altas cimas, sufren en ellos una transformación que determina su conversión en *nevé* o *neviza*, que es una masa «con aspecto de nieve, pero constituida por un hielo de estructura granuda». Esta neviza se forma de la siguiente manera: la nieve acumulada en el circo se liquida en parte por efecto de la presión, y al descender el líquido resultante a las capas inferiores, se solidifica de nuevo, originando la masa de que antes se habló, constituida: por nieve fundida en parte y que perdió su estructura cristalizada; por el hielo resultante de la nueva solidificación debida al rehielo y por cantidad variable de aire que la da un aspecto lechoso.

Los circos donde se forman las nevizas comunican ordinariamente con valles, por los que dicha neviza se desliza lentamente gracias a la pendiente y a la presión ejercida por las nuevas cantidades de neviza que viene detrás: cuando ésta llega a límites inferiores donde la temperatura es algo mayor, se funde en parte, expulsando el aire contenido en su masa, el líquido resultante se introduce por los intersticios de la neviza, y volviéndose a helar se transforma en un hielo coherente y azulado, que es el que consti-

(*) Para toda la nomenclatura en lo relativo a *Glaciología*, o parte de la Geología que se ocupa de los glaciares, sigo al doctor Fernández Navarro en su trabajo «Sobre traducción española de algunos términos frecuentemente empleados en Glaciología» (Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Enero, 1916), pues por no haber actualmente en nuestro país glaciares propiamente dichos, no existen denominaciones genuinamente españolas y es menester castellanizar los términos usados comunmente en el extranjero.

tuye toda la *lengua del glaciar*, o sea «la porción alargada del glaciar que baja entre las paredes de un valle» (*figuras 246, 247*



Fig. 246. — Lengua del glaciar llamado El Mar de Hielo (Mont-Blanc).

y 250). De modo que esta lengua está alimentada por la neviza, la que a su vez lo está por el descenso de la nieve de las montañas del circo.

Ya se dijo que los glaciares están dotados de un movimiento lento: en efecto, este hecho es conocido desde hace tiempo y puede probarse colocando una fila de piedras todo a lo ancho de la lengua de un glaciar

y alineadas a su vez con otras que se ponen en tierra; de este modo puede apreciarse que el movimiento de los glaciares es análogo al de los ríos, puesto que las piedras del centro avanzan más que las de las orillas. Es más, cuando los glaciares procedentes de dos valles se encuentran en un valle común, se unen lo mismo que los ríos y la parte lateral derecha de uno y la izquierda de otro originan la porción central del resultante (*figuras 246 y 250*).

El deslizamiento de los glaciares por los valles, es favorecido por la *plasticidad* de que goza el hielo, que le permite amoldarse a las paredes y al fondo del valle: esta plasticidad es a su vez debida al *rehielo*, fenómeno en virtud del cual cuando dos trozos de hielo se comprimen fuertemente se funden sus superficies de unión para volver a congelarse luego el agua resultante; esto le permite al glaciar adaptarse a todos los accidentes del terreno por donde se desliza.



Fig. 237. — Parte de la lengua y terminación del glaciar d'Argentière, (Mont-Blanc). (Fot. Gignou).

Al mismo tiempo que el glaciar avanza, va englobando, por efecto de la plasticidad del hielo, arenas y trozos de roca que, rozando contra las paredes y fondo del valle por donde se desliza, va erosionando y desnudando las rocas, dándolas un pulimento particular redondeado que les ha valido el nombre de *rocas aborregadas* «porque recuerdan confusamente un rebaño apretado de borregos». En los Picos de Europa se llaman *lamiares*, por su aspecto lamido (*figura 248*).

Los pequeños fragmentos de rocas que el hielo del glaciar ha englobado en su marcha, al ir rozando fuertemente contra las paredes y fondo del valle, son profundamente estriados por la cara por donde rozan: estos fragmentos de rocas de caras planas y estriadas reciben el nombre de *cantos estriados*. Ocurre a veces que de las vertientes



Fig. 248.—En el fondo, rocas aborregadas en el lago de Andara (Picos de Europa). (Fot. O. Cendrero).



Fig. 249.—Bloque errático en la Sierra de Guadarrama. (Del trabajo *Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama*, por los profesores doctor H. Obermaier y doctor J. Carandell).

de las montañas, caen al glaciar trozos de roca de dimensiones considerables que son llevados por éste a gran distancia y sin sufrir estriación ninguna: estos trozos se denominan *bloques erráticos* (*figura 249*). Finalmente, con el nombre de *morrenas* se conocen las «acumulaciones de cantos y barro transportadas por un glaciar, en las cuales se mezclan irregularmente todos los materiales de que está constituida su cuenca». Se distinguen varias clases de morrenas, según su posición (*figura 250*): las *superficiales* provienen de

las rocas, etc., caídas a la superficie del glaciar; como se comprende, habrá mayor cantidad de residuos a los lados, y éstos constituyen las morrenas *laterales*. Cuando dos glaciares se unen, dos de sus morrenas laterales pasan al centro y originan las *centrales* o *medias*; por último, las morrenas *inferiores*, *profundas* o de *fondo*, provienen de la erosión del lecho del glaciar. Todos estos materiales que engloba el glaciar van desgastando profundamente el cauce por donde se desliza, que adquiere forma de U, visto en corte transversal (figs. 251 y 252).

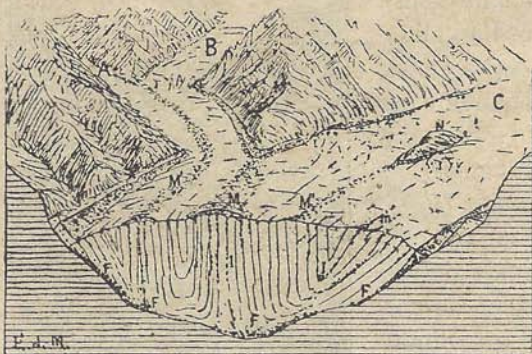


Fig. 250.—Esquema de un glaciar formado por la reunión de las lenguas de los tres glaciares A, B y C.—M, M', morrenas superficiales centrales resultantes de la reunión de las laterales.—F, morrena profunda.—N, origen de la morrena M. (Según E. de Martonne).



Fig. 251.—Cauce del glaciar Bulnes (Picos de Europa).

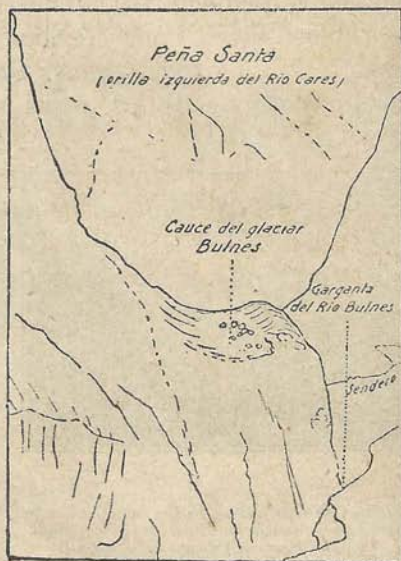


Fig. 252.—Explicación de la figura 251. Ambas según H. Obermaier. (*)

(*) El abate Dr. Hugo Obermaier (ex-catedrático de la Universidad de Viena, ex-profesor del Instituto

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 y bloques erráticos, el barro, etc., originan un depósito morrénico de potencia variable llamado *morrena terminal*. En las regiones polares, los glaciares

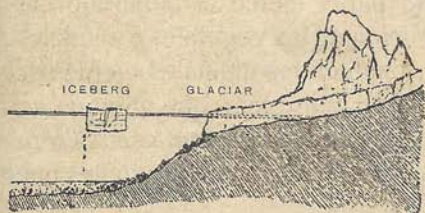


Fig. 253.—Esquema de la formación de los icebergs.
(De Geikie.)



Fig. 254.—Un iceberg.

penetran en el mar sin fundirse; pero como el hielo flota en el agua, tiende a romperse en trozos (fig. 253), que son los que constituyen los hielos flotantes o *icebergs* (fig. 254), tan peligrosos para la navegación, que van fundiéndose gradualmente y abandonando en el mar los detritos que llevan englobados.

AGENTES BIOLÓGICOS

Los seres vivos o *agentes biológicos* contribuyen actualmente, y han contribuido en todas las épocas geológicas, a modificar la superficie terrestre: aun cuando estos agentes son principalmente *constructores*, ejercen también, sin embargo, acción *destructora*.

ACCIÓN DESTRUCTORA

Las raíces de los vegetales, al penetrar por las grietas de las rocas, obran de una manera análoga a como lo hace el agua al con-

de Paleontología humana de París, ex-profesor agregado al Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, catedrático de Prehistoria de la Universidad de Madrid, etc.), es uno de los más jóvenes e ilustres sabios, que ha consagrado su vida al estudio de la Glaciología y de la Prehistoria, en cuyas disciplinas figura a la vanguardia entre los sabios de todos los países, como lo demuestran sus obras *Estudio de los Glaciares de Picos de Europa*, etc., y *El Hombre fósil*, publicadas entre los *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, por la *Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, en 1914 y 1925, respectivamente.

gelarse, es decir (pág. 140), a la manera de cuñas que a medida que van creciendo van fragmentando las rocas: por otra parte, estas mismas raíces obran también por el anhídrido carbónico que desprenden (*), el cual, al convertirse en ácido carbónico, ataca y destruye las rocas: ordinariamente se distinguen estas rocas de las rotas por el hielo, en que suelen presentar pequeños surcos sinuosos por donde pasaron las raíces. Análogo papel ejerce el anhídrido carbónico resultante de la descomposición de los vegetales y animales.

Aun cuando en menor escala, también los animales ejercen acción destructora: entre los marinos no citaré más que algunos *erizos de mar* (fig. 255) y los llamados colectivamente *moluscos litófagos* (gr. *lithos*, piedra; *fagos*, como) (fig. 256), todos los cuales pue-

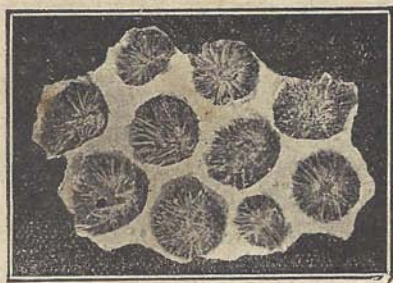


Fig. 255.—Erizos de mar (*Paracentrotus lividus*) alojados en cavidades de una caliza. (Fotografía O. Cendrero).

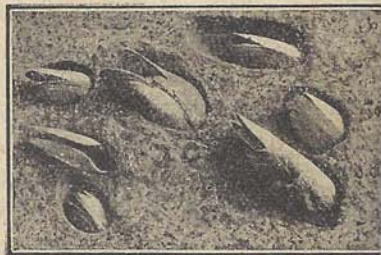


Fig. 256.—Moluscos litófagos (*Pholas dactylus*) alojados en cavidades de una arenisca.



Fig. 257.—Familia de castores y dique construido por ella.

den segregar una cantidad considerable de líquidos ácidos que atacan las rocas, principalmente las calizas, y les sirven para hacerse agujeros, donde viven estos agujeros son otros tantos caminos abiertos para que los demás agentes, y sobre todo el mar ejerzan su acción destructora. Entre los animales terrestres, los *castores* son a veces causa indirecta de destrucción, pues por medio de los diques que fabrican en el curso de los ríos (fig. 257),

(*) Véase mi obra *Botánica*, 5.^a ed., pág. 117.

pueden desviar éstos, que van a erosionar otras regiones distintas: tal ocurrió en algunos ríos de América del N., Colombia, etcétera, cuando estos animales abundaban. Finalmente, el *hombre* es el agente biológico destructor de más importancia: díganlo si no las minas, etc.

ACCIÓN CONSTRUCTORA

Para estudiar ésta pueden agruparse los organismos en *terrestres* y *acuáticos*, y dentro de cada grupo en *vegetales* y *animales*.

ORGANISMOS TERRESTRES

Depósitos de origen vegetal.—Los vegetales que después de morir dejan sus restos en contacto con el aire atmosférico, se descomponen totalmente y el carbono de sus tejidos se convierte en anhídrido carbónico, que en su mayor parte va a la atmósfera; pero en los vegetales cuya putrefacción se verifica fuera del acceso del aire, mientras una parte de su carbono se convierte en anhídrido carbónico, otra parte subsiste bajo la forma de carbono y origina diversos minerales orgánicos, de los cuales no citaré más que los *carbones naturales* y entre ellos la *turba*, *lignito* y *hulla*, puesto que de algunos otros ya se indicó algo en Mineralogía.

FORMACIÓN DE LA TURBA.—Este carbón se forma actualmente en los lugares denominados *turberas*, que necesitan reunir un determinado número de condiciones para que la turba pueda originarse. Una turbera es un lugar pantanoso en el cual los vegetales se descomponen en el agua; se necesita, por tanto, un suelo impermeable o poco permeable; pero es condición *indispensable* que este suelo se halle cubierto de una capa permeable, puesto que los suelos impermeables son generalmente arcillosos y los vegetales que preferentemente forman la turba necesitan que el agua que esté en contacto con ellos sea limpia, pues un agua turbia, al depositar sobre ellos las sustancias que lleva en suspensión, les impediría vi-

vir, por obstruir sus estomas e impedir la respiración; por tanto los suelos mejores son aquellos que poseen una capa de arena sobre la capa impermeable. Las plantas que forman la mayor parte de la turba son los musgos llamados *Sphágnum* (figura 258)



Fig. 258.—*Sphágnum* o Musgo que principalmente forma la turba.

algunos otros géneros, y entre las Fanerógamas la *Ciperáceas* (*), *brezos*, etc., pero siempre en menor cantidad que los primeros. Los *Sphágnum*, como todos los musgos, pero en mayor grado, necesitan una atmósfera húmeda para vegetar lozanamente. Necesitan también una temperatura media de 6° a 8° , lo que explica que en los climas cálidos no existan turberas o que si existen se hallen en las montañas elevadas. Finalmente, por respirar el oxígeno atmosférico necesitan que el aire circule libremente entre ellos. Cuando se encuentran reunidas todas estas condiciones, a medida que los *Sphágnum* y demás vegetales van muriendo, sus restos quedan debajo del agua, donde sufren una descomposición lenta gracias a un microbio que existe en éstas llamado *Bacillus Amylobácter*: como éste no puede vivir

en las aguas cargadas de ácidos, es menester que el agua de las turberas circule, aunque sea lentamente, porque de lo contrario el agua se carga de los ácidos carbónico y úlmico procedentes de la descomposición y ésta no continúa.

FORMACIÓN DEL LIGNITO.—En los lugares pantanosos de las regiones templadas y tropicales se forman actualmente carbones de estructura análoga a la de los lignitos y cuyas condiciones de formación nos indican cuáles habrán sido las condiciones de formación de los lignitos Terciarios; el pantano más instructivo desde este punto de vista es el llamado Dismal-Swamp (en Virginia, Estados Unidos), en el cual, sobre un fondo mantilloso de gran espesor existe un verdadero bosque en el que viven varias especies, entre ellas el ciprés de Virginia (*Taxódium distichum*) (**), cuyos troncos y hojas a medida que van muriendo caen al pantano, donde se convierten lentamente en una materia carbonosa. En los lignitos terciarios de Alemania se encuentra esta misma especie vege-

(*) Véase mi *Botánica*, 5.^a edición, pág. 193.

(**) Véase mi *Botánica*, 5.^a edición, pág. 192.

y en ellos y en los de otros países se ha encontrado en abundancia un microbio análogo al *Bacillus Amylobácter*, denominado *Micrococcus lignitum*, al que se supone sería debida la transformación de los vegetales en lignito.

FORMACIÓN DE LA HULLA.—Es el carbón del terreno llamado Carbonífero o Carbónico, principalmente. Los vegetales que la forman son preferentemente del grupo de los helechos, y los agentes de la carbonización serían también varias especies de microbios que se han encontrado en algunas hullas. Para Haug, este fenómeno de la carbonización de las plantas que forman la hulla, fué relativamente rápido y la hulla poseería desde su formación próximamente los mismos caracteres con que actualmente la vemos, como lo corroboraría el hecho de haber encontrado en algunos yacimientos *cantos rodados* de hulla, es decir, trozos de hulla pertenecientes a yacimientos carboníferos algo más antiguos.

Hay dos teorías para explicarse la formación de la hulla: la *autóctona* y la *alóctona*.

Los partidarios de la primera suponen que la hulla se formaría de una manera análoga a como se ha visto que se forma el lignito y la turba, es decir, en extensos pantanos y lagunas cubiertos de una vegetación exuberante: según esta teoría la hulla se habría formado en el mismo sitio en que se encontraban los vegetales que la constituyen, que es a lo que alude la palabra autóctona (gr. *autós*, mismo; *któn*, país). Corrobora esta teoría, de un modo indirecto,

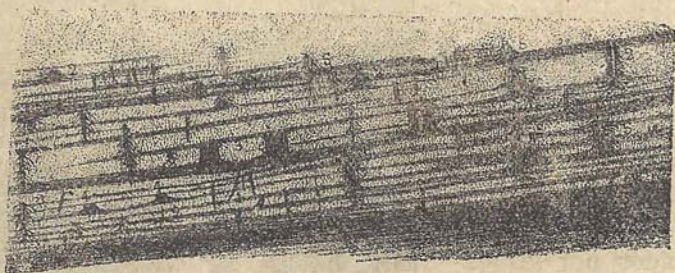


Fig. 259.—Corte de una capa de hulla (según Grand Eury).

el hecho de encontrarse en muchas capas de hulla troncos con sus raíces, en la misma posición que tienen en vida (*fig. 259*).

Los partidarios de la teoría *alóctona* (gr. *allós*, otro, diferente),

suponen que los depósitos de hulla son debidos al acarreo, es decir, son verdaderos aluviones vegetales, constituídos por trozos de hojas, troncos, raíces, etc., y llevados por las aguas de los ríos a



Fig. 260.—Los grandes ríos de América (Misisipi, etcétera) son utilizados para transportar hasta los puertos los troncos de los árboles y sirven para dar una idea aproximada de cómo una acumulación parecida (aunque incomparablemente mayor) en los deltas de los ríos, podría originar los enormes depósitos que formaron la hulla. (Fot. comunicada por el prof. P. C. Ordóñez C. M.).

deltas lacustres o marinos (figura 260). Hablan en pro de esta teoría varios hechos: 1.º, la estructura de los yacimientos carboníferos, pues bien en ellos o en sus proximidades, se hallan capas de arena, cantos rodados, etc., o sea detritos de origen aluvial, y cerca de éstos pizarras bituminosas (véase pizarras); 2.º, la existencia en las capas de hulla de gran número de troncos en posición horizontal y pocos verticales; 3.º, los cantos rodados de hulla, de que antes se habló; etc. Además, la presencia de troncos con raíces en la posición que tendrían en vida, no prueba nada en pro de la primera teoría, ya que si se echan al agua troncos en dichas condiciones, y sobre todo de helechos, se podrá ver cómo van flotando con las raíces hacia abajo. Por estas razones, la teoría alóctona es la que más partidarios tiene hoy, si bien admitiendo que algunas formaciones tienen un origen mixto.

Depósitos de origen animal.—Los principales son el *guano* y las *brechas huesosas*. El *guano* consiste en depósitos, a veces considerables, constituídos por los excrementos de aves marinas (fig. 261), mezclados con los restos de los peces de que se alimentan y los de las mismas aves cuando mueren: se hallan en algunas regiones próximas al Ecuador, preferente-



Fig. 261.—Figura destinada a explicar cómo las grandes agrupaciones de aves marinas (albatros, etc.) pueden llegar a formar el guano. (De Rinne).

mente-

(C) fosforuano - nitroguano son divisiones del guano

mente en las islas de Chincha (Perú). Las *brechas huesosas* consisten en fragmentos de huesos cementados por diversas sustancias, principalmente caliza: son poco abundantes.

ORGANISMOS ACUÁTICOS

Depósitos de origen vegetal.—Merece citarse el *trípoli*, que está constituido por la acumulación de los caparazones de ópalo de las algas microscópicas denominadas *diatomeas* (*) (fig. 262), que en número enorme viven tanto en las aguas continentales como marinas de los países fríos y templados principalmente, de cuyas aguas, que son más ricas en silicatos que las de los mares ecuatoriales, toman la sílice que necesitan para formar sus caparazones.

Depósitos de origen animal.—Los principales son los producidos por los *protozoos*, *pólipos* y *moluscos*, que viven preferentemente en el mar. Todos estos animales tienen un esqueleto o un caparazón constituido por carbonato cálcico en forma de calcita, o de aragonito. Como el carbonato cálcico se encuentra en pequeña cantidad en las aguas del mar, y en cambio el yeso es más abundante, se supone que es este último el que suministra la mayor parte del calcio necesario para la formación de sus caparazones y esqueletos.

De todos los depósitos originados por estos animales, los más importantes son los formados por algunos *pólipos* que viven en colonias (**) (figs. 263 y 264): dichos depósitos no se verifican más que en mares cálidos, porque los animales que los edifican no pueden vivir en agua cuya temperatura sea inferior a 20°; tampoco se encuentran en la proximidad de los continentes en sitios donde desagüen ríos, etc., porque el agua dulce les perjudica; por último, a profundidades mayores de 40 metros tampoco originan depósi-



Fig. 262.—Diatomea vista de frente, 1, y de perfil, 2.

(*) Véase *Botánica*, 5.ª edición, pág. 60.

(**) Véase *Zoología*, 5.ª edición, *Antozoos*, pág. 105.

tos, pues por debajo de dicha profundidad viven aislados o en pequeñas colonias en vez de formar grandes colonias: todas estas

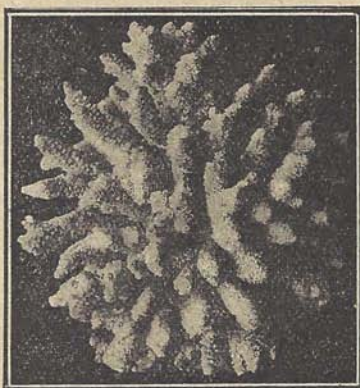


Fig. 263.—*Madrepora bullata*. (Fot. comunicada por el prof. Dr. E. Rioja).

Colonias de dos de los políperos que contribuyen a formar los arrecifes e islas madreporicas o de coral.



Fig. 264.—*Madrepora Pharaonis*. (Fotografía O. Cendrero).

condiciones se encuentran reunidas en los mares ecuatoriales, preferentemente en el Pacífico, que es donde hay mayor número de estas formaciones llamadas *arrecifes* e *islas madreporicas* o de *coral*. Los primeros (fig. 265) se encuentran principalmente en la



Fig. 265.—Vista parcial de un arrecife de coral en la mares baja.

proximidad de las costas y en cuanto alcanzan la altura del nivel del mar, las olas van destruyendo progresivamente su superficie superior, por lo que ordinariamente no emergen de éste y constituyen un peligro para la navegación. Cuando los arrecifes de coral se forman en medio del mar pueden

llegar a constituir una isla de coral por acumularse primero en el centro del arrecife los restos de los corales destrizados por las olas y por continuar después la actividad constructora de los pólipos alrededor de la isla formada, sobre todo en la parte menos azotada por las olas. Entre las islas de coral merecen mención especial las denominadas *atoll* en lenguaje malayo; consisten

éstos en varios arrecifes que llegando a unirse forman uno circular, en cuyo interior queda una laguna de agua salada que, desecada por una activa evaporación y arrastrados por el viento el yeso, sal, etcétera, depositados, puede llenarse de agua dulce en la época de las grandes lluvias (fig. 266). Tanto en éstas como en las restantes islas puede aparecer la vegetación por las semillas transportadas por el viento, por las aves o por las aguas.

Los depósitos originados por los *Protozoos* se hallan en todo el fondo de los océanos y están constituidos por la acumulación de los caparazones, tanto calizos como silíceos, de estos micros-



Fig. 266.—Conjunto esquemático de un atolón y de parte de un arrecife de coral.

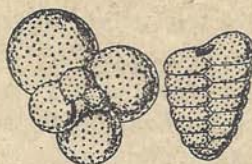


Fig. 267. Fig. 268
Caparazones de *Globigerina* (267)
y *Textularia* (268), dos de los
Protozoos que contribuyen a formar
rocas.

cópicos seres que viven flotando en la superficie de los mares, constituyendo gran parte del plancton (pág. 36) (figs. 267 y 268).

Los de los *moluscos* son debidos a la acumulación de las conchas de éstos, que en algunos sitios viven en cantidades considerables, formando los llamados *bancos*, como los de *ostras*, etcétera: en otros lugares se forman por la acumulación en las playas de las conchas arrojadas por las olas.

Sección 303

LITOLOGÍA

Ya se dijo anteriormente (pág. 40) que es la parte de la Geognosia que se ocupa del estudio de las *rocas*, las cuales, según se indicó también, son los minerales o mezclas constantes de mine-

Es la parte de la geología que ocupa gran extensión

rales que se encuentran en la Tierra en masas bastante considerables.

Composición mineralógica de las rocas. — Según se desprende de la definición, y de lo que se dijo anteriormente, existen rocas *simples* o constituidas por un solo mineral (caliza) y *compuestas* o formadas por la reunión de dos o más minerales (granito). Estas últimas son las más numerosas y en ellas, mientras unos minerales son *esenciales*, es decir, que si faltan, la roca se convierte en otra distinta, otros son *secundarios* o *accesorios* porque su presencia en la roca es meramente accidental. En la roca llamada granito son elementos esenciales el cuarzo, el feldespato ortosa y la mica, mientras que son elementos accesorios, la turmalina, los granates, etc.: si en un granito falta el feldespato ortosa, pasa a otra roca distinta llamada micacita (cuarzo y mica), y si falta la turmalina, sigue siendo granito.

Clasificación de las rocas (*). — Con arreglo a su *origen* las rocas se dividen en *ígneas, eruptivas* o en *masa*, que son debidas a la actividad interna del globo; *sedimentarias* o formadas a expensas de los materiales de rocas preexistentes, y *metamórficas*, que son las sedimentarias o las ígneas que después de su constitución han sufrido cambios más o menos grandes en su estructura. Finalmente, como apéndice se estudian las rocas de origen extraterrestre o *meteoritos*.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Todas estas rocas son debidas a la actividad de los agentes geológicos externos estudiados. Atendiendo a su origen, se dividen: en rocas de *origen mecánico*, que por estar constituidas por fragmentos de otras rocas reciben también los nombres de *detriticas, clásticas* o *deutógenas* (gr. *klao*, romper; *klastos*, trozo; *deutos*, segundo); rocas de *origen químico* o sedimentarias de *precipitación química*, y rocas de *origen orgánico*: estas dos úl-

(*) En toda la parte de Litología sigo el *Traité Pratique de Geologie*, traducción francesa que P. Le-moine ha hecho de la obra de J. Geikie *Structural and Fiel Geology*.

timas suelen denominarse también rocas *protógenas* (gr. *protos*, primero).

Rocas de origen mecánico.—Según el agente que las origine se dividen en rocas *eólicas* o formadas por el viento (de *Eolo*, dios mitológico de los vientos), rocas *neptúnicas* o *hidráulicas* (de *Neptuno*, dios de las aguas), formadas por la acción mecánica del agua líquida, que son las *sedimentarias propiamente dichas*, y *rocas glaciares*.

ROCAS EÓLICAS.—Las principales son las *arenas* que constituyen las dunas, y el *loess*, ya citado (pág. 116): son rocas de partículas incoherentes.

ROCAS HIDRÁULICAS.—Entre ellas se encuentran rocas poco coherentes, como las *arcillas* (pág. 106); las *arenas*, formadas por pequeños fragmentos redondeados o angulosos de diversas clases de minerales, pero ordinariamente de cuarzo o de caliza; las *gravas*, *cascajos* o *guijos*, formados por trozos ordinariamente redondeados, o *cantos rodados*, del tamaño de un guisante al de una ave llana, y los *guijarrales*, formados por *guijarrones* o cantos rodados de mayor tamaño, también llamados cudones en algunas regiones de Castilla la Vieja.

Todas estas rocas pueden pasar a otras más coherentes cuando sus elementos son unidos por un cemento que ordinariamente es *silíceo* o *calizo*, pero que también puede ser *arcilloso* o *ferrugi-*



Fig. 269.—Cantera de arenisca en Cabezón de la Sal (Santander): hendiendo la roca con cuñas.



Fig. 270.—Ruedas de afilar obtenidas de la arenisca de la figura 269.

(Fots. O. Cendrero).

noso: las arenas cementadas pasan a *areniscas* o *asperones*, como esas de grano fino y homogéneo de que se hacen las ruedas y piedras de los afiladores (figs. 269 y 270); los cascajos y gujarrones

pasan a *conglomerados*: cuando los elementos de éstos son redondeados reciben el nombre particular de *pudingas* o *almendrones* (fig. 271), y



Fig. 271.—Pudinga.



Fig. 272.—Brecha.

si son angulosos se llaman *brechas* (fig. 272).

ROCAS GLACIARES.—En los países fríos y templados es frecuente encontrar en las vertientes de la montañas o en la parte de éstas no cubiertas de tierra vegetal, montones de piedras de espesor variable, constituídos por fragmentos angulosos que provienen de la acción del hielo (pág. 140): a veces se cementan y forman brechas. Por último, los glaciares dejan en el punto donde funden o morrena terminal, una *arcilla pedregosa* constituida por arcilla, arena, grava, etc., con otros elementos de tamaño y en cantidades variables:

Rocas de origen químico.—Son todas rocas simples como el *sílex*, las *hematites roja y parda*, la *siderita*, la *dolomita*, etcétera, en cuyo mecanismo o modo de formación no es posible entrar sin salir del terreno elemental; de las *estalactitas* y *estalagmitas*, *yesso*, *sal*, etc. se indicó algo (págs. 136 y 137); algunos *mármoles* parecen provenir de la disolución de calizas por aguas cargadas de ácido carbónico, que después dejan cristalizar el carbonato cálcico.

Rocas de origen orgánico.—Entre las de *origen vegetal* se encuentran las *rocas carbonosas* o *carbones minerales*, el *trípoli* y las *tobas calizas*: éstas son rocas blandas y poco coherentes que se forman por depositarse carbonato cálcico sobre algunas algas, musgos, etc.

Entre las de *origen animal* se encuentran la mayor parte de las *calizas*, en las cuales es posible reconocer casi siempre su procedencia orgánica, porque encierran restos de animales, preferentemente corales, que son los que más han contribuido a estas formaciones. Otras veces no es posible distinguir bien su origen, porque las aguas carbónicas y otras causas han hecho sufrir modificaciones a la roca, después de su constitución: donde mejor puede re-

conocerse es en la *creta*, en las *lumaquelas* o calizas con abundantes restos de conchas, etc. También puede considerarse como verdadera roca el guano. (pág. 150).

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Todas las rocas sedimentarias anteriormente estudiadas, pero principalmente las formadas por el agua, se depositan constituyendo *estratos* o *capas* superpuestas, separadas entre sí por superficies más o menos paralelas. La parte de la Geotectónica que se ocupa del estudio de estas capas sedimentarias o estratos, recibe el nombre de *Estratigrafía*.

Con el nombre de *facies* de un estrato o grupos de estratos, se conoce al conjunto de caracteres *litológicos* y *paleontológicos* que presentan en un sitio dado, pues en el mar, por ejemplo, los materiales depositados en puntos alejados de los continentes tendrán caracteres muy distintos que los depositados en la proximidad de éstos, y los animales y vegetales que en ellos vivan serán también distintos, ya que a unos les perjudican las aguas turbias, mientras que otros viven perfectamente en ellas, etc. En Geología histórica se volverá a hablar de las facies.

El *espesor* o *potencia* de los estratos es variable, pues depende del mayor o menor tiempo que ha durado la sedimentación sin interrumpirse, y también de la cantidad de materiales aportados por los agentes que la ocasionan. Por estas razones, mientras unos estratos son muy delgados, otros llegan a alcanzar muchos metros de espesor.

Al depositarse los materiales que forman los estratos, lo hacen en capas *horizontales* (fig. 273); pero ulteriormente, y por razones que se verán más adelante, estos estratos se doblan o

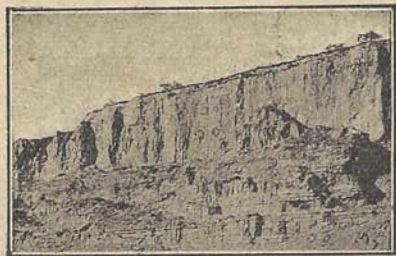


Fig. 273.—Estratos casi horizontales. (Cerro de Cantabria-Logroño). (Fot. com. por el ing. R. Sánchez Lozano).

pliegan más o menos profundamente y originan los llamados pliegues o estratos *diclinales* (figs. 274 y 275), los cuales presentan unas partes en forma de A, denominadas *anticlinales* (figura 276), y otra en forma de V, llamadas *sinclinales* (figura 277). Se comprende que los estratos de todo pliegue

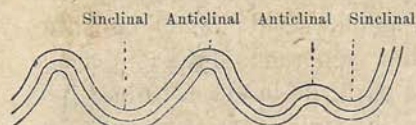


Fig. 274.—Pliegues diclinales.



Fig. 275.—Pliegue diclinal en Sarriá (Barcelona). (Fotografía com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).



Fig. 276.—Anticlinal en Jabalera (Cuenca). (Del trabajo «La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo», por el prof. J. Royo).



Fig. 277.—Sinclinal en la Punta del Fabioler (Andraitx-Mallorca). (Fot. por el prof. B. Darder de la col. del Mus. Nac. de Ciencias Naturales comunicada por el prof. Dr. L. Fernández Navarro).



Fig. 278.—Estratos inclinados y concordantes. (Górliz-Vizeaya). (Fot. O. Cendrero).



Fig. 279.—Estratos inclinados y concordantes. (Cabo Mayor Santander). (Fot. O. Cendrero).

diclinal se hallarán siempre más o menos *inclinados* (figs. 278 y 279), pudiendo presentarse algunas veces verticales o casi ver-

ticales (*fig. 280*). En la mayor parte de los casos no se ven completos los pliegos diclinales, ni siquiera los anticlinales o los sinclinales, bien por ser tan grandes que no se pueda alcanzar a verlos totalmente, bien porque haya desaparecido parte de ellos por ablación: en ambos casos se reconoce la existencia del pliegue por la inclinación de las capas a que antes se hizo referencia (*fig. 278 a 280*). Cuando los lados de los ángulos de anticlinales y sinclinales son casi paralelos, se originan los llamados pliegues *isoclinales* (*fig. 281*), nombre que también se aplica al conjunto de estratos que se hallan inclinados en la misma dirección (*figs. 278 a 280*).

Finalmente, un estrato se dice que es *concordante* con otro cuando se ha depositado sobre la superficie *no denudada* de éste, formando capas *paralelas*, sean o no horizontales (*figs. 273 a 281*): indican una sedimentación continua. Por el contrario, se dice que un estrato es *discordante* con otro u otros cuando se ha formado sobre la superficie *denudada* de éstos (*fig. 282*); la discordancia más frecuente es la llamada *angular*, debida a que



Fig. 280.—Estratos casi verticales y concordantes (provincia de Barcelona). (Fot. comunicada por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

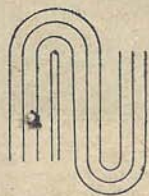


Fig. 281.—Pliegues isoclinales.



Fig. 282.—Estratos paralelos discordantes: los estratos A son concordantes, y lo mismo los B; pero los A y B son discordantes entre sí. (De Geikie).

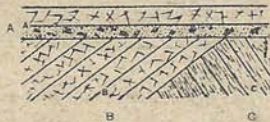


Fig. 283.—Los estratos A son concordantes, y lo mismo B y C; pero los A, B y C son discordantes entre sí.

las capas que recubren a las denudadas no tienen la misma inclinación que éstas (*figs. 283 y 284*).

Las mismas causas que motivan el plegamiento de los estratos, determinan también su *rotura*, que puede quedar reducida a sencillas *hendiduras* o grietas (*diaclasas*) o sea roturas sin resbala-

miento en las dos partes resultantes, o bien a roturas con desplazamiento de arriba abajo de una de las dos masas que resultan; estas últimas roturas reciben el nombre de *fallas*, las cuales afectan formas muy variadas (figs. 285 a 290). Las fallas se hallan



Fig. 284.—Discordancia angular en la Montaña de la Tentación (Palestina). (Fot. com. por el P. Celestino Cebrián O. F. M).

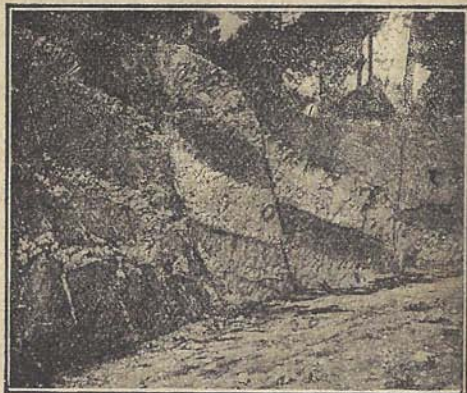


Fig. 285.—Fallas en San Esteban de Castellá (Lérida). (Fotografía Vidal com. por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).



Fig. 286.—Falla en Piedrabuena (Ciudad Real). (Fot. prof. J. Gómez de Llarena de la col. del Museo Nacional de Ciencias Naturales com. por el profesor Dr. I. Fernández Navarro).



Fig. 287.—Falla, en Castellví (Barcelona), de unos diez metros de alto y con el plano de falla curvo. (Fot. com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

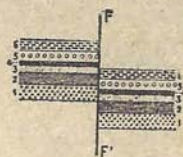


Fig. 288.—Falla vertical.

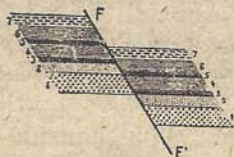


Fig. 289.—Falla normal. F, F', Plano de Falla. (De Haug)

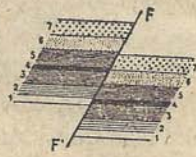


Fig. 290.—Falla inversa.

a veces aisladas, pero es muy frecuente que se presenten varias en una región,

en cuyo caso pueden dar lugar a la formación de los llamados *horst* o *pilares* y de las *fosas*: un *horst* consiste en una extensa zona de estratos no hundida, o zona resistente, comprendida entre dos o más zonas hundidas, debidas a la existencia de fallas que van en sentido inverso a uno y otro lado del horst (*fig. 291*): una *fosa* es una zona de estratos hundida situada entre otra u otras no hundidas y limitada por fallas paralelas (*fig. 292*).



Fig. 291.—Horst.



Fig. 292.—Fosa

(De Haug).

Geosinclinales.— El enorme espesor de algunas series de estratos que, con facies semejante, llegan a alcanzar en algunas regiones más de 10.000 metros, indica que durante mucho tiempo se verificó la sedimentación en condiciones análogas, pues de haber variado estas habría cambiado también la facies de los estratos; pero como «estos enormes depósitos de materiales no puede explicarse por una sedimentación en las condiciones ordinarias, pues por muy profundo que supusiéramos el mar en que se realizaba, llegaría a llenarse de sedimentos, y éstos tomarían al cabo el carácter nerítico» (*) o de aguas poco profundas (pág. 36), se supone hoy que en los mares existen grandes y largas depresiones o fosas en vía de hundimiento, comprendidas entre dos macizos



Fig. 293.—Esquema de un geosinclinal: los números 1 a 10 demuestran la continuidad de la sedimentación en el centro y la discontinuidad en los bordes. (De Haug).

más resistentes: estas largas y profundas depresiones reciben el nombre de *geosinclinales* (*fig. 293*) para distinguirlas de los *sinclinales* de que antes se habló (que son menos extensos), y en ellos es donde se van formando gradualmente esos enormes estratos a medida que se va hundiendo su fondo. Pero a medida que esto ocurre, los sedimentos primeramente formados irán entrando en zonas cuya temperatura es cada vez más elevada, en virtud de lo que se sabe del grado geotérmico (página 37). «Una acumulación de sedimentos de 1.000 metros

(*) De la obra del Dr. Lucas Fernández Navarro.—*Paleogeografía.—Historia Geológica de la Península Ibérica.*—Madrid, 1916.

acarreará una elevación de temperatura del antiguo fondo del



Fig. 294.—Figura destinada a demostrar el paso gradual de los estratos del geosinclinal a zonas de temperatura más elevada; a la derecha los grados; a la izquierda los metros. (De Haug).

mar de unos 30°, y como las acumulaciones de 10.000 metros no son un hecho excepcional en los geosinclinales, los primeros sedimentos formados serán así llevados gradualmente a una temperatura de 300° (Haug) (fig. 294). Ya

se verán más adelante importantes aplicaciones de esta noción.

AGENTES ERUPTIVOS (*)

La actividad interna del globo se manifiesta por los *fenómenos volcánicos* o *erupciones volcánicas*, localizados en determinados puntos de la superficie terrestre que se denominan *volcanes*. Un volcán puede definirse diciendo que consiste en la abertura de comunicación de las materias fundidas del interior de la tierra, con la superficie de la misma. En todo volcán hay que distinguir: el *foco* o región profunda de la litosfera donde se originan las materias fundidas; la *chimenea* o conducto por donde se verifica la ascensión; el *cráter* o parte terminal de la chimenea en forma de embudo con la parte ancha hacia afuera, y las *lavas* o materias fundidas arrojadas por la chimenea, que en conjunto afectan *forma cónica*, en cuyo centro próximamente se halla el cráter (figs. 295 a 299): además de la chimenea central o principal suele haber otras laterales de menor diámetro. Las capas de lava que constituyen el monte volcánico están inclinadas en todas direcciones a partir de la chimenea y en discordancia con las capas sedimentarias en que se apoyan.

Los volcanes llamados *activos* poseen ordinariamente períodos de actividad, denominados *erupciones*, alternando con otros períodos de calma o reposo más o menos absoluto: cuando a un volcán no se le ha conocido ninguna erupción en período histórico,

(*) Para el desarrollo de este capítulo sigo principalmente la obra de Haug.

EJEMPLOS DE CRÁTERES Y CONOS VOLCÁNICOS



Fig. 295.—El Volcán Montsacopa (Olot-Gerona).



Fig. 296.—El Volcán Cruscat (Olot-Gerona).

Como ejemplo de volcanes apagados con el cono de lavas y el cráter bien manifiestos. La fig. 295 fotografía y la fig. 296 pintura del natural por el Pbro. J. Gelabert, autor del trabajo *Los volcanes extinguidos de la provincia de Gerona*.

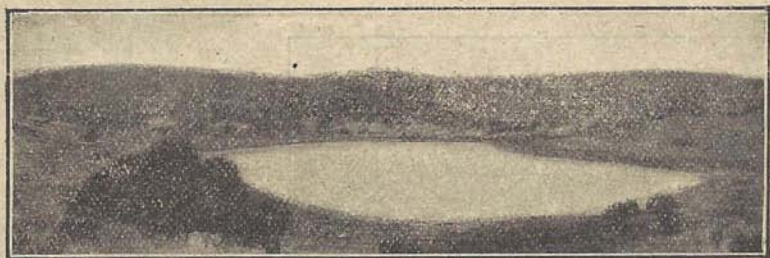


Fig. 297.—La Laguna de la Posadilla (Valverde de Calatrava-Ciudad Real), como ejemplo de cráter de volcán apagado, actualmente lleno de agua. (Fot. com. por el Pbro. J. M.^a de la Fuente).



Fig. 298.—La Caldera de Bandama (Gran Canaria), como ejemplo de cráter de volcán extinguido. (Fot. comunicada por el profesor Dr. J. Gómez de Llarena).



Fig. 299.—El Pico del Teide (Tenerife-Canarias) como ejemplo de cono volcánico y de volcán activo que se consideró como extinguido. (Fot. comunicada por el profesor Dr. Fernández Navarro).

se le califica de *extinguido* o *apagado*; ejemplo de ello tenemos en España, en la Mancha, Gerona, Cabo de Gata, etc. (*figuras 295 a 298*).

La duración de los períodos de actividad y reposo en los volcanes activos, es muy variable. Algunas veces los períodos de reposo son tan grandes, que pueden dar lugar a que se considere a los volcanes como extinguidos; el ejemplo clásico es el Vesubio, al que antiguamente ni siquiera se le consideraba como volcán, hasta que el año 79 de la Era Cristiana, tuvo la erupción, tristemente célebre en la historia, que enterró las poblaciones Pompeya y Herculano. También el Teide (Tenerife-Canarias) (*fig. 299*) es un volcán activo (*fig. 303*) que durante algún tiempo se le ha considerado como extinguido.

Tipos de erupciones. — Las erupciones volcánicas no son todas iguales, sino que difieren bastante unas de otras, debido, principalmente, al *estado físico* de las lavas, sobre todo a su mayor *fluidéz* o *viscosidad* en el momento de la erupción. A pesar

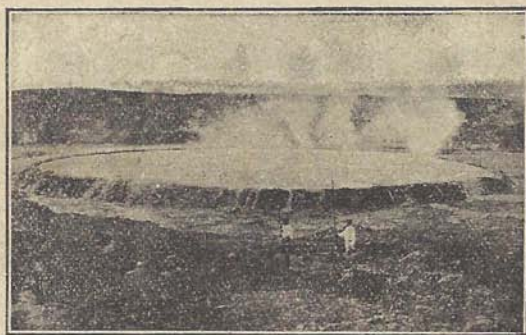


Fig. 300. — Cráter del volcán Kilauea. En realidad, el cráter primitivo del Kilauea es enorme, pues su circunferencia mide unos 12 kilómetros; pero hace ya tiempo que no está todo él en actividad, sino que ésta se limita a una o más regiones o cráteres secundarios, como el que representa esta figura que reproduce el estado de cráter en 1893. Al fondo se ve la pared del cráter primitivo. (Fotografía F. G. T. Silva).

de esta semejanza en las erupciones, pueden reducirse a cuatro tipos principales bien caracterizados, que son: el *havaiese*, así llamado por presentarse en los volcanes Mauna-Loa y Kilauea, de las islas Hawai o Sandwich (Pacífico); la lava de estos volcanes es muy *flúida*, y en los períodos

de actividad sale sin violencia ni explosiones ni proyección de cenizas; llena completamente el cráter (*figs. 300 y 301*), y desbordándose, origina en las vertientes corrientes como las del agua, y como ésta, forma cascadas, etc. (*fig. 302*), hasta que enfriándose lentamente se solidifica; el vapor de agua y los gases que salier

de la lava encerrada en el cráter, hace semejar a éste a una inmensa caldera en ebullición.

El tipo *estromboliense* es característico del volcán Estrómboli (isla Estrómboli, archipiélago de Lípari, en Italia); la lava es me-



Fig. 301.—Cráter del volcán Kilauea en la erupción de 17 de septiembre de 1920. A, pared del cráter primitivo; B, un cráter secundario; C, río de lava con islotes flotantes de lava solidificada. (Fot. Jaggar comunicada por el P. M. Saderra S. J.).



Fig. 302.—Cascada de lava del volcán Kilauea. (De Rinne).



Fig. 303.—Explosión estromboliense en el volcán Chinyero (Teide-Tenerife-Canarias) en 1909. (Fotografía Laguarda y Manrique. Del trabajo del Dr. Fernández Navarro titulado *Resumen de la conferencia acerca de la erupción volcánica del Chinyero*. Bol. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat. Febrero 1910).



Fig. 304.—Explosión estromboliense del Vesubio vista durante la noche. (Fot. Fumagalli).

nos flúida que en el anterior y en las erupciones la salida de los gases y vapores se verifica con gran violencia, determinando abundantes proyecciones sólidas (figs. 303 y 304),

denominadas *bombas* cuando son más o menos fusiformes (*figuras 305 a 308*), y *escorias* cuando tienen forma irregular y son porosas; apenas se forman *cenizas*: las lavas salen del cráter con gran facilidad, y al escapar de ellas los gases y vapores dejan

oquedades que dan a su superficie el aspecto de una escoria.

El tipo *vulcaniense* le presentó el Vulcano (isla Vulcano, Lipari) en 1888-89; su lava es muy viscosa, por lo cual al salir tiende a taponar el cráter; por estas razones la salida de los gases y vapores no se verifica con facilidad



Fig. 305.



Fig. 306.

Dos tipos de bombas volcánicas.

como en los tipos anteriores; sino que tiene que hacerlo bruscamente, originando explosiones violentas que determinan la pulverización de la lava y la formación de abundantes *cenizas*, de las que las más pesadas caen en las vertientes del volcán y lugares próximos, mientras que las más ligeras, mezcladas



Fig. 307.—Gran bomba volcánica en una corriente de lava del Teide. (Tenerife-Canarias). (Fot. com. por el profesor Dr. L. Fernández Navarro).



Fig. 308.—Bomba volcánica de un metro cúbico existente en el Museo Martorell (Barcelona). (Fot. com. por el prof. doctor M. San Miguel de la Cámara).

con el vapor de agua y gases, determinan la formación de grandes y densas nubes (*figs. 309 y 310*), que así que llegan a las regiones frías de la atmósfera condensan su vapor de agua,

que pueden caer en forma de lluvia en las vertientes del volcán, y arrastrando las cenizas acumuladas originan corrientes de barro caliente que avanzan con grandes velocidades: las cenizas y el



Fig. 309.—Explosión vulcaniense del Vesubio.
(Fot. Mercalli).

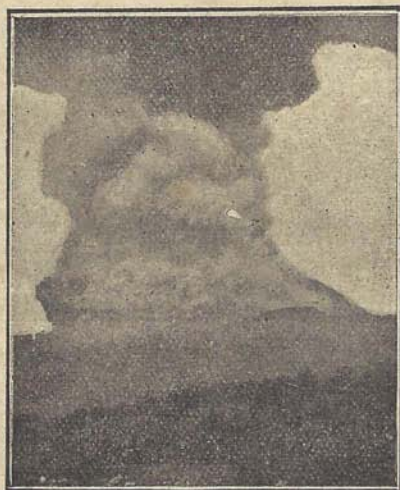


Fig. 310.—Erupción vulcaniense del volcán Bulusán (Isla de Luzón-Filipinas) en 10 mayo 1919; altura de la columna, 2.000 metros. (Fot. com. por el P. M. Saderra S. J., Director del Observatorio Sismológico de Manila-Filipinas).



Fig. 311.—Nube ardiente de la Montaña Pelada, a su llegada al mar.
(Fotografía Lacroix).

barro de la erupción del Vesubio de tipo vulcaniense, del año 79, fueron las que enterraron Pompeya y Herculano: las lavas de este tipo avanzan muy lentamente y tienen su superficie poco porosa.

Finalmente, el tipo *pelense* (de la erupción en 1902 de la Montaña Pelada, Martinica, Antillas), es análogo al vulcaniense, pero con lavas más viscosas aún y nubes *descendentes* (figura 311), en vez de ascendentes: la temperatura de estas nubes peleen-ses es elevadísima, de donde el nombre de *nubes ardientes* con que se las

conoce; éstas fueron las que destruyeron la ciudad de San Pedro etcétera, en 1902 (*fig. 312*).

Conviene advertir que un mismo volcán puede presentar suce-



Fig. 312.—Vista parcial de la ciudad de San Pedro de la Martinica después de su destrucción por la nube de la figura 311: al fondo la Montaña Pelada con una aguja sólida que emergió por el cráter después de la erupción. (Fotografía Lacroix).

sivamente erupciones de varios tipos, como el Vesubio, por ejemplo, que las ha tenido estrombolienses y vulcanienses.

Fumarolas y fuentes hipógenas.—Relacionadas con la actividad volcánica se encuentran las *fumarolas* (lat. *fumus*, humo), que consisten en la emisión de vapor de agua, anhídrido carbónico y otros gases a temperaturas variables (des-

de la temperatura ordinaria a más de 500°) en lugares próximos a los volcanes activos o extinguidos. Las fumarolas reciben diversos nombres ateniendo a su temperatura y a su composición (tanto más compleja ésta cuanto más elevada es aquélla), mereciendo citarse de todas ellas las llamadas *mofetas* o *fumarolas frías* y las *solfataras* o *fumarolas alcalinas*. Los gases que salen de las primeras lo hacen con una temperatura próximamente igual a la del medio ambiente y consisten en anhídrido carbónico y varios carburos de hidrógeno: estos últimos gases comunican a la fumarola un olor típico, al que deben su nombre de mofetas (del neerl. *muf*, que huele a moho). Las solfataras (*figura 313*) emiten, principalmente, vapor de agua, sales amónicas y ácido sulfhídrico, todo ello a una temperatura entre 40° y 100°: cuando este último gas se pone en contacto con la atmósfera, se oxida incompletamente y se deposita azufre ($\text{SH}_2 + \text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{S}$), que se recoge con fines industriales: de aquí proviene su nombre (lat. *sulphur*, azufre). Los mismos volcanes, en cuanto termina una erupción de cualquiera de los tipos descritos continúan emitiendo vapor de agua y diversos gases durante un tiempo variable: entonces se dice que se hallan en la *fase de*

fumarola, por su analogía con las mencionadas (*figuras 314 y 315*; véase también las *figuras 13 y 14*): de muchos volcanes debería decirse más bien que están en fase de solfatara por desprender ácido sulfhídrico y depositar azufre. Por último, los llamados *volcancitos de fango* o *macalubas* (palabra de origen árabe que quiere decir desorden o trastorno) consisten en la emisión de diversos carburos de hidrógeno (acompañados a veces de anhídrido carbónico y de ácido sulfhídrico) en terrenos arcillosos: estos desprendimientos dan lugar a la formación de pequeños conos de barro que semejan volcanes (*fig. 316*). Algunas macalubas están relacionadas con los volcanes y en la proximidad de éstos: otras son independientes de ellos. Se encuentran en Sicilia (Italia); Morón (Sevilla) (*figuras 317 y 318*), Colombia (*fig. 316*), América Central, etcétera.

Las *fuentes hipógenas* (gr. *ypó*, debajo; *genes*, que es engendrado), son los manantiales *termales*, o *caldas* en español (*figura 319*), cuya temperatura no es superior a 100° y que se hallan en la proximidad de los volcanes activos o extinguidos; según el geólogo alemán Suess, se distinguen de las fuentes termales de que se habló (pág. 136), por el carácter llamado *pulsación*, que consiste en una *intermitencia* en la cantidad de agua que de ellas mana; pero en la práctica, es casi imposible distinguir unas de otras: algunas fuentes termales parece que tienen también un origen volcánico, a pesar de estar lejos de éstos. Un caso particular de las fuentes hipógenas son los *geiseres* o *gáiseres* (del islandés *geysa*, fluir con violencia), que consisten en surtidores de agua hirviendo, o a temperatura próxima a los 100°, que salen con intermitencia por chimeneas análogas a las volcánicas, y que van acompañados o no de explosiones: en algunos la columna de agua alcanza a 60 metros de altura. Son abundantes en Islandia, en Nueva Zelanda (*figura 320*) y en Yellowstone (Estados Unidos) (*figuras 320 a 323*). Tanto las fuentes termales como los geiseres llevan en sus aguas muchas sustancias minerales en disolución (*figura 132*), principalmente ópalo y calcita.

Teorías del volcanismo.—La presencia de vapor de agua y de cloruro sódico en los productos volcánicos y el hecho de presentarse la mayor parte de los volcanes en islas o continentes, pero próximos a la costa, han sido causa de que durante mucho tiempo

FUMAROLAS Y MACALUBAS



Fig. 313.—Solfataras de Puzzuoli, cerca del Vesuvio; es una de las mejor estudiadas. (Fot. Perret).



Fig. 314.—Cráter del Chinyero en fase de fumarola después de la erupción que reproduce la figura 303. (Fot. Perret).



Fig. 315.—Fase de fumarola del Bulusán el 12 de mayo 1919, o sea dos días después de la erupción vulcaniense de la figura 310. (Fotografía comunicada por el P. M. Saderra S. J.)



Fig. 316.—Macalubas o volcancitos de fango en Turbaco (Colombia).—Reproducción de un grabado del *Manual de Geología*, por J. Villanova, célebre naturalista español del siglo XIX.

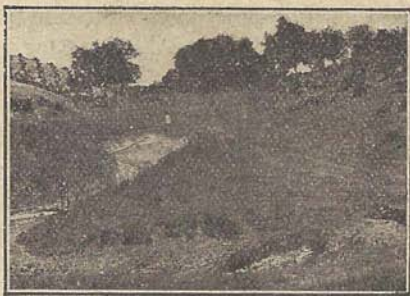


Fig. 317.

Los macalubas de Morón (Sevilla). (Fots. J. Plata Nieto com. por el prof. E. Albórs).



Fig. 318.



Fig. 319.—Las Burgas (Orense) son las caldas de España que tienen más elevada temperatura ($68,5^{\circ}\text{C.}$) (Fot. com. por el prof. G. Nieto).



Fig. 320.—El géiser de Waimangu (Nueva Zelanda) era el mayor del mundo, pues arrojaba el agua a una altura de más de 300 metros. Fue destruido en 1886 por una explosión volcánica.

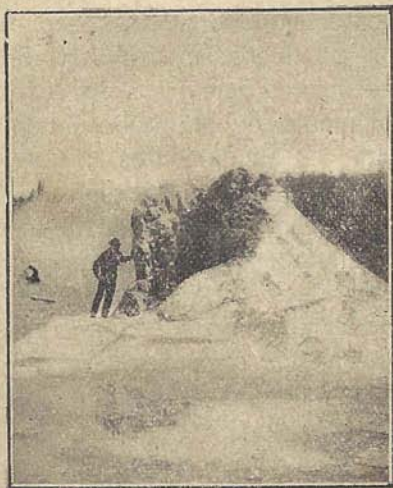


Fig.—321.—Vista del cráter del Géiser Gigante (Parque de Yellowstone: EE. UU. de N. América) durante el reposo. Altura tres metros: diámetro en la base, nueve metros.

(Fots. com. por el prof. P. C. Ordóñez C. M.)



Fig. 322.—Erupción del Géiser Gigante de la figura 321: altura del surtidor, 50 metros.

se tuviera como axiomático que la causa de la energía volcánica no era otra que la infiltración del agua del mar por las grietas del terreno hasta que llegando a las capas en fusión saldría de nuevo al exterior, ya por las fisuras preexistentes, ya originando roturas

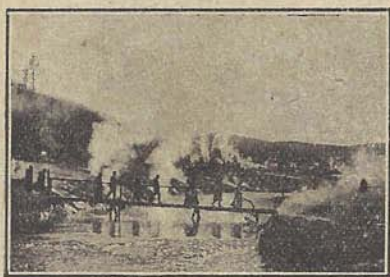


Fig. 323.-Vista parcial del Parque de Yellowstone (E.E. U.U. de N. América) que sólo da una remota idea de la belleza de esta región donde existen en total unos setecientos orificios de solfataras, fumarolas, fuentes termales, geiseres, etc. (Fot. comunicada por el P. C. Ordóñez C. M.)

en la costra terrestre; las lavas saldrían después de este vapor. Pero el conocimiento del grado geotérmico hace hoy inadmisibles estas suposiciones, porque a poca distancia de la superficie hay ya suficiente temperatura para evaporar el agua, que no puede llegar, por tanto, a capas más profundas.

Por otra parte, existen volcanes activos o extinguidos a distancias grandes de la costa, como los de América del Sur,

que se hallan de 150 a 250 kilómetros; algunos de Asia y de África, que se hallan a varios miles de kilómetros al interior; etc. Por todas estas razones es ya hoy corrientemente admitido: 1.º «que el descenso gradual del fondo de los geosinclinales conduce necesariamente a la fusión de las rocas sedimentarias». «Un descenso más brusco debió tener lugar en el momento de la producción de las grandes roturas de la litosfera y de los hundimientos que resultaron de ello. Las capas profundas han podido así ser introducidas súbitamente en una zona donde han pasado al estado de fusión». (Haug.) 2.º que las rocas al fundirse desprenderían agua en abundancia, según han demostrado varios autores, y este agua y materiales en fusión ascenderían en aquél momento, y continuarían ascendiendo hoy, por las fracturas originadas o por las líneas de mínima resistencia; prueba esto el hecho de que «en general, los volcanes recientes jalonan las líneas directrices» (Haug) de los últimos plegamientos (*fig. 324*).

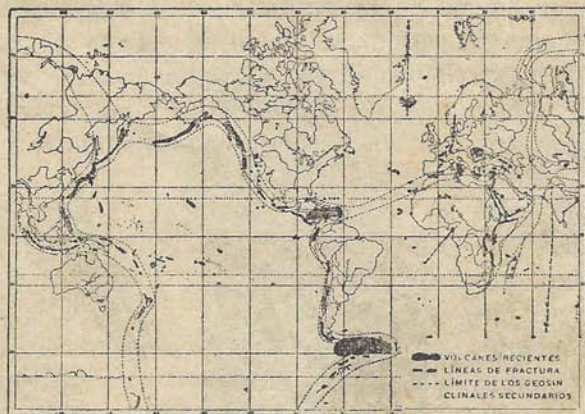


Fig. 324.—Planisferio mostrando la relación que existe entre la zona de los plegamientos Terciarios (o últimos plegamientos), las líneas de fractura y los volcanes. (De Haug).

ROCAS ERUPTIVAS

Con este nombre y con el de rocas *igneas* se conocen todas aquellas que son debidas a la actividad interna del globo. Comprende dos grupos principales: el de las rocas *efusivas* o *volcánicas*, que son las que han salido al exterior y en él se han consolidado, y el de las rocas *intrusivas*, *plutónicas* o *en masa* (de *Plutón*, dios de las regiones subterráneas), que se han consolidado sin salir al exterior, es decir, debajo o entre capas sedimentarias, y que si hoy las encontramos en la superficie es porque los estratos que las cubrían han sido erosionados y denudados. Tanto las rocas intrusivas como las efusivas están formadas por la consolidación de una materia fundida análoga, que recibe el nombre de *magma*, el cual, según la velocidad con que se ha solidificado, ha originado los tres tipos fundamentales de estructura de las rocas eruptivas.

Cuando el magma se ha enfriado *lentamente* sus elementos han tenido tiempo de agruparse con arreglo a sus afinidades y de formar un conjunto cristalino (pág. 41): estas rocas se dice que tienen *estructura holocristalina* o *granítica*; a simple vista (*fig. 326*) o al microscopio (*fig. 327*) se ve que están constituidas por cristales próximamente iguales. Si el magma empezó a conso-

lidarse en las condiciones anteriores y después se enfrió *bruscamente*, se forman cuerpos cristalizados durante el tiempo de la consolidación lenta, mientras que durante la consolidación

rápida le faltaron al magma las condiciones necesarias para la formación de cristales y se solidificó en estado amorfo o vítreo: estas rocas constituidas por cristales y materia amorfa se dice

que tienen *estructura semicristalina* o *porfírica*; a simple vista (*fig. 328*) se destacan cristales en una pasta homogénea que al microscopio (*fig. 329*) se ve está constituida por microlitos (pág. 43); finalmente, cuando el enfriamiento ha sido



Fig. 328.—Estructura semicristalina de un pórfido, a simple vista.



Fig. 326.—Estructura holocristalina de un granito, a simple vista.



Fig. 327.—Granito visto al microscopio a luz polarizada.—1, cuarzo; 2, ortosa; 3, plagioclasa; 4, mica, 5.



Fig. 329.—Estructura semicristalina de un basalto.—1, olivino; 2, plagioclasa; 3, microlitos plagioclásicos y vidrio.

muy rápido, el magma no pudo formar cristales y la roca está constituida por materia amorfa o sin individualizar: estas rocas se llaman de *estructura vítrea*; ni a simple vista (*fig. 330*) ni al microscopio (*fig. 331*) se distinguen microlitos sino rara vez: ordinariamente poseen inclusiones diversas. Las rocas *intru-*

sivas tienen estructura *holocristalina*, mientras que las *efusivas* la tienen *semicristalina* o *vítrea*; existen, sin embargo, tipos de transición.

Clasificación de las rocas eruptivas. — La más en boga actualmente es, en esencia, la siguiente:



Fig. 330. — Estructura vítrea de una obsidiana, a simple vista.



Fig. 331. — Estructura vítrea de una obsidiana, vista al microscopio con poco aumento.

Rocas con feldespato alcalino (ortosa).....	}	Con cuarzo: holocristalinas (granito), semicristalinas (pórfidos cuarcíferos), vítreas (obsidiana).
Rocas con feldespatos cálcico-sódicos (pág. 103).....		Sin cuarzo: holocristalinas (sienita), semicristalinas (traquita).
Rocas sin feldespatos.....	}	Holocristalinas (dioritas), semicristalinas (basaltos).
		Holocristalinas (peridotitas), semicristalinas (limburgitas).

APÉNDICE.—Rocas piroclásticas (cenizas, bombas volcánicas).

La correspondencia que existe entre las principales rocas intrusivas y las volcánicas correspondientes, puede verse a continuación:

ROCAS INTRUSIVAS	ROCAS EFUSIVAS	
	Antiguas	Modernas
Granito	Pórfido cuarcífero ...	Obsidiana.
Sienita	Traquita.
Diorita.....	Andesita.
Gabro	Diabasa	Basalto.
Peridotita.....	Limburgita.

— ROCAS CON FELDESPATO ALCALINO Y CUARZO. — *Granito*. Agregado holocristalino de *cuarzo*, *feldespato ortosa* y *biotita*; cuando ésta está sustituida por la *moscovita*, el granito se denomina *granulita*. Frecuentemente lleva muchos minerales accesorios, como *plagioclasas*, *turmalina*, etc. Ordinariamente su color es blanco o rosado

con manchas negras debidas a la biotita (*fig. 326*). Es roca muy abundante, formando masas considerables en Galicia, Sierra de Guadarrama, Cataluña, etc. Se llama también *pedra berroqueña* y *sal y pez*, y se utiliza en construcción, para el adoquinado de las calles, etc. (*figs. 332 a 336*). Por alteración origina caolín y

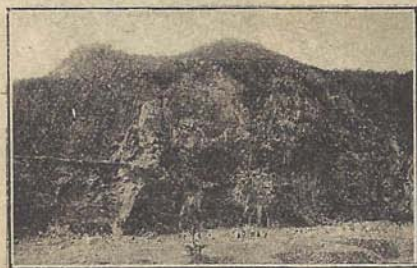


Fig. 332.—Vista general de las canteras de granito de Caldas de Montbuy (Barcelona).

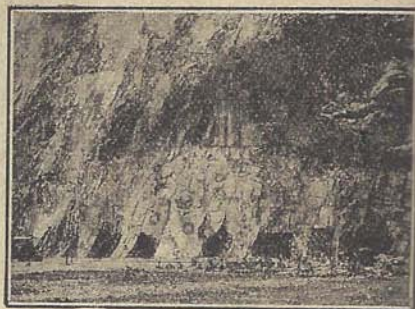


Fig. 333.—Vista parcial de una de las canteras (la del Remedio) de la figura 332.

(Fots. comunicadas por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).



Fig. 334.—Galería corredera abierta en la cantera de la figura 333.



Fig. 335.—Elaboración de adoquines en la cantera de la figura 333.

(Fots. comunicadas por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

arenas y da lugar a la formación de las llamadas *pedras caballe-ras*, de formas generalmente redondeadas (*fig. 188*). — *Pórfidos cuarcíferos*. Son rocas semicristalinas, en cuya pasta, ordinariamente de color verde o rojo, se destacan cristales blancos de *cuarzo* y *ortosa vítrea*. Se aprecian mucho como ornamentales, sobre todo pulimentados; provienen de volcanes de la Era Primaria. — *Obsidiana*. También se llama *vidrio de los volcanes*, *espejo de los Incas*, etc. Es roca de estructura vítrea y color negro o rojizo:

puede considerarse como cuarzo y materias feldespáticas en estado amorfo. Variedad suya es la *pedra pómez*, de colores claros, muy porosa, y a veces de tan poco peso específico que flota en el agua. La *pedra pómez* se utiliza para pulimentar, en el tocador, etc.

ROCAS CON FELDESPATO ALCALINO Y SIN CUARZO.—*Sienita*. Roca holocristalina formada por *ortosa* y *hornblenda* o *biotita*: su color es parecido al del granito, si bien aquí es más frecuente el rosado. Usos, los del

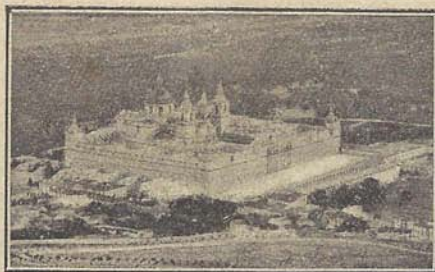


Fig. 336.—Con granito están contruidos edificios tan suntuosos como el Real Monasterio del Escorial (por muchos llamado la octava maravilla del mundo), etc. (Fot. comunicada por el P. Desiderio Garcia O. S. A.)



Fig. 337.—Cantera de traquita en Aspe (Bilbao). (Fotografía O. Cendrero).

granito: abunda menos que éste. — *Traquita*. Roca semicristalina formada por una pasta con cristales de *sanidino* y *hornblenda*, *biotita* o *augita*. Es roca volcánica, generalmente moderna, de colores claros y áspera al tacto (latín *trachys*, áspero): se halla en parte de la *caldera* o cráter antiguo de Tenerife (Canarias); en el Cabo de Gata (Almería); Bilbao (fig. 337), etc. La traquita de tamaño mediano y grueso, se utiliza en mampostería, y la de pequeño tamaño, para macadam (*); la de Jumilla (Murcia) se utiliza como abono por la gran cantidad de apatito y esparraguina que contiene.

ROCAS CON FELDESPATOS CÁLCICO-SÓDICOS. — *Diorita*. Roca holocristalina formada por *plagioclasas* y *hornblenda*: su color es gris o verdoso: tiene los mismos usos que el granito. En España se presenta en Sierra Morena, etc.—*Gabro*. Roca holocristalina for-

(*) Véase mi obra *Elementos de Higiene*, 6.ª edición, pág. 186.

mada de *plagioclasas* y *dialaga* e *hiperstena*: puede llevar también *olivino*; color amarillento-verdoso con reflejos perlados. Usos: como el granito.—*Diabasa* o *Dolerita*. Se presenta, ya con estructura holocristalina y en masas de intrusión, ya con una estructura semicristalina especial y como roca volcánica, generalmente en la Era Primaria; es, por tanto, roca de tránsito. Está formada por *plagioclasas* y *augita*, su color es verdoso-oscuro o negro. Variedad suya es la *ofita*, de estructura particular, color verde y formada también por *dialaga*; se halla en los Pirineos y Cordillera Cantábrica. El hombre neolítico fabricó con ésta, hachas, etc.: es gran material para empedrados.—*Andesita*. Roca semicristalina formada por *plagioclasas* y algunos de los minerales *biotita*, *augita* u *hornblenda*: son rocas volcánicas, generalmente Terciarias; se encuentran en el Cabo de Gata, Canarias, etc.; la última erupción de la Montaña Pelada (Martinica) fué de Andesita. Se emplea para macadam.—*Basaltos*. Son rocas semicristalinas (*figura 326*) formadas por *plagioclasas*, *augita*, *olivino* y *magnetita*; la presencia de este mineral da a la roca bastante peso específico y un color negro que se cambia en más o menos rojizo cuando por alteración pasa a limonita. Es frecuente que al enfriarse se hienda en columnas prismáticas muy típicas (*figs. 338 a 342*). Son rocas volcánicas frecuentes, sobre todo en el Terciario, como ocurre en las provincias de Ciudad Real, Gerona, Canarias, etc.: es célebre por su belleza la gruta de Fingal, en Escocia (*fig. 342*). Se utiliza mucho, y con buen resultado, para pavimentación (*figs. 341 y 343*), diques, puentes, etc.

ROCAS SIN FELDESPATOS.—*Peridotitas*. Rocas holocristalinas formadas principalmente por *olivino*: son intrusivas; en una roca de éstas se encuentra el platino de los Urales, Serranía de Ronda, etcétera. Por alteración pasan a serpentinatas. —*Limburgitas*. Rocas semicristalinas formadas principalmente de *augita* y *olivino*; a veces tienen también *magnetita*, de modo que pueden considerarse como basaltos sin plagioclasa. Son volcánicas, ordinariamente Terciarias, como en Canarias, Zaragoza, etcétera.

ROCAS PIROCLÁSTICAS. — Con este nombre se conocen las rocas volcánicas que pueden pertenecer a cualquiera de las categorías anteriores y que, según su tamaño y forma, reciben el nombre de cenizas cuando son materiales muy finos; *lapilli* o *rapilli* cuando

BASALTOS



Fig. 338.—Columnatas basálticas de Amer (Gerona).—(Del trabajo de los señores Calderón, Cazorro y Fernández Navarro, *Formaciones volcánicas de la provincia de Gerona*. Mem. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat., 1907).



Fig. 339.—Caos de prismas basálticos en Castell-fulit de la Roca (Gerona). (Fot. com. por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).



Fig. 340.—Prismas basálticos de la corriente de Fontfreda (Olot-Gerona).
(Fots. comunicadas por el Pbro. J. Gelabert).

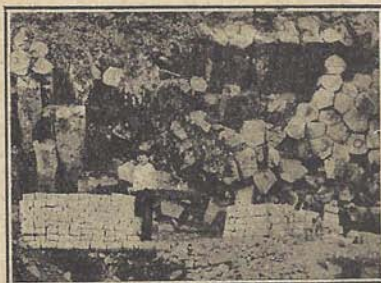


Fig. 341.—Otro aspecto de la corriente de la figura 340 y elaboración de adoquines.

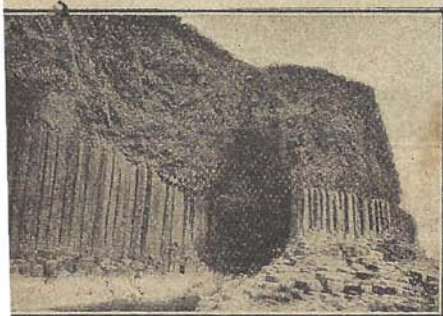


Fig. 342.—Entrada a la célebre gruta basáltica de Fingal (Escocia). (Fot. com. por el prof. Dr. Ayr).



Fig. 343.—Elaborando adoquines en la Pedrera d'en Biel (Gerona). (Fot. J. Junquera comunicada por el prof. Dr. S. Alvarado).

son mayores, angulosos y porosos; *escorias* y *bloques* los de mayor tamaño y casi siempre angulosos y, por último, *bombas volcánicas* cuando tienen forma oval, de huso, etc. (figs. 305 a 308); esta forma la adquiere la lava al girar rápidamente en el aire cuando es despedida por las explosiones. Con el nombre de *tobas volcánicas* se conocen los agregados de cenizas y lapili que han sido arrastrados por las aguas y depositados en capas análogas a las de una roca sedimentaria.

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS ERUPTIVAS

La manera de presentarse estas rocas varía, en general, según se trate de rocas *intrusivas* o *efusivas*: éstas se presentan ordinariamente en *capas*, *corrientes* o *mantos* constituidos por las lavas de erupciones sucesivas (figs. 344 a 347): cuando las lavas al ascender rellenan fisuras del terreno originan los *diques*, los cuales si están constituidos por materiales más



Fig. 344.—Frente de una corriente basáltica en La Concordia (Santa Cruz de Tenerife-Canarias). (Fot. com. por el prof. Dr. L. Fernández Navarro).



Fig. 345.—Borde de la corriente basáltica procedente del volcán extinguido de la Arzollosa (Piedrabuena-Ciudad Real). (Fot. comunicada por el profesor Dr. J. Gómez de Llarena).

resistentes que los que les rodean quedan al descubierto y en relieve, cuando las acciones erosivas destruyen las rocas circun-

dantes: los diques pueden provenir también de rocas *intrusivas*. Éstas se presentan principalmente formando *batolitos* y *lacolitos*.



Fig. 346.—Grandes bloques de lava en Las Cañadas (Tenerife-Canarias). (Fot. com. por el profesor Dr. L. Fernández Navarro).



Fig. 347.—El Barranco de Moya producido por erosión en una potente corriente de lava. (Las Palmas-Gran Canaria). (Fot. com. por el profesor Dr. J. Gómez de Lilarena).

Un *lacolito* consiste en una intrusión del magma de una roca eruptiva que, penetrando entre dos capas, levanta la superior, o bien se introduce en una cavidad existente entre dos capas (*figura 348*); a esto último alude su nombre (del gr. *lakos*, foso o estan-



Fig. 348.—Esquema de un lacolito. (De Haug).



Fig. 349.—Esquema de un batolito de granito (De Geikie).

que): en todo caso adoptan la forma de lente o de campana y son ordinariamente de poca extensión. Los *batolitos*, por el contrario, son masas de forma irregular y extensión muy considerable, cuya anchura aumenta a medida que se profundiza (*fig. 349*) (del griego *bathos*, profundidad): el granito se presenta ordinariamente en batolitos: gran parte de las sierras de Guadarrama y Gredos constituyen enormes batolitos.

AGENTES OROGÉNICOS

Como indica su nombre (gr. *óros*, montaña; *génesis*, origen), son los que determinan la formación de las montañas. Antiguamen-

te se creía que las tierras y los mares, con todas sus elevaciones y depresiones, se hallaban constituidos desde su origen tal como los vemos en la actualidad. Pero la observación de varios hechos, entre ellos la existencia de fósiles marinos en las más altas montañas, hizo pensar a los geólogos que la formación de éstas era debida a grandes masas de gases y materias fundidas del interior de la tierra análogas a las volcánicas que, empujando de abajo arriba las capas de la corteza terrestre, determinaban su levantamiento: esta hipótesis fué abandonada porque en ningún sitio se han encontrado las grandes masas de materias volcánicas que, de existir las del interior, alguna vez habrían salido al exterior en cantidades considerables.

Sustituyó a esta hipótesis la de la *contracción brusca*, la cual, partiendo de la teoría de Laplace, supone que la formación de las montañas no es debida más que al *plegamiento brusco* de las capas de la corteza terrestre, obligadas a adaptarse al núcleo interior que, al ir perdiendo calor, va reduciendo gradualmente su volumen: el fenómeno sería análogo al que se ve en una uva al convertirse en pasa; ésta representaría la Tierra en su estado actual; aquélla la Tierra en su estado primero.

Hoy se explica la formación de los plegamientos por dos teorías: la de la *contracción lenta* y la de la *isostasia*. Para los partidarios de la primera, la contracción lenta determinaría el hundimiento gradual del fondo de los geosinclinales situados entre dos

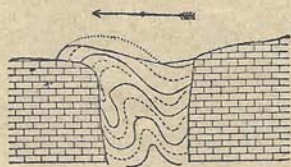


Fig. 350.—Esquema de la formación de los plegamientos. (De Fernández Navarro).

horst, las cuales, al ir aproximándose, determinan la compresión y plegamiento de los materiales depositados en el fondo de los geosinclinales, materiales que, por haberse depositado recientemente, tienen mayor plasticidad que los materiales antiguos que constituyen los *horst*; estos materiales del geosinclinal saldrían fuera de los mares y serían empujados sobre los

horst en el sentido de la fuerza mayor (fig. 350).

El geólogo norteamericano Dutton, autor de la teoría de la *isostasia*, considera la de la contracción como insuficiente para explicar los plegamientos, los cuales podrían explicarse, según dicho autor, independientemente de la contracción, de la siguiente mane-

ra: según Dutton, por efecto de la gravitación, todo cuerpo planetario y plástico, sea o no homogéneo, tiende a tomar la forma de un elipsoide de revolución rigurosamente geométrico: ésta sería, por consiguiente, la figura *isostática* o de equilibrio de todos los planetas (gr. *isos*, igual; *statikós*, equilibrio). Si la tierra es lo bastante plástica, tenderá a tomar la figura isostática; pero por efecto de la erosión, los materiales de los continentes son arrastrados a los mares, y, por tanto, la figura isostática se altera. Como las costas son las regiones donde se acumula en mayor cantidad la materia que ha sido arrastrada de los continentes, «el equilibrio isostático puede restablecerse por un desplazamiento hacia los continentes de la materia en exceso sobre los bordes de los océanos. Debe producirse un verdadero aflujo de las regiones recargadas por sedimentación, hacia las regiones descargadas por la erosión». (Haug). El empuje tangencial correspondiente a este aflujo dirigido del mar hacia la costa, sería el que determinaría en la región litoral la formación de pliegues paralelos, cuyo conjunto constituiría una cadena de montañas.

Otros autores piensan que es probable que la verdad resida en la combinación de las dos teorías de la contracción y de la isostasia. «La contracción habría dado lugar al primer esbozo de los geosinclinales, mientras que la isostasia habría facilitado su ahondamiento gradual, en razón de la acumulación de los sedimentos, que determina un exceso de peso.» (Haug).

Por último, para Belot (pág. 26), la formación de las montañas sería debida a la caída de los satélites de la Tierra sobre la superficie de ésta.

Terremotos.—Es sabido que con este nombre y también con el de *sismos* (gr. *seismos*, agitación), se conocen las trepidaciones o sacudidas bruscas del suelo. Cuando estas sacudidas son de pequeña intensidad, suelen recibir, en España y en todos los países hispano-americanos, el nombre particular de *temblores de tierra*.

Los verdaderos terremotos o sacudidas intensas, suelen ir generalmente precedidos, y a veces seguidos, de un ruido sordo que se ha comparado al de los truenos o cañonazos lejanos; en América estos ruidos se denominan *retumbos*. El número de sacudidas y su intensidad es muy variable: puede ocurrir que el terremoto se reduzca a una sola y violenta sacudida; pero ordinariamente las

sacudidas se repiten durante días, y a veces durante meses y años, con intervalos variables (figs. 351 a 354).

EFFECTOS DE LOS TERREMOTOS



Fig. 351.—Guatemala: ruinas de la 1.ª Avenida Sur.



Fig. 352.—Guatemala: ruinas de la 1.ª Calle Oriente.

(De la obra *Entre Escombros*, por J. Rodríguez Cerna).



Fig. 353.—Guatemala: ruinas del Instituto de Varones.

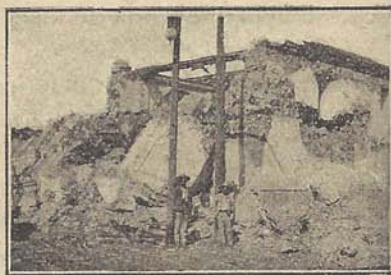


Fig. 354.—Guatemala: ruinas de la Iglesia de San José.

(Fots. coms. por el Dr. Mariano Zecaña Molina).

Los terremotos de Guatemala en 25 y 29 diciembre 1917 y en 3 y 24 enero 1918, destruyeron totalmente la capital de la República y dejaron sin hogar a sus 125.000 habitantes.

EFECTOS DE LOS TERREMOTOS



Fig. 355.

Ruinas en Fivizzano (Montes Apeninos-Italia) producidos por los terremotos de septiembre 1919. (Fots. comunicadas por el Marqués de Marcelo de Nobili).



Fig. 356.

Conocidos son los efectos producidos por los terremotos (*figuras 351 a 362*): los edificios se derrumban, en la tierra aparecen, ya sencillas *grietas*, que unas veces se cierran inmediatamente, no sin haber tragado cuanto había en la superficie, pero que otras veces permanecen abiertas durante mucho tiempo (*figs. 359 y 360*), ya verdaderas *fallas* (*fig. 361*): los arroyos y ríos pueden modificar más o menos su curso y hasta desaparecer en algunos parajes, así como algunas fuentes: en cambio, en otros sitios aparecen fuentes (*fig. 362*); etc., etc.



Fig. 357.—Ruinas producidas por el terremoto de Mugello (Italia en 1919. (Fot. comunicada por el Marqués de Maccarani).



Fig. 358.—Terremotos de la provincia de Mendoza (Cordillera Andina-Rep. Argentina) en diciembre 1920 y enero 1921. (Fot. Dellegay en «Mundo Argentino» comunicada por el prof. argentino Dr. César Acardi).

EFECTOS DE LOS TERREMOTOS



Fig. 359.—Grietas producidas por un terremoto en Guevejar (Granada) en 1884. (Fot. Misión de Andalucía).



Fig. 360.—Profunda grieta producida en Villarrica (Cordillera Andina-Chile) por el terremoto de diciembre 1920. (Fot. C. Bricen en «Sucesos» com. por la prof. chilena F. Ramirez Burgos).



Fig. 361.—Terremoto de Villarrica (Chile). Falla con desplazamiento vertical de más de 0,30 m. de uno de los lados. (Fot. C. Bricen en «Sucesos» com. por la prof. chilena F. Ramirez Burgos).



Fig. 362.—Manantiales aparecidos en el camino de la Llave a Costa Araujo (Mendoza-Argentina) por efecto de los terremotos de diciembre 1920 y enero 1921. (Fot. Villalón en «Mundo Argentino» comunicada por el prof. argentino Dr. César Acardi).

El verdadero *centro* o *foco* del terremoto, es decir, el punto de origen de la sacudida, se encuentra en la litosfera a una profundidad variable para cada terremoto y no es un verdadero punto, sino una *región*, cuya extensión varía también de unos terremotos a otros; esta región recibe el nombre de *hipocentro* (gr. *ypó*, debajo) y la parte de la superficie situada en el mismo radio es el *epicentro* o *región epicentral* (gr. *epi*, encima), en la cual es donde se sienten con mayor intensidad todos 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*, las cuales son en un todo análogas a las formadas en las aguas de un estanque cuando se arroja una piedra: la naturaleza del suelo influye considerablemente en la facilidad de propagación de esta onda y por consiguiente en la *extensión* de los terremotos, propagándose tanto más fácilmente, cuanto menos compacto sea, e inversamente.

Cuando el centro del terremoto se halla en el mar, se originan los *maremotos*, acompañados de grandes olas sísmicas que en el Japón se denominan *tsunamis*, cuya palabra se ha adoptado en todos los idiomas: si estas olas (llamadas *olas de marea* en algunas naciones americanas) se forman cerca de la costa (fig. 363), pueden dar lugar a que el mar penetre en tierra arrastrando a veces consigo los barcos, los cuales pueden quedar en tierra al retirarse el mar; olas de esta naturaleza barrieron en 1908 los muelles de Messina y la costa calabresa (Italia); la ciudad de Callao (Perú), en 1746; la de Concepción (Chile), en 1835 (figura 364); la de Yokoama (Japón), en 1923; etc.

La extensión de los terremotos esta también en relación con la *causa* que los origina, pudiéndose agrupar los terremotos, desde este punto de vista, en *locales* y *generales*: los primeros afectan a regiones poco extensas, mientras que los segundos dejan sentir sus efectos a distancias generalmente considerables. Entre los terremotos locales se encuentran los debidos a hundimientos de grutas

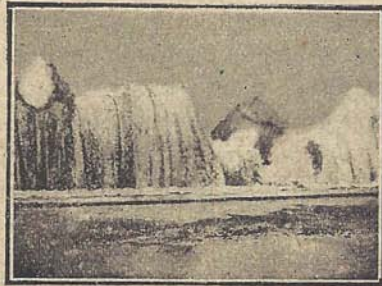


Fig. 363.—Pequeño tsunami u ola de marea en Río de Janeiro (Brasil). (Fot. H. de Putnam comunicada por A. de Lorente).

y también los que preceden a algunas erupciones volcánicas, sobre todo las que tienen lugar después de un período de inactividad del volcán, y son debidos, principalmente, al trabajo que hacen los



Fig. 364.—Vista parcial (en 1900) de la ciudad de Concepción (Chile) que, como otras varias de la costa del Pacífico, ha sido invadida repetidas veces por tsunamis u olas de marea. En 20 de febrero de 1835 la invadieron tres olas sísmicas consecutivas, con alturas de más de 30 metros por encima de las pleamares equinoeciales. (Fot. com. por la profesora chilena J. Riffó de Mayorga).

gases y materias fundidas por quitar de las chimeneas la lava que quedó solidificada en ellas después de la última erupción. Los terremotos *generales* se llaman también *terremotos tectónicos*, porque están relacionados siempre con los fenómenos orogénicos, pudiéndose afirmar «que los movimientos orogénicos continúan aún en nuestros días y se manifiestan bajo la forma de terremotos.» (Haug.)

Metamorfismo.—Con este nombre se conoce el conjunto de fenómenos en virtud de los cuales las rocas ya consolidadas, son más ó menos profundamente modificadas en su constitución y caracteres, dando por resultado su conversión en otras distintas (griego *meta*, después, cambio; *morfe*, forma).

Algunas veces las rocas se metamorfizan en la proximidad de las eruptivas, este metamorfismo se llama *local* o de *contacto*. Pero el *metamorfismo general* que determina el cambio de estructura de las rocas de extensas regiones, no se puede explicar por estas acciones, por lo cual Haug supone que son debidas a la *acción combinada del agua a presión y a alta temperatura*, condiciones todas que se encuentran reunidas en el fondo de los geosinclinales, en los cuales se operaría el metamorfismo a medida que las rocas sedimentarias van penetrando en zonas más profundas (fig. 365); prueba esta supo-



Fig. 365.—Esquema de la transformación de las pizarras s en los granitos g en el fondo de un geosinclinal. (De Haug).

sición el hecho de que, en general, cuando se suceden varias rocas metamórficas, las más metamorfizadas son las más inferiores, mientras que las superiores pasan gradualmente a rocas sedimentarias: el último término del metamorfismo en el fondo de los geosinclinales sería el granito, que, según esto, no es una roca eruptiva, como ha venido suponiéndose hasta ahora; encima de los granitos se encontrarán sucesivamente las rocas siguientes, de que ahora se hablará: gneis, micacitas, pizarras, y, por último, estratos no transformados. El *dinamometamorfismo*, o metamorfismo debido a presiones orogénicas, puede también ser causa de transformación de algunas rocas, como la de la hulla en antracita, etc.

ROCAS METAMÓRFICAS.—Todas son más o menos *crystalinas* y de estructura *hojosa* o *pizarrosa*: entre ellas se encuentran la *cuarcita*, formada por arenas de cuarzo cementadas por sílice; algunos *mármoles*, que provienen de calizas metamorfizadas; las *pizarras*, originadas por la transformación de las *arcillas* y que presentan colores muy variados, como la pizarra negra, que se emplea en lugar de las tejas, etc.; las *micacitas*, *cloritocitas* y *talcitas*, o agregados de cuarzo y mica, clorita o talco, respectivamente, cuyos dos elementos suelen estar ordinariamente dispuestos en capas alternas; el *gneis* (*fig. 366*), formado por cuarzo, ortosa y biotita, dispuestos también en capas alternadas; son frecuentes los gneis con estructura parecida al granito, etc.



Fig. 366.—Gneis a simple vista.

ROCAS CATACLÁSTICAS (gr. *katá*, cada, en; *klastós*, roto, *klao*, romper).—Tanto las rocas sedimentarias como las eruptivas y metamórficas pueden dar origen, bajo la presión de los movimientos orogénicos y sobre todo en las fallas, a las rocas denominadas *cataclásticas*, que están constituidas por trozos de rocas englobadas en una masa más o menos vítrea, resultante de la fusión por presión: ordinariamente estas rocas suelen tener una superficie brillante o superficie de *fricción* con estrías que indican el sentido en que se deslizaron en el movimiento.

ROCAS EXTRATERRESTRES O METEORITOS.—Ya se indicó el origen probable de estas rocas (págs. 22 y 25) y no haré más que agregar algunas palabras sobre su composición: en primer lugar no entra en ellos *ningún mineral hidratado*; en los *hierros meteóricos* predominan el hierro nativo, el fosfuro de hierro y níquel (schreibersita), el carbonato de hierro, níquel y cobalto (cohenita), etc.; en las piedras meteóricas predominan los *silicatos*, como el olivino, broncita, hiperstena, augita, labradorita, anortita y a veces también grafito, etc.

Sección 36^a

GEOLOGÍA HISTÓRICA Y PALEOGEOGRAFÍA (*)

La *Geología histórica* tiene por objeto estudiar la serie de cambios por que ha pasado la Tierra desde que se constituyó la corteza primitiva hasta nuestros días.

También se la conoce con el nombre de *Geología estratigráfica*, por ser en los estratos donde el geólogo encuentra las huellas de los agentes, tanto internos como externos, que modificaron la superficie terrestre.

La *Paleogeografía* es una parte moderna de la Geología, aún en período de formación, que, como indica su nombre (gr. *palaios*, antiguo), tiene por objeto la reconstitución de la fisonomía de la Tierra durante los mismos tiempos que estudia la Geología histórica, o sea la distribución de las tierras y de los mares, emplazamiento de las cadenas de montañas, etc., desde la constitución de la corteza terrestre.

Los principales documentos o fuentes de conocimiento de que el geólogo dispone, tanto para el estudio de la Geología histórica como para el de la Paleogeografía, son: los *estratos*, los *fósiles* y las *facies*.

Estratos.—Ya se estudió lo relativo a éstos (pág. 157); sólo resta decir que se conoce la *edad relativa* de dos o más estratos por su orden de *superposición*, pues dada la manera de verificarse la sedimentación, los más antiguos se habrán depositado primero, y, por tanto, serán los que estén debajo. Ocurre a veces, sin embargo, que los estratos se presentan *invertidos* por efecto de los agentes orogénicos; pero, aparte de que esto no es muy frecuente, hay siempre modo de evidenciar la inversión por el estudio de los *fósiles*.

(*) Para que pueda hacerse con fruto el estudio de la Geología histórica, debe ser precedido del de la Botánica y Zoología.

Otro dato que suministran los estratos es el relativo a la *duración* comparativa de los tiempos geológicos, pues siendo la sedimentación generalmente lenta, de dos estratos formados en las mismas condiciones se dirá que duró más tiempo la sedimentación del que sea más grueso (*).

Finalmente, tiene grandísimo interés el estudio de las *concordancias y discordancias* de los estratos, puesto que toda *discordancia* delata la existencia de un movimiento del suelo que dió por resultado la emersión de los estratos inferiores, que fueron erosionados por los agentes exteriores, y de otro nuevo movimiento de sumersión que determinó el depósito de nuevos estratos: en las discordancias extensas se funda en parte la división en los períodos geológicos, de que luego se hablará.

Fósiles.—En la superficie y en el interior de los terrenos sedimentarios, en las canteras de rocas sedimentarias, etc., es frecuente encontrar conchas y otros restos muy diversos de animales y plantas que corresponden a los animales y vegetales que vivían en aquéllas aguas cuando se verificó la sedimentación, o bien que fueron arrastrados a las mismas durante el proceso sedimentario, donde quedaron

envueltos por los materiales depositados. De estos restos unos están convertidos en *pedra*, mientras que otros consisten sencillamente en *impresiones* dejadas en las capas sedimentarias por los organismos, como ocurre con las impresiones de hojas

(*figuras 367 y 368*), de huellas de animales en su paso por terrenos

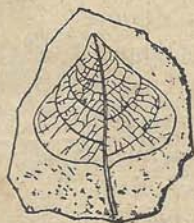


Fig. 367.—Impresión de una hoja de chopo en una caliza: su longitud nueve centímetros.



Fig. 368.—Impresión de una hoja de *Ficus tiliofolia* en una roca de Lota (Concepción-Chile). (Fot. com. por la profesora chilena J. Riffó de Mayorga).

(*) Para que se comprenda mejor pondré un ejemplo: los arrecifes e islas madreporicas suelen crecer anualmente en espesor, como término medio, dos milímetros; por tanto, en un siglo crecerán 20 centímetros, y para llegar a constituir las capas de caliza de miles de metros que se encuentran en algunas regiones, serían menester 600,000 años. Se comprende que no es posible generalizar de una manera tan absoluta, porque aun actualmente hay sitios en que los arrecifes crecen más rápidamente. En estos cálculos y otros analogos se fun-

blandos (fig. 369), etc.: *los primeros son los verdaderos fósiles*, si bien este término se generaliza y aplica a toda clase de huellas de organismo encontradas en los estratos.



Fig. 369.—Huellas de lluvia y del pie de un animal hechas en una roca sedimentaria cuando estaba consolidándose.

del agua, pues ésta, además de ser *necesaria* para que pueda verificarse la *sustitución lenta* de la materia orgánica por materia mineral, *impide el contacto de los restos con el aire atmosférico*. Esto último es de una importancia considerable, puesto que cuando los restos quedan al aire libre, se *descomponen totalmente* y no dejan huella ninguna. También los organismos enterrados en las capas que yacen debajo del agua entran en descomposición, pero ésta sólo recae sobre las *partes blandas*, mientras que las *partes duras* se fosilizan; por esto los restos fósiles consisten en conchas, huesos, dientes, etc. (fig. 370). Excepcionalmente, sin embargo, se conserva todo el cuerpo del animal, como ocurre con los mamut o elefantes primitivos (*Élephas*

FOSILIZACIÓN.—Es el proceso en virtud del cual los seres orgánicos que vivieron en otras épocas han cambiado la materia que los constituía, en materia mineral: este proceso es análogo al del pseudomorfismo (pág. 65), y para que se realice es condición indispensable que los restos se encuentren enterrados en capas que se hallen debajo



Fig. 370.—Esqueleto fósil de una especie del género *Rana* en las margas sulfurosas de Libros (Ternel). Obsérvese que alrededor del esqueleto hay una zona de tono más claro que corresponde a la impresión de las partes blandas del cuerpo del animal sobre la roca en período de consolidación. (Fot. com. por el prof. Dr. J. Gómez de Llarena). Mas especies fósiles de esta localidad pueden verse en el trabajo del P. L. Navás S. J. *Algunos Fósiles de Libros (Ternel)*. (Bol. de la Soc. Ibérica de Ciencias Naturales, 1922).

damentan las cifras que se han dado sobre la edad de la Tierra desde la constitución de las primeras capas sedimentarias conocidas hasta hoy; pero mientras para unos autores no serían más que 20 millones de años, para otros serían 800; en lo único que hay acuerdo es que han transcurrido muchos millones de años.

primigénius (fig. 371), que se han encontrado perfectamente conservados con su carne y largo pelo, entre los hielos del Norte de Siberia; los rinocerontes (fig. 372), hallados en un yacimiento de petróleo de Starunj (Austria); los insectos (fig. 373) y arañas englobados en el ámbar y resinas fósiles; etétera. Teniendo en cuenta lo que antecede, se comprende que el número de seres que ha podido conservarse entre los estratos es, necesariamente, limitado, y que, por tanto, no nos es posible conocer la totalidad de los seres que poblaron nuestro Globo en otras épocas de su vida.

PALEONTOLOGÍA.—Tiene por objeto el estudio de los fósiles, tanto en su forma externa como en su organización y hasta en su desarrollo. Comparando estos datos con los que suministra el estudio de los seres actuales, que también sirven de apoyo para el

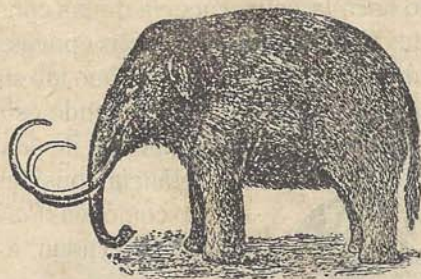


Fig. 371.—Mamut o elefante lanudo (*Elephas primigenius*): su altura 4 a 5 metros.

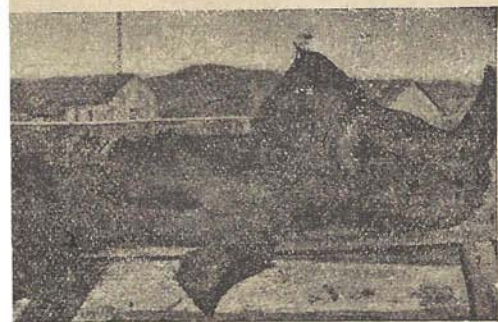


Fig. 372.—Rinoceronte extraído de un yacimiento petrolífero de Starunj (Galitzia-Austria). De la obra del doctor H. Obermaier, *Der Mensch der Vorzeit*.



Fig. 373.—Mosquito encontrado en un trozo de ámbar de la Era Terciaria: su tamaño 9 cm.

conocimiento de los fósiles, la Paleontología deduce lógicamente que entre un fósil y el medio en que vivió debían existir las mismas relaciones que actualmente existen entre las formas análogas y el medio en que viven (o sea que los seres que actualmente se

marinos, terrestres, etc., serían también marinos, etc., en otras épocas; que los seres que actualmente viven en mares cálidos, vivieron también en mares cálidos en otras épocas, etc.). De todo esto saca la consecuencia de las condiciones de clima, distribución de las tierras y mares en otras épocas, y además puede apreciar también las modificaciones que han ido sufriendo los seres para adaptarse al medio en que viven, cuando éste experimentó modificaciones.

Facies.—El conocimiento de las *facies* (pág. 157) es de una importancia considerable, tanto en Geología histórica como en Paleogeografía. «Los elementos que más ayudan a la determinación de las facies, son los *fósiles llamados característicos*»,



Fig. 374.—Trilobites (*Calymene Blumenbachii*). Crustáceo de la Era Primaria.



Fig. 375.



Fig. 376.

El mismo de la fig. 374 enrollado y visto de frente (fig. 375) y de perfil (fig. 376).

los cuales son análogos en todas las facies de los estratos que se han formado en una misma época. Entre los fósiles característicos se encuentran: en la *Era Pri-*

maria, los *Trilobites* (figs. 374, 375 y 376), que eran unos Crustáceos (*) parecidos a la cochinilla de humedad actual, cuyo cuerpo se hallaba dividido en *tres lóbulos*, a lo que alude su nombre; en la *Era Secundaria* los *Ammonites*, los cuales eran Moluscos Cefalópodos (**), que generalmente vivían en las grandes profundidades marinas y cuya concha (figs. 377 y 378) estaba dividida interiormente en varios departamentos por medio de tabiques que se acusan al exterior por unas líneas deprimidas o *suturas* más o menos flexuosas; en la forma de estas suturas se funda la distinción de los géneros: el animal no ocupaba más que la celda o departamento próximo



Fig. 377.



Fig. 378.

Dos *Ammonites* Secundarios mostrando las suturas de los tabiques de separación de las cámaras.

(*) Véase *Zoología*, 5.ª edición, pág. 140.

(**) Véase *Zoología*, 5.ª edición, pág. 172.

a la abertura de la concha, de una manera análoga a como lo hacen los actuales *Nautilus* (fig. 379), que tienen grandes analogías con los *Ammonites*; en la *Era Terciaria* los principales son los Protozoos *Foraminíferos* (*) llamados *Nummulites* (fig. 380), al comienzo de la Era, y los *Mamíferos* (**), después; y, por último, en la *Era Cuaternaria*, el hombre.

No es posible entrar en detalles

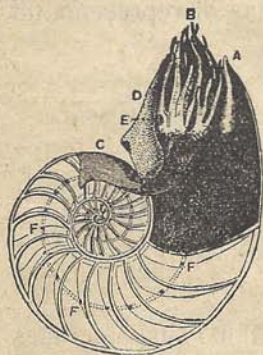


Fig. 379.—*Nautilus*.—A, B, C, D, E, animal contenido en la última cámara de la concha; F, sifón que pone en comunicación las diversas cámaras de ésta.



Fig. 380.—*Nummulites*.

sobre las distintas facies (***); solo diré que se dividen en dos grupos, las *continentales* y las *marinas*; las primeras comprenden la facies *eólica*, la *volcánica*, la *glaciar*, y la *aluvial*, etc. Las más extensas e importantes son las *marinas*, que comprenden las *neríticas* y las *batiales*, o sea (pág. 36) las superficiales y las profundas: las primeras comprenden desde las *litorales*, generalmente arenosas, a las *neríticas* propiamente tales, cuyos fósiles son, principalmente (pág. 36), moluscos y corales. Las *batiales* están constituidas por arcillas o pizarras, con los animales propios de esta región (*Ammonites*, etc.)

División de los tiempos geológicos.—Fundándose principalmente en las discordancias de los estratos y en el conjunto de sus caracteres paleontológicos, se han dividido los tiempos geológicos en cinco grandes períodos de tiempo denominados *Eras*, que, procediendo de la más antigua a la más moderna, son: *Era Arcaica* o *Agnostozoica*, *Era Primaria* o *Paleozoica*, *Era Secundaria* o

(*) Véase *Zoología*, 5.^a edición, pág. 42.

(**) Véase *Zoología*, 5.^a edición, pág. 226.

(***) Véase para ello la obra ya citada del Dr. Fernández Navarro, *Paleogeografía-Historia geológica de la Península Ibérica*, 1916.

Mesozoica, Era Terciaria o Cenozoica y Era Cuaternaria o Antropozoica. A su vez cada Era se subdivide en *Períodos*. La duración de estas Eras es desigual, siendo tanto mayor cuanto más antiguas son, y de ellas la Cuaternaria apenas si representa un momento en la historia evolutiva del planeta.

Sección 37ª
X

ERA ARCAICA O AGNOSTOZOICA

Se denomina *Arcaica* porque en todo el Globo sus materiales son los que se encuentran debajo de los claramente sedimentarios, es decir, que dichos materiales son los más antiguos conocidos de la Tierra (gr. *árkaios*, antiguo). Se llama *Agnostozoica* (gr. *agnóstos*, ignoto; *zoon*, animal), porque, aunque se han encontrado en ellas restos y huellas de animales, no siempre puede decirse con seguridad a que grupo de ellos corresponden (*). Otros varios nombres se han dado a esta Era, como *Primitiva* o de los *terrenos primitivos*, por creerse que sus materiales eran la primera costra de consolidación de la Tierra; Era *Azoica*, o sea sin animales, porque cuando se dió esta denominación no se conocían restos de ellos; etc.

DIVISIÓN.—La Era Agnostozoica se divide en dos Períodos: el *inferior* se denomina *Arcaico* propiamente dicho, y el *superior*, *Algonkiense* o *Precámbrico*; de estos dos términos se usa más el primero que el segundo, porque éste puede inducir a error, ya que precámbrico es todo lo anterior al Cámbrico, o primer período de la Era Primaria (el prefijo *pre* denota antelación o prioridad). Se calcula que la duración de ambos períodos reunidos es tan larga, por lo menos, como la de todas las demás Eras juntas.

Las *rocas* que constituyen los terrenos de ambos períodos son la mayor parte de las *metamórficas* estudiadas (pág. 189), prin-

(*) En realidad esta denominación es un tanto impropia, puesto que como *ignoto* significa no conocido ni descubierto, la palabra *Agnostozoica* equivale a decir Era cuyos animales no son conocidos ni han sido descubiertos, lo cual, como acaba de verse, no es exacto; se usa, sin embargo, porque el término *arcaico* se utiliza para designar uno de los Períodos en que se divide dicha Era.

principalmente, procediendo de abajo arriba: el *gneis*, las *micacitas* y las *pizarras*.

La presencia de *restos orgánicos* en las capas superiores del Algonkiense, es indudable: estos restos consisten en materias carbonosas, fragmentos de conchas, etc., siempre muy comprimidos y deformados.

Se encuentran grandes extensiones de estos terrenos, agrupados principalmente alrededor del Polo Norte, y comprendiendo porciones del Canadá, Groenlandia, Escandinavia, Finlandia y Siberia, que formarían un archipiélago (*fig. 381*).

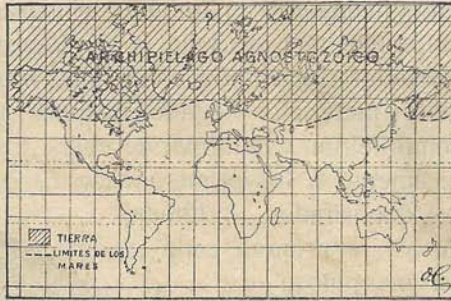


Fig. 381.—Esquema destinado a indicar las grandes líneas generales de los límites del dominio de las tierras y de los mares en el Globo al final de la Era Arcaica o Agnostozoica.

En España (*figs. 382 y 439*) se hallan en Galicia y Sierras de Gredos, Guadarrama y Nevada, principalmente.

PLEGAMIENTO HURONIANO.—En todas las regiones del Globo donde se presentan estos terrenos, se hallan *profundamente plegados*, y los materiales de terrenos posteriores que se encuentran sedimentados sobre ellos, están en *discordancia* con los Agnostozoicos



Fig. 382.—Esquema de la distribución en la Península Ibérica de los terrenos Agnostozoicos y graníticos, o, dicho de otra manera, porciones emergidas de la Península al terminar la Era Agnostozoica.

(*fig. 383*), lo cual prueba que los terrenos Arcaicos fueron plegados *antes* de depositarse los siguientes, o lo que es lo mismo, que en el período Arcaico existió un *movimiento orogénico* que dió por resultado la formación de la cadena de montañas más antigua de que se tiene conocimiento: esta cadena recibe el nombre de

cadena huroniana, porque sus restos pueden observarse bien en la región del lago Hurón (Canadá). Para Belot (página 26), esta cadena montañosa debería su origen a la precipitación de enorme cantidad de lluvia en el hemisferio austral que, arrastrando los materiales terrestres hacia el hemisferio Norte los depositaría en él, y las *olas* de los materiales llegados después, comprimirían y deformarían enérgicamente a los primeramente depositados, originando así la primera cadena montañosa de poca altura, hacia el Sur de la cual fueron depositándose nuevos terrenos.



Fig. 383.—Corte de los terrenos del Gran Cañón del Colorado (Estados Unidos). 1. gneis Arcaicos; 2. arenas y conglomerados Algonkienses; 3. Cámbrico en discordancia angular con el Arcaico y Algonkiense; 4, 5 y 6 a, discordancia horizontal entre el Cámbrico (4), el Devónico (5) y el Carbonífero (6 a). (Según Fr. Frech.)—(De Haug).

ERA PRIMARIA O PALEOZOICA

Se llama *Primaria* porque cuando se la dió este nombre sus materiales eran tenidos por los *primeros indudablemente sedimentarios* del Globo, y se llama *Paleozoica* porque los fósiles que en sus estratos se encuentran eran los más antiguos de todos los conocidos.

Las rocas *sedimentarias* que constituyen los terrenos primarios son, principalmente: en la base, pizarras, cuarcitas, y conglomerados; y en la parte superior, calizas, areniscas y conglomerados. Ordinariamente todas estas rocas se hallan plegadas y metamorfizadas, si bien no tanto como las Agnostozoicas. Son frecuentes las *rocas eruptivas*, tanto intrusivas como efusivas antiguas (página 175).

DIVISIÓN.—Se divide en los períodos siguientes: *Cámbrico*, *Silúrico*, *Devónico*, *Carbonífero* y *Pérmico*; estos dos últimos suelen reunirse con el nombre de *Antracólitico*.

Período Cámbrico.—Se caracteriza por la existencia de animales de organización muy sencilla y *todos acuáticos* (protozoos, esponjas, pólipos, gusanos, trilobites, algunos moluscos, etc.): hasta ahora *no se han encontrado restos de vegetales ni de animales terrestres*; tampoco se han hallado restos de *vertebrados*. Durante el período Cámbrico *existían extensos glaciares* cuyas huellas (morrenas, cantos estriados, etc.), se han hallado en numerosos puntos.

Período Silúrico.—En los terrenos de este período se encuentran restos de

vegetales sencillos del grupo de las *Algas*. Entre los fósiles *animales* se hallan en gran cantidad los representantes del

grupo de los *pólipos* llamados *Graptolítidos* (figs. 384 y 385) que

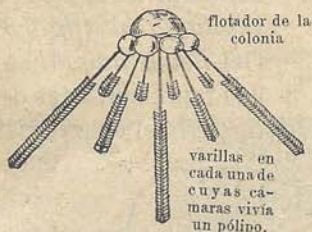


Fig. 384.—*Graptolites* restaurado.

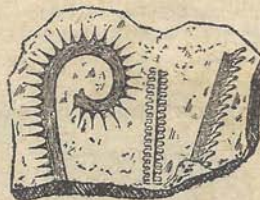


Fig. 385.—Tres impresiones de *Graptolites* en una roca Silúrica.

vivían flotando en el mar. Los *Trilobites* (figuras 374, 375 y 376) abundan en este período más que en ningún otro. Viven también unos gigantes Merostomas denominados *Pterigótus* (fig. 386), que miden alrededor de 2 m. de longitud. Son frecuentes los Braquiópodos del género *Spirifer* (fig. 387) y algunos otros. Existen ya *animales terrestres*, entre ellos algunos escorpiones (fig. 388).



Fig. 386.—*Pterigótus anglicus*, Merostoma del Silúrico; su longitud dos metros.



Fig. 387.—*Spirifer*; Braquiópodo del Silúrico, Devónico y Carbonífero.



Fig. 388.—*Paleophonus*, escorpión Silúrico; su longitud cinco centímetros.

e insectos. Finalmente, al terminar el período se encuentran restos indudables de *vertebrados acuáticos*, consistentes en esqueletos, escamas, etc., de *Peces Ganoideos* y *Selacios*.



Fig. 389.—Impresión de una hoja de *Aleptóteris*, Filicinea del Devónico y Carbonífero.

Período Devónico.— Son abundantes los restos de *Criptógamas vasculares*, como Filicineas (género *Aleptóteris* (figura 389), Equisetíneas (género *Annulária*) (fig. 390) y Lycopodíneas (géneros *Lepidodéndron*) (fig. 391) y *Sigillária* (fig. 392). Del Reino animal se hallan representantes de los



Fig. 390.—*Annulária*, Equisetínea del Devónico y Carbonífero.

grupos citados en el Silúrico, pero apenas existen *Graptolítidos* y los *Trilobítidos* son también más escasos.

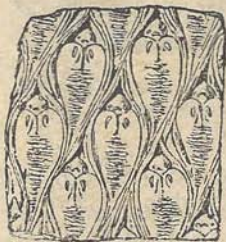


Fig. 391.—Trozo de un tronco de *Lepidodéndron*, Lycopodínea del Devónico y Carbonífero.



Fig. 392.—Trozo de corteza de *Sigillária*, Lycopodínea del Devónico y Carbonífero.

Existen *Ammonítidos* (aunque no del género *Ammonites*), pero en ellos las suturas son muy poco flexuosas: los principales géneros son el *Clyménia* (figura 393), que es exclusivo del Devónico, y el *Goniatites* (fig. 394), que aparece en el Devónico y se extiende hasta la Era Secundaria. Aparecen los *Dipnoos*. No se han encontrado restos de *vertebrados terrestres*.



Fig. 393.—*Clyménia*, Ammonítido propio del Devónico.



Fig. 394.—*Goniatites*, Ammonítido del Devónico y Carbonífero.

PLEGAMIENTO CALEDONIANO.—Hacia el final del período Silúrico se inicia el segundo movimiento orogénico, que continúa y ter-

mina durante la primera mitad del Devónico y da por resultado la formación de una cadena de montañas próximamente paralela a la huroniana y cerca de ella: esta cadena se denomina *caledoniana* (de Caledonia, antiguo nombre de la Escocia actual), y cuyos restos son, principalmente, los montes Alleghany (Estados Unidos), Grampians (Escocia) y Montes Escandinavos. Para Belot (pág. 26), esta cadena montañosa se formó por efecto de la caída a la Tierra del más próximo y pequeño satélite de la misma.

Durante el Silúrico y el Devónico hubo grandes *erupciones volcánicas*, principalmente en el Devónico: en este se han encontrado también vestigios de *glaciares*.

Periodos Carbonífero y Pérmico.—El *Periodo Carbonífero* o *Carbónico* se llama así porque durante una gran parte del tiempo que duró la sedimentación de sus capas, existió una abundante vegetación (*fig. 395*), la mayor de todas las épocas geológicas,



Fig. 395.—Paisaje Carbonífero restaurado idealmente.

que dió lugar a la formación de la hulla. Estos vegetales son terrestres y corresponden a las *Criptógamas vasculares* y *Fanerógamas Gimnospermas*; entre las primeras se encuentran los géneros citados en el Devónico y otros helechos (*Pecópteris*, etcétera) (*fig. 396*); *Equisétum*, análogos a los actuales; *Calamítes*

(figura 397), etc.; entre las *Gymnospermas* se encuentran *Cicadáceas* (fig. 398)) algunas *Coníferas*, etc. En líneas generales puede



Fig. 396.—*Pecopteris*, Filicina del Carbonífero.

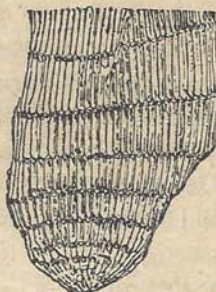


Fig. 397.—*Calamites*, Equisetinea del Carbonífero.



Fig. 398.—*Cicadácea* actual (unos dos metros), cuyo porte tenían las *Cicadáceas* Carboníferas, si bien sus dimensiones eran mayores.

decirse que predominan las *Criptógamas vasculares* sobre las *Gymnospermas*. Los *animales* son ya mucho más numerosos que en los períodos anteriores y están representados por los mismos Tipos (Pólipos, Equinodermos, Moluscos, Insectos (fig. 399), Peces (fig. 400), etc.): existe un género típico de *Braquiópodos* (*Productus*) (fig. 401). *Hacen su aparición los Anfibios y los Reptiles*, y no se encuentra ningún resto de *Aves* ni de *Mamíferos*.

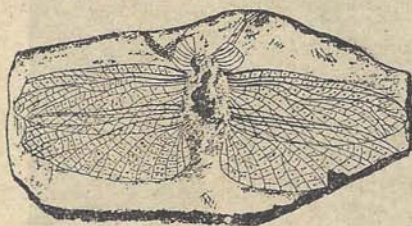


Fig. 399.—Insecto Carbonífero con tres pares de alas (longitud de alas, 14 centímetros).

La flora y fauna del período *Pérmico* son muy parecidas a las del Carbonífero, por lo cual se reúnen ambos períodos con el nombre de período *Antracólitico*.

La flora y fauna del período *Pérmico* son muy parecidas a las del Carbonífero, por lo cual se reúnen ambos períodos con el nombre de período *Antracólitico*.

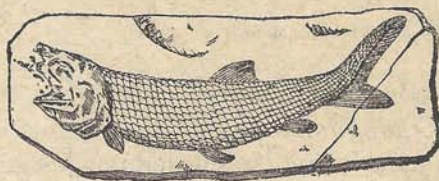


Fig. 400.—Pez Ganoideo (*Paleoniscus*) del Carbonífero: longitud, seis a siete centímetros.

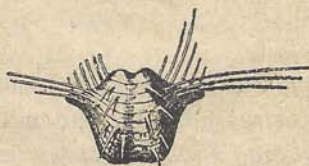


Fig. 401.—*Productus*, Braquiópodo Carbonífero.

PLEGAMIENTO HERCINIANO.—Durante el final del período *Carbonífero* y comienzo del *Pérmico*, existió un gran *movimiento orogénico*, que dió por resultado la formación de la tercera cadena o *cadena herciniana* (de Harz, antigua Germania). Sus restos, hoy frecuentemente convertidos en *mesetas*, se hallan en el Norte de España (parte de los montes Cántabricos y Pirineos); la meseta ibérica (las dos Castillas y Portugal, principalmente), el *plateau* francés, etc. Según Belot (pág. 26) este plegamiento fué debido a la precipitación sobre la superficie terrestre de un segundo satélite de la Tierra, que era mayor que el que cayó en el Silúrico y estaba más lejos que él.

Clima de la Era Primaria.—Durante toda la Era Primaria, pero principalmente durante el final del período Devónico y casi todo el Carbonífero existió en todo el Globo un *clima cálido*, como lo prueba la existencia de *helechos arborescentes* análogos a los actuales tropicales, en regiones próximas a los Polos, y también las *formaciones de coral* de dichas regiones (pág. 151). Próximamente coincidiendo con cada gran movimiento orogénico hubo períodos durante los cuales el clima se hizo frío, según lo demuestra la existencia de los glaciares de que se ha tratado.

Distribución de los continentes y mares al final de la Era Primaria (fig. 402).—Al final de esta Era existían *dos grandes masas continentales*, constituidas por terrenos Agnostozoicos y Primarios. De estas masas una ocupaba el Norte de Europa, Asia y América, y formaba el *continente Septentrional* o *Nord-Atlántico*, separada del *continente Meridional* o de *Gondwana* (formado por parte del Brasil, África y Australia, principalmente), por un *Mediterráneo* estrecho que se extendía, principalmente, desde la actual América Central al Norte de la India, incluyendo nuestro Mediterráneo.



Fig. 402.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final de la Era Primaria.

Distribución de los terrenos Primarios en España (figuras 403 y 439).—

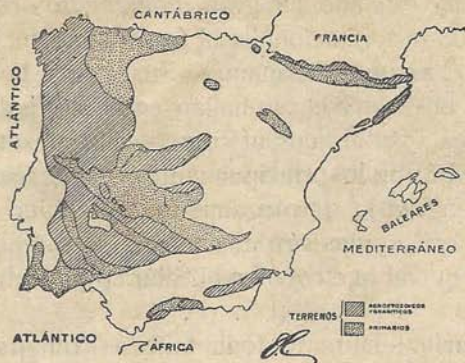


Fig. 403.—Esquema de la distribución de las tierras y de los mares en la Península Ibérica al terminar la Era Primaria.

—Todos los terrenos citados, excepto el Pérmico, están representados en España, principalmente en el Norte (entre Galicia y Santander), en el Oeste y Portugal, y en el Sur hasta el río Guadalquivir. También se encuentran terrenos primarios en los Pirineos y cerca de la costa mediterránea.

ERA SECUNDARIA O MESOZOICA

El nombre de *Secundaria* quiere decir de segundos materiales sedimentarios, y el de *Mesozoica*, de animales de organización intermedia (gr. *mesos*, medio) entre los Primarios y Terciarios.

Las *rocas sedimentarias* que constituyen los terrenos de esta época, son: areniscas, conglomerados, calizas, arcillas y margas: estas rocas no suelen presentarse tan plegadas ni metamorfozadas como las primarias. También se encuentran *rocas eruptivas*, principalmente en el Triásico y Cretácico: en el primero son frecuentes en el Norte de España, las *ofitas*. Esta fué una época de *quietud orogénica*; únicamente al final comienzan a iniciarse los movimientos orogénicos que se desarrollaron en el Terciario.

Se divide en tres períodos que, del más antiguo al más moderno son: *Triásico*, *Jurásico* y *Cretácico*.

Período Triásico.—Se llama así y también *trias*, porque en Alemania, que es donde primero se estudió, consta de tres partes o pisos: el *inferior*, formado de *areniscas* y *conglomerados* de colores varios (rojo, etc.), a lo que alude el nombre de *abigarra-das*: el *medio*, de *calizas marinas*, ricas en fósiles; y el *superior*, de *arcillas* y *margas*, denominadas *irrisadas* y también *abigarra-*

das, por sus colores vivos y variados, como azul, verde y rojo, principalmente: los yacimientos de yeso y sal gema son frecuentes en este último piso.

La flora comprende, principalmente, *Criptógamas vasculares* y *Gimnospermas*. De la fauna se hallan corales, *Braquiópodos*, etcétera, abundantes *Moluscos*, principalmente los *Ammonítidos* llamados *Ceratiites* (fig. 404). Entre los *Vertebrados* existen principalmente *Anfibios*, que en algunos lugares han dejado huellas de patas con cinco dedos (género *Chirothérium*) o con tres. Los *Reptiles* son ya bastante abundantes, estando representados los Saurios, Quelonios, etc. Finalmente, hacen su aparición los *Mamíferos*, representados por restos de *Marsupiales*.



Fig. 404.—*Ceratiites*. Ammonitido propio del Triásico

Periodo Jurásico.—Sus rocas son principalmente *margas* y *calizas*. Entre los *vegetales* se encuentran *Criptógamas vasculares* y *Gimnospermas*, predominando éstas sobre aquéllas. La fauna es ya muy numerosa, y no citaré más que los grupos o especies típicos. Entre los *Moluscos* bivalvos se encuentra la *Óstrea vírgula*, parecida a las ostras actuales, pero de concha arqueada (figura 405). Los *Belemnítidos*, que aparecen en el Triásico, se hallan aquí abundantemente representados; dichos *Belemnites* (fig. 406) eran *Cefalópodos* parecidos a nuestros calamares actuales y parte de su concha es la que se ha conservado. Son también muy abundantes los *Ammonites* propiamente dichos (fig. 407). Aparecen los peces *Teleósteos*. Los *Reptiles* son tan abundantes, que algunos autores dan a este período el nombre de *Era de los Reptiles*, que ordinariamente suele aplicarse a toda la Era



Fig. 405.—*Óstrea vírgula*, Molusco bivalvo del Jurásico.



Fig. 406.—*Belemnites*, Cefalópodo del Triásico y Jurásico.



Fig. 407.—*Ammonites*, Ammonitido del Jurásico y Cretácico.

Secundaria; entre estos *Reptiles* los había gigantes, de los cuales unos eran *nadadores*, como

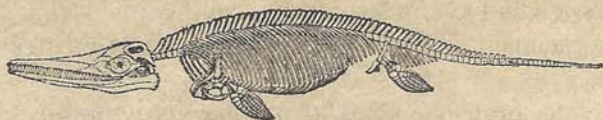


Fig. 408.—Esqueleto de *Ichthyosaurus*, Reptil nadador del Jurásico: longitud, 10 metros.



Fig. 409.—Esqueleto de *Plesiosaurus*, Reptil nadador del Jurásico: longitud, 10 metros. (De Geikie).



Fig. 411.—Esqueleto de *Brontosaurus*, Reptil andador del Jurásico: longitud, 18 metros.



Fig. 402.—Esqueleto de *Stegosaurus*, Reptil andador del Jurásico: longitud, 10 metros.

los correspondientes a los géneros *Ichthyosaurus* (figura 408) y



Fig. 410.—Esqueleto de *Pterodactylus*, Reptil volador del Jurásico: unos 20 centímetros de altura.

Plesiosaurus (figura 409): otros voladores como los *Pterodactylus* (figura 410), y otros andadores como los *Brontosaurus* (figura 411), *Stegosaurus* (fig. 412), *Iguánodon* (figura 413), *Diplodocus* (25 metros), (figura 414), etc.: en general, estos dos últimos andaban a saltos, como los canguros actuales,

según lo prueba el gran desarrollo de su cola y extremidades posteriores; eran

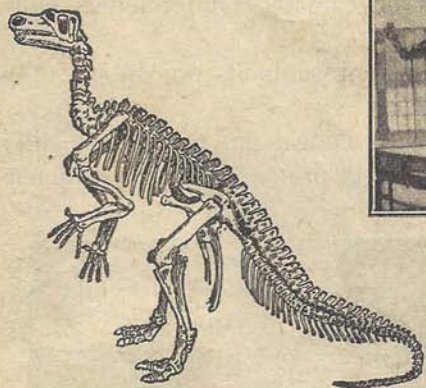


Fig. 413.—Esqueleto de *Iguánodon*, Reptil saltador del Jurásico: longitud, 10 metros.

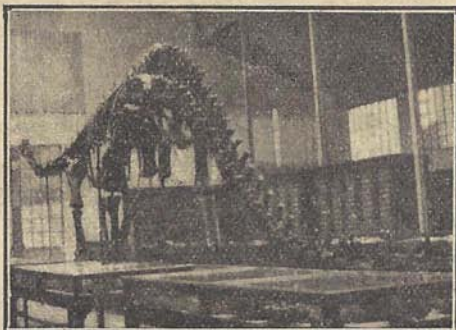


Fig. 414.—Esqueleto de *Diplodocus*, Reptil saltador del Jurásico: longitud, 25 metros. Está visto por su parte posterior para que se pueda apreciar el gran desarrollo de la cola y extremidades posteriores. (Ejemplar del Museo Nacional de Ciencias Naturales).— (Fot. O. Cendrero).

pequeño desarrollo de la cavidad craneal, comparativamente con el tamaño de su cuerpo.

Finalmente, merece citarse el célebre *Archæopteryx lithographica*, del cual no se conocen más que dos ejemplares, encontrados ambos en las calizas litográficas de Solenhofen (Baviera); el más completo de ellos es el que representa la figura 415: este animal era del tamaño de un cuervo y corresponde en realidad al grupo de las *Aves*, pues posee uno de los dedos de sus extremidades anteriores transformado y adaptado para el

fitófagos y debían ser poco inteligentes, dado el



Fig. 415.—*Archæopteryx lithographica*, animal Jurásico de caracteres intermedios entre las *Aves* y los *Reptiles*.

vuelo y *provisto de plumas*, así como la larga cola; los *otros tres dedos* son libres y *poseen uñas*: el resto del cuerpo carece de plumas; las *mandíbulas* son alargadas y forman a la manera de un pico, pero *poseen dientes* como los de los Reptiles; se ve, pues, que se trata de un animal de caracteres intermedios entre las Aves y los reptiles.

Los Mamíferos siguen estando representados por *Marsupiales* (*Phascolotherium*, etc.)

Período Cretácico.—Su nombre alude a que en algunos sitios abunda la *creta* (págs. 91 y 157). Sus principales rocas sedimen-



Fig. 416.—Paisaje Cretácico restaurado idealmente.

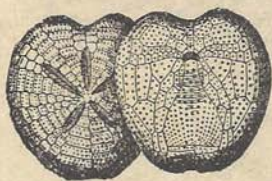


Fig. 417.—*Micraster coranquinum*; erizo de mar del Cretácico.

tarias, son: areniscas, conglomerados y calizas. El carácter más notable de la *flora* es la *existencia indudable de plantas Monocotiledóneas y Dicotiledóneas*, parecidas a las actuales (*Palmáceas, Liliáceas, Pópulus, Sálix, Fágus, Quércus, Ácer*, etcétera (fig. 416). Entre los anima-



Fig. 418.—*Terebrátula*, Braquiópodo que vive desde el Devónico hasta la época actual: abunda en el Cretácico.

les abundan los *erizos de mar* (fig. 417), los *Braquiópodos* (fig. 418)

y un grupo de *Moluscos*, ya desaparecido, denominado de los *Rudistas* (fig. 419), caracterizado por sus formas extrañas y su tamaño, generalmente grande; escasean los *Belemnites*: en cambio abundan mucho los *Ammonites*. Los *Teleósteos* son ya frecuentes. Siguen existiendo *Reptiles* gi-



Fig. 419. —
Hippurites,
Molusco bivalvo del grupo de los Rudistas (Cretácico).



Fig. 420. — *Triceratops*, Reptil del Cretácico: longitud, siete metros.



Fig. 421. — *Ichthyornis*: Ave con dientes del Cretácico.

gantescos (*Iguánodon*, *Plesiosáurus*, etc.), si bien muchos de los Jurásicos han desaparecido, existiendo en cambio otros nuevos, como los *Triceratops*, de enorme cráneo, provisto de dos cuernos en la frente y uno en la nariz (fig. 420); etc. Existen ya *Aves* claramente diferenciadas (*Hesperornis*; *Ichthyornis*) (fig. 421), pero con la particularidad de que poseen dientes. Subsisten los *Marsupiales*.

Clima de la Era Secundaria.—Del estudio de la flora y de la fauna se ha sacado la consecuencia de que durante esta Era existían dos zonas climáticas bien distintas: una *zona boreal*, de clima análogo a nuestra actual región mediterránea, que comprendía la parte septentrional de América del Norte, Groenlandia y parte septentrional de Rusia, y una *zona tropical*, que comprendía el resto del Globo, cuya temperatura era análoga o mayor que la que actualmente reina en el Ecuador.

Distribución de los continentes y mares al final de la Era Secundaria (fig. 422).—Al final del período Jurásico, el continente Septentrional que se vió existía al terminar la Era Primaria, se hallaba ya dividido en *dos continentes*, separados por un mar estrecho, correspondiente próximamente al actual emplazamiento de los Urales, el cual comunicaba con el Mediterráneo de que se habló en la Era Primaria. Estos dos continentes eran: el *Nord-Atlántico*,

constituido por la actual América del Norte, hasta América Central, y por Europa; ésta formaba más bien un archipiélago de grandes islas; el otro continente era el *Chino-Siberiano*, formado por Siberia y China. El Continente primario de Gondwana se hallaba también dividido

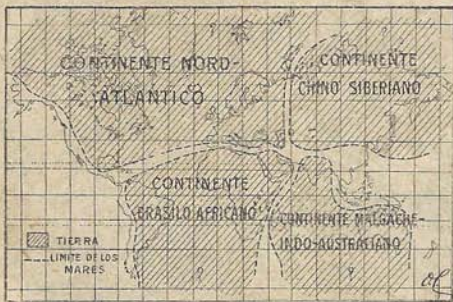


Fig. 422.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final de la Era Secundaria.

en un *continente Africano-Brasileño* o *Brasilo-Africano* y el *Australo-Indo-Malgache*: el primero estaba formado por la mayor parte de la actual América meridional (desde Venezuela a Patagonia, próximamente, excluyendo la región occidental), y por África, Arabia y parte de Persia; el continente *Australo-Indo-Malgache* o *Malgache-Indo-Australiano* estaba constituido por parte de Australia, India y Madagascar. Análoga distribución a la descrita subsistió hasta el Cretácico o hasta el comienzo de la Era Terciaria, en cuya época se separó Australia de este último continente, siguiendo unidos la India y Madagascar. Prueba la separación de Australia en esta época, el hecho de que en este continente no se encuentran más que Marsupiales, es decir, Mamíferos descendientes de los Secundarios, y no Mamíferos Monodelfos, que aparecen en el Terciario, o dicho de otra manera, que en Australia se ha conservado la fauna Secundaria, con pequeñas variaciones.

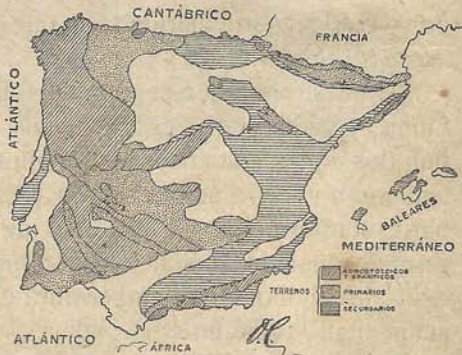


Fig. 423.—Esquema de la distribución de las tierras y de los mares en la Península Ibérica al terminar la Era Secundaria.

Distribución de los terrenos Secundarios en España (fig. 423 y fig. 439).—En el Norte se extienden próximamente desde el

cabo de Peñas, en Asturias, hasta el de Creus, en Gerona, constituyendo, por tanto, gran parte del suelo de las provincias de Asturias, Santander, Burgos, Vascongadas, Navarra, Huesca, Lérida y Gerona, desde aquí bajan hacia el Sur, formando parte de las provincias mediterráneas de Barcelona, Tarragona, Castellón y Valencia, y entrando al interior de la Península, en dirección SO., por las provincias de Alicante, Albacete y Murcia, llegan hasta las de Sevilla y Cádiz. Probablemente se hallaban en comunicación con el Mediterráneo los Golfos que penetraron hasta la Sierra de Guadarrama.

ERA TERCIARIA O Reciente CENOZOICA

Estos términos significan, respectivamente, tercera época de materiales sedimentarios y Era de los animales recientes (gr. *kainos*, reciente).

Sus rocas *sedimentarias* son también areniscas, calizas, arcillas, etc., como en las anteriores Eras, pero de elementos menos coherentes que en aquéllas.

DIVISIÓN—Ordinariamente se divide en cuatro períodos, denominados *Eoceno*, *Oligoceno*, *Mioceno* y *Plioceno*, nombres que quieren decir, respectivamente, aurora de los tiempos recientes (griego *éos*, aurora; *kainos*, reciente), o sea que puede considerarse como la aurora de la época actual; (gr. *oligos*, escaso), poco reciente comparado con los siguientes: (gr. *meion*, menos), menos reciente comparado con el plioceno; (gr. *pleion*, más), más reciente que los anteriores. Es frecuente designar con el nombre de *Paleógeno* (gr. *palaíos*, antiguo; *genos*, nacimiento), al conjunto del Eoceno y Oligoceno, y con el de *Neógeno*, al del Mioceno y Plioceno.

Los principales son: el *Eoceno*, *Mioceno* y *Plioceno*, pudiendo considerarse, en parte, el *Oligoceno* como una facies lagunar del Eoceno.

Período Eoceno.—La *flora* de este período es muy análoga a

la actual (fig. 424), si bien se hallan en casi todo el Globo plantas que hoy sólo viven en los climas tropicales. Respecto a la *fauna*, existen en el Eoceno de un tres a un cuatro por ciento de especies que actualmente viven, principalmente *Moluscos*. Son característicos los *Foraminíferos* marinos deno-



Fig. 424. — Impresión de una hoja de chopo (*Populus modesta*) del Eoceno: longitud, nueve centímetros.



Fig. 425. — *Nummulites* del Eoceno en una caliza.

minados *Nummulites* por su forma discoidea parecida a una moneda (figura 425), los cuales constituyen depósitos a veces de enorme espesor: a

esto es debido el nombre de *Numulítico* con que también se conoce a este Período. Ya desde este terreno inclusive, no se encuentran ni *Belemnites*, ni los grandes *Reptiles* del Secundario, etcétera: en cambio existen *Aves*, análogas a las Cretácicas unas y a las actuales otras,

y sobre todo *numerosos Mamíferos*, ya *Didelfos*, ya principalmente *Monodelfos*, que no aparecen hasta este Período: entre estos Mamíferos se encuentran *Cetáceos*, *Cuadrumanos*, etcétera, mereciendo men-

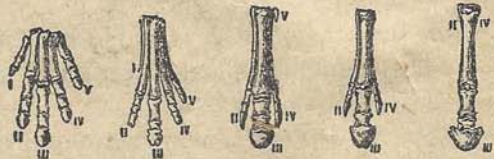


Fig. 426. Fig. 427. Fig. 428. Fig. 429. Fig. 430.

Evolución del pie anterior de algunos Équidos fósiles: comienzan con formas de cinco dedos y terminan con formas de un dedo. — Fig. 426. *Phenacodus* (Eoceno inferior). — Fig. 427. *Pachynolophus* (Eoceno medio y superior). — Fig. 428. *Anchiterium* (Mioceno). — Fig. 429. *Protohippus* o *Hipparion* (Mioceno superior y Plioceno). — Fig. 430. *Equus* (Cuaternario y actual).

ción especial los ancestrales o formas primeras de muchas especies actuales, como del caballo, por ejemplo, cuya evolución (figuras 426 a 430) puede seguirse a través de todos los tiempos terciarios, comenzando con los *Phenacodus* y *Coryphodon* del Eoceno, que tenían cinco dedos libres en todas las patas, continuando con los *Hyracotherium*, también del Eoceno, que poseían cuatro dedos en las extremidades anteriores y tres en las posteriores, etcétera, pues las formas intermedias hasta llegar al caballo actual son numerosas, con la particularidad de que en América no exis-

tían caballos hasta que los llevaron los españoles y, sin embargo, donde mejor puede estudiarse la evolución de esta especie es, precisamente, en América. Otros Mamíferos son el *Palæotherium* (figura 431), que corresponde a los Perisodáctilos; el *Anoplothérium* (fig. 432), que es un Artiodáctilo y el *Xyphodon* (figura 433),



Fig. 431. — *Palæotherium*, restaurado. Perisodáctilo del Eoceno superior, de caracteres intermedios entre el tapir y el caballo actuales y del tamaño de este último.



Fig. 432. — *Anoplothérium*, restaurado. Artiodáctilo rumiante del Eoceno; su altura, alrededor de un metro.

perteneciente también a los Artiodáctilos. Finalmente, se hallan numerosos *Primates* pertenecientes a los subórdenes *Prosimios* y *Simios*, entre estos últimos algunos *Antropomorfos* (*Propliopithecus*).



Fig. 433. — *Xyphodon*, restaurado. Rumiante del Eoceno superior: su tamaño, como el de una gacela actual.



Fig. 434. — Hoja de *Vitis previnifera* del Mioceno: su longitud, 10 centímetros.

Período Mioceno. — La *flora* y la *fauna* prueban que al final del período el clima era menos cálido (fig. 434); por lo demás, continúa la evolución de los Mamíferos: abundan más los *Simios* y siguen representados los *monos antropomorfos* (*Pliopithecus*): entre los *Proboscidos* merece citarse el *Mastodonte*, con cuatro largas defensas, que se considera como el precursor de los elefantes y el *Dinotherium*, que llegaba a alcanzar seis metros de altura y poseía en la mandíbula inferior dos grandes defensas encorvadas hacia abajo; también existían *Rinocerontes*, etc. (fig. 435). El tanto por ciento de especies de moluscos análogas a las actuales, es de un 35.

Período Plioceno. — Es ya muy parecido al actual en clima, etc.

Existen aún *Mastodontes*, y se halla también un elefante de gran tamaño llamado *Élephas meridionalis*. No hay *Dinothérium*.



Fig. 435. —Paisaje Mioceno, restaurado, con un Mastodonte, un *Dinothérium*, un *Palaeotherium*, un Hipopótamo, etc.

Existe el Antropomorfo *Driopithécus*, del tamaño del chimpancé actual. La flora y las especies de moluscos, son, en general, análogas a las actuales.

PLEGAMIENTO ALPINO.—Al final del Eoceno, pero principalmente durante el período *Mioceno*, se verificó el cuarto *movimiento orogénico*, que dió por resultado la formación del *sistema alpino*, en el cual están incluidos, no sólo los Alpes, sino los Pirineos, el Himalaya, los Andes, etc. Según Belot (pág. 26), este plegamiento fué debido a la caída a la Tierra de un tercer satélite mayor y más alejado que los dos anteriores (págs. 201 y 203).

Las *erupciones volcánicas* son frecuentes durante esta época, sobre todo en los períodos Mioceno y Plioceno: casi todos los volcanes de nuestra Península corresponden a esta Era.

Clima de la Era Terciaria.—Al principio de esta época el clima era más cálido que al final de la Secundaria; después fué decreciendo, con alternativas variables, hasta el final del Plioceno.

Distribución de los continentes y mares al final de la Era Terciaria.—Al final del Paleógeno subsistían aún los *continentes* de la terminación del Secundario, o sea: el *Nord-Atlántico*, el *Chino-Siberiano*, el *Africano Brasileño*, el *Australiano* y el *Indo-Malgache*, este último acaso fraccionado ya en islas, de las que Madagascar, los Schelas, etc., serían los representantes actuales (fig. 436). La distribución de los *geosinclinales* de esta época puede verse en la figura 324. Durante el período Neógeno, y por efecto de los intensos movimientos alpinos de que se habló, ocurrieron grandes cambios en la distribución de los continentes y mares, que quedaron próximamente tal como actualmente se encuentran: el *continente Nord-Atlántico* se hallaba constituido por América del Norte, Groenlandia y Spitzberg; el *continente Sud-Americano*, estaba ya separado del *Africano*, pero aún no se hallaba unido al *Nord-Atlántico*; por último, *Europa*, el *continente Chino Siberiano* y la *India* se unen en un continente formando la *Eurasia* actual (fig 437).



Fig. 436.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final del Paleógeno.

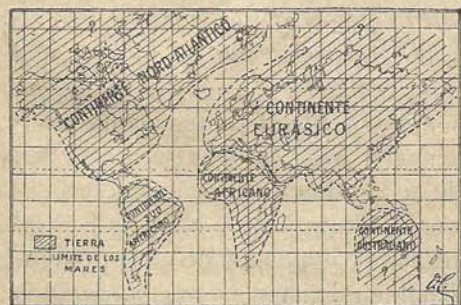


Fig. 437.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final del Neógeno.

mo, *Europa*, el *continente Chino Siberiano* y la *India* se unen en un continente formando la *Eurasia* actual (fig 437).

Distribución de los terrenos Terciarios en España. (figuras 438 y 439).—Se hallan constituyendo extensas regiones, principalmente al Sur de los Pirineos y Cordillera Cantábrica (de Girona a Santander). Forma gran parte de las dos Castillas y el valle del Guadalquivir, que durante el Mioceno era un estrecho Golfo

o acaso un brazo de mar que ponía en comunicación al Atlántico con el Mediterráneo. Hasta este último período estuvo unida Andalucía a África por el istmo de Gibraltar, datando de esta época la apertura del estrecho de dicho nombre. Los depósitos Terciarios de Extremadura estaban en comunicación con el Atlántico por Portugal.



Fig. 438.—Esquema de la distribución en la Península Ibérica de los Terrenos Primarios, Secundarios y Terciarios.

ERA CUATERNARIA O ANTROPOZOICA

El nombre de *Era Cuaternaria* alude a que es la cuarta Era de materiales sedimentarios, y el de *Antropozoica*, a que en ella aparece el hombre (gr. *ánthropos*, hombre).

Sus *rocas sedimentarias* son todas incoherentes, como arcillas, arenas, gravas, etc. En España (fig. 439) existen grandes depósitos cuaternarios al Sur de la Cordillera Cantábrica, principalmente en la provincia de León y limítrofes, al Norte y Sur de las Sierras de Gredos y Guadarrama, y depósitos de menor extensión en otros varios puntos. También existen *rocas volcánicas* modernas, de que en España tenemos ejemplo en Gerona, etc.

Se divide en tres períodos llamados *Cuaternario antiguo* o *Post-Plioceno*; *Cuaternario medio* o *Pleistoceno* (gr. *pleiston*, más numeroso; *kainos*, reciente) y *Cuaternario reciente*, *Moderno* u *Holoceno* (gr. *olos*, todo, por completo). Frecuentemente se reserva el nombre de *Cuaternario* para designar al conjunto del antiguo y medio, y el de *Moderno* para el actual.

Clima de la Era Cuaternaria.—Todos los autores modernos están conformes en que el *comienzo* de la Era Cuaternaria coincidió con la existencia de una menor temperatura que la que

actualmente reina y con la aparición de glaciares, principalmente reconocibles en el Norte Eurasia y América, pero de los cuales se encuentran huellas bien manifiestas en todas las elevadas



Fig. 439.—Esquema de la distribución en la Península Ibérica de los terrenos geológicos de las distintas Eras.

montañas del Globo, como en los Picos del Kenia, Ruvenzori y Kilimandsharo (África); montañas de Colombia, Venezuela, Ecuador, y, en general, en toda la Cordillera de los Andes, tanto en la vertiente argentina como en la chilena; etc.

Según esto, es evidente que la Era Cuaternaria se caracteriza por la existencia en todo el Globo de una temperatura menor que la actual. Pero también están conformes los autores en admitir que ni la intensidad del frío fué la misma, ni existió una glaciación única durante toda la Era Cuaternaria, sino que hubo una serie de glaciaciones distintas, es decir, una serie de períodos de máxima actividad glaciaria alternando con épocas interglaciares más cálidas que la época actual. En muchos puntos de Europa, etc., se distinguen *cuatro períodos glaciares* (el primero al comienzo y el segundo hacia la mitad del Cuaternario antiguo: el tercero al comienzo y el cuarto al fin del Cuaternario medio), *tres períodos interglaciares*

y un período *post-glaciario*, durante el cual los glaciares han ido retrocediendo hasta sus actuales límites: este último período corresponde al Holoceno. El período de clima más frío y de *máxima extensión de los glaciares* es el tercero, que corresponde al comienzo del Cuaternario medio. En España existieron glaciares en los Pirineos y Cordillera Cantábrica (fig. 251), Sierras de Gredos, Guadarrama y Nevada, principalmente. En América del Sur se ha patentizado, hasta hoy, la existencia de dos períodos glaciares.

Flora y fauna de la Era Cuaternaria.—Es bien sabido que la *flora y fauna* de un país dependen principalmente de las condiciones climatológicas de éste (pág. 36): por lo tanto, es lógico suponer que, en la misma región, la flora y fauna Cuaternarias habrán sido distintas en los períodos glaciares que en los interglaciares y que en éstos habrán variado también según la mayor o menor benignidad del clima. Y así ocurre, en efecto. Durante los *períodos glaciares* existió una *flora* que actualmente vive sólo bajo los 70° de latitud N. y en las altas cumbres de las montañas; en cambio en los *períodos interglaciares* la *flora* es propia de un clima húmedo y cálido habiéndose encontrado en el N. de Francia, por ejemplo, restos del laurel de Canarias (*Láurus canariensis*) que hoy vive en estas islas, y en el Centro de Europa otras diversas plantas de clima cálido.

La *fauna europea* de esta época se caracteriza en su conjunto por la aparición brusca de varios géneros de Mamíferos que no existían en el Neógeno, como los elefantes (*Élephas*), los caballos

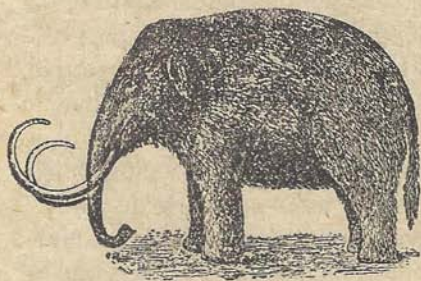


Fig. 440.—Mamut o elefante lanudo (*Élephas primigenius*): su altura 4 a 5 metros.

propiamente dichos (*Équus*) y los toros (*Bos*). En el *Cuaternario antiguo* subsisten algunos géneros Terciarios, como el *Mástodon*. Durante él y el *medio* viven especies hoy desaparecidas, como el *Élephas meridionalis*, el *Él. antiquus*, el *Él. primigenius*, elefante lanudo o mamut (figs. 440 y 442); los toros primitivos (*Bos primigenius*); los caballos primitivos (*Équus Stenónis*); bisontes (*Bison* o *Bos priscus*); ciervos (*Cérvus megáceros*); el oso de las

cavernas (*Úrsus spelæus*) (fig. 443); el león de las cavernas (*Félis spelæa*); la hiena de las cavernas (*Hyæna spelæa*); varias especies de rinocerontes, hipopótamos, etc.: algunas otras especies viven aún, como el reno (*Rángifer tarándus*); el ciervo (*Cérvus élapus*); el rebeco o gamuza (*Rupicapra pyrenáica*); la cabra salvaje (*Cápra íbex*); la marmota (*Árctomys marmóttá*); etc. En el comienzo del *Holoceno* no existen ya ni elefantes ni rinocerontes y están representadas todas las especies actuales.

De todas estas especies, unas se adaptaban fácilmente al clima reinante, por lo que se presentan en los períodos glaciares e interglaciares, mientras que a otras convenía sólo un clima frío o cálido, por cuya razón sus restos no se encuentran, en una misma región, más que en los períodos glaciares o en los interglaciares,

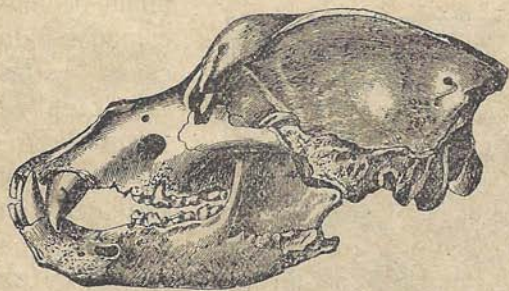


Fig. 443. —Cráneo de *Úrsus spelæus*.

respectivamente. Entre la fauna de *clima frío* se encuentran el mamut, reno, marmota, rebeco, cabra, etc. Entre la de *clima cálido* los *Élephas meridionalis* y *antiquus*, algunas especies de hipopótamos y rinocerontes, etc.; y entre la de *clima indiferente*

los que vivían en las cavernas y, además, los ciervos, caballos, toros y bisontes, etc. De la fauna de los restantes continentes merece especial mención la americana, y singularmente la de la República Argentina,

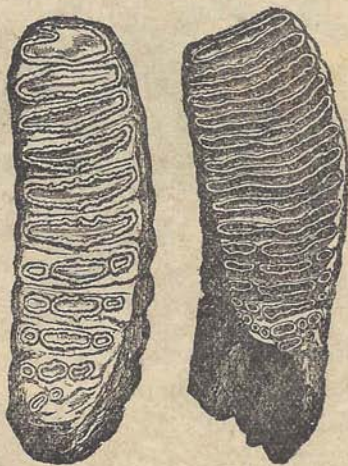


Fig. 441.

Fig. 442.

Diferencia entre el molar de un elefante actual (441) y el de un mamut (442).

en cuya pampa se ha encontrado tan gran cantidad de Mamíferos

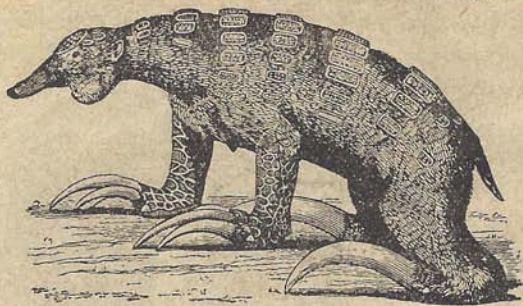


Fig. 444.—*Megalonyx jeffersoni*, restaurado. Desdentado cavador del Cuaternario de la pampa argentina; su longitud, dos metros.

dentados, entre los que merecen citarse el *Megalonyx jeffersoni* (fig. 444), especie de oso hormiguero provisto de placas óseas aisladas en el dorso y de robustas uñas en las patas, que es-

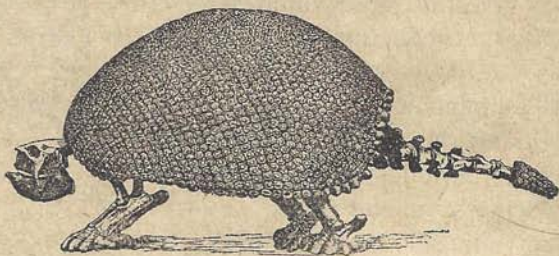


Fig. 445.—*Glyptodon*. Desdentado acorazado del Cuaternario de la pampa argentina; su longitud, tres metros.

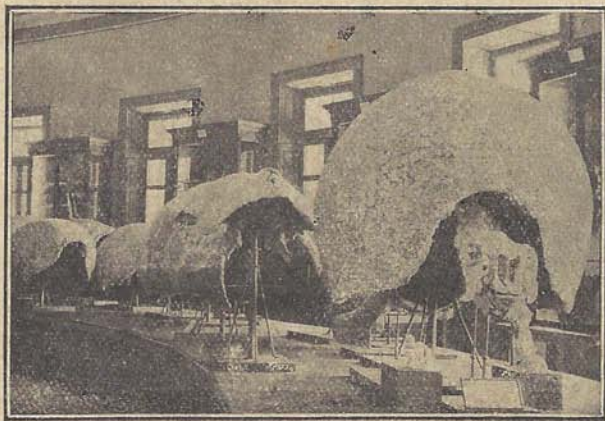


Fig. 446.—Grupo de corazas de *Glyptodon*, del Museo de Historia Natural de La Plata (Argentina). (Fot. com. por el prof. Doctor A. Boscá).

fósiles, que bien puede asegurarse no tiene igual en el mundo. Entre estas especies se hallan Mastodontes distintos de los europeos, etcétera, pero las más típicas son las pertenecientes al grupo de los Des-

taban acondicionadas para cavar; varias especies de *Glyptodon* (figuras 445 y 446), que eran parecidos a los actuales armadillos y estaban provistos de una gruesa coraza o caparazón, formado por

multitud de piezas exagonales soldadas entre sí, y, por último, los megaterios (*Megatherium Cuvieri*, etc.) (fig. 447), que son de mayor tamaño que todos los Desdentados (de cuatro a cinco metros de longitud por dos a tres de altura) y poseían movimientos lentos parecidos a los de los actuales perezosos y, como éstos, eran filófagos.

RAZAS HUMANAS FÓSILES.—Hasta el comienzo del Cuaternario medio o Pleistoceno (o hasta el final del Cuaternario antiguo), no se han hallado en Europa, restos fósiles indudables del hombre.

Lo mismo ocurre en los demás continentes, por lo cual la denominación de Era Antropozoica dada a toda la Era Cuaternaria, no es rigurosamente exacta.

El abate doctor Obermaier, en su magnífica obra *El Hombre fósil*, ya citada (nota de la pág. 144), admite como indudable la existencia de tres razas humanas fósiles, que, procediendo de la más antigua a la más moderna, son: el *Hómo heidelbergensis*, el *Hómo neandertalensis* o *primigénius* y el *Hómo sapiens* var. *fósilis* representada principalmente por la raza de Cro-Magnon que de todas las razas fósiles es la más parecida al hombre actual (*Hómo sapiens* var. *rérens*).

Los restos del *Hómo heidelbergensis* están representados únicamente por una mandíbula inferior encontrada en 1907 en Mauer (cerca de Heidelberg, Alemania), que «sobrepujan por su volumen a todas las mandíbulas primitivas». «A su cuerpo, grueso en exceso, corresponden unas ramas ascendentes extremadamente anchas. No solamente falta la barbilla (*) en absoluto, sino que no se conoce otra mandíbula con un retroceso tan acentuado del mentón, por cuya razón el fósil se parece en su forma general más bien a las mandíbulas antropomorfas (especialmente del Gibón (**), que

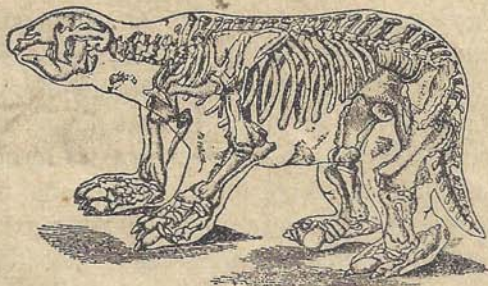


Fig 447.—Esqueleto de *Megatherium Cuvieri*. Desdentado de la pampa argentina: su altura, dos a tres metros; longitud, cuatro a cinco metros.

(*) Véase *Zoología*, 5.^a edición, «Antropología».

(**) Véase *Zoología*, 5.^a ed., Monos Antropomorfos.

a las del hombre». «Pertenece la mandíbula al segundo período interglaciario y es posible que correspondiese a la forma precursora y originaria del *Homo neandertalensis*». (Obermaier).

Del *Homo primigénius* o *neandertalensis* (del valle de Neandertal, cerca de Düsseldorf, Alemania), antiguamente llamada *raza de Canstadt* o *Kannstatt* (Alemania), se conocen esqueletos completos que Obermaier atribuye al final del último período interglaciario y a la primera mitad del último período glaciario. «La talla de la raza de Neandertal es pequeña, relativamente, pues tiene unos 160 centímetros de altura por término medio». «El cráneo es grande... la frente huida y aplanada; sobre las grandes órbitas existe un rodete fuerte y continuo... La cara es prognata... La mandíbula inferior es vigorosa y por lo que a la barbilla se refiere, solamente se halla representada de una manera rudimentaria... Los restantes huesos del esqueleto son toscos... La tibia es muy maciza y el fémur fuerte y corto». «Esta antigua «especie», aunque verdaderamente humana, posee un conjunto típico de caracteres arcaicos, pitecoides» (Obermaier). En España se ha encontrado un cráneo sin mandíbula inferior en Gibraltar, y una mandíbula inferior aislada en Bañolas (Gerona). Finalmente, la *raza de Cro-Magnon* (de Cro-Magnon, Dordoña, Francia), corresponde al último período glaciario y al postglaciario y sus restos son de caracteres, en general, análogos a los de la raza blanca actual, tanto en capacidad craneal como en la talla (de 157 cm. a 187 cm.); etc. En España se han encontrado bastantes restos de esta raza. De todos los restos humanos encontrados en América, parece que sólo son del comienzo del Cuaternario medio los de Fontezuelos (Buenos Aires, Argentina), que tienen tipo neandertaloide.

Prehistoria.—Como su nombre indica (el prefijo *pre* denota antelación o prioridad), tiene por objeto el estudio de los pueblos y sus civilizaciones antes de los tiempos históricos. Los documentos o fuentes que sirven para ello, son los restos del hombre y principalmente los restos que de su industria y de los animales de que se alimentó han quedado en los lugares donde preferentemente vivía, y que por haber sido sobre todo en las cavernas ha dado lugar a que por muchos se confunda la Espeleología con la Prehistoria (pág. 137). Como para hacer con fruto el estudio de la

Prehistoria es preciso conocer Estatuografía, Anatomía comparada, Zoografía y Paleontología, la Prehistoria debe considerarse como una rama de la Historia Natural,

Los tiempos prehistóricos se dividen en dos *Edades*: la *Edad de Piedra* y la *Edad de los Metales*; la primera comprende dos *Períodos* denominados *Paleolítico* o *de la piedra tallada*, que es el más antiguo (gr. *palaiós*, antiguo; *lithos*, piedra) y *Neolítico* o *de la piedra pulimentada*, que es el más moderno (gr. *néos*, nuevo). La *Edad de los Metales* se subdivide en el *Período del Bronce* y en el del *Hierro*. También es frecuente llamar Edades a cada uno de éstos *Períodos*.

PERÍODO PALEOLÍTICO.—Este período se caracteriza porque los instrumentos que el hombre utilizó, tanto para su defensa como para la caza de los animales, etc., eran de *piedra tallada a golpes*, es decir,



Fig. 448.



Fig. 449.

Los tipos de hacha de mano del *Paleolítico inferior* del Cerro de San Isidro (Madrid). (Tamaño algo menor que mitad del natural). De *El Hombre Fósil*, de Obermaier.

piedras en las que por medio de golpes hábilmente dados contra otras, destacaban trozos hasta dejarlas de la forma que convenía

a los fines que las destinaban. Así fabricaban *hachas*, tanto para usarlas directamente con la mano (figs. 448 y 449), como para atarlas al extremo de un palo; una especie de *puntas de flecha* para usarlas con la *mano* (*puntas de mano*) (fig. 450); *puntas de flecha* destinadas a ser utilizadas en el extremo de un palo (fig. 451); etc. Las piedras de que principalmente se servían para fabricar esos instrumentos eran el *sílex* y la *cuarcita*.

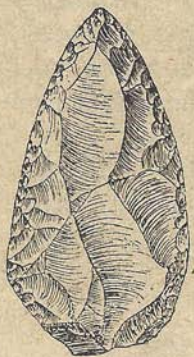


Fig. 450.—Punta de mano del *Paleolítico inferior* (un tercio del natural). De *El Hombre Fósil*, de Obermaier.



Fig. 451.—Punta de flecha del *Paleolítico superior* de la cueva de Cueto de la Mina (Oviado), excavada por el Conde de la Vega del Sella (*). (Tamaño natural) De *El Hombre Fósil*, de Obermaier.

El Paleolítico se divide en *Paleolítico antiguo o inferior* y *Paleolítico moderno o superior*. Durante el Paleolítico antiguo, *correspondiente principalmente al tercer período interglaciario*, o sea a un clima cálido, el hombre (raza de Neandertal), no sólo era nómada sino que, gracias a la dulzura del clima, vivía al aire libre y cerca de los ríos, según lo demuestran las *hachas* y otros instrumentos hallados en la clásica localidad del Cerro de San Isidro (Madrid) (figs 448 y 449), en Torralba (Soria) y en otras muchas. Excepto en España, *el hombre no trabajó el hueso en este Período*.

El *Paleolítico superior* corresponde al *cuarto período glaciario* (y para Obermaier, al cuarto período glaciario y a la *época fría del comienzo del período post-glaciario*). Por efecto de la crudeza del clima, el hombre (raza de Cro-Magnon) se hizo *trogglodita*, es decir (gr. *troggle*, caverna), tuvo que buscar refugio en las cavernas, de donde salía para la caza y pesca de los animales que constituían su alimento y a donde regresaba para comer éstos, por cuya razón en las cuevas habitadas por él se encuentra considerable número de conchas y huesos mezclados con los instrumentos de

(*) El Excmo. Sr. Conde de la Vega del Sella, ex senador asturiano, etc., es uno de los más activos y competentes colaboradores de la *Junta de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas* (organismo dependiente de la Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas), cuyo primer Director fué el Excmo. Sr. Marqués de Cerralbo (1845-922), y el jefe de Trabajos el Catedrático de Geología de la Universidad de Madrid Dr. E. Hernández-Pacheco, a cuya inteligencia se debe la organización metódica y activa campaña de investigaciones, tanto prehistóricas como geológicas en general, emprendida en la Península.

que se servía para diversos fines (*figs. 452 y 453*). Entre estos instrumentos *los hay ya pulimentados de hueso y de asta de ciervo*, lo que, unido al fino trabajo a que sometían el tallado de la piedra, prueba un adelanto notable en la civilización de esta raza: los instrumentos en hueso son muy variados, como puntas de flecha, agujas, punzones, arpones de una y dos filas de dientes



Fig. 452.



Fig. 453.

Extrayendo el yacimiento prehistórico de una caverna (Santimamiñe-Guernica-Vizcaya) (*). Fig 452, una taja del yacimiento que se está excavando.—Fig. 453, montón de conchas, huesos y utensilios extraídos del espacio comprendido entre las manos en la figura 452. (Fot. O. Cendrero).

(*figura 454*), y otros de uso no bien determinado, como los llamados *bastones perforados* o *bastones de mando* (*fig. 455*), por haberse supuesto que los llevaban las altas dignidades de la tribu o familia; etc., etc.

De esta misma época datan las primeras *pinturas y grabados rupestres*, o sea pinturas y grabados en las rocas (lat. *rupes*, roca), de que en España tenemos tan abundante representación, que puede considerarse como el país más privilegiado del mundo: también los instrumentos de hueso y ciervo ostentan a veces curiosos grabados. A ella corresponden las pinturas de Castillo (Puente Viesgo, Santander), la sin rival en el mundo de Altamira (Santillana, Santander) (*fig. 456*). En estas figuras están representados los animales más abundantes de este período, como bisontes, caballos, etc. Son muy notables las de la parte oriental de la

(*) Merece ser conocido el hecho (digno de loa y de ser imitado) que estas excavaciones se llevan a cabo por cuenta de la Diputación de Vizcaya, siempre celosa de cuanto pueda contribuir a la cultura, la cual ha encargado la dirección de las mismas a los prestigiosos naturalistas, doctores Aranzadi (catedrático de la Universidad de Barcelona), Eguren (de la de Oviedo) y Barandiarán (del Seminario de Vitoria).

Península, que en cuevas y hasta en rocas al aire libre y resguardados de la lluvia, representan escenas guerreras, de caza, etc., (fig. 457).

PERÍODO NEOLÍTICO.—Este período corresponde a la época post-glaciar y se caracteriza porque los instrumentos de *piedra* que

utilizó el hombre (sobre todo *hachas*) (fig. 458), eran principalmente *pulimentados*, es decir, que los fabricaban frotando una piedra contra otra más dura: también se encuentran en este período instrumentos *tallados*, pero generalmente tienen una finura de talla y una forma inconfundibles. Las piedras que utilizaban eran principalmente, el sílex (pág. 84), la ofita (pág. 178), la fibrolita (pág. 100), la jadeíta (pág. 102), etc. Subsisten los instrumentos de *hueso*, si bien poco abundantes.

Hasta este período no se conocen objetos de cerámica, que consisten en toscas vasijas de barro hechas a mano y cocidas después.

De este período data la *domesticación* de algunos de los animales hasta entonces salvajes (caballo, toro, etc.), o por lo menos su encerramiento en extensos



Fig. 454.—Harpón de una fila de dientes del *Paleolítico superior* de Cuesto de la Mina (Oviedo). Colección del Conde de la Vega del Sella. (Un tercio menor que el natural). De *El Hombre Fósil*, de Obermaier.

parques, donde los iban sacrificando a medida que los necesitaban, principalmente cuando por medio de la caza no podían procurarse los animales salvajes. También es posible que se dedicaran a la *agricultura*, pues en varios yacimientos se han hallado granos de trigo carbonizados y en casi todos, *molinos* consistentes en una ancha piedra sobre la que machacaban los granos por medio de otra piedra pequeña.

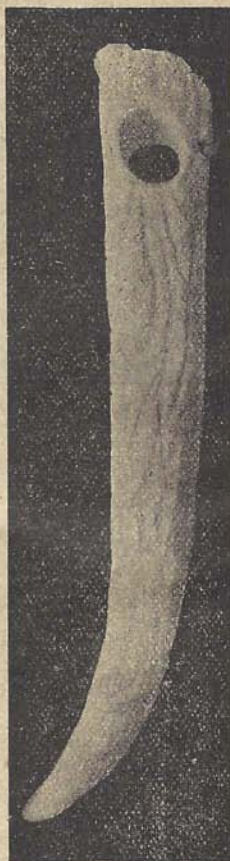


Fig. 455.—Bastón perforado o bastón de mando del *Paleolítico superior* de la caverna «El Pendo» (Santander). Tamaño mitad del natural. (Fot. O. Cendrero).

Las pinturas y grabados rupestres de este período son muy numerosos en España, principalmente en el E. y S.; pero



Fig. 466.—Representación de las figuras pintadas en el techo de una parte de la Caverna de Altamira (Santillana-Santander). Dichas figuras son policromadas y ocupan una extensión de unos 12 metros de longitud por cinco de anchura: el tamaño de cada figura es, por término medio, de 1,40 metros. En la parte superior izquierda, un caballo; en la derecha, un jabalí, y en la inferior izquierda, una cierva; el resto son casi todos bisontes en actitudes diversas. (Reducción de una lámina de la obra de don Hermilio Alcalde del Río, *Las Pinturas y Grabados de las Cavernas Prehistóricas de la Provincia de Santander*, 1906) (*).

son tan estilizados o esquematizados, que muchas veces no se puede ni conjeturar lo que quisieron representar.



Fig. 467.—Cacería de un jabalí. Cueva del Charco del Agua Amarga (Alcañiz-Teruel). (Muy reducida: según J. Cabré) (**)

Son notables los *monumentos megalíticos* que nos legaron los hombres neolíticos. Como dice su nombre (gr. *megás*, grande;

(*) Don *Hermilio Alcalde del Río*, Director de la Escuela de Artes y Oficios de Torrelavega, es el primer español a quien se debe en gran parte el resurgimiento de las investigaciones sobre las pinturas y grabados rupestres en España, que yacían en completo olvido desde que el gran y clarividente explorador montañés Don *Marcelino S. de Sautuola* las descubriera en 1886. El nombre de Alcalde del Río va unido al de los descubrimientos más importantes de la primera decena del siglo actual, como Castillo, Covalanas, etc., (Santander), Pindal (Oviedo); y también al de las publicaciones *Les Cavernes de la Région Cantabrique*, etc., hechas en colaboración con otros ilustres prehistoriadores (el P. Lorenzo Sierra y el abate Breuil) y lujosamente editadas a expensas de S. A. el Príncipe Alberto I de Mónaco (1844-1922).

(**) Don *Juan Cabré*, Comisario de Exploraciones de la *Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas*, es uno de nuestros más jóvenes y cultos exploradores del Arte rupestre, que enriqueció la Ciencia con tan considerable número de descubrimientos en las regiones oriental y meridional de España, que difícilmente podrán ser igualados por ninguno otro.

lithós, piedra), consisten en monumentos formados por grandes piedras, de los que los más importantes son los *mehires* y los *dólmenes*: un *menhir* (del celta *men*, piedra: *hir*, larga) consiste en una larga piedra (a veces de 20 metros de longitud) introducida verticalmente en tierra: se supone que eran monumentos conmemorativos de algún hecho importante: un *dolmen* (del celta *dol*, mesa o tablero; *men*, piedra) está constituido por una o más grandes piedras planas sostenidas por dos o más colocadas verticalmente: éstos eran sepulturas (fig. 459).



Fig. 458.—Hacha de piedra del período Neolítico.

Finalmente, merecen mencionarse los *palafitos* o *habitaciones lacustres*, que construían sobre pilotes de madera (ital. *palafitti*) en los lagos de poco fondo y próximos a la orilla: estas agrupaciones de palafitos formaban a veces verdaderas ciudades, según a podido apreciarse en Italia y Suiza, donde se han descubierto abundantes construcciones de esta índole.

EDAD DE LOS METALES.

Es la que siguió a la Neolítica y se caracteriza porque durante ella, y a causa de haber descubierto el hombre el uso de los metales, la piedra fué sustituida lentamente por éstos, primero por el *cobre* y después por la aleación del cobre y del estaño, o sea el *bronce* (*Edad del bronce*); en España se encuentran numerosos objetos de ambos. También se hallan *dólmenes* de este período.

Por último, a la *Edad del Hierro* se pasa también insensiblemente de la del Bronce y en ella comienza ya el período histórico.

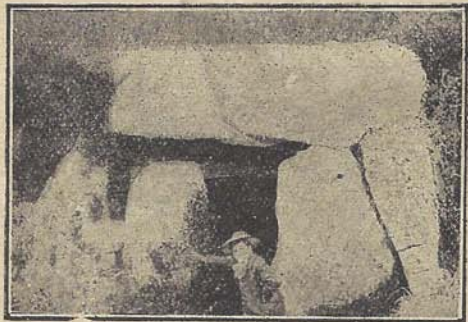


Fig. 459.—Dolmen de Eguilaz (Álava). (Del trabajo *Estudio Antropológico del pueblo vasco*, por el prof. Dr. E. Eguren de Bengoa).

ÍNDICE ALFABÉTICO

No se incluyen en él los nombres de los minerales, y en general de todas aquellas palabras que es fácil encontrar valiéndose del índice de materias.

A

Abisal, 37.
Abisales, 36.
Ablación, 124.
Aceite mineral, 107.
Ágata, 84.
Agua marina, 103.
Algonkiense, 196.
Altiplanicies, 34.
Aludes, 140.
Aluviones, 130.
Amatista, 83.
» oriental, 85.
Amianto, 102.
Ammonites, 194.
Análisis cualitativo, 65.
» cuantitativo, 65.
Andesita, 178.
Anfibios, 202, 205.
Anisótropos, 59.
Apuntamiento, 45.
Archæopteryx, 207.
Asbesto, 102, 104.
Astronomía, 9.
Atoll, 152.
Augita, 102.
Avalanchas, 140.
Aves, 202, 207, 209.
Azabache, 110.

B

Barisfera, 38.
Barra, 132.
Basaltos, 178.
Batial, 37.
Batolitos, 181.
Belemnites, 205.
Bencina, 107.

Bentos, 36.
Berilo, 103.
Bermellón, 81.
Betún de Judea, 108.
Biáxicos, 60.
Biología, 13.
Biotita, 105.
Birrefringentes, 59.
Biselamiento, 45.
Bloques erráticos, 143.
Bólidos, 22.
Braquieje, 49.
Broncita, 101.

C

Calamina, 80.
Caldas, 136, 169.
Caliche, 40.
Campanil, 86.
Canchales, 115.
Cantos estriados, 143.
» rodados, 130, 155.
Cañones, 127.
Caolín, 106.
Carbonato sódico, 68.
Carbón de piedra, 110.
» mineral, 110.
Cascadas, 127.
Cayuelas, 91.
Ciencias naturales, 9.
Cierzo, 31.
Clasificaciones mineralógicas, 71.
Clinoeje, 50.
Creta, 91, 157.
Criptógamas vasculares, 200, 201, 205.
Cometas, 22.
Cordilleras, 33.
Cuenca hidrográfica, 34.
Cullinán, 74, 75.

D

- Denudación, 112, 124.
 Delta, 132.
 Descalcificación, 114.
 Diabasa, 178.
 Dialaga, 102.
 Dicotiledóneas, 208.
 Dinámica terrestre, 27, 112.
 Diorita, 177.
 Dipnoos, 200.
 Diques, 180.
 Disgregación mecánica, 115.
 Doble refracción, 59.
 Dólmenes, 228.
 Dunas, 120.

E

- Edad de los metales, 228.
 Eje óptico, 59.
 Ejes de simetría, 44.
 » principales, 45.
 Ensayos por vía húmeda o hidrog-
 nósticos, 65.
 Ensayos por vía seca o pirognósti-
 cos, 65.
 Enstatita, 101.
 Episidéreos, 9.
 Epitelúricos, 9.
 Era Azoica, 196.
 » de los Reptiles, 205.
 » Primitiva, 196.
 Erosión, 112, 124.
 Escayola, 97.
 Esmeralda, 103.
 » oriental, 85.
 Especie, 71.
 Espejo de los Incas, 176.
 Espeleología, 137, 222.
 Espuma de mar, 104.
 Estalactitas, 51, 137.
 Estalagmitas, 137.
 Estibina, 79.
 Estratos, 112, 157, 190.
 » concordantes, 159.
 » discordantes, 159.
 Estrellas, 15.
 » fugaces, 22, 26.
 Estructura holocristalina o graníti-
 ca, 174.
 Estructura porfírica o semicristali-
 na, 174.
 Estructura vítrea, 174.

F

- Facies, 157, 194.
 Fallas, 160, 185.
 Fauna, 36.
 Feldespatos cálcico-sódicos, 103, 175
 Física, 9.
 » mineral, 41, 55.
 Flora, 36.
 Formación de la hulla, 149.
 » del lignito, 148.
 » de la turba, 147.
 Fosas, 161.
 Fosforita, 99.
 Fósiles, 27, 191.
 » característicos, 194.
 Fosilización, 192.
 Fuentes, 136.
 » hipógenas, 168.
 » termales, 136, 169.
 Fumarolas, 168.

G

- Gabro, 177.
 Gáiseres o geiseres, 169.
 Gasolina, 107.
 Geognosia, 27, 40.
 Geografía Botánica, 37.
 » Física, 27, 29.
 » Zoológica, 37.
 Geología, 13, 27.
 » dinámica, 27, 112.
 » estatigráfica, 27, 190.
 » fisiográfica, 27, 29.
 » histórica, 27, 190.
 Geosinclinales, 161.
 Geotectónica, 27, 112, 157, 180.
 Gimnospermas, 201, 202, 205.
 Giroscópica, 26.
 Gliptogénesis, 112.
 Gneis, 189, 196.
 Goniómetros, 43.
 Grabados rupestres, 225.
 Grado geotérmico, 37.
 Granito, 175.
 Graptolíticos, 179, 200.
 Gredas, 106.
 Guano, 150.

H

- Hachas de piedra, 223, 226.

Hematites parda, 87.
» roja, 86.

Hépar, 68.
Higrófilas, 37.
Hiperstena, 102.
Historia natural, 9.
Hoces, 127.
Holoceno, 216.
Hornaguera, 110.
Hornblenda, 102.
Horst, 161.
Hulla, 110, 149.
» brillante, 110.

I

Icebergs, 146.
Impresiones, 191.
Inorgánicos, 9.
Islas, 32.
» madreporicas, 152.
Isostasia, 182.

J

Jabón de vidrieros, 85.
Jaboncillo de sastre, 104.

L

Lacolitos, 181.
Lágrimas de Santa Casilda, 94.
Lignito, 110, 148.
Limburgitas, 178.
Litogénesis, 112.
Litología, 40, 153.
Lques, 116.
Lana, 19.

LL

Llama, 66.
Llanuras, 34.

M

Macalubas, 169.
Macroeje, 49.
Maestral o mistral, 31.

Magma, 173.
Magnesita, 104.
Mamíferos, 195, 202, 205, 208, 209,
210, 212, 218, 220.
Mamut, 192, 218.
Manganesa, 85.
Mareas, 32, 38.
Maremotos, 187.
Mares, 31.
Margas, 91.
Mármoles, 91, 189.
Marsupiales, 205, 208, 209, 210.
Meandros, 127, 131.
Médanos, 120.
Menhires, 228.
Mesetas, 34.
Meteoritos, 22, 189.
Micacitas, 189.
Mineralogía, 40.
Modos de simetría, 46.
Mofetas, 168.
Moluscos, 153.
» litófagos, 146.
Monocotiledóneas, 208.
Monorrefringente, 59.
Montañas, 33, 34, 181.
Monumentos megalíticos, 227.
Morrenas, 143.
Moscovita, 105.

N

Naturaleza, 9.
Nebulosas, 14.
Nécton, 36.
Neógeno, 211.
Nerítica, 36.
Nevé o neviza, 141.
Nitrato de cobalto, 67.
Nummulites, 194, 212.

O

Obsidiana, 176.
Ocre amarillo, 88.
» rojo, 86.
Ofita, 178, 204, 226.
Olas de marea, 187.
Oligoceno, 211.
Orgánicas, 9.
Orogénesis, 112, 181.
Ortoclasas, 102.
Ortoeje, 50.
Ortosa, 102.

P

- Países bajos, 34.
 Paleógeno, 211.
 Paleogeografía, 190.
 Paleontología, 27, 193.
 Parafina, 107.
 Pedernal, 84.
 Pedrizas o pedregales, 115.
 Penillanuras, 113.
 Peñascales, 115.
 Peridoto, 100.
 Peridotitas, 178.
 Período neolítico, 226.
 » paleolítico, 222.
 Períodos glaciares, 217.
 Perlas, 67.
 Petrografía, 40.
 Pez mineral, 107, 109.
 Piedra de chispa, 84.
 » de toque, 84.
 » imán, 99.
 » pómez, 176.
 » pulimentada, 226.
 » tallada, 223.
 Piedras bamboleantes, oscilantes,
 etcétera, 116.
 Pinturas rupestres, 225. -
 Pinzas de turmalina, 60.
 Pirofera, 37, 38.
 Pizarras, 189, 196, 198.
 Plagioclasas, 102, 177.
 Plancton, 36.
 Planetas, 17.
 Planicies, 34.
 Plegamiento alpino, 214.
 » caledoniano, 200.
 » herciniano, 203.
 » huroniano, 197.
 Pleistoceno, 216.
 Plombagina, 75.
 Polarización, 60.
 Poliáxicos, 60.
 Pólipos, 151.
 Pórfidos, 176.
 Precámbrico, 196.
 Prehistoria, 137, 222.

Q

- Química, 9.
 » mineral, 41, 63.

R

- Rápidos, 130.

- Razas humanas fósiles, 221.
 Reptiles, 202, 205, 209.
 Retumbos, 183.
 Rocas, 40, 153.
 » aborregadas, 143.
 » clásticas, 154.
 » cataclásticas, 154.
 » de origen mecánico, 154.
 » » químico, 154.
 » detríticas, 154.
 » deutógenas, 154.
 » efusivas, 173, 174.
 » en masa, 173.
 » eólicas, 155.
 » glaciares, 155, 156.
 » hidráulicas, 155.
 » ígneas, 173.
 » intrusivas, 173, 174.
 » neptúnicas, 155.
 » plutónicas, 173.
 » protógenas, 155.
 » volcánicas, 173.
 Rubí, 98.
 » oriental, 85.
 Rubio, 87.

S

- Sanidino, 103. -
 Sedimentación mecánica, 112, 130,
 134.
 Sedimentación química, 136.
 Selenita, 96.
 Serófilas, 37.
 Sidéreos, 9.
 Sienita, 177.
 Sílex, 84.
 Silicícolas, 37.
 Simoum o simún, 31, 121.
 Sismos, 183.
 Sistema asimétrico, 50.
 » exagonal, 48.
 » monosimétrico, 50.
 » regular, 47.
 » rómbico, 49.
 » tetragonal, 48.
 Sol, 16.
 Solfataras, 168.
 Soplete, 66.
 Succino, 109.

T

- Tajos, 127.
 Teleósteos, 205.

Telesia, 85.
Telúricos, 9.
Tierra de batán, 106.
Tierras llanas, 34.
Tómbolos, 137.
Topacio, 101.
» oriental, 85.
Topografía ruiniforme, 116.
Torrecicas, 94.
Traquita, 177.
Tremolita, 102.
Trilobites, 195, 199.
Trípoli, 86, 151.
Truncadura, 45.
Tsunamis, 187.
Tubo abierto, 68.
» cerrado, 68.
Turba, 109, 147.

U

Uniáxicos, 60.
Uranografía, 13, 14.

V

Valles, 33.
Vaselina, 107.
Vena, 87.
Vendaval, 31.
Venturina, 83.
Vidrio de los volcanes, 176.
Volcancitos de fango, 169.
Volcanes, 162.

Z

Zafiro, 85.
Zonda, 31, 122.

ÍNDICE DE MATERIAS

DEDICATORIA, 5.—PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN, 6.—PRÓLOGO A LA TERCERA EDICIÓN, 7.

PRELIMINARES, 9.—División de los seres naturales: sus analogías y diferencias, 9.—División de la Historia Natural, 13.

URANOGRAFÍA, 14.—Clasificación de los astros según Faye, 14.—Nebulosas, 14.—Formaciones estelares, 15.—Sistema solar, 16.—Nacimiento, vida y muerte de los astros, 23.

GEOLOGÍA, 27.—Definición y división, 27.—Importancia de la Geología, 27.

GEOGRAFÍA FÍSICA, 29.—Forma, superficie y densidad de la Tierra, 29.—Partes concéntricas de la Tierra, 29.—Atmósfera, 30.—Litosfera, 31.—Endosfera, 37.

GEOGNOSIA, 40.—Definición y división, 40.

Mineralogía, 40.—MINERALOGÍA GENERAL, 40.—Caracteres mineralógicos, 40.—*Morfología mineral*, 41.—Minerales cristalizados, cristalinos y amorfos, 41.—Cristalización, 42.—Inclusiones, 42.—Principios fundamentales a que obedecen los cristales, 43.—Formas simples y compuestas, holoédricas, hemiédricas y hemimórficas, 46.—Sistemas cristalinos, 46.—Agregados cristalinos: maclas: cristales miméticos, 50.—Estructura de los minerales, 53.—*Física mineral*, 55.—Exfoliación, 55.—Dureza, 56.—Elasticidad, 56.—Tenacidad, 57.—Fractura, 57.—Peso específico, 57.—Brillo o lustre, 58.—Transparencia, 58.—Refracción de la luz, 58.—Color, 61.—Fosforescencia, 62.—Fusibilidad, 62.—Magnetismo, electricidad y radiactividad de los minerales, 62.—Caracteres organolépticos, 63.—*Química mineral*, 63.—Constitución química de los minerales, 63.—Isomorfismo, polimorfismo y pseudomorfismo, 63.—Medios de determinar la composición de los minerales, 65.—Reacciones por vía seca y húmeda de las principales bases, 70.

MINERALOGÍA DESCRIPTIVA, 71.—*Taxonomía y glosología minerales*, 71.—Taxonomía, 71.—Glosología o nomenclatura de los minerales, 73.—*Clase I. Elementos*, 73.—Diamante, 73.—Grafito, 75.—Azufre, 75.—Platino, 76.—Hierro, 77.—Cobre, 77.—Plata, 77.—Mercurio, 78.—Oro, 78.—*Clase II. Sulfuros, Arseniuros, Antimoniuros, etc.*, 79.—Rejalgar y Oropimente, 79.—Antimoniíta, 79.—Blenda, 79.—Niquelita, 80.—Pirita, 80.—Cobaltina y Esmaltina, 80.—Galena, 81.—Argentita, 81.—Cinabrio, 81.—Calcopirita, 82.—Proustita, 82.—Pirargirita, 82.—Tetraedritas, 83.—*Clase III. Óxidos*, 83.—Cuarzo, 83.—

Calcedonia, 84.—Zircón, 84.—Casiterita, 84.—Pirolusita, 85.—Corindon, 85. Oligisto, 86.—Cuprita, 86.—Ópalo, 86.—Bauxita, 87.—Limonita, 87.—*Clase IV. Sales haloideas*, 88.—Sal gema, 88.—Silvina, 88.—Carnalita, 90.—Fluorita, 90.—*Clase V. Nitratos, Carbonatos*, etc., 90.—Nitro, 90.—Nitratina, 90.—Calcita, 91.—Dolomita, 93.—Smithsonita, 93.—Siderita, 93.—Aragonito, 94.—Cerusita, 94.—Hidrocincita, 95.—Malaquita y Azurita, 95.—*Clase VI. Sulfatos*, etc., 96.—Baritina, 96.—Pechblenda, 96.—Alunita, Alumbres y Calafatita, 96.—Yeso, 96.—Epsomita, 97.—*Clase VII. Aluminatos, Ferritos*, etcétera, 98.—Espinela, 98.—Magnetita, 99.—*Clase VIII. Fosfatos*, etc., 99.—Apatito, 99.—Piromorfita, 99.—Calaíta, 100.—Calcolita, 100.—*Clase IX. Silicatos*, etc., 100.—Silicatos anhidros, 100.—Olivino, 100.—Silimanita, 100.—Topacio, 101.—Turmalina, 101.—Granates, 101.—Piroxenos, 101.—Jadéita, 102.—Anfiboles, 102.—Feldespatos, 102.—Esmeralda, 103.—Silicatos hidratados, 104.—Talco, 104.—Sepiolita, 104.—Serpentina, 104.—Calamina, 105. Micas, 105.—Cloritas, 106.—Arcillas, 106.—*Clase X. Minerales de origen orgánico*, 107.—Petróleo, 107.—Asfalto, 108.—Ámbar, 109.—Carbones minerales, 110.

GEOLOGÍA DINÁMICA, LITOLOGÍA Y GEOTECTÓNICA, 112.—El ciclo de los fenómenos geológicos, 112.—Agentes geológicos, 113.—AGENTES ATMOSFÉRICOS, 114.

AGENTES ACUOSOS, 124.—*Agua en estado líquido*, 124.—Aguas superficiales, 124.—Acción de las aguas dulces, 124.—Acción de las aguas del mar, 132. Aguas subterráneas, 136.—*Agua en estado sólido*, 139.—Hielo y nieve, 140.—Glaciares, 141.

AGENTES BIOLÓGICOS, 145.—*Acción destructora*, 145.—*Acción constructora*, 147.—Organismos terrestres, 147.—Depósitos de origen vegetal, 147.—Depósitos de origen animal, 150.—Organismos acuáticos, 151.—Depósitos de origen vegetal, 151.—Depósitos de origen animal, 151.

LITOLOGÍA, 153.—Composición mineralógica de las rocas, 154.—Clasificación de las rocas, 154.—*Rocas sedimentarias*, 154.—Rocas de origen mecánico, 155.—Rocas de origen químico, 156.—Rocas de origen orgánico, 156.

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS, 157.—Geosinclinales, 161.

AGENTES ERUPTIVOS, 162.—Tipos de erupciones, 164.—Fumarolas y fuentes hipógenas, 168.—Teorías del volcanismo, 169.—*Rocas eruptivas*, 173.—Clasificación de las rocas eruptivas, 175.

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS ERUPTIVAS, 180.

AGENTES OROGÉNICOS, 181.—Terremotos, 183.—Metamorfismo, 188.—Rocas metamórficas, 189.—Rocas cataclásticas, 189.—Rocas extraterrestres o meteoritos, 189.

GEOGRAFÍA HISTÓRICA Y PALEOGEOGRAFÍA, 190.—Estratos, 190. Fósiles, 191.—Faciés, 194.—División de los tiempos geológicos, 195.

ERA ARCAICA O AGNOSTOZOICA, 196.

ERA PRIMARIA O PALEOZOICA, 198.—Período Cámbrico, 199.—Período Silúrico, 199.—Período Devónico, 200.—Plegamiento caledoniano, 200.—Períodos Carbonífero y Pérmico, 201.—Plegamiento herciniano, 203.—Clima de la

Era Primaria, 203.—Distribución de los continentes y mares al final de la Era Primaria, 203.—Distribución de los terrenos primarios en España, 203.

ERA SECUNDARIA O MESOZOICA, 204.—Período Triásico, 204.—Período Jurásico, 205.—Período Cretácico, 208.—Clima de la Era Secundaria, 209.—Distribución de los continentes y mares al final de la Era Secundaria, 209.—Distribución de los terrenos Secundarios en España, 210.

ERA TERCIARIA O CENOZOICA, 211.—Período Eoceno, 211.—Período Mioceno, 213.—Período Plioceno, 213.—Plegamiento Alpino, 214.—Clima de la Era Terciaria, 214.—Distribución de los continentes y mares al final de la Era Terciaria, 214.—Distribución de los terrenos Terciarios en España, 215.

ERA CUATERNARIA O ANTROPOZOICA, 216.—Clima de la Era Cuaternaria, 216. Flora y fauna de la Era Cuaternaria, 218.—Razas humanas fósiles, 221.—Prehistoria, 222.







