

Orestes Cendrero

CURSO ELEMENTAL
DE
HISTORIA NATURAL

GEOLOGÍA

OCTÁVA EDICIÓN

CURSO ELEMENTAL

DE HISTORIA NATURAL

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.

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

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,

CURSO ELEMENTAL DE HISTORIA NATURAL**GEOLOGÍA**

POR

Orestes Cendrero Curiel

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES

EX ENCARGADO DE LOS CURSOS PRACTICOS DE ORGANOGRAFIA Y FISILOGIA COMPARADAS
EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID.

EX-PENSIONADO POR EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES Y JUNTA PARA AMPLIACION DE ESTUDIOS
E INVESTIGACIONES CIENTIFICAS EN LA ESTACION DE BIOLOGIA MARITIMA DE SANTANDER

INDIVIDUO DE LA COMASION EXPLORADORA DE LAS COSTAS DEL NORTE DE AFRICA, ENVIADA POR EL MUSEO
NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES DE MADRID Y LABORATORIO BIOLOGICO MARINO DE BALEARES.

CORRESPONDIENTE DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HIGIENE Y DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE BIOLOGIA.

EX-AUXILIAR DE MINERALOGIA Y BOTANICA Y ZOOLOGIA EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO.

EX-CATEDRATICO, POR OPOSICION, DE HISTORIA NATURAL Y FISILOGIA E HIGIENE EN EL INSTITUTO
NACIONAL DE SEGUNDA ENSEÑANZA DE HUELVA.

CATEDRATICO, TAMBIÉN POR OPOSICION, DE DICHAS ASIGNATURAS
EN EL INSTITUTO NACIONAL DE SEGUNDA ENSEÑANZA DE SANTANDER.

Y ACTUALMENTE CATEDRATICO EXCEDENTE DE ESTAS ENSEÑANZAS DEL INSTITUTO NACIONAL VELAZQUEZ (MADRID)

Obra declarada de mérito y de utilidad para la enseñanza por la Academia de
Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por el Consejo de Ins-
trucción Pública y por el Ministerio de Ins-
trucción Pública, agosto 1923.

Octava edición

PRECIO : UN DÓLAR CON CINCUENTA CENTAVOS

PARIS

1940

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

155721

ES PROPIEDAD DEL AUTOR, QUIEN
SE RESERVA, EN TODOS LOS PAÍ-
SES, LOS DERECHOS DE REPRODUCCION
DE TEXTO Y GRABADOS, DE
ADAPTACION Y DE TRADUCCION.

Títulos y precios de las obras didácticas del autor

	PRECIO	
	Encuadradas	
Elementos de Anatomía y Fisiología, 12ª edición	16,00	Pesetas
Elementos de Higiene, 12ª edición	10,00	»
Nociones de Anatomía, Fisiología e Higiene, 10ª edición	12,00	»
Lecciones de Anatomía, Fisiología e Higiene, 3ª edición	16,00	»
Geología, 7ª edición	Id.	»
Botánica, 7ª edición	14,00	»
Zoología, 7ª edición	Id.	»
Nociones de Historia Natural, 6ª edición	15,00	»
Lecciones de Historia Natural, 3ª edición	14,00	»
Biología (en colaboración con el Dr. E. Rioja)	30,00	»
Elementos de Biología general y especial (en colaboración con el Dr. E. Rioja)	32,00	»
Prácticas de Biología (en colaboración con el Dr. E. Rioja)	12,00	»
Prácticas de Anatomía y Fisiología (en colaboración con el Dr. E. Rioja)	8,00	»
Elementos de Geología (en colaboración con el Dr. F. Navarro)	32,00	»
Prácticas de Mineralogía y Geología (en colaboración con el Dr. J. Royo)	15,00	»
Clave mineralógica (en colaboración con el Dr. J. Royo)	3,00	»

AL ILUSTRE GEÓLOGO ESPAÑOL

EXCMO. SEÑOR DON

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.

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.

PRÓLOGO A LA SEXTA EDICIÓN

Ha sido tan favorable la acogida que el profesorado español y de las repúblicas hispano-americanas ha dispensado a las anteriores ediciones de esta obra, que ello me obliga a hacer en la presente edición un verdadero esfuerzo editorial, con objeto de que la presentación de la misma corresponda a su contenido científico.

Y en lo que a este último extremo se refiere, he procurado hacer una obra *completamente al día*, por lo cual en esta edición he incluido varios asuntos no tratados en las anteriores, bien porque no se conocieran, o bien porque no estuvieran lo suficientemente contrastados con la realidad para poder incorporarlos a un libro de carácter elemental.

A pesar de todo ello, el precio que he fijado a cada ejemplar de la segunda tirada de la presente edición, es muy inferior al que debería tener, porque la copiosa tirada que de ella hago me permite ponerlo reducido. Compárese, si no, para comprobar la verdad de esta afirmación, esta obra con otras similares, casi todas de precio bastante más elevado, aunque algunas sean de dudoso valor científico y otras, además, de deficiente presentación.

Por último, he tenido a la vista los programas de numerosos profesores de los países hispano-americanos (Argentina, Guatemala, Méjico, Perú, El Salvador, etc.) y por ello puedo asegurar que el alumno que

estudie este libro puede desarrollar las preguntas de todos ellos como es debido, es decir: con precisión y sin divagaciones estériles.

Los profesores-amigos, los que me enviaron fotografías, datos o consejos, y los estudiantes que por el hecho de haber leído las anteriores ediciones de esta obra (o de otras mías) tantas pruebas de afecto y de simpatía me han dado, reciban la expresión de mi cordial agradecimiento.

Orestes Cendrero.

Santander, enero 1932.

PRÓLOGO A LA

SÉPTIMA EDICIÓN

Repito aquí lo que digo en el Prólogo de la duodécima edición de mi obra **ELEMENTOS DE ANATOMIA**.

Las trágicas circunstancias por que actualmente atraviesa España, no permiten el desarrollo normal de las actividades editoriales.

Y, ante las insistentes demandas de numerosísimos profesores y libreros hispanoamericanos, me he decidido a imprimir en el extranjero nuevas ediciones de mis obras.

Esta séptima edición de **GEOLOGIA** está escrita teniendo a la vista los nuevos Programas Oficiales de diversas Naciones, tales como Argentina, Cuba, Ecuador, Méjico, etc., por lo cual los alumnos encontrarán grandes facilidades para seguir dichos programas y los profesores un alivio apreciable en su labor

A todos éstos, que con tan cariñosa solicitud me han prestado ayuda cuando me encuentro fuera de mi Patria y que se proponen seguir prestándomela recomendando a sus alumnos mis obras con más interés, si cabe, que antes lo hacían, les hago público el testimonio de mi profundo reconocimiento por su leal y cordial apoyo.

Por último, en esta recapitulación de agradecimientos, merecen también especial mención las Ordenes religiosas de todas clases (PP. Jesuitas, Salesianos, HH. Maristas y de las Escuelas Cristianas, etc.) y los señores libreros, muchos de los cuales han cooperado con su desinteresada ayuda a que yo pudiera continuar en mis obras la labor didáctica, a pesar de mi separación forzosa de la cátedra.

Orestes Cendrero.

Paris, 1938.

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*, *inertes* o *no vivos* a los primeros y *orgánicos* o *vivos* 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 *sidéreus*, 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 separadamente 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 de 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 desemejanza 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 se-

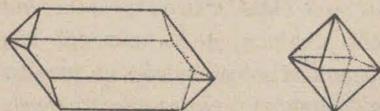


Fig. 1.—Los seres inorgánicos están formados, generalmente, por cristales, que tienen formas poliédricas.

res orgánicos, son, muchas veces, de formas no poliédricas (*figura 2*).

La *estructura*, es decir, la distribución interior 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

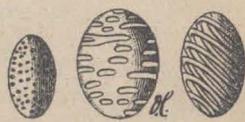


Fig. 2.—Los seres orgánicos están formados por células, que con frecuencia tienen formas no poliédricas.

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 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 orgánicos, por sencillos que sean, no pueden originarse más que a expensas de otros orgáni-

cos análogos a ellos. Mas, 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), 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

(*) 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, 6.ª edición, página 32, y ZOOLOGÍA, 6.ª edición, página 15.

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 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 ferrestre, 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 gr. *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 griego *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

El mundo sidéreo.—Según se dijo anteriormente (pág. 11) en latín *sidéreus* significa *lo relativo a los astros*; por consiguiente, al decir *mundo sidéreo* se entiende que nos referimos a todo lo relativo a los astros, mejor dicho, a los astros que conocemos del Universo, puesto que siéndonos éste realmente desconocido (ya que empezamos por ignorar si es limitado o infinito y, por lo tanto, mucho menos conocemos su forma.

sus dimensiones, etc.), las observaciones de los astrónomos no pueden recaer más que sobre el trozo del Universo que está al alcance de sus telescopios.

Clasificación de los astros según Faye.—Pero 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; mas el trabajo de clasificar los astros fundándose en los principios y haciendo los grupos que los naturalistas utilizan en sus clasificaciones (véase *Taxonomía Mineralógica*, pág. 123), 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 estrellas*.

NEBULOSAS

Las *nebulosas* aparecen a la observación como masas o manchas difusas que emiten luz sumamente ténue y blanquecina y que se encuentran 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, como, por ej., la Vía Láctea (*fig. 3*): las segundas



Fig. 3.—Esta región de la Vía Láctea, es la más próxima a la Tierra: se halla cerca de Sagitario y es un buen ejemplo de *nebulosa resoluble*. (Fot. Observatorio Yerkes, con 5 horas y 30 minutos de exposición).

no se resuelven en estrellas por más que se aumente el poder amplificante de los actuales telescopios. *Estas son las verdaderas nebulosas*, dentro de las cuales pueden establecerse dos *Clases* atendiendo a su forma. Unas

no tienen forma definida o la tienen irregular, por lo que se las llama *amorfas* o *irregulares* (fig. 4); gracias al espectroscopio ha podido ave-



Fig. 4.—Nebulosa amorfa de Orión. Los puntos blancos y las manchas discoideas con rayos, son estrellas. (Fot. Observatorio Yerkes, con una hora de exposición).

riguarse que están constituidas, principalmente, por hidrógeno, helio, nitrógeno y un cuerpo denominado *nebulio*, que aún no ha sido encontra-



Fig. 5.—Nebulosa espiral en la Osa Mayor. (Fot. Ritchey en el Observatorio de Monte Wilson; exposición de 4 horas y 15 minutos).

Fig. 6.—Nebulosa espiral de los Lebreles o Perros de Caza. (Fot. Ritchey en el Observatorio Yerkes; exposición de 10 horas y 45 minutos).

do en la Tierra. Otras son llamadas *regulares* por ofrecer formas constantes; éstas están constituidas por análogos elementos que las anteriores, aunque más condensados, y reciben diversos nombres según su forma, y así se llaman *espirales* (figs. 5 y 6), *anulares* (fig. 7), etc., me-

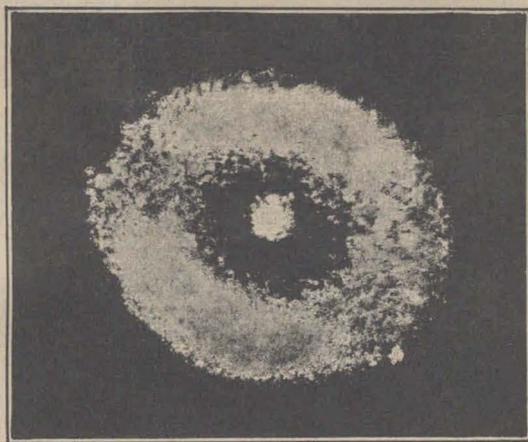


Fig. 7.—Nebulosa anular de Lira. (Fot. Montangerand en el Observatorio de Toulouse, con una exposición de 9 horas).

reciendo especial mención las denominadas nebulosas *planetiformes*, porque presentan una forma esférica tan regular, que parecen verdaderos planetas (fig. 8), diferenciándose de éstos en que el análisis espectral da tan sólo las rayas del hidrógeno, del helio, 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 amorfas, agrupan su materia hasta terminar formando las estrellas; esta suposición está corroborada por varios hechos, entre ellos la composición de las estrellas



Fig. 8.—Nebulosa planetiforme de la Constelación de la Hidra. (Fot. del Observatorio de Lick).

blancas y el que, como ha hecho observar Herschel (*), los alrededores de las nebulosas se hallan desprovistos de estrellas.



Fig. 9.—En el centro de la figura, nebulosa oscura pasando por delante de una nebulosa brillante. (Fot. Observatorio de Monte Wilson).

Modernamente se ha descubierto que además de estas nebulosas luminosas de que acabo de hablar, existen también nebulosas *sin luz*, es decir, *oscuras* u *opacas*, como también se las llama: se las supone constituidas por materia cósmica fría (figura 9).

ESTRELLAS

Las *estrellas* se llaman también *formaciones estelares*: son astros de forma esferoidal y de luz propia y en general potente: su centelleo sirve para distinguirlas de los planetas. Este centelleo proviene de los rayos de la luz producida por la estrella, los cuales nos llegan a través del espacio. Pero como las estrellas se encuentran muy lejos, esta luz tarda en llegar muchos años, a veces siglos, y claro es que tardará tanto más en llegar, cuanto más lejos se encuentre.

Muchas de las estrellas constituyen agrupaciones de forma aproximadamente constante, que reciben el nombre de *constelaciones* (fig. 10). Algunas de las constelaciones son muy conocidas, como, por ejemplo, la

(*) *Herschel*. Astrónomo inglés (1733-822).

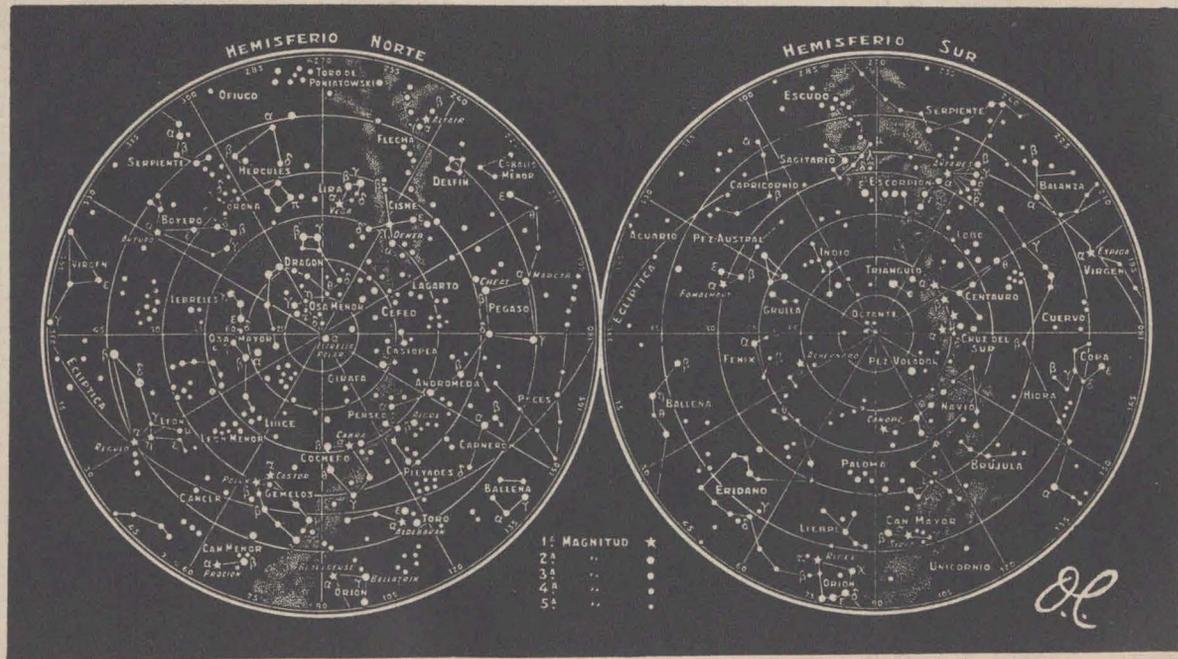


Fig. 10.—Esquema de un planisferio celeste con las principales constelaciones y las estrellas de las cinco primeras magnitudes. Los nombres de las constelaciones están escritos con letra mayor y vertical y los de algunas estrellas con letra menor e inclinada.

Osa Mayor o Carro Mayor y la Osa Menor o Carro Menor, en el hemisferio Norte, y la Cruz del Sur o sencillamente Cruz, en el hemisferio Sur. Desde luego que hay otras muchas, tales como Orión, El Can Mayor, Lira, Los Gemelos, Taurus o Toro, Scorpio o Escorpión, y todas las del Zodíaco (*), etc.

Algunas de las estrellas que forman estas constelaciones son también muy conocidas y tienen de antiguo nombres propios, como *Sirio* (de El Can Mayor); *Vega* (de Lira); *Cástor* y *Pólux* (de los Gemelos); *Rigel* y *Betelgueuse* (de Orión); *Aldebarán* y *Antares* (de Taurus y Scorpio, respectivamente); etc., etc.

Pero este sistema de nomenclatura que acaba de indicarse, ofrece muchos inconvenientes, por lo cual se sustituyó por otros más cómodos, uno de los cuales consiste en designar a cada una de las estrellas de las distintas constelaciones por una letra griega, comenzando siempre la primera o alfa (α) por la más brillante: así, α y β de Orión son dos estrellas de esta constelación (Betelgueuse y Rigel, respectivamente), de las cuales la primera tiene más brillo que la segunda.

Lo que acaba de decirse nos lleva a hablar de las *magnitudes* de las estrellas, es decir, de *su tamaño aparente*, debido al mayor o menor *brillo* con que se nos presentan. Desde muy antiguo se admiten seis magnitudes. En las de primera magnitud se incluyen las más brillantes, como Sirio, por ej.; en las de segunda magnitud las de brillo un poco menor y así sucesivamente hasta las de sexta magnitud, que se aprecian difícilmente a simple vista. De todas las estrellas conocidas hay unas 20 de primera magnitud (todas las que he citado anteriormente, corresponden a ellas); pero aun entre éstas hay unas que tienen más brillo que otras, como, por ejemplo, Sirio, que es la más brillante de todas las del cielo, tiene un brillo once veces mayor que Aldebarán, que es también estrella de primera magnitud. De las estrellas de la Osa Mayor seis son de segunda magnitud y una de tercera. De las de la Osa Menor, la Polar (que es la primera de la *lanza* del Carro), es de segunda magnitud. Encima y muy cerca de la segunda estrella de la *lanza* del Carro de la Osa Mayor, hay una estrella de quinta magnitud denominada Alcor, etc. (Véase *fig. 10*).

(*) Recuérdese que con el nombre de Zodíaco se conoce una zona del cielo que tiene unos 20° de anchura y cuya línea media es un círculo máximo que coincide con la eclíptica o sea la intersección del plano de la órbita de la Tierra con la esfera celeste. Los nombres latinos y castellanos de las doce constelaciones del Zodíaco son: Aries (El Carnero); Tauro (El Toro); Géminis (Los Gemelos); Cáncer (El Cangrejo); Leo (El León); Virgo (La Virgen); Libra (La Balanza); Scorpio (El Escorpión); Sagitario; Capricornio, Acuario y Piscis (Los Peces).

Finalmente, las estrellas se clasifican también atendiendo *a su color*. El P. Secchi (*) las divide en tres *Clases*, llamadas: *blancas*, *amarillas*, y *rojas*, cuyos colores dependen de la temperatura y composición de cada una.

Las *estrellas blancas* o blanco azuladas son las que poseen temperatura más elevada (de 8.000° á 27.000°). Ejemplo de las más conocidas: Rigel, de Orión, 15.000°; Sirio y Vega, 10.000°; etc.: en las de mayor temperatura abundan extraordinariamente el hidrógeno y el helio: cuanto menos blanco es el color, mayor número de cuerpos simples entran en su constitución, y así, por ej., las de 8.000° tienen también calcio, magnesio, etc.

Las *estrellas amarillas* tienen menor temperatura que las anteriores (de 4.000° á 6.000°). Las más conocidas son: el Sol, que es el tipo de esta clase de estrellas, con unos 6.000° de temperatura y cuya composición se estudiará más adelante; Aldebarán (de Taurus) y otras, con unos 4.000°; etc.

Por último, las *estrellas rojas* son las que menor temperatura poseen (de 2.000° á 3.000°): en ellas va disminuyendo el hidrógeno a medida que la temperatura disminuye, hasta desaparecer por completo: en cambio aparecen otros nuevos elementos, como el carbono, numerosos metales, y probablemente cuerpos compuestos, como carburos de hidrógeno. Entre ellas pueden citarse Antares (de Scorpio) y Betelgueuse (de Orión) ambas con unos 3.000° de temperatura.

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 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

El *sistema solar* está constituido por el *Sol*, que es el centro del sistema, los *planetas* con sus *satélites*, y los *cometas*.

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

El Sol.—Es el tipo de estrellas *amarillas* y la más cercana a la Tie-



Fig. 11.—Esquema que representa el tamaño comparativo del disco solar y de los planetas.

fotosfera (gr. *fotos*, luz; *sphaíra*, esfera) (fig. 12), en la cual destacan manchas irregulares e irregularmente distribuidas más brillantes aún que la fotosfera y que reciben el nombre de *fáculas* (latín *fácula*,

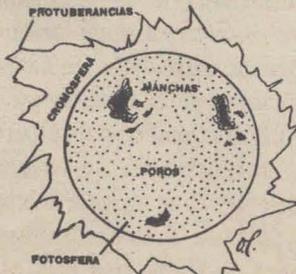


Fig. 12.—Conjunto esquemático del Sol.

antorcha pequeña). Posee también pequeños puntos negros denominados *poros* y además las llamadas *manchas* (fig. 13), que primitivamente consisten en poros o

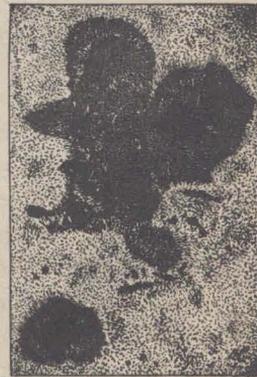


Fig. 13.—Manchas solares.

en pequeñas manchas, las cuales van aumentando de tamaño progresivamente, y terminan por alcanzar dimensiones variables, pero generalmente grandes; la forma de dichas manchas es también variable, así como su duración, que siendo ordinariamente corta puede persistir a veces durante meses enteros.

rra. Tiene un movimiento de rotación en el cual invierte unos veinticinco días, y otro de traslación hacia la constelación de Hércules. Su *volumen* es seiscientas veces mayor que el de todos los planetas reunidos (figura 11); su *densidad*, la cuarta parte de la de la Tierra y su *forma*, esférica.

Observado el Sol con un telescopio ordinario, provisto de un vidrio ahumado para evitar que el exceso de luz dañe la vista, aparece como un disco brillante o

La fotosfera se halla rodeada por una capa de poco grosor llamada *capa inversora* o *estrato inversor* porque en el transcurso de los eclipses origina en poco tiempo inversiones o cambios en el espectro solar (*figura 14*).



Fig. 14.—Esquema de la estructura del Sol.

La capa inversora está rodeada, a su vez, 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*, o sencillamente protuberancias (*fig. 15*), que no son sino inmensos surtidores de *hidrógeno*, *helio* o *calcio* incandescentes, los cuales salen de la cromosfera y llegan a alcanzar en algunos casos más de 800.000 kilómetros de altura.

Por último, rodeando la cromosfera y las protuberancias se encuentra la *corona solar*: consiste ésta en una especie de ténue aureola de suave luz plateada que no se puede apreciar ni estudiar más que durante los eclipses y que se extiende unos tres millones de kilómetros más allá del Sol (*fig. 16*).

En la *corona* se ha descubierto un elemento nuevo al que, por esto, se le ha denominado *coronio*. La *cromosfera* se halla constituida preferentemente por los mismos cuerpos *hidrógeno*, *helio* y *calcio* incandescentes, y tanto ella como las protuberancias rosadas, no son visibles más que durante los eclipses. En la composición de la *fotosfera* entran hasta unos cincuenta cuerpos, principalmente hidrógeno, helio, hierro, níquel,



Fig. 15.—Gran protuberancia solar. A la derecha La Tierra, representada a escala, da idea de la magnitud de esta protuberancia. (Diámetro medio de La Tierra 12.794 Km.). (Fot. del Observatorio del Monte Wilson).

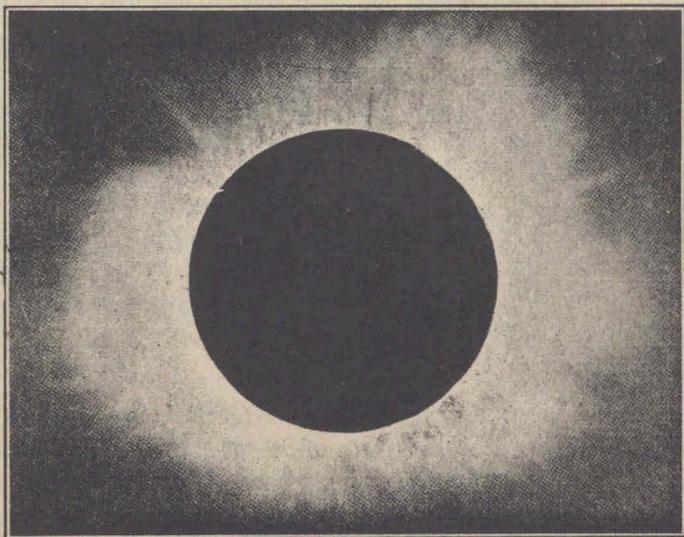


Fig. 16.—Fotografía de la corona solar durante un eclipse total.

carbono, sodio, calcio, etc., que son también elementos que se encuentran en la Tierra. Algunos cuerpos abundantes en la Tierra, lo son menos en el Sol: tal ocurre con el oxígeno y el nitrógeno.

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 al rededor 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. 11*): *Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Asteroides, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón*. Todos ellos se hallan distribuidos con arreglo a la llamada *ley de Bode* (*), que indica la distancia a 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, 768 se les agrega cuatro unidades a cada uno, se transformará en la serie: 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388, 772 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; 77,2
Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Asteroides, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno, Plutón

Cuando Bode formuló esta ley faltaba el planeta correspondiente al término 2,8; pero su autor anunció que llegaría día en que fuese des-

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

abierto y, en efecto, algún tiempo después se descubrió que en dicho lugar se encontraban los Asteroides o planetas telescópicos. También faltaba Neptuno, el cual fué descubierto en 1846. Sin embargo, actualmente esta ley no merece el nombre de tal, porque las distancias obtenidas por medio de ella no son las distancias *exactas*, sino *aproximadas*, y porque Neptuno, p. ej., no se halla treinta y ocho veces más alejado del Sol que la Tierra, sino sólo treinta. Tampoco Plutón (descubierto en 1930) sigue dicha ley, pues su distancia máxima al Sol, es sólo 50 veces la de la Tierra.

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; Plutón, 1. 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; Neptuno, ciento sesenta y cinco, y Plutón, doscientos cuarenta y ocho.

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*.

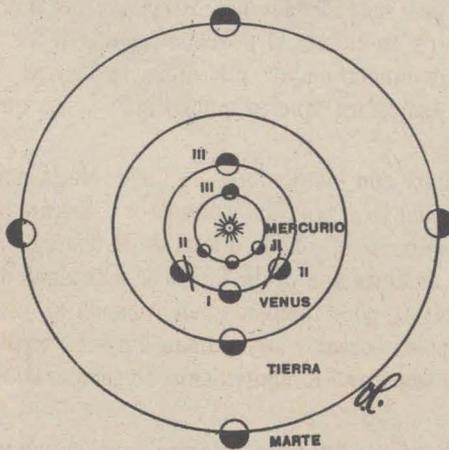


Figura 17.

Los planetas interiores tienen *fases* análogas a las de la Luna (figura 17), mientras que los exteriores se nos presentan siempre brillantes. Se comprende, en efecto, que estando la Tierra donde indica la figura 17, 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.

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 y de los relieves que se aprecian en su superficie (*fig. 18*), se ha

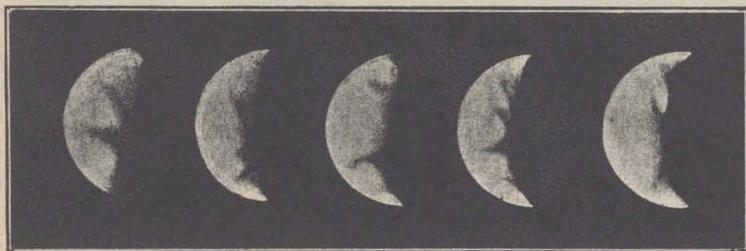


Fig. 18.—Diversos aspectos de Mercurio. (Según G. y V. Fournier).

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. Según se dijo antes, su volumen es próximamente el mismo que el de la Tierra (*figura 19*). 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.

LA TIERRA.—Aunque de ella se tratará en Geología, aquí conviene indicar algunos datos que se refieren a la Tierra considerada *como astro*.

Hasta los tiempos de Copérnico y Galileo (*) se suponía que la Tierra estaba fija en el centro del Universo y que todos los demás astros gira-



Fig. 19.—La Tierra (a la izquierda) y Venus (a la derecha) representados a la misma escala para que se pueda apreciar que tienen próximamente el mismo diámetro. (Según Moreux).

ban a su alrededor en un período de veinticuatro horas: a esta hipótesis se la denomina *geocéntrica* (de *ge*, Tierra y *centro*). Dichos sabios fueron los primeros que hicieron ver cómo este movimiento astral era una falsa apariencia y cómo la que en realidad se mueve, es la Tierra, la cual gira *alrededor de uno de sus diámetros y alrededor del Sol*; el primer movimiento se llama de *rotación* y el segundo, de *traslación*: esta teoría, que es la hoy admitida, se llama *heliocéntrica* (gr. *helios*, el Sol).

El diámetro alrededor del cual gira la Tierra en su movimiento de rotación, es el *eje terrestre*, y los extremos de éste son los *polos*,

(*) *Copérnico* (Nicolás).—Canónigo polaco (1473-1543). Escribió una notable obra, que no se atrevió a publicar hasta que se sintió próximo a morir, porque en ella se combatía el sistema *geocéntrico* a que se alude en el texto, del cual se suponía entonces que era el apoyado por la Biblia y al que se le denomina también de Ptolomeo porque fué este autor (cuyos datos biográficos son muy imprecisos: sólo se sabe que residía en Alejandría el año 131) el que dió forma en su "*Composición Matemática*" (el *Almagesto* de los Arabes) a la ya entonces vulgar creencia geocéntrica. En la obra de Copérnico, se desarrolla la teoría *heliocéntrica*, que ya tuvo precursores en Grecia, y decía que el Sol era el centro del sistema planetario y que la Tierra se movía alrededor de uno de sus diámetros. Uno de los primeros y más ardientes defensores de la hipótesis heliocéntrica de Copérnico, fué Galileo (célebre astrónomo y físico italiano (1564-1642), que tiene en su haber descubrimientos e inventos tan importantes como el anteojo de larga vista, las leyes de la caída de los cuerpos y del péndulo, etc. En el campo de la Astronomía sostuvo en sus obras, según se ha dicho, la teoría de Copérnico, lo que le valió ser acusado por hereje a la Inquisición y ser encerrado en las cárceles de ésta hasta que en 1633 se retractó ante el tribunal de dicha Inquisición, negando que fuese la Tierra la que se movía. Sus historiadores dicen que al levantarse pronunció la célebre frase "y sin embargo, se mueve", queriendo significar que le obligaban a retractarse; pero que él seguía pensando lo mismo.

Norte y Sur (*figura 20*). Los círculos máximos que pasan por los polos se llaman *meridianos*. Todos los meridianos se cortan en los polos y cada uno de ellos divide a la Tierra en dos hemisferios llamados *Este* u *oriental* y *Oeste* u *occidental*. Cada meridiano está constituido por dos *semimeridianos* opuestos. El nombre de meridianos proviene de que cuando el Sol está en el plano de uno de ellos, es *mediodía* para todos los puntos del semimeridiano convexo que mira hacia él (latín *meridies*, el mediodía), siendo *medianoche* para todos los puntos del semimeridiano opuesto.

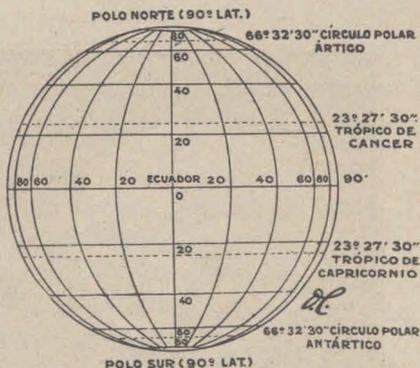


Fig. 20.—La Tierra con sus líneas principales.

Si en la rotación de la Tierra nos fijamos en el movimiento de cada uno de los puntos de un meridiano, veremos que dichos puntos giran describiendo circunferencias paralelas cuyo plano es perpendicular al eje terrestre. Los planos o círculos limitados por estas circunferencias, son *paralelos entre sí*, que es a lo que alude el nombre de *paralelos* con el que se les conoce. Pero estos paralelos son de *dos clases*: unos son *círculos menores*, porque no pasan por el centro de la esfera, y para éstos se reserva el nombre de *paralelos* propiamente tales; otro es un *círculo máximo*, por pasar por el centro de la esfera, y a éste se le denomina *ecuador*. Éste es, por lo tanto, un paralelo situado a los 90° de los polos, es decir, a igual distancia de éstos (lat. *æquo*, *as*, *are*, igualar) y divide a la Tierra en dos hemisferios: Norte y Sur. Al ecuador se le llama también *línea equinoccial*, a causa de que los días y las noches tienen en él igual duración (lat. *æquus*, igual; *nox*, *noctis*, noche).

La alternancia de los días y las noches, es producida por la rotación terrestre (véase *fig. 21*).

El sentido en que gira la Tierra es inverso al aparente del Sol y demás astros, siendo por consiguiente de Oeste a Este. La velocidad de la rotación es variable para los diferentes puntos de la Tierra, siendo tanto más veloz a medida que éstos están más alejados del eje de rotación, por lo cual la máxima velocidad corresponde al ecuador (463 me-

tros por segundo), desde donde va disminuyendo gradualmente, hasta llegar al polo, en donde es nula.

Además del movimiento diurno de rotación del Globo, tiene éste otro de *traslación alrededor del Sol*, recorriendo en un año su órbita, la cual se denomina *eclíptica* porque es una elipse poco excéntrica, *en uno de cuyos focos se encuentra el Sol* (fig. 21).

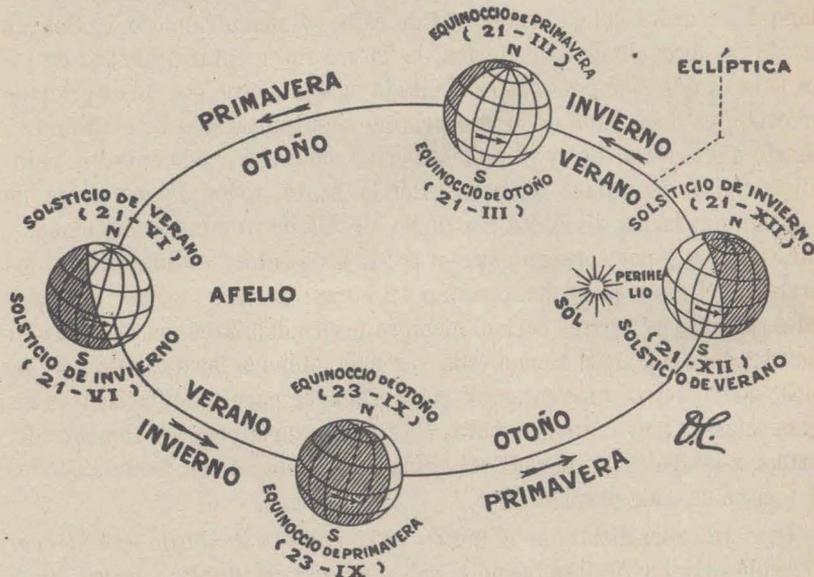


Fig. 21.—La Tierra en sus movimientos de traslación y las estaciones. Las flechas indican el sentido de los movimientos de rotación y de traslación. Véanse con independencia las indicaciones de cada uno de los hemisferios y siguiendo siempre las flechas de la eclíptica, pues de no hacerlo así puede haber confusión. Se supone que el observador está situado en un plano superior al de la eclíptica y un poco a la derecha.

Siendo elíptica la órbita terrestre y ocupando el Sol un foco de ésta, habrá un momento en que la Tierra pasará a una distancia del Sol la menor posible, y otro de alejamiento máximo; se llaman, respectivamente, *perihelio* y *afelio* (gr. *peri*, alrededor, cerca de; *helios*, Sol; *apo* o *afo*, lejos). La *velocidad de marcha* a lo largo de la eclíptica será variable, *acelerándose* en el perihelio y *retardándose* en el afelio. La velocidad media se calcula en unos 30 Km. por segundo.

El eje terrestre está siempre paralelo a sí mismo en las distintas posiciones que la Tierra ocupa en su movimiento de traslación; pero *no es nunca perpendicular* al plano de la eclíptica, sino que *está inclinado* con relación a dicho plano, con el que forma un ángulo de $66^{\circ}, 32' y 30''$.

Pero como el eje terrestre es perpendicular al plano del Ecuador, es indudable que éste formará también con el plano de la eclíptica el complemento de dicho ángulo o sea un ángulo de $23^{\circ} 27'$ y $30'$. Por efecto de esta inclinación se derivan dos hechos importantes: 1.º la desigualdad de los días y de las noches, 2.º la sucesión de las estaciones.

Si el eje de la Tierra fuera perpendicular al plano de la eclíptica, el plano del ecuador coincidiría con el de ésta, y encontrándose el Sol en uno de los focos de dicha eclíptica, la Tierra interceptaría un haz de rayos solares que siempre estaría limitado exactamente por un meridiano terrestre, es decir, que el círculo máximo que limitaría el hemisferio iluminado que mira al Sol y el hemisferio en sombra del lado opuesto, coincidiría con un meridiano terrestre. Por lo tanto, todos los paralelos de la Tierra quedarían divididos por dicho círculo de iluminación en dos mitades iguales y por consiguiente en todos los puntos de cada uno de los paralelos, el día y la noche durarían 12 horas: es decir, serían equinociales. Los rayos solares serían siempre perpendiculares en el Ecuador a las 12 del día e irían siendo cada vez más oblicuos hasta llegar a los polos, donde serían tangentes. Y como a mayor perpendicularidad de los rayos solares, mayor temperatura, ésta disminuiría progresivamente del Ecuador a los polos y, además, el clima sería siempre constante en todos los puntos de cada paralelo.

Pero ya se ha dicho que el eje de la Tierra está inclinado, por lo cual el círculo máximo de iluminación, *no coincide casi nunca con un meridiano terrestre*. Sólo lo hace cuando el eje de la Tierra está contenido en el plano de dicho círculo de iluminación, lo que no ocurre más que dos veces al año: el 21 de marzo y el 23 de septiembre. En estos días, por lo tanto, todos los puntos de cada uno de los paralelos (es decir, todos los de la Tierra) tienen el día y la noche de 12 horas, o son *equinociales*, por lo cual se dice que la Tierra se encuentra entonces en los *equinoccios*. Los restantes días del año, el círculo máximo de iluminación divide a cada paralelo en dos partes desiguales, por lo cual el día y la noche son de distinta duración, excepto para el Ecuador en el cual siempre son iguales por ser dividido por dicho círculo de iluminación en dos partes iguales.

Si a partir del equinoccio de primavera nos fijamos en la salida del Sol, veremos, en el hemisferio N., que a medida que se aproxima el verano, parece que cada día sale más al Norte, y, además, que los días van siendo cada vez más largos, hasta llegar el día 21 de junio a partir del

cual el Sol empieza a salir cada vez más al Sur y el día va acortando progresivamente, hasta llegar al equinoccio de otoño. El día en que el Sol parece detenerse en su marcha ascendente para comenzar la marcha descendente, se denomina *solsticio de verano* (del lat. *sol* y *statio*, es decir, sol quieto o parado). A partir del equinoccio de otoño, el Sol sigue saliendo cada vez más al Sur y los días acortando hasta el día 21 de diciembre, en que el Sol parece detenerse para empezar a salir cada vez más al Norte y los días a alargar. Esta segunda *parada* se denomina *solsticio de invierno*. Los puntos de la Tierra sobre los cuales el Sol parece detenerse en los solsticios, son los *trópicos* (de *Cáncer* para el hemisferio boreal y de *Capricornio* para el austral), los cuales están situados a 23° 27' y 30" de latitud Norte y Sur respectivamente (*fig. 20*). En esta época de los solsticios, el Sol pasa a mediodía por el cénit de los trópicos N. o S. y el círculo máximo de iluminación no pasa de los 66°, 32' y 30", que corresponde al emplazamiento de los círculos polares, ártico y antártico, según se considere el hemisferio N. o S. (*fig. 20*), es decir, que desde dichos círculos hasta el polo, están en la zona iluminada o en la oscura, según se considere el Sol en el trópico de Cáncer o en el de Capricornio, y a la inversa. Lo que acaba de decirse puede comprenderse bien examinando detenidamente la *figura 21*, en la cual debe seguirse con orden todo lo relativo a cada hemisferio. Por efecto de todo lo que antecede, en el Ecuador son siempre iguales, según se dijo, los días y las noches, pero a medida que nos acercamos a los polos, va habiendo más diferencia entre los días y las noches, hasta llegar a los polos que quedan totalmente iluminados o totalmente en la sombra durante 6 meses del año, por lo que ha podido hablarse con propiedad del *Sol de medianoche* de los círculos polares (*fig. 22*). Desde luego se entiende que la desigualdad entre los días y las noches es inversa en uno y otro hemisferio, es decir, que durante 6 meses son más largos los días en el hemisferio N. y durante otros 6 meses en el S., e inversamente las noches.

Por lo que se ha dicho se comprende que las *estaciones* dependen también de la oblicuidad del eje terrestre con relación al plano de la eclíptica. Durante el invierno del hemisferio N., el Sol está en perihelio, pero como el Sol está en el trópico de Capricornio, los rayos caen oblicuamente sobre dicho hemisferio N., por lo que hace frío (véase pág. 57).

Como acaba de decirse y según puede verse en la *figura 21*, el invierno en el hemisferio N. corresponde al perihelio, por lo cual suele ser menos frío que en el hemisferio Sur, en el que corresponde al afelio; en

cambio el verano del hemisferio Sur corresponde al perihelio, por lo que es más caluroso que en el hemisferio N., en el que corresponde al afelio.



Fig. 22.—El Sol de medianoche en Tromsø (Noruega). (Fot. comunicada por el conde de la Vega del Sella).

Como también puede verse en la *figura 21*, en ambos hemisferios

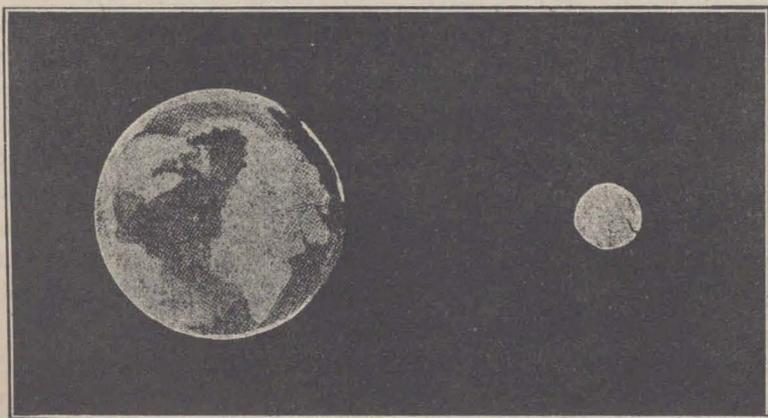


Fig. 23.—La Tierra y La Luna representadas a la misma escala para que se pueda apreciar el gran volumen de ésta. (Según Moreux)

las estaciones están alternadas, es decir, que cuando en el hemisferio N. es verano, en el hemisferio S., es invierno; etc.

La Luna.—La Tierra tiene un gran satélite, que es la *Luna*, cuyo volumen es sólo cuarenta y nueve veces menor que el de la Tierra (fig. 23). 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 o llanuras, impropiaamente llamadas *mares*, y grandes montañas, de las cuales unas son análogas a las terrestres y otras parecidas a las que constituyen nuestros volcanes, pero de dimensiones colosales, por lo cual se las ha denominado *cráteres* y también *circos*, atendiendo a sus grandes dimensiones. En algunos circos se yerguen una o más montañas cónicas de tipo volcánico terrestre. Algunos cráteres parecen impactos hechos por proyectiles gigantes (figura 24).

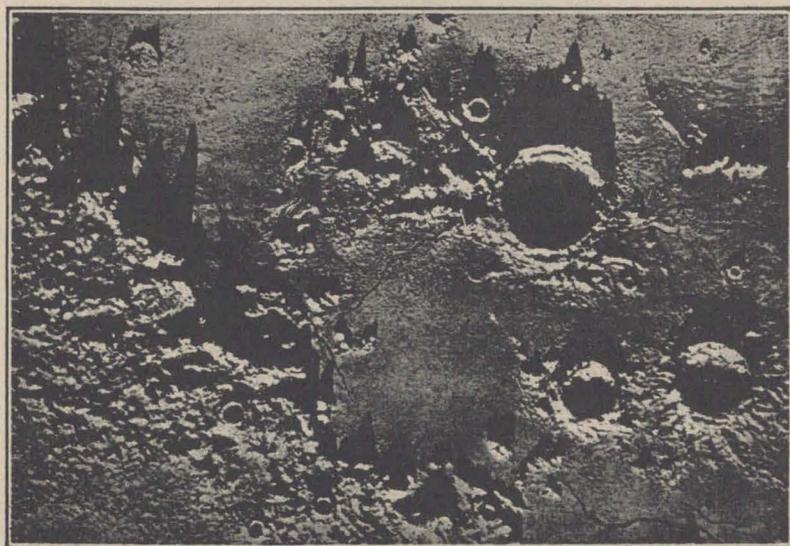


Fig. 24.—En esta fotografía de la superficie lunar, se encuentran reunidos los principales accidentes de la misma y pueden apreciarse: una llanura o mar en la parte superior derecha; montañas como las terrestres en la parte izquierda; obsérvense las sombras que sus picachos originan: cráteres parecidos a los terrestres, en la parte inferior izquierda: cráteres parecidos a impactos, en el centro, y ranuras en varios sitios. (Fot. comunicada por el Dr. V. F. Ascarza, del Observatorio Astronómico de Madrid).

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 romperían una placa de arcilla o un cristal calentados y enfriados 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 (*figs. 24 y 25*).

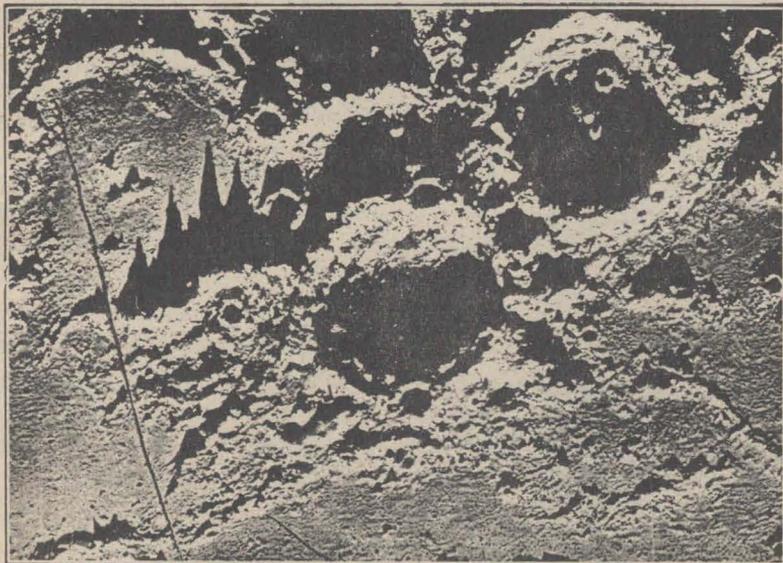


Fig. 25.—Fotografía de la superficie de la Luna, en la cual destaca una gran ranura a la parte izquierda. (Fot. Nasmyth, comunicada por el Dr. V. F. Ascarza).

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 verificarían 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 suponen 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 (*figura 26*); dichas manchas se supone que 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).

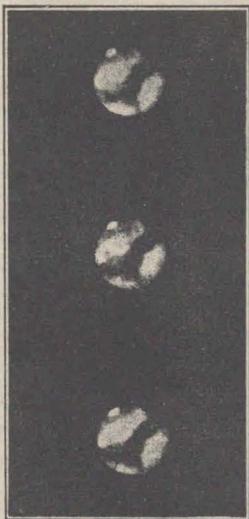


Fig. 26.—Fotografías directas de Marte obtenidas por el Observatorio de Yerkes. Obsérvese el gran casquete del polo Norte.

ASTEROIDES.—Son también llamados *planetas telescópicos* porque no se pueden percibir sin el concurso del telescopio. Su número 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. A causa 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 cuatro son mayores que nuestra Luna (*fig. 27*) y en todos ellos

sus movimientos de rotación y traslación son isócronos: los dos últimos

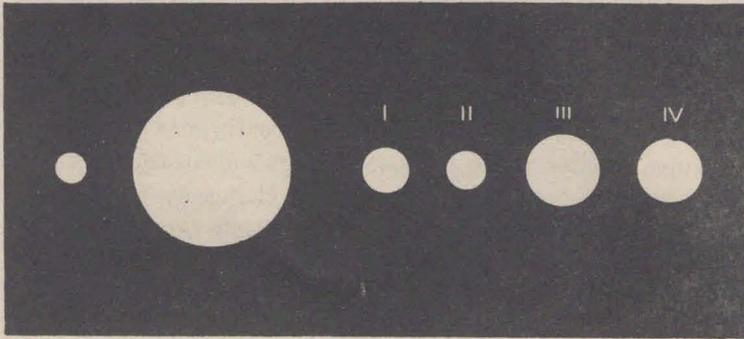


Fig. 27.—A la izquierda la Luna y la Tierra.—De I a IV los cuatro satélites de Júpiter que son mayores que la Luna.

descubiertos, tienen movimiento *retrógrado*, 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 nueve satélites, de los cuales uno es retrógrado: además tiene un anillo aplastado que rodea al planeta sin tener con él ningún punto de contacto. Este anillo (*fig. 28*) es-

tá 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

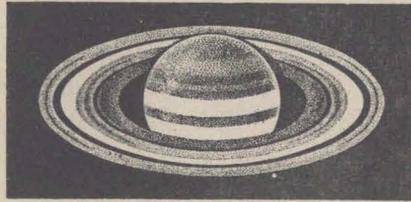


Fig. 28.—Saturno y su anillo.

vacio de unos 40.000 kilómetros, por el cual se pueden ver las estrellas. El anillo gira alrededor de Saturno en el mismo tiempo que éste emplea en su movimiento de rotación y por sí mismo no es luminoso, puesto que proyecta su sombra en el planeta.

URANO.—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 *retrógrados*.

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

PLUTÓN.—Modernamente (marzo 1930) se ha descubierto un nuevo planeta más allá de Neptuno. Dicho descubrimiento fué hecho por el Observatorio Lowell (de Flagstaff, en Arizona, EE. UU. de N. A.) que le dió nombre de *Plutón*. Como es natural, todavía puede decirse poco sobre este lejano planeta, y lo poco que se diga está sujeto a rectificación. Los datos que parecen más seguros, son los que ya se mencionaron (pág. 28), o sea: la distancia máxima al Sol es de 50 veces la de la Tierra; su volumen próximamente igual que el de ésta y la duración del año, 248 años terrestres. Por estos datos se comprende que no es visible a simple vista.

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* (*fig. 29*). El *núcleo* es la parte central y también la más luminosa, por ser donde más concentrada se halla



Fig. 29.—Cometa de Halley en 5 mayo 1910. (Fotografía comunicada por el Dr. V. F. Ascarza, del Observatorio Astronómico de Madrid).

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 *bólidos* 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* (figs. 30 y 31). La composición de éstos es análoga a la de los materiales terrestres, pudiéndose establecer dentro de ellos dos grupos: los *hierros meteóricos* o *sideritos* (gr. *sideros*, hierro) y las *pedras meteóricas* o *lititos* (gr. *lithós*, piedra). Los primeros se denominan así porque están constituidos 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 (página 164). 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 entre el interior y el exterior, se rompe en los fragmentos que constituyen los meteoritos. Más adelante se volverá a tratar de éstos.

Para muchos autores las estrellas fugaces serían debidas a numerosos y pequeñísimos asteroides ultratelescópicos que existirían alrededor

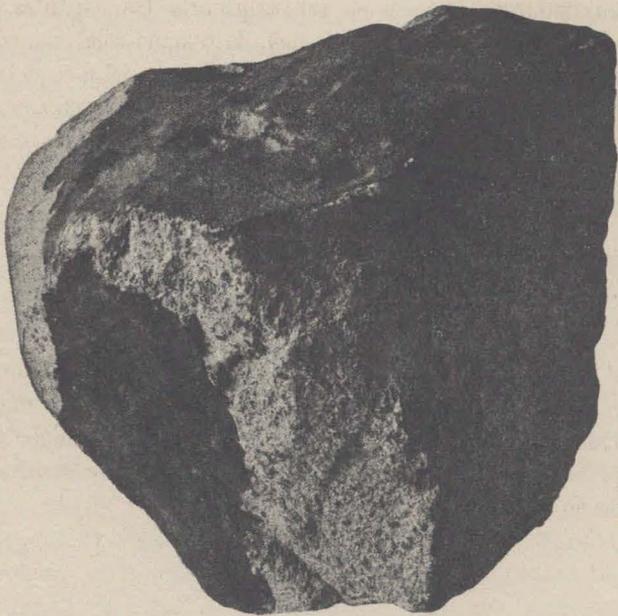


Fig. 30.—Meteorito (litito) caído en Olivenza (Badajoz) el 19 de julio de 1924. Trozo de 36 $\frac{1}{2}$ kg. con superficies frescas y costra fundida. (Fot. F. Navarro).



Fig. 31.—Transporte del hierro meteórico (siderito) de Cape York (Estados Unidos), de 36 toneladas de peso, por las calles de Nueva York. (De Farrington).

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 han salido de la atmósfera se enfrían 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 hipótesis 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

(*) *Laplace*. Físico, geómetra y astrónomo francés (1749-1827).

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 Plutón: del mismo modo se originarían los demás planetas (*figura 32*). 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

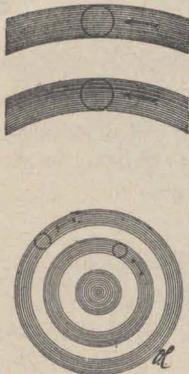


Fig. 32.—Esquema de la formación sucesiva de los anillos planetarios, según la hipótesis de Laplace.

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 dicha mezcla tenga la misma densidad que el aceite, lo cual se conoce en que colocando en la mezcla una gota de éste toma forma 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

(*) *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.

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 (*figura 25*); 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 Júpiter, Saturno, 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 de éste 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 comprobar 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 (**).

La última hipótesis cosmogónica emitida hace años 15 años es la llamada *planetesimal*, debida a los autores norteamericanos Chamberlin y Moulton.

El fundamento de esta hipótesis descansa : 1º, en el gran número de nebulosas espirales que existe, según acaba de decirse ; 2º, en la estructura de dichas nebulosas.

Según dichos autores, en cada una de las nebulosas habría que considerar (*figs. 5 y 6*) : un núcleo o centro, dotado de movimiento de rotación, y uno o varios brazos, que afectan forma espiral y que también están dotados de movimiento de rotación alrededor del núcleo. La materia de estas nebulosas no sería homogénea, sino de aspecto más o menos granuloso porque estaría agrupada en concentraciones de tamaño variadísimo pero siempre grande, alrededor de otros núcleos secundarios más pequeños que el central.

A estas concentraciones se las ha llamado *planetesimales* porque estarían dotadas de un movimiento de rotación alrededor de sí mismos y de otro de traslación alrededor del núcleo central de la nebulosa, es decir, en un todo análogo al que tienen los planetas alrededor del Sol.

Los autores de la hipótesis suponen que los más gruesos de estos planetesimales son los que originarían los planetas, los cuales se formarían por la atracción y acumulación sobre ellos, por efecto de la gravedad, de los planetesimales más pequeños que les circundan : a medida que un planetesimal va siendo mayor, su fuerza de atracción es también mayor y su masa se va haciendo cada vez más voluminosa a expensas de los planetesimales más pequeños y más lejanos que les rodean.

Aplicando esta hipótesis al sistema solar, la nebulosa Sol estaría constituida por los planetesimales que originaron los planetas y los meteoritos serían pequeños planetesimales atraídos actualmente por la Tierra.

(*) 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. Inglada, Jefe de la Estación Sismológica de Toledo. Madrid, 1919.

GEOLOGÍA

Definición y división.—Ya se dijo (pág. 15) 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*, *Geografía física* o *Geofísica*, la parte que se ocupa principalmente del estudio y descripción del relieve externo y de sus condiciones físicas y fisiológicas; por lo tanto, estudiará la atmósfera, los continentes y mares, etc.: la *Geognosia*, es la parte que estudia los materiales (es decir, los minerales y las rocas) de que está formada (gr. *ge*, Tierra; *gnosis*, conocimiento): la *Geotectónica*, *Arquitectónica* o *Tectónica*, es la que estudia la disposición o colocación de estos materiales (gr. *architektonikós*, lo relativo a la construcción: *tektonikós*, 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, desde que se constituyó la corteza primitiva, sirviéndose para ello, principalmente, de los *fósiles*, que son los restos de animales o de vegetales que se encuentran conservados en los *estratos* o capas de la Tierra; el estudio de dichos fósiles recibe el nombre de *Paleontología* (gr. *palaíos*, 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. Únicamente 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 Geología física propiamente dicha, en lo que se refiere a las partes concéntricas de la Tierra.

Forma, superficie, volumen 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 o Antártida (cara opuesta, Océano Ártico), 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.

El *volumen* es, aproximadamente, de 1.083.000 millones de kilómetros cúbicos.

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, el agua y la 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 arreglo 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, zonas o *esferas concéntricas y continuas*. 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, debajo de la cual quedaría un núcleo aún caliente. A su vez, en esa costra sólida los distintos materiales que la constituían se agruparían también con arreglo a sus densidades y se formarían dos esferas: una exterior rígida en contacto con la esfera de agua y otra interior, aún algo viscosa por encontrarse en contacto con el núcleo pastoso del interior: estas dos zonas son llamadas actualmente *sial* a la exterior y *sima* a la interior. El nombre de sial proviene de que en la composición de esta capa predominan los *silicatos de aluminio* y tomando los símbolos (*Si* y *Al*) de estos dos cuerpos, se forma la palabra *sial*. La palabra *sima* se forma por el símbolo del silicio y el comienzo de la palabra magnesio, pues se supone que los cuerpos que predominan en la constitución de esta zona son *silicatos de magnesio* (*).

Por lo tanto, primitivamente la Tierra estaría constituida, procediendo del exterior al interior, por las siguientes envolturas o esferas concéntricas (*figura 33*):

1.º por una envoltura gaseosa o *atmósfera* (griego *atmós*, aire; *sfaira*, esfera). 2.º por una envoltura líquida o *hidrosfera* (griego *ydor*,

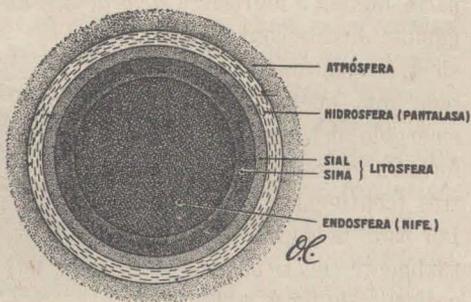


Fig. 33.—Esquema de la primitiva constitución de la Tierra.

(*) En la parte de Mineralogía, *Silicatos* (pág. 164), se pueden ver los principales de aluminio y de magnesio.

agua): a esta envoltura la denominó Suess la *Pantalasa*, queriendo significar que todo el Globo estaba rodeado por una esfera de agua que constituía un océano único (gr. *pan*, todo; *thalassa*, mar). 3.º por una costra sólida llamada *corteza terrestre* o *litosfera* (gr. *lithós*, piedra): ésta, a su vez, estaría formada por una esfera exterior denominada *sial* y por una esfera interior denominada *sima*. 4.º por una región interior o central llamada *endosfera* (gr. *éndon*, dentro), a la que también se la denomina *nife* porque se supone que en ella abundan mucho el níquel y el hierro (símbolo del níquel, *Ni* y del hierro; *Fe*: por la unión de los dos se forma la palabra *Nife*).

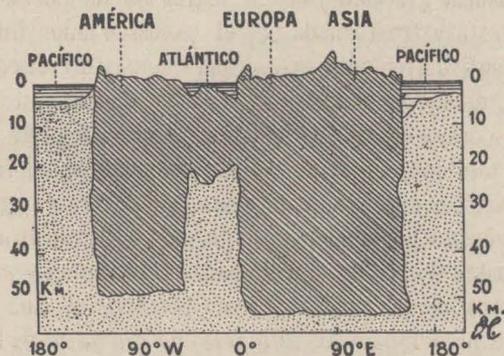


Fig. 34.—Relación (esquemática) entre el *sial* (rayado) y el *sima* (punteado), según Gutenberg: escala de alturas muy exagerada. (Imit. Gómez de Llarena.)

Pero como el núcleo central iba retrayéndose a medida que se enfriaba, la costra sólida debía adaptarse a dicho núcleo, y por ello se fué rompiendo o fragmentando el *sial*, que es más rígido, el cual quedó así formando bloques flotantes en el *sima* (fig. 34). Por efecto de estas roturas o desgarrones del *sial* rígido, la

parte líquida o hidrosfera dejó de ser una esfera continua y fué acumulándose directamente en el *sima*, lo cual dió por resultado que quedara el *sial* emergido del agua y que formara los relieves terrestres (continentes e islas). Por esto la Tierra está actualmente constituida, procediendo de fuera a dentro (figura 35): por una envoltura gaseosa o *atmósfera*; una costra sólida llamada *corteza terrestre* o *litos-*

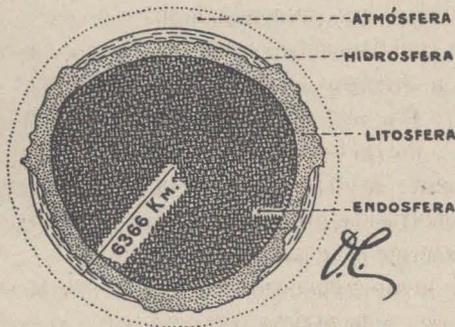


Fig. 35.—Esquema de la estructura actual de la Tierra. Aunque a la escala a que está representada la Tierra no debería ser irregular la esfera interior, téngase en cuenta que se trata de una figura esquemática.

fera, recubierta en parte por la *hidrosfera*, y, finalmente, una región interior o central denominada *endosfera*.

Atmósfera.—Ya se ha dicho que es la capa gaseosa que envuelve a la Tierra. *En su porción más baja* está formada por el aire y éste constituido, en 100 partes, por una mezcla de 21 de oxígeno (O), 78 de nitrógeno (N) y cantidades variables, aunque generalmente pequeñas, de anhídrido carbónico (CO₂), vapor de agua, ozono, etc. y cantidades pequeñísimas de los gases llamados *nobles* o *raros*, tales como el argo o argón, el cripto, el xeno y el helio.

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 que 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 mayor parte de este polvo es *de origen terrestre*, ya *inorgánico* procedente de las rocas, ya *orgánico*, como las bacterias y sus esporas (*). Pero también hay polvo atmosférico que tiene un origen *extraterrestre*, puesto que procede de las estrellas fugaces, y también de los meteoritos que caen sobre la Tierra (pág. 43). La altura exacta o espesor de la atmósfera no es conocido, 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 más le puedan interesar a él se hallan comprendidos en una zona de unos 10 kilómetros, es decir, entre el nivel del mar y las cimas de las más altas montañas.

PRINCIPALES ZONAS DE LA ATMÓSFERA.—Se admiten cuatro, denominadas: *troposfera*, *estratosfera*, *atmósfera del helio y del hidrógeno* y *atmósfera del geocoronio* (fig. 36).

Troposfera.—Recibe este nombre porque está en continuo movimiento (gr. *tropos*, girar) y en ella hay que distinguir dos capas: la inferior, es decir, la que se halla en contacto con el suelo, tiene unos 3.500 metros de espesor y se la denomina *zona de las perturbaciones atmosféricas* por ser en ella donde se producen las mayores variaciones de la atmósfera (ciclones, etc.): también en ella es donde se hallan las nubes y la mayor parte del polvo atmosférico.

Desde los 3.500 metros hasta los 12.000 á 14.000 metros hay una

(*) Para la significación precisa de estos términos y de las principales enfermedades transmisibles por el aire, véase mi obra **ELEMENTOS DE HIGIENE**, décima edición.

segunda capa en la cual apenas existen más movimientos que los verticales de ascenso y descenso. En la parte inferior de esta segunda capa se encuentran algunas nubes, como son, procediendo de abajo a arriba, las denominadas alto-stratus y los cirrus: éstas últimas son las más elevadas, puesto que se hallan hasta los 10 kilómetros.

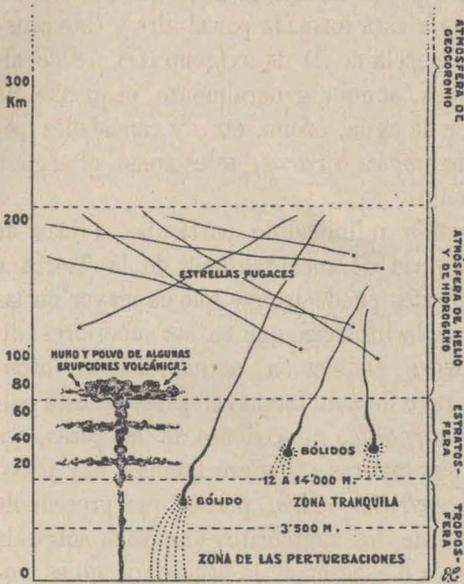


Fig. 36.—Esquema de la estructura de la atmósfera. La troposfera se representa desproporcionada con relación a las restantes partes.

decir, que el aire de la estratosfera no es una mezcla de gases como el de la troposfera. En la estratosfera es donde principalmente suele verificarse la explosión de los bólidos y hasta ella llegan las cenizas ténues y el humo de las grandes erupciones volcánicas, que se extienden por la misma formando capas horizontales, y que algunas veces constituyen una extensa zona en el límite superior de la estratosfera. Esta zona de la atmósfera no ha podido ser estudiada más que por los globos sonda, hasta que en mayo de 1931 llegó a los 16.000 metros de altura el profesor Adolfo Piccard (natural de Suiza pero profesor de la Universidad de Bruselas) en un globo con su barquilla de construcción especial: sus investigaciones fueron poco fructíferas. Posteriormente otros investigadores han llegado a regiones más elevadas, habiéndose alcanzado a fines de 1935 la altura de 24.000 ms. por los norteamericanos Stevens y Anderson.

Atmósfera del helio y del hidrógeno.—Se extiende desde los 80 a los 200 Km. Está constituida por los dos gases citados, de los cuales

Estratosfera.—Desde los 12 a 14.000 metros hasta los 80 Km. se extiende la *estratosfera*, cuyo nombre alude a que los gases que componen el aire se superponen en *estratos* o *capas* por *orden decreciente de densidades*, es decir,

el primero predomina en la parte inferior y el segundo en la superior, mezclado ya al geocoronio, de que ahora se hablará. En esta zona es donde se verifica la aparición de las estrellas fugaces (pág. 41).

Atmósfera del geocoronio.—Se llama así porque está formada por un gas más tenue que el hidrógeno y que por parecerse al coronio del Sol (pág. 25) se le denomina *geocoronio*. Algunos autores dicen que esta atmósfera se extiende hasta una altura de 500 á 700 Km. Pero otros suponen que sigue sin interrupción hasta continuarse con el coronio del Sol y el cual, por lo tanto, parece que está llamado a sustituir, en el sistema solar, al éter hipotético de los físicos.

VIENTOS.—La zona de perturbaciones de la atmósfera está en continuo movimiento y recorrida por *corrientes* de velocidad variable, que reciben el nombre de *vientos*. Para que se originen los vientos es indispensable que en la atmósfera existan zonas o regiones de presiones elevadas y otras de presiones bajas: el *aire va siempre de las zonas de grandes presiones a las zonas de presiones bajas*, siendo la velocidad tanto mayor cuanto más diferencia de presión existe entre dichas dos regiones.

Las zonas de grandes presiones se llaman *anticiclones*, y las de bajas presiones, *ciclones*, existiendo entre ambas las naturales gradaciones intermedias.

Al precipitarse el aire a las regiones ciclónicas sufre una desviación a causa de la rotación de la Tierra y se produce en ellas un *movimiento de torbellino* (fig. 37) que puede ser causa de grandes catástrofes, como, por ejemplo, la que destruyó totalmente en 1930 a Santo Domingo, la capital de la República Dominicana (fig. 38). Los términos *ciclón*, *huracán* y *tornado*, son sinónimos.

Los vientos pueden ser: *regulares* o *constantes* cuando soplan continuamente en la misma dirección; *periódicos* si durante un tiempo dado soplan en una dirección y después, próximamente durante el mismo tiempo, en dirección contraria, y *variables* cuando no parecen obedecer a regularidad ninguna.

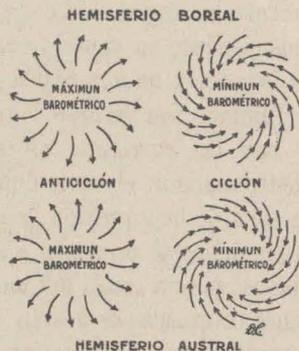


Fig. 37.—Disposición de las corrientes aéreas en los ciclones y anticiclones.

Entre los vientos regulares merecen mencionarse las *corrientes ascendentes* de la región ecuatorial. En esta zona, que recibe perpendicu-



Fig. 38.—Vista parcial de Ciudad Trujillo (República Dominicana) totalmente destruida por un ciclón en agosto de 1930. (Fot. com. por el prof. dominicano Dr. Gilberto E. Gómez).

larmente los rayos solares, el aire se calienta y asciende en la vertical, condensándose su vapor de agua al llegar a la región fría y dando lugar a la formación de una banda nubosa durante las horas del centro del día.

También son vientos regulares los *alisios* y *contraalisios*, relacionados con las corrientes ascendentes. Los *alisios* se originan de la siguiente manera: el vacío dejado por las corrientes ascendentes origina una zona de baja presión, y el aire de las zonas subtropicales de grandes presiones se precipita a llenarle, marchando en dirección de los meridianos; pero a causa del movimiento de rotación de la Tierra, la corriente originada se desvía hacia el O., por lo cual los alisios soplan constantemente en dirección SO. en el hemisferio Norte y en dirección NO. en el hemisferio Sur. Inversamente, el aire acumulado por las corrientes ascendentes irá hacia el N. y el S. a reponer las pérdidas producidas por los alisios, constituyendo así los *contraalisios*, que soplan en dirección contraria a los alisios (fig. 39).

Los vientos periódicos más conocidos son las *brisas de las costas*,

que consisten en una 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. En los valles próximos a las montañas se producen también *brisas de montaña* y de valle por un mecanismo análogo al que origina las brisas marinas.

Finalmente, entre los *vientos variables* hay algunos llamados *locales* que suelen presentar características análogas en cada región. Entre ellos

pueden citarse: nuestro viento N. o *cierzo*: el *solano* o *vendaval* que es un viento fuerte del S. con tendencia al O. que procede de África; por generalización se da también este último 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 N. de Africa y de Arabia: el *siroco*, que desde dichos desiertos se dirige al litoral del N. de África: el *zonda* o viento N. de las llanuras interiores de la Argentina, que es algo parecido al *simoum*; etc.

PRECIPITACIONES ATMOSFÉRICAS.—Ya se dijo que la atmósfera contiene siempre cantidades variables de vapor de agua. Este contenido de vapor depende de la temperatura y de la presión, y cuando el aire tiene la mayor cantidad que es capaz de retener, se dice que está *saturado* de humedad. Si en este aire saturado se disminuye la temperatura o la presión, o bien si llegan a él nuevas cantidades de vapor, entonces éste *se condensa*, es decir, pasa al *estado líquido*. Esto ocurre, por ejemplo, cuando choca una corriente de aire cálido con otra de aire frío, o cuando choca con una montaña, porque al ir ascendiendo por sus laderas va encontrando sucesivamente zonas, no sólo *más frías*, sino de menor *presión atmosférica*.

El vapor de agua condensado en forma líquida, se encuentra en la atmósfera constituyendo gotitas microscópicas, que si están a poca altura constituyen las *nieblas* y si se mantienen flotantes a mayor altura

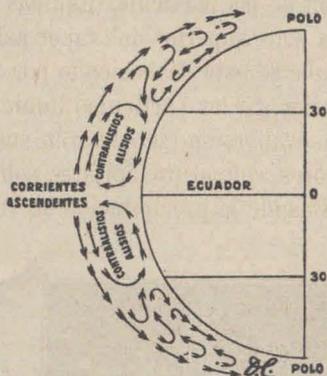


Fig. 39.—Líneas generales de la circulación de alisios y contra-alisios.

forman las *nubes*. El equilibrio de la nube resulta de la caída y evaporación de las partículas líquidas en la parte inferior y la condensación en la zona superior del vapor así formado por evaporación; es decir, que la nube se está deshaciendo por su parte baja y rehaciendo por su parte superior. Si las partículas líquidas al caer no encuentran condiciones para evaporarse, se sumarán sus masas y constituirán gotas líquidas mayores, que al precipitarse sobre el suelo darán lugar a la *lluvia*.

Cuando la precipitación se verifica a temperaturas inferiores a 0° C. el agua se solidifica formando cristales de aspecto exagonal y se origina la *nieve* (fig. 40).



Fig. 40.—Agrupaciones exagonales de cristallitos de la nieve, vistas al microscopio.

El granizo es también agua solidificada, por haberse condensado a baja temperatura; pero tiene estructura cristalina. En su formación influyen condiciones eléctricas, pues siempre se produce con tiempos tempestuosos.

Cuando las condiciones atmosféricas son favorables (aire claro y tranquilo, altitud elevada y estado higrométrico próximo a la saturación), la radiación nocturna del suelo producirá la condensación y depósito del agua sobre las superficies libres y frías, constituyendo el *rocío*. Si este fenómeno se realiza a temperaturas inferiores a 0° , el agua se deposita sólida, constituyendo dendritas cristalinas, y entonces recibe el nombre de *escarcha*.

TEMPERATURA DE LA ATMÓSFERA.—Todo el calor que apreciamos en la superficie de la Tierra, proviene del Sol, y las variaciones de temperatura que existen en una región durante el día y en el transcurso del año, dependen de la mayor o menor oblicuidad con que los rayos solares caen sobre la Tierra. En efecto, hacia el centro del día, los rayos solares caen sobre la atmósfera en sentido casi vertical, por lo cual tienen que atravesar menor masa o espesor de atmósfera que a las horas inmediatas a la salida o puesta solares, durante las cuales caen más oblicuos y tienen que atravesar un gran espesor de las capas inferiores atmosféricas, por lo cual son en buena parte absorbidos (fig. 41). Exactamente igual ocurre en invierno y en verano: durante el primero, el Sol está más bajo en el horizonte (véase fig. 21) y al caer los rayos oblicuamen-

te tienen que atravesar una zona de más espesor de atmósfera que durante el verano.

También la latitud influye, según se dijo en la pág. 33), y lo mismo la altitud, pues una región es tanto más fría cuanto más elevada se encuentra.

Conviene advertir que el *ecuador térmico*, es decir, la zona de la Tierra

donde la temperatura es más elevada (unos 28° de temperatura media), *no coincide con el ecuador terrestre*, sino que se encuentra unos 10 grados al Norte de éste, aproximadamente hasta el meridiano 120° de longitud oriental Greenwich (Islas Célebes), donde baja, corta al ecuador terrestre y sigue descendiendo unos 10 grados más al Sur (N. de Australia, Islas Salomón, etc.) hasta el meridiano 160° de longitud occidental (a la altura de las Islas Hawai), donde asciende, corta de nuevo el ecuador terrestre y vuelve a subir al hemisferio Norte.

El mar, almacenando gran cantidad de calor en el verano y devolviéndole poco a poco en el invierno, acorta las oscilaciones de la temperatura ambiente en los territorios inmediatos, por cuya razón en las costas la temperatura suele ser más suave y las variaciones menos bruscas.

CLIMAS.—*Climatología* es la parte de la Geografía física que tiene por objeto el estudio de los climas. Y con el nombre de *clima* se conoce el conjunto de las condiciones de temperatura, humedad y vientos de la atmósfera de un país o región.

De estos factores que intervienen en los climas, al que más suele atenderse para *clasificar* éstos, es a la temperatura, siguiéndole en importancia la humedad. Fundándose en ellas se dividen los climas en los siguientes grupos: 1.º *clima ecuatorial*; 2.º *climas tropicales*; 3.º *climas subtropicales*; 4.º *climas templados*; 5.º *climas fríos*; 6.º *climas secos o desérticos*.

1.º *Clima ecuatorial*.—Se denomina así porque es el característico del *ecuador térmico* y de las regiones próximas a él. También se llama *clima tórrido*. Se caracteriza por su elevada temperatura y con pocas variaciones. Ordinariamente la media anual no desciende por debajo de

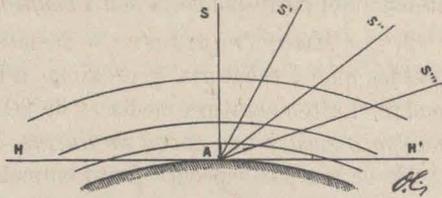


Fig. 41.—Esquema de los diferentes espesores de atmósfera que atraviesan los rayos solares según las horas del día.

los 25° en ninguna época del año. Las lluvias son abundantes en este clima, con uno o dos máximos de intensidad, y la vegetación es muy intensa: a él corresponde la *selva ecuatorial* o *selva virgen* (*).

2.° *Climas tropicales*.—Se hallan, en general, a latitudes más elevadas que el ecuatorial y próximas a los trópicos, de donde toman su nombre. La temperatura media es de 20° a 25°. En ellos se distingue una *época seca* y una *época de lluvias*. Durante la primera se suspende la vida de muchas especies, tanto animales como vegetales, y durante la segunda la vida de las especies de ambos Reinos es muy intensa.

3.° *Climas subtropicales*.—Son propios de latitudes más elevadas que los trópicos, pero próximas a éstos (*fig. 20*). La temperatura media anual es de 15° a 20°. En ellos suelen abundar las lluvias, si bien menos que en la zona tropical, y puede decirse que *no hay estación fría*.

4.° *Climas templados*.—Se extienden por latitudes más elevadas que las anteriores, aproximadamente hasta los círculos polares (*figura 20*). La temperatura media es de 10° a 15°; pero *existe una estación fría* muy acentuada, que suele durar hasta cuatro meses, con una temperatura media inferior a 5°.

5.° *Climas fríos*.—También suelen llamarse *circumpolares* por estar limitados, aproximadamente, por los círculos polares (*fig. 20*). La temperatura media es inferior a 10° y se pueden distinguir en ellos dos zonas o subclimas: uno, cerca de los círculos polares que tiene *estación templada* de corta duración con temperaturas medias de unos 5°, y otro más próximo a los polos, llamado *clima glacial* en el cual prácticamente no existe estación templada, ya que las temperaturas son durante todo el año de 0° o inferiores.

6.° *Climas secos o desérticos*.—Para establecer este tipo de clima se atiende, principalmente, al régimen de lluvias. Estas son tan escasas que en algunas regiones puede decirse que no existen. Al faltar el vapor de agua en la atmósfera, ésta es de una limpidez extraordinaria. Por efecto de ello, las variaciones térmicas en el espacio de 24 horas, son muy grandes, es decir, que durante el día puede hacer mucho calor y por la noche mucho frío. Análogas características, pero menos acentuadas, tienen las regiones llamadas *semidesiertos* y, en muchos casos, las *estepas* (**). Según las regiones donde se encuentran enclavados, los

(*) Véase mi obra BOTÁNICA, 6.ª edic., pág. 271.

(**) Véase mi obra BOTÁNICA, 6.ª edic., pág. 264.

desiertos se denominan de los *climas subtropicales* (Sahara, Arabia, Atacama, etc.), y de los *climas templados* (Gobi, etc.), éstos con inviernos rigurosísimos.

Hidrosfera.—La hidrosfera es la segunda envoltura del Globo. Según se ha dicho (pág. 51), actualmente no es una esfera completa, sino que su continuidad está interrumpida por partes emergidas o salientes de la litosfera.

La hidrosfera está formada por las *aguas continentales* y por el *mar*. Las primeras son las que se encuentran en tierra firme, tales como los ríos, los lagos, etc.: forman una parte pequeñísima de la hidrosfera.

El *mar* es la masa líquida que forma la mayor parte de la hidrosfera. Sólo hay un mar dividido en porciones diversas denominadas *océanos* y *mares*. Los océanos son de mucha mayor extensión que los mares. Las tierras que circundan los *océanos* corresponden a *continentes diferentes* y se hallan muy alejadas entre sí. Las que limitan los *mares* se hallan relativamente próximas entre sí y corresponden *al mismo continente*.

Los *océanos* se llaman también *cuenclas oceánicas* porque son grandes depresiones (del lat. *concha*, cuenca o depresión), donde se recogen o reúnen las aguas marinas y las que provienen de los continentes. Los océanos corrientemente admitidos son: el *Atlántico*, que se extiende de N. a S. entre las costas orientales de América y las occidentales de Europa y África; el *Pacífico*, el mayor de los océanos, entre las costas occidentales de América y las orientales de Asia, la Insulindia y Australia: este océano se supone que es el primitivo y que se apoyó directamente sobre el sima (pág. 51); el *Indico*, limitado por las costas meridionales de Asia, las orientales de Africa y las occidentales de la Insulindia y Australia; el *Glaciar ártico*, alrededor del polo norte y el *Glaciar antártico*, rodeando la Antártida o tierra del polo sur.

Los *mares* se dividen en dos grupos: los *epicontinentales* o *costeros* y los *continentales* o *mediterráneos*. Los primeros reciben dichos nombres porque se encuentran sobre las costas, es decir, encima de los bordes de los continentes: generalmente suelen ser poco profundos y comunican más o menos ampliamente con los océanos: ejemplo, el Mar del Norte, en Europa; el Mar Amarillo, en Asia; La Bahía de Hudson y el Mar de las Antillas, en América; etc. Los mares continentales se llaman también *mediterráneos* porque se encuentran dentro de los continentes,

es decir, rodeados por la tierra firme de los mismos (latín *medius*, medio; *terra*, tierra): comunican con los océanos por estrechos de longitud variable: ejemplo, el Mar Mediterráneo, el Mar Negro, etc. El Mar Báltico es un tipo intermedio entre ambos. Por último, suelen llamarse *mares cerrados* algunos que no tienen comunicación con los océanos; pero en realidad son verdaderos lagos de gran extensión: ejemplo, el Mar Caspio, el Mar Aral, etc.

Entre los océanos y los mares constituyen la mayor parte de la hidrosfera y ocupan unos 365 millones de kilómetros cuadrados, o sea algo más de las siete décimas partes de la superficie total del Globo.

OCEANOGRAFÍA.—El estudio de las condiciones físicas, químicas y biológicas del mar se denomina *Oceanografía* por ser los océanos los dominantes en él.

Los principales caracteres que hay que estudiar en los mares son los que se refieren a la *composición*, a la *profundidad* y a los *movimientos* y, por último, tratar de los *seres vivos* que en ellos habitan.

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 CO₂ no se hallan en la misma proporción que en la atmósfera, pues el O. y el CO₂ 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, sílice, iodo*, etc. Además contiene en *suspensión*, *arcillas, 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



Fig. 42.—Sección esquemática del Atlántico entre Lisboa y Savannah (Estados Unidos). (De la obra *Elementos de Geología*, por L. F. Navarro y O. Cendrero).

puede decirse que el fondo del mar posee elevaciones y depresiones análogas a las terrestres (*figura 42*).

La zona próxima a la costa se va hundiendo suavemente en el mar hasta una profundidad de unos 200 metros y en una extensión media de 200 kilómetros: esta zona recibe el nombre de *plataforma continental*

porque en realidad es una continuación de los continentes. Si el nivel del mar descendiera 200 metros, Eurasia, Africa y América se unirían formando un continente único y los mares epicontinentales (pág. 60) desaparecerían. En el borde de la plataforma continental existe un *declive* o *talud continental* brusco que conduce rápidamente a las llamadas *depresiones*, es decir, a profundidades de 1000 m. o más, desde las cuales se pasa unas veces a la *zona abisal* con profundidades superiores a los 6.000 metros y otras al llamado *tablero de mar profundo* que es siempre más o menos *convexo* y con diversas elevaciones y depresiones. Así, en un corte a través del Atlántico (*fig. 42*) se aprecia la existencia de una depresión de unos 4.000 metros cerca de Europa; otra de más de 6.000 metros, cerca de América, y un tablero profundo convexo y accidentado.

Dentro de las zonas abisales suelen encontrarse depresiones más profundas aún llamadas *fosas*: se conocen varias de éstas, pero las principales son: la encontrada cerca de las Islas Filipinas en 1913 por el crucero alemán *Planet*, la cual tiene una profundidad de 9.780 metros; la llamada *fosa del Emden*, por haber sido encontrada en 1927 por el crucero alemán *Emden* cerca de la anterior y que dió una profundidad de 10.430 metros; etc.

Para poder medir las profundidades de los mares, se emplean varios procedimientos. El clásico es el de los aparatos llamados *sondas* que en esencia consisten en un peso sujeto a un delgado cable de acero; hoy se emplea más, por ser más cómodo y exacto, el llamado *sondeo por el eco*, que consiste en producir un ruido o un sonido el cual al chocar con el fondo del mar lo refleja o devuelve en forma de eco, pudiéndose apreciar la profundidad por el tiempo que transcurre desde la producción del sonido hasta la llegada de su eco.

Movimientos.—Los movimientos del mar son las *olas*, las *mareas* y las *corrientes*.

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 o *mareas* 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 su-

ma (figs. 43 y 44), la amplitud de las mareas llega al máximo y se de-

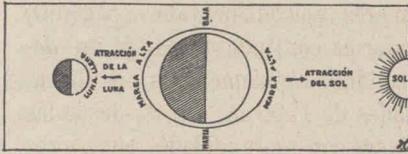


Fig. 43 Explicación de las mareas: marea viva.

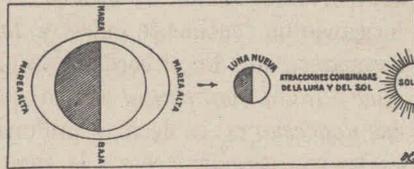


Fig. 44.—Explicación de las mareas: marea viva.

nominan *mareas vivas* o *equinocciales* (de marzo y septiembre): cuando

la acción de ambos se contrarresta por estar en ángulo recto y en el vértice de éste la Tierra, resultan las *mareas muertas* (figura 45). En los mediterráneos y en los mares cerrados apenas se notan otras mareas que las vivas.

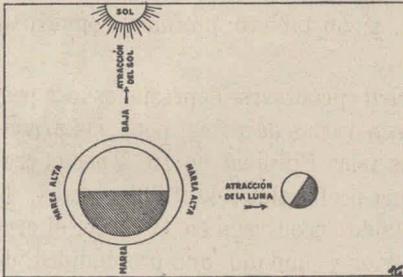


Fig. 45.—Explicación de las mareas: marea muerta.

Finalmente, los mares poseen también *corrientes constantes* (figura 46) que van de las regiones cálidas del mar a

las frías, e inversamente, y de las cuales la más conocida es la llamada

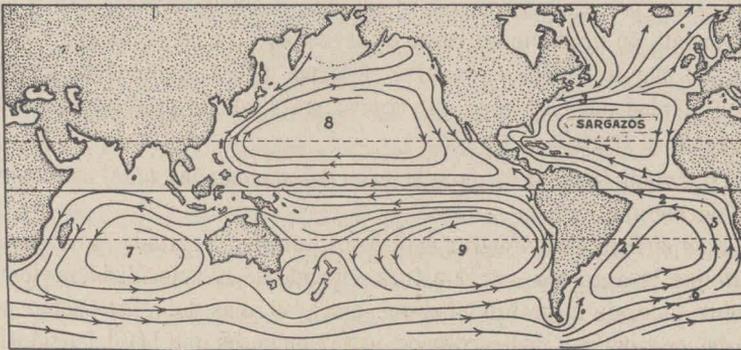


Fig. 46.—Mapa esquematizado de las corrientes oceánicas: la tierra firme se representa punteada. (De la obra *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero).

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 África, un poco más abajo de la Guinea española.

Para el estudio de las corrientes superficiales se emplean *flotadores* que se abandonan a su acción. Lo esencial de dichos flotadores es que la parte que sobresalga del agua sea lo menor posible para que los vientos no actúen sobre ellos de modo sensible, con lo cual se cambiaría su dirección. El Príncipe de Mónaco ha empleado para el estudio de las corrientes en el Mediterráneo y en el Atlántico unos pequeños flotadores cerrados (*fig. 47*), que llevan en su interior un papel con instrucciones para que se haga saber el lugar y fecha en que son encontrados.

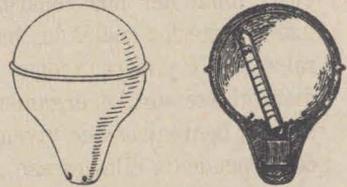


Fig. 47.—Flotadores empleados por el príncipe de Mónaco en sus campañas oceanográficas, para determinar el itinerario de las corrientes.

La vida en el mar.—Según se dijo (pág. 14) 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 fluviátiles provendrían de la adaptación ulterior de los marinos a la vida aérea y de agua dulce, respectivamente.

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

(*) Véase mis ELEMENTOS DE ANATOMÍA Y FISILOGÍA, 8.ª edición, págs. 29 y 242, y BOTÁNICA, 6.ª edición, pág. 35.

regiones de un mismo mar, de ahí que los organismos estén distintamente distribuidos. Algunos animales y vegetales (protozoos, diatomeas, etc.), 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* (gr. *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; *bissos*, 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, se distinguen varias regiones, en

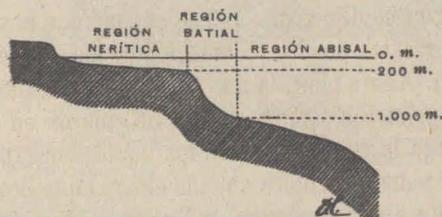


Fig. 48.—Esquema de las regiones marinas. (Imit. Haug).

cada una de las cuales viven determinados seres. La región *nerítica* (fig. 48) 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 moluscos y peces, 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 (figs. 49 y 50).

Litosfera.—Esta *esfera de piedra*, pues tal es la etimología de la

palabra (pág. 51), constituye la tercera envoltura del Globo y se denomina también *corteza terrestre*.



Fig. 49.—*Saccopharyx (Eurypharynx) pelecanooides*, pez abisal y fosforescente (hasta 3.500 m.). (De la obra *Elementos de Biología*, por E. Rioja y O. Cendrero).

Está constituida por los materiales sólidos llamados *minerales* y *rocas*, de los que se tratará en Geognosia, y de todos ellos los más abun-

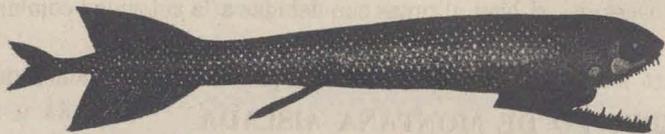


Fig. 50.—*Malacosteus niger*, pez abisal y fosforescente (2.000 m.). Los puntos blancos del cuerpo son brillantes; debajo del ojo tiene un órgano fotógeno que da una luz rojiza, y cerca del oído otro que la da verdosa. (De la obra *Elementos de Biología*, por E. Rioja y O. Cendrero).

dantes son la sílice, los silicatos y los carbonatos, cuya densidad media es de 2,5.

Ya se dijo (pág. 51) que hoy se supone que la litosfera está formada por el sial y el sima. Los bloques del sial flotan sobre el sima (*figura 34*) a causa de su menor densidad y se introducen en él unos 60 kilómetros; la parte que emerge del sima tiene unos 5 kilómetros de altura media y constituye los *continentes* y las *islas*.

Los primeros son tierras firmes de gran extensión, mientras que las islas tienen poca extensión comparada con los primeros: por eso Australia, cuya extensión es casi la de Europa, se considera hoy como un continente.

Los continentes actualmente admitidos son: 1.º el *Antiguo continente*, formado por Eurasia (es decir, Europa y Asia) y África; 2.º el

Nuevo continente, formado por ambas Américas; 3.º *Australia e islas próximas* (Nueva Zelanda, etc.) y 4.º *Antártida*, que son las tierras que ocupan el polo Sur.

Los continentes 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

EjemPlo de Montaña Aislada

más o menos cónica y altura variable, que reciben el nombre de *montañas*, las cuales pueden hallarse aisladas como ocurre generalmente con las volcánicas (*figuras 51 á 54*), o enlazadas varias en tre sí, originando las *cordille-*

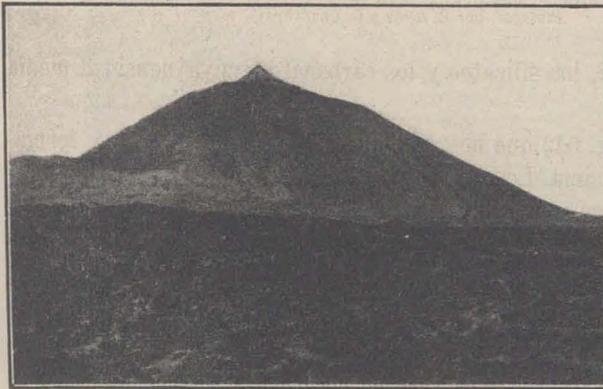


Fig. 51.—La montaña volcánica llamada El Pico de Teide (Tenerife-Canarias), vista desde la Cañada de los Guancheros. (Fot. comunicada por el profesor Dr. L. Fernández Navarro).

(*) Véase el Índice y mi ZOOLOGÍA, 6.ª edición, página 114.

DOS EJEMPLOS DE MONTAÑAS AISLADAS



Fig. 52.—Volcán Asososca (León-Nicaragua), visto desde la carretera Matagalpa. (Fot. comunicada por el profesor nicaragüense Dr. J. Carrillo Salazar).



Fig. 53.—El volcán Calbuco (Puerto Varas-Chile); en primer término el lago Llanquihue. (Fot. comunicada por la profesora chilena F. Ramírez Burgos).

EJEMPLO DE MONTAÑA AISLADA



Fig. 54.—El volcán Misti (Arequipa-Perú) cubierto de nieve. (Fot. comunicada por el profesor P. C. Gornáls C. M.).

EJEMPLO DE CORDILLERA



Fig. 55.—La cordillera de los Andes en las proximidades de Bogotá (Colombia). (Fot. comunicada por el profesor colombiano M. Piquero).

ras o sierras (figuras 55 y 56), cuyas partes bajas o depresiones reciben el nombre de *valles*. Por éstos corren, 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. 55 y 56*). Las elevacio-

EJEMPLO DE CORDILLERA



Fig. 56.—La cordillera cantábrica (en la región llamada Peñas o Picos de Europa), vista desde Potes (Santander). (Fot. O. Cendrero).

nes parecidas a las montañas, pero cuya altura no llega a 500 metros, se denominan *colinas*, *cerros*, *oteros*, etc.

Las sierras y cordilleras de cierta extensión presentan hendiduras transversales de variadas condiciones que permiten el paso de caminos de unas a otras vertientes y la comunicación entre valles y llanuras. Se les llama *puertos* cuando son altos y poco amplios, *collados* cuando son anchos y poco accidentados, y *desfiladeros* cuando son estrechos, profundos y tortuosos.

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 (*fig. 57*), y de Anahuac, en Méjico, de unos 3.000 de altura media; la de Bogotá, en Colombia, de 2.610 metros (*fig. 58*); la meseta castellana, de unos 600 metros de elevación, como término medio (*fig. 255*); las planicies comprendidas entre el nivel del mar y los 300 metros reciben el nombre de

DOS EJEMPLOS DE MESETA

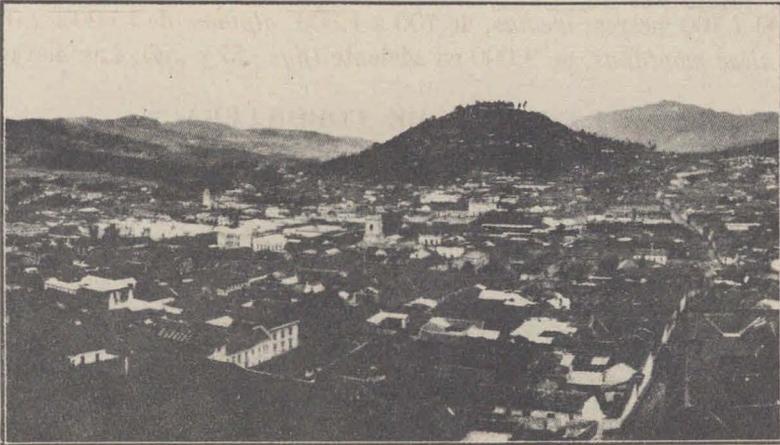


Fig. 57.—Vista parcial de la ciudad de Quito (Ecuador), que está edificada en la altiplanicie de su nombre, a los 2.850 m. de altura. (Fot. I. Pazmiño, comunicada por la profesora ecuatoriana Bl. Andrade).

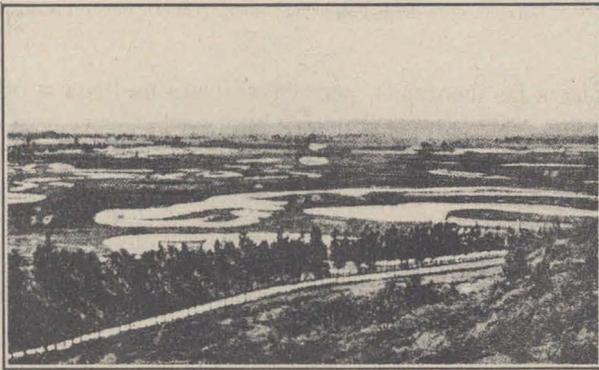


Fig. 58.—La meseta de Bogotá (Colombia), como ejemplo de altiplanicie situada a gran altura (2.610 metros). (Fot. comunicada por la profesora colombiana Ana Torres Plata).

llanuras, como la pampa argentina, por ejemplo, (fig. 59); y las que están por debajo del nivel del mar, *planicies bajas* y *países bajos*, como parte de Holanda, por ejemplo (fig. 60).

EJEMPLO DE LLANURA Y DE PAÍS BAJO

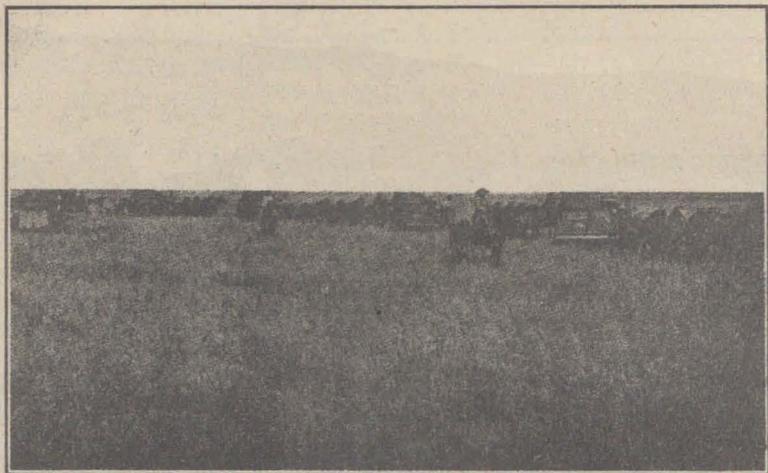


Fig. 59.—La pampa argentina como ejemplo de llanura. (Fot. comunicada por el profesor argentino Dr. Victor E. Miguez).



Fig. 60.—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.

Por último, se suele reservar hoy el nombre de *depressiones* terrestres para designar a las zonas o regiones que están bantante hundidas por debajo del nivel del mar: entre ellas la más conocida es la depresión

del valle del río Jordán, que empieza en el Lago Tiberiades o Mar de Ge-



Fig. 61.—El Mar Muerto (Palestina) como ejemplo de depresión terrestre. (Fot. comunicada por el P. Celestino Cebrián).



Fig. 62.—Los *Equisetum* o rabos de zorro son plantas silicícolas e higrófilas. (Fot. O. Cendrero).

nezareth, situado a 191 m. por debajo del nivel del Mediterráneo, y termina en el Mar Muerto o Lago Asfaltites, que está a 394 m. bajo el nivel del mar (figura 61).

La vida en tierra firme. — La distribución de los seres vivos en los continentes e islas está limitada por las mismas causas principales que la distribución en los mares (página 65), 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 tierra firme

estas barreras son las montañas y los ríos, principalmente; además, la naturaleza del suelo y el grado de humedad del mismo limitan también el área de dispersión, principalmente de las plantas, habiendo entre éstas muchas que son *silícícolas*, es decir (de *silíce* o *cuarzo* y del lat. *colere*, habitar), que viven en terrenos silíceos porque los suelos calizos les son perjudiciales (*fig. 62*); otras, por el contrario, son *calcícolas* o que viven en terrenos calizos (*fig. 63*); otras son *xerófilas* (gr. *xerós*,



Fig. 63.—Estos helechos (*Ceterach*, etc.) son plantas calcícolas porque viven entre las grietas de una roca caliza. (Fot. O. Cendrero).

seco; *filos*, amigo) por estar organizadas para vivir en atmósfera y suelo secos (chumberas, etc.) (*fig. 64*); inversamente, otras son *higrófilas* (gr. *ygrós*, húmedo), es decir, que viven en atmósfera y suelo húmedos; etc. Pero el clima sobre todo es el que regula las grandes líneas de la 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 (*).

(*) Para más detalles véanse los capítulos así titulados en mis obras *BOTÁNICA*, 6.ª edición, página 253 y *ZOOLOGÍA*, 6.ª edición, pág. 324.



Fig. 64.—En los terrenos arenosos la vegetación suele ser de tipo xerófilo. (Fot. O. Cendrero).

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 los abiertos en Paruschowitz (2.000 m), en Rybnik, y Cruchow (2.240 m.) (alta Silesia), Ligonier (2.260 m.) y otros, en Pensilvania, etc.] 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, sino 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. 49) 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 (pág. 66) 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 de hierro) o acaso algo mayor. Por esto la palabra *pirosfera* 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 el hierro o sus combinaciones y por el níquel, cuya densidad es 8,9. De ahí el nombre de *nife* que actualmente suele darse a la barisfera, o, por lo menos, al núcleo o parte central de la misma (pág. 51). Indirectamente es corroborada esta suposición por la composición de los meteoritos (pág. 41), de los cuales los más abundantes son los hierros meteóricos, con abundante níquel, 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.

Por todo lo que antecede, y por otros datos en los que no es posible entrar, se supone actualmente que la *endosfera* está constituida, procediendo de dentro a fuera (fig. 65): 1.º por un núcleo o *nife* de unos 3.000 Km. de radio; 2.º por una *zona litospórica* de unos 700 Km. de grosor constituida por nife con grandes cavidades irregularmente dis-

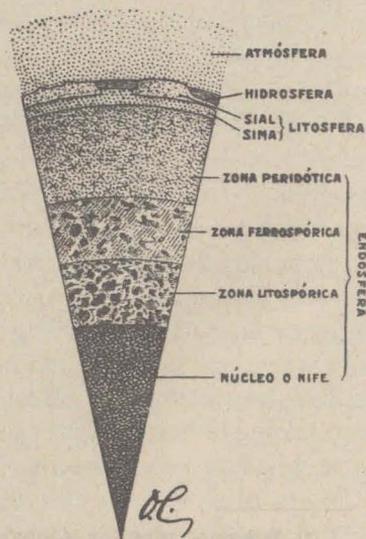


Fig. 65.—Esquema que resume las ideas actuales sobre la constitución de la Tierra en general y de la endosfera en particular. (Límit. E. Rioja).

tribuidas rellenas por materiales pétreos (del gr. *lithós*, piedra; *sporadicós*, de *sporás*, disperso; es decir, rocas dispersas en el nife): 3.º por una *zona ferrosférica* de 700 Km., en la cual, como indica la palabra, es el hierro el que está disperso en una masa pétreo: y 4.º la *zona peridotica*, de unos 1.500 Km. y en la cual el mineral dominante sería el peridoto u olivino (silicato magnésico ferroso, pág. 165).

«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 fusión 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) (*).

(*) *Tschermak*, catedrático de Mineralogía y Petrografía en la Universidad de Viena (1836-927). De su *Mineralogía* existe una traducción y extracto por el sabio naturalista español F. Quiroga (1853-894).

GEOGNOSIA

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. *lithós*, 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, es decir, de las propiedades que sirven para distinguir unos minerales de otros pero sin referirse a un mineral en particular, y en *Mineralogía especial* o des-

criptiva, que es la parte que se ocupa del estudio de los caracteres de cada mineral en particular, es decir, que aplica los conocimientos adquiridos en la general, con objeto de clasificar los minerales y darles nombre.

MINERALOGÍA GENERAL

Caracteres mineralógicos.—Con este nombre se conocen las propiedades que sirven para distinguir unos minerales de otros. 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. 66*), 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 *crystalizado*. Si es un

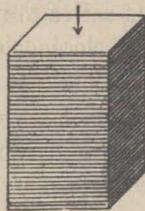


Fig. 66. Esquemas destinados a demostrar la estructura de los cuerpos *crystalizados* (*fig. 66*) y *crystalinos* (*fig. 67*) (*).

espacio irregular el que se rellena de hojas de papel superpuestas, el cuerpo resultante (*fig. 67*) tendrá análogas propiedades que el anterior, pero no forma poliédrica exterior; es un cuerpo *crystalino*. Finalmente, si se toma pasta de papel y se rellena con ella una cavidad cualquiera, la aguja la atravesará con la misma facilidad o dificultad en todos los 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 *crystalinos*. 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 *crystalina*. Algunos cuerpos, en lugar de fundirse por elevación de la temperatura, se *subliman*, es decir, pasan bruscamente del estado sólido al gaseoso, e inversamente, sin intermedio del líquido; así se forman en los volcanes algu-

(*) De la *Cristalografía geométrica elemental*, 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 (1869-1930).

nos 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 68*, que representa un cristal de sal común contenido en una inclusión líquida. Las sustancias *amorfas*, como 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.

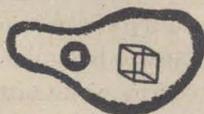


Fig. 68.-Inclusiones.
(De Tschermak).

Principios fundamentales a que obedecen los cristales.—En los *cristales* o formas poliédricas naturales 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 69* no sería un

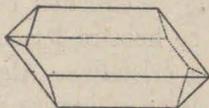


Fig. 69.
(De Fernández Navarro).

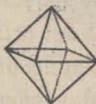


Fig. 70.

octaedro regular, pero sí para un cristalógrafo, puesto que para éste es suficiente que el sólido conserve en sus aristas el mismo valor an-

gular que el octaedro regular de la Geometría y tenga la misma estructura molecular que un octaedro perfectamente formado de la misma sustancia (fig. 70). Estos cristales perfectos se llaman *proporcionados* (fig. 70), mientras que los que tienen unas caras y aristas más desarrolladas que otras, se denominan *desproporcionados* (fig. 69): estos últimos son los más frecuentes en la naturaleza.

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

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* (griego *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 aplicarles sobre las caras cuyo ángulo se trata de determinar, mientras que el nombre de los segundos se debe a que el ángulo se mide merced a la reflexión de la luz sobre las dos caras del cristal que forman dicho ángulo.

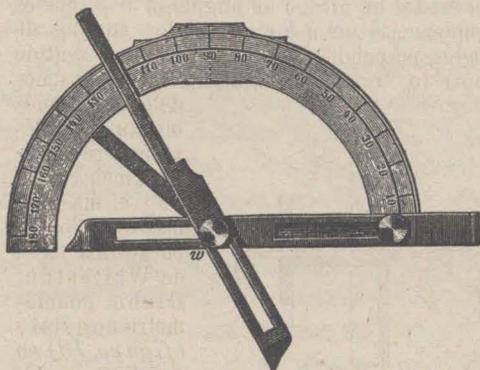


Fig. 71.—Goniómetro de aplicación (s. Tschermak).

Los *goniómetros* de *aplicación* consisten (figura 71) 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 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.

Los *goniómetros de reflexión* se fundan en las leyes de la reflexión de la luz.

Sea abc (figura 72) la sección del diedro que se quiere medir. Si sobre la cara bc hacemos incidir un rayo li , éste irá a reflejarse en un punto r , de modo que los ángulos lin (de incidencia) y nir (de reflexión) sean iguales: por lo tanto, colocando el ojo en r , se percibirá la imagen del punto l . Si dejando la iluminación y el ojo en las mismas condiciones hacemos girar el cristal, en el sentido que indica la flecha, alrededor del eje proyectado en o y que es paralelo a la arista b y está situado en el plano bisector del

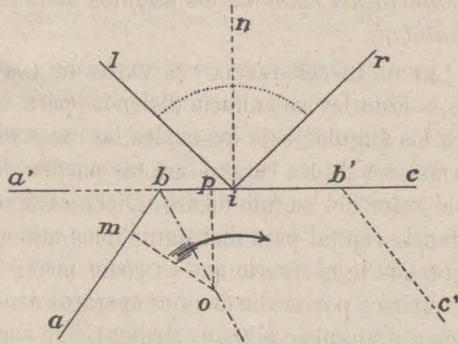


Fig. 72.—Principio en que se funda el goniómetro de reflexión.

diedro, el rayo luminoso l se proyectará por reflexión de nuevo en r y le recibirá el ojo, cuando la cara ab ocupe la posición $a'b'$, es decir, la misma que tenía la cara bc : entonces el cristal ha girado un ángulo mop , que es suplemento del abc porque dos ángulos de lados perpendiculares y dirigidos en sentido opuesto, son suplementarios. Hay varios modelos de goniómetros de reflexión; pero el primeramente ideado y el más frecuente en los laboratorios es el de Wollaston. Dicho goniómetro consiste (figura 73) en un disco vertical, graduado en el borde (A) y provisto de

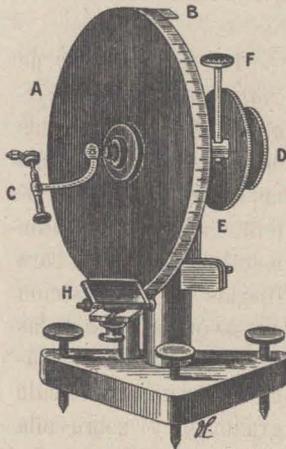
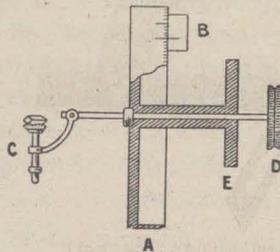


Fig. 73.—Goniómetro de reflexión de Wollaston y esquema explicativo. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y O. Cendreras).

nonius (B). Dicho disco está atravesado perpendicularmente en el centro por



el primeramente ideado y el más frecuente en los laboratorios es el de Wollaston. Dicho goniómetro consiste (figura 73) en un disco vertical, graduado en el borde (A) y provisto de

un eje alrededor del cual puede girar. Este eje termina por delante del limbo en una articulación con varios movimientos, en la cual se fija con cera el cristal (C) cuyo diedro se desea medir. La arista de dicho diedro debe ser *normal* al plano del limbo.

En el otro extremo hay una rueda grande (E) y un botón (D), estando el eje construido de tal modo que por medio del botón gira solamente el soporte del cristal, y mediante la rueda se mueve además el disco graduado. Mediante un tornillo (F) se puede fijar la rueda de modo que el disco no se mueva y si el soporte del cristal. Debajo de éste hay un espejo plano negro (H) que sirve de mira o referencia al hacer las medidas. Todo ello va sostenido por un pie metálico con tornillos para nivelar el aparato (*).

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) entenderemos los definidos por caras iguales en forma, dimensión, número y disposición recíproca, suponiendo proporcionados los cristales» (Fernández Navarro). Para comprender esta ley es menester recordar que *simetría* quiere decir *con medida* (gr. *syn*, con; *métron*, medida), es decir, armonía de posición de las partes o puntos homólogos de un cuerpo, con relación o referencia a otro punto o a una línea. Los elementos de referencia que sirven para determinar la simetría de los cristales, son: el *centro*, los *ejes* y los *planos de simetría*.

Centro de simetría es el punto situado en el interior del cristal que tiene la propiedad de que toda recta que pase por él encuentra a la superficie del cristal en dos puntos homólogos equidistantes del mismo: todas las formas que poseen centro de simetría, *tienen caras paralelas*.

Ejes de simetría son las rectas ideales que pasan por el centro del cristal y que haciendo girar éste alrededor de ellas ocupa varias posiciones 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*, y los de simetría binaria, *secundarios*. En las figuras 74, 75 y 76, 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.

Por último, se llaman *planos de simetría* (fig. 77) las secciones

(*) Para el manejo de este aparato, manera de hacer las medidas, etc., véase la obra PRÁCTICAS DE MINERALOGÍA Y GEOLOGÍA por J. Royo y O. Cendrero, pág. 20.

ideales que pasando por el centro del cristal tienen la propiedad de dividirlo en dos partes exactamente iguales, de tal modo que si una de

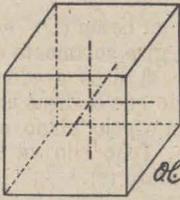


Fig. 74.—Cubo con los tres ejes cuaternarios.

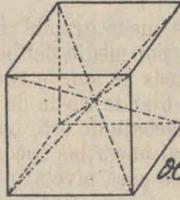


Fig. 75.—Cubo con los cuatro ejes ternarios.

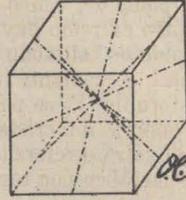


Fig. 76.—Cubo con los seis ejes binarios.

dichas partes se coloca sobre un espejo, su imagen completará el cristal. Los planos no pueden ser más que de *simetría binaria*, pero se denominan *planos principales* los que son *perpendiculares* a los ejes principales, y *secundarios*, los que lo son a un eje secundario.

Todos los elementos de simetría mencionados suelen representarse abreviadamente de la siguiente manera: los *ejes principales*, por A, con un exponente en números romanos que indica la simetría del eje: así, A^{III} , A^{IV} , y A^{VI} , significan, respectivamente, un eje ternario, uno cuaternario y uno senario. A veces (en las formas hemidrícas de que enseguida se hablará) los ejes *cuaternarios pasan a binarios*, y entonces se les representa también con la letra A con exponente II: es decir, que A^{II} quiere decir que se trata de una forma hemidríca en la cual un eje cuaternario ha pasado a binario. En los demás casos, los *ejes binarios* se representan por la letra L, y si hay varios binarios desiguales, por dicha letra con unas comillas en lugar del exponente: por ejemplo, L, L' y L'' quiere decir que son tres ejes binarios y desiguales. El *centro* se representa por C. Los *planos principales* por H, y los *planos secundarios* por P. Cuando en cualquiera de los casos anteriores hay varios elementos iguales, se precede a la letra de un número que indica la cantidad de dichos elementos iguales. Por ejemplo, los elementos de simetría de un cubo serán: $3 A^{IV}$; $4 A^{III}$; $6L$; C; $3H$; $6P$.

Derivación de formas.—Según la ley de simetría, cuando en el cubo de las figuras anteriores aparece modificado un vértice o una arista, aparecerán también modificados todos los demás por ser homólogos: los

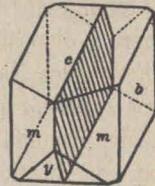


Fig. 77.—Plano de simetría. (De *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Rojo y O. Cendrero).

cristales que se originan así, reciben el nombre de *formas derivadas*, y aquella de la cual derivan, forma *primitiva* o *fundamental*. Las modificaciones que pueden recaer sobre dichos elementos del cristal para dar origen a las formas derivadas, son: la *truncadura* o *truncamiento*, que consiste en la sustitución de un vértice (*fig. 78*) o de una arista (*figu-*

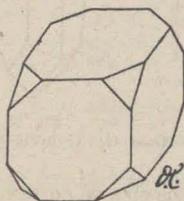


Fig. 78.-Cubo con los vértices truncados.

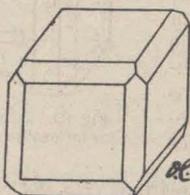


Fig. 79.-Cubo con las aristas truncadas.

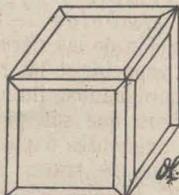


Fig. 80.—Cubo biselado.

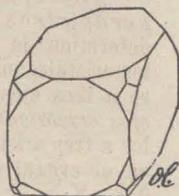


Fig. 81.-Cubo con los vértices apuntados.

ra 79) por una cara; el *biselamiento* (*fig. 80*), 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. 81*) 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 la derivación de formas y las relaciones entre las distintas formas de grupos o sistemas (pág. 90) análogos; pero entiéndase que la Naturaleza no trunca, etc., las formas, sino que éstas se forman ya tal como en ella aparecen.

Formas simples y compuestas, holoédricas, meroédricas y hemimórficas. — Formas *simples* son las que no poseen más que caras correspondientes a un solo poliedro cristalográfico (*fig. 74*), y *compuestas* las que poseen caras correspondientes a dos o más (*figuras 78, 79, 80*, etcétera).

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 *meroédricas*, las que sólo poseen parte (griego *meros*, parte): en este caso pueden ser: *hemiédricas* (gr. *emi*, mitad), las que sólo poseen la mitad y *tetartoédricas* (gr. *tétartos*, cuarto) si no tienen más que la cuarta parte.

Finalmente, formas *hemimórficas* son las que poseen distinto núme-

ro de caras en los extremos de un eje de naturaleza única, o sea que no hay en la forma otro igual a él (*figuras 82 y 83*).

LEY DE RACIONALIDAD DE LOS PARÁMETROS.—También para comprender esta ley es indispensable hacer algunas consideraciones previas.

Elementos cristalográficos: parámetros y símbolos.—Para determinar la posición de las caras de los cristales en el espacio, se las refiere a tres ejes coordenados, llamados *ejes cristalográficos*, que son paralelos a tres aristas existentes o posibles en el cristal de que se trate. Sean XX' , YY' , y ZZ' , los ejes cristalográficos (*fig. 84*): estos ejes se cortan en un punto O , llamado *origen de coordenadas*: de estos tres ejes, el XX' , es *antero-posterior*; el YY' , *transverso*; y el ZZ' , *vertical*, y en ellos se ha convenido en considerar *positivas* las distancias OX , OY , y OZ y *negativas* las OX' , OY' , y OZ' .

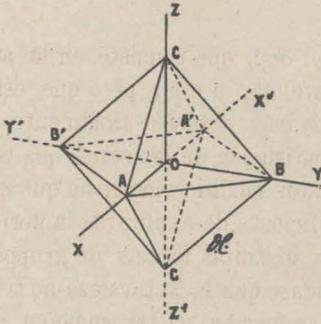


Fig. 84.—Ejes cristalográficos.

Según esto, *parámetros* son las distancias a que las caras cortan a los ejes de coordenadas o bien las distancias que hay desde el origen de coordenadas hasta el punto en que el eje es cortado por la cara, y *símbolo* o expresión paramétrica es la representación de los parámetros en la escritura, es decir, por medio de letras o de números.

Ya se ha dicho que se consideran como positivos los parámetros medidos en las direcciones X , Y , Z , es decir, la línea llena en los ejes de la figura, y como negativos los que se miden según X' , Y' , Z' o sea en la línea de trazos de la figura; el signo negativo no se coloca *delante* del parámetro correspondiente, sino *encima* de él. Por lo tanto, el símbolo $\bar{a} : \bar{b} : \bar{c}$ representará la cara $A' B' C'$; el $\bar{a} : b : c$ representará la $A' B C$; el $\bar{a} : b : \bar{c}$, la $A' B C'$; etc. Como se ve, afectando los parámetros de su signo correspondiente, con una misma relación paramétrica se pueden representar hasta ocho caras que constituyen una forma cristalina.

Tipos de caras.—Las caras que cortan a los tres ejes se llaman *piramidales* o de *pirámide*; las que cortan a dos y son paralelas al tercero, se deno-

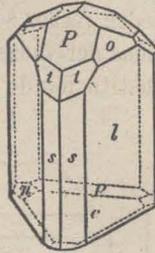


Fig. 82. Dos formas hemimórficas. (De Tschermak).

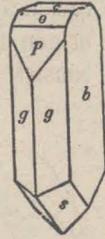


Fig. 83.

minan *prismáticas* o *de prisma*, y las que no cortan más que a un eje y son paralelas a los otros dos, se denominan *pinacoidales*, de *pinacoide* o *terminales*. En la *figura 84*, las caras son todas piramidales y su símbolo $a: a: a$ porque todas cortan a los tres ejes a distancias iguales, es decir, que $a=b=c$; la cara de la *figura 85*, es también piramidal, pero con el símbolo $a: b: c$

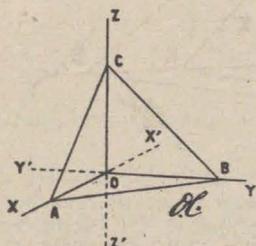


Fig. 85.

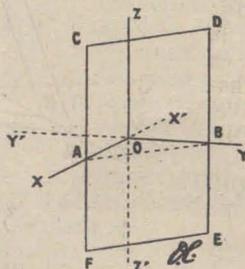


Fig. 86.

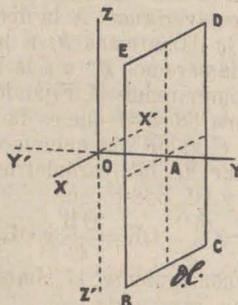


Fig. 87.

Ejes cristalográficos con una cara piramidal (fig. 85), prismática (fig. 86) y pinacoidal (fig. 87).

porque corta a los tres ejes a distancias desiguales. La de la *figura 86*, es prismática con el símbolo $a: b: \infty$, porque corta a los ejes X e Y a distancias desiguales y es paralela al eje vertical. Y la de la *figura 87*, es pinacoidal con el símbolo $\infty; b: \infty$, por cortar al eje X y ser paralela a los otros dos.

Forma fundamental y relación áxica.—Se llama *forma fundamental* aquella cuyos parámetros se toman como *unidad* para referir a ellos los de todas las demás formas. Por esto se llama también *forma unidad*. Se comprende que las caras de la forma fundamental tienen que cortar a los tres ejes, por ej., en el sistema Regular (*) será el octaedro (fig. 84), etc.) y que cada sistema cristalino (*) tendrá su forma fundamental. *Relación áxica* no es más que el símbolo de la forma fundamental, pero reduciendo a la unidad el parámetro b . Por ejemplo, en el octaedro de la *figura 84*, como los tres parámetros son iguales, si reducimos a la unidad el parámetro b , tendremos que como $a=b=c$, la relación áxica será $a: a: a$, o $1: 1: 1$.

Ley de racionalidad.—Se expresa diciendo que los parámetros de las caras que cortan a los ejes son siempre números racionales muy sencillos; es decir, que pueden estar, por ejemplo, en la relación de 1:2 o de 1:3 en relación con la forma fundamental; pero nunca en la de 1:1,734....., o en la de 2:0,325....., etcétera.

Notaciones cristalográficas.—Con este nombre se conocen los procedimientos que se emplean para representar abreviadamente las formas cristalinas por medio de la escritura.

Son muchas las ideadas; pero la que actualmente está más en boga, por su sencillez y fácil aplicación, es la de Miller.

(*) Para la significación exacta de estos términos véase pág. 90.

Supone este autor que la forma unidad o fundamental es siempre exterior a todas las demás y, partiendo de esta base, hace la notación de cualquier cara, de la siguiente manera (fig. 88). Sea ABC la cara de la forma fundamental y HKL la cara cuya notación queremos averiguar. A la distancia AH la llamaremos h ; a la BK, la llamaremos k ; y a la LC, la denominaremos l . Fijándose en figura 88 se ve que es fácil hallar el valor que queremos averiguar de los parámetros OH, OK y OL puesto que

$$OH = \frac{AO}{h}; OK = \frac{OB}{k} \text{ y } OL = \frac{OC}{l};$$

por consiguiente; el símbolo de dicha cara sería

$$\frac{OA}{h} : \frac{OB}{k} : \frac{OC}{l}; \text{ pero como ya sa-}$$

bemos que los numeradores son iguales a la unidad por corresponder a la forma fundamental, bastará conocer los números h , k , l para poder determinar la notación de la cara HKL; estos números h , k , l se denominan *índices*, y el h corresponde *siempre* al parámetro X; k al parámetro Y; y l al parámetro Z. Claro es que si una cara no corta a un eje, el parámetro de dicha cara, será *cero*. De modo que si una cara tiene, por ej., la notación $hk0=210$, como la forma fundamental es exterior, quiere decir que dicha cara corta a los ejes a $\frac{1}{2}$, 1 y 0 de la forma fundamental, o sea que al eje X le corta a la mitad de la forma fundamental, al eje Y a la misma distancia que dicha forma fundamental y que al eje Z, es paralela. Encerrados los índices en un paréntesis ($h k l$) representan la *forma completa* y si se los coloca sus signos correspondientes, representan a cada una de las caras independientemente.

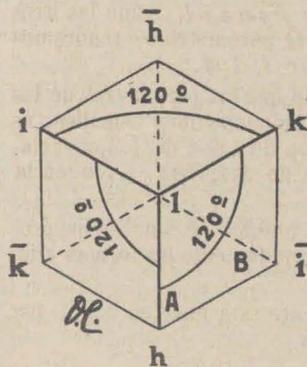


Fig. 89.

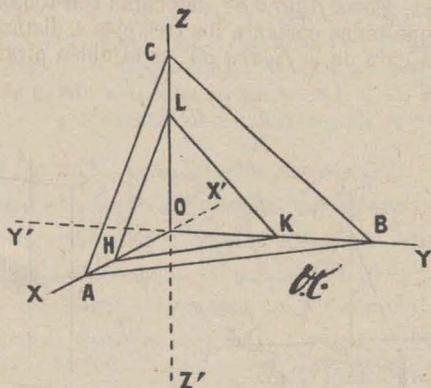


Fig. 88.—Notación de Miller.—ABC, cara unidad: HKL, cara cuyo símbolo se busca.

En el sistema exagonal la notación difiere algo de la que acaba de indicarse, porque, para facilitar dicha notación y la orientación de las formas, se consideran *cuatro ejes de simetría*, de los cuales uno es *vertical* y los otros tres son *horizontales* y se hallan entre sí a una distancia de 60° . Es natural que al tener 4 ejes, tengan también 4 índices, que reciben los siguientes nombres: al vertical se le denomina l y de los tres horizontales, uno se le coloca ánteroposterior y se le llama h y a los otros dos, llamados k e i , en la posición en que quedan después de colocado el ánteroposterior. En todos estos ejes se considera también una porción de *positiva* y otra *negativa*: en los ejes horizontales (fig. 89), unas y otras están separadas entre sí 120° . La fig. 89 repre-

senta una sección normal al eje vertical: en ella los trazos llenos son las porciones positivas y los punteados, las negativas: l es la proyección del eje vertical en el plano de los ejes horizontales. Si suponemos la cara AB en dicha figura, se aprecia que corta al eje h en su parte positiva; al i , en la negativa, y que es paralela al k : como también lo es al l , la notación de dicha cara sería $h i 0 0$; o si se ponen los índices en el orden que deben estar, sería $h 0 i 0$. Las caras piramidales cortan al eje l y las pinacoidales cortan a éste y son paralelas a los horizontales.

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 (*).

SISTEMA REGULAR.—También se le denomina *cúbico*, *tercuaternario*, etc. De los trece ejes de simetría que posee, tres son de simetría cua-

(*) Dentro de cada uno de estos sistemas se admiten hoy diversas *clases* o *modos* de simetría, caracterizados por la identidad de sus elementos de simetría, con lo cual ha podido prescindirse de las consideraciones artificiosas basadas en las derivaciones geométricas (truncadura, etc.) para explicar el paso de unas formas a otras. Estos modos de simetría son treinta y dos; pero como algunos de ellos poseen elementos comunes, con los que esto ocurre se agrupan en los sistemas clásicos citados, a los que se agrega el *trigonal*. 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, puede consultar el libro del Dr. Fernández Navarro y O. Cendrero titulado *GEOLOGIA*, Madrid, 1927, del cual están tomados los datos que siguen.

SISTEMA REGULAR.—Todas sus Clases tienen cuatro ejes de simetría ternaria. **Clase I.**—*Evoctaédrica* o *de la fluorita*: comprende todas las formas que se estudian en el texto con el nombre de formas holocédricas. **Clase II.**—*Exatetraédrica* o *de la tetraedrita*: 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 diexagonal* o *del berilo*: comprende las formas holocédricas estudiadas en el texto. **Clase VII.**—*Piramidal diexagonal*. **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 hemicédricas del sistema exagonal. **Clase XIII.**—*Escalenoédrica ditrigonal* o *de la calcita*: a ella corresponden las formas hemicédricas 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 holocédricas estudiadas en el texto. **Clase XIX.**—*Piramidal ditetragonal*. **Clase XX.**—*Bipiramidal tetragonal*. **Clase XXI.**—*Trapezoédrica tetragonal*. **Clase XXII.**—*Escalenoédrica tetragonal* o *de la calcopirita*: ejemplo, esfenocédro. **Clase XXIII.**—*Biesfenoédrica 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 texto. **Clase XXVI.**—*Rómbica piramidal* o *de la calamina*. **Clase XXVII.**—*Rómbica esfenoédrica* 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.**—*Esfenoédrica*. **Clase XXX.**—*Domática*.

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

ternaria, cuatro de simetría *ternaria*, y los seis restantes de simetría *binaria* (figs. 74, 75 y 76) (*). Las formas *holoédricas* son: el *exaedro* (gr. *ex*, seis; *édra*, cara) o *cubo* (figs. 74, 75 y 76), limitado por seis caras que son cuadrados iguales; el *octaedro* (gr. *octo*, ocho), por ocho caras que son triángulos equiláteros (fig. 90); el *rombododecaedro* (gr.

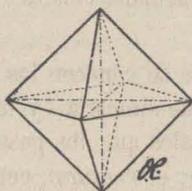


Fig. 90.-Octaedro.

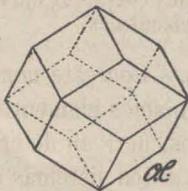


Fig. 91.-Rombododecaedro.

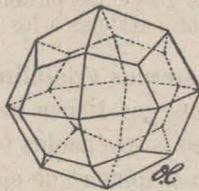
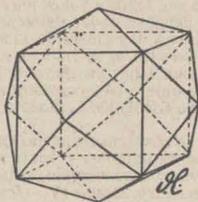
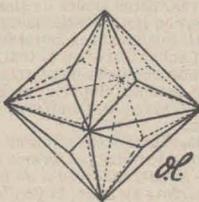
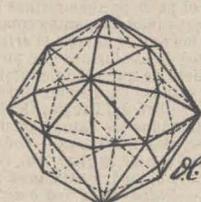


Fig. 92.-Trapezoedro.

dodeka. doce), por doce caras que son rombos (fig. 91); el *trapezoedro* o *icositetraedro* (gr. *eikosi*, veinte; *tetra*, cuatro; *édra*, cara), por veinticuatro caras que son trapezoides (fig. 92); 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. 93); el

Fig. 93.
Tetraquisexaedro.Fig. 94:
Triaquisoctaedro.Fig. 95.
Exaquisoctaedro.

octaedro piramidado, *triaquisoctaedro* o *trioctaedro* (gr. *tris*, tres) u *octaedro* en cuyas caras se hubiesen colocado pirámides triangulares,

(*) La característica simétrica completa de este sistema se dijo en la pág. 85.— La forma *fundamental* es el *octaedro*, que en la notación de Miller se expresará por $(h\ h\ h)$ o por $(1\ 1\ 1)$ (página 88). Algunos autores toman como forma fundamental el *cubo*, cuya notación es $(h\ 0\ 0)$ o $(1\ 0\ 0)$, puesto que todas las caras del cubo son *pinacoidales* (pág. 88).

Es frecuente que los alumnos tengan dificultades para la determinación de los ejes cristalográficos y, por consiguiente, de los sistemas cristalinos, tanto en los minerales como en los sólidos cristalográficos que existen en todas las cátedras de Historia Natural y que suelen presentarse en los exámenes. Para vencer estas dificultades conviene que practiquen con dichos modelos y, a falta de ellos, con los que el mismo alumno puede construirse utilizando los sólidos cristalográficos desarrollados que figuran en la obra titulada PRÁCTICAS DE MINERALOGÍA Y GEOLOGÍA, por J. Boyo y O. Cendrero.

resultando en total una forma de veinticuatro caras triángulos isósceles (fig. 94); finalmente, el *exaquisoctaedro* o *exaoctaedro*, posee cuarenta y ocho caras, que son triángulos escalenos (fig. 95).

Las formas *hemiédricas* de este sistema se reconocen porque, en general, los ejes cuaternarios de las holoédricas son aquí binarios; los ternarios subsisten y los binarios desaparecen: por esto en dichas formas existen casi siempre: 3 ejes binarios (que son los cuaternarios reducidos de simetría por la hemiedría) y 4 ternarios. Las formas hemiédricas más conocidas, son: el *tetraedro* o forma de cuatro caras triángulos equiláteros (fig. 96); deriva del octaedro por desarrollo de la mitad de sus caras; el *dodecaedro pentagonal* o *pentadodecaedro*, que deriva del tetraedro y tiene doce caras pentágonos irregulares (fig. 97); se le denomina también *piritoedro*, por ser forma frecuente en el mineral llamado piritita

de hierro; el *deltoedro* o *dodecaedro deltoideo*, derivado del triaquisoctaedro, y limitado por doce caras trapezoides deltoideos (figura 98); el

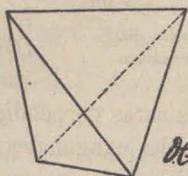


Fig. 96.
Tetraedro.

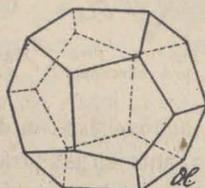


Fig. 97.
Pentadodecaedro.

deltoedro, y limitado por doce caras trapezoides deltoideos (figura 98); el

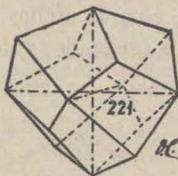


Fig. 98.
Deltoedro.

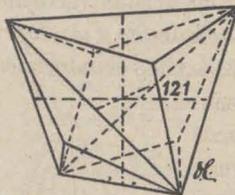


Fig. 99.
Triaquistetraedro.

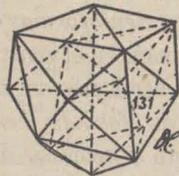


Fig. 100.
Exaquistetraedro.

(De la obra *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero).

triaquistetraedro o *tetraedro piramidado*, derivado del trapezoedro y limitado por 12 caras triángulos isósceles (fig. 99); y el *exaquistetraedro*, derivado del exaquisoctaedro y formado por 24 caras triángulos escalenos (fig. 100) (*).

(*) La notación de todas las formas holoédricas y hemiédricas de este sistema, así como ejemplos gráficos de *formas compuestas*, puede verse en la obra PRÁCTICAS DE MINERALOGÍA Y GEOLOGÍA, por J. Royo y O. Cendrero, pág. 32 y siguientes.

SISTEMA EXAGONAL.—De sus siete ejes de simetría, uno es de simetría *senaria* y los seis restantes de simetría *binaria* perpendiculares a él

(figs. 101 y 102) (*). Las formas *holoédricas* son: la *pirámide diexagonal*, formada por veinticuatro caras triángulos escalenos; la *pirámide exagonal*, por doce caras triángulos isósceles (fig. 101); el *prisma diexagonal*, por doce caras rectángulos iguales; el *prisma exagonal*, por seis caras rectángulos iguales (fig. 102): estas dos últimas formas van siempre acompañadas por la *base*,

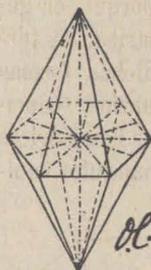


Fig. 101.—Pirámide exagonal.

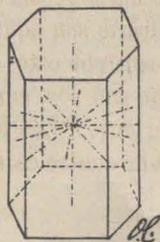


Fig. 102.—Prisma exagonal.

se, que consiste en dos caras perpendiculares al eje principal.

Tanto en las pirámides exagonales como en los prismas, hay que distinguir dos clases distintas, que se diferencian fácilmente unas de otras por la manera de estar orientadas con relación a los *ejes cristalográficos horizontales*. Dichas formas no pueden reconocerse cuando están aisladas, pero es fácil distinguirlas cuando están combinadas teniendo en cuenta que se llaman *protoformas* (*protopirámide* y *protoprisma*) cuando los ejes cristalográficos terminan: en los vértices ecuatoriales, en la pirámide, y en las aristas verticales, en el prisma, y que se llaman *deutoformas* (*deutopirámide* y *deutoprisma*) cuando dichos ejes terminan: en el centro de las aristas ecuatoriales, en la pirámide, y de las caras verticales, en el prisma.

Las *formas hemiédricas* de este sistema se distinguen porque el eje de simetría *senaria* pasa a *ternaria*, y de los seis binarios no subsisten más que tres.

Las principales formas *hemiédricas* son: el *escalenoeдро*, limitado por doce caras triángulos escalenos (figura 103); deriva de la pirámide diexagonal; y el *romboedro*, por seis

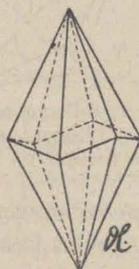


Fig. 103.—Escalenoeдро.

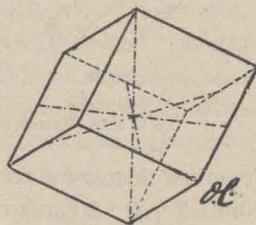


Fig. 104.—Romboedro.

(*) La característica simétrica completa de este sistema, es: A^VI ; $3L$; $3L'$; C ; H ; $3P$; $3P'$. La forma fundamental es la *pirámide exagonal* y, según se dijo (pág. 89) la notación difiere algo de la de los restantes sistemas porque se consideran cuatro ejes cristalográficos: una forma general de notación de una pirámide sería (*h O K l*).

caras que son rombos (*figura 104*); deriva de la pirámide exagonal. Los romboedros suelen denominarse *agudos, normales y obtusos*, según sea el eje ternario largo, intermedio o corto, respectivamente.

Con estas formas hemiédricas y otras que no se estudian aquí, forman algunos autores modernos el llamado sistema *trigonal*, el cual es un poco artificioso si se tiene en cuenta que *nunca se encuentran reunidas en el mismo cristal caras correspondientes a dos sistemas cristalográficos distintos*, es decir, que no puede encontrarse un cristal con caras de cubo y de escalenoedro, por ejemplo. Y si se considera el trigonal como sistema independiente, tendremos cristales de muchos minerales formados por caras correspondientes a *dos sistemas distintos*, como, por ejemplo, la calcita, en la cual son muy frecuentes los cristales constituidos por un prisma y un romboedro.

SISTEMA TETRAGONAL.—También se llama *cuadrático*. Posee cinco ejes de simetría, de los cuales uno es de simetría *cuaternaria* y los cuatro restantes de simetría *binaria* (*fig. 105*) (*).

Sus formas *holoédricas* son: la *pirámide ditetragonal* limitada por

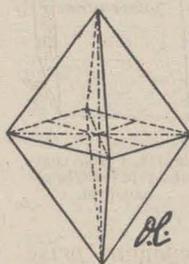


Fig. 105.—Pirámide tetragonal.

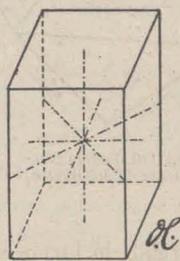


Fig. 106.—Prisma tetragonal.

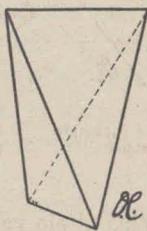


Fig. 107.—Esfenoedro tetragonal.

dieciseis triángulos escalenos; la *pirámide tetragonal* por ocho caras triángulos isósceles (*fig. 105*); el *prisma ditetragonal*, por ocho caras rectángulos iguales; el *prisma tetragonal*, por

cuatro caras rectángulos iguales (*figura 106*); finalmente, la *base* consiste en dos caras perpendiculares al eje cuaternario (*fig. 106*). En este sistema hay también *protoformas* y *deutoformas*, que se distinguen igual que en el sistema exagonal.

La principal forma *hemiedrica* es el *esfenoedro tetragonal*, el cual puede definirse diciendo que es un tetraedro con las cuatro caras triángulos isósceles (*fig. 107*); deriva de la pirámide tetragonal: su nombre alude a que parece una cuña (griego *sphen*, cuña). Esta forma tiene *tres ejes binarios*; pero dos son *iguales entre sí* y el que no es igual a ellos, es el cuaternario que pasó a binario.

(*) Su característica completa, es: $A^{IV}; 2L; 2L; C; H; 2P; 2P'$. La forma *fundamental* es una *pirámide tetragonal*, que podría ser (1 1 1) en el caso de que los parámetros h y k sean iguales.

SISTEMA RÓMBICO.—También se le denomina *ortorrómbico*. 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. 108). Las formas *holoédricas* son (**): la *pirámide rómbica*, limitada por ocho caras triángulos escalenos iguales (fig. 109); los *prismas rómbicos*, limitados por cuatro caras rectángulos iguales;

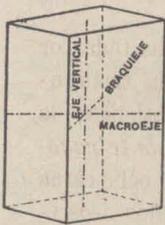


Fig. 108.—Prisma rómbico.

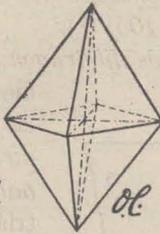


Fig. 109.—Pirámide rómbica.

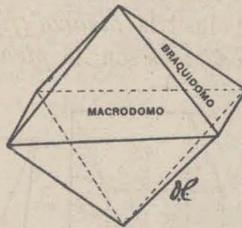


Fig. 110.—Forma compuesta de dos domos.



Fig. 111.—Forma compuesta de los tres pinacoides.

si dichas caras son paralelas al eje vertical, la forma se denomina *prisma vertical*, *prisma recto de base romboidal* o sencillamente *prisma* (fig. 108), y si lo son a los ejes horizontales se denominan *prismas horizontales* o *domos*, en cuyo caso puede ocurrir que lo sean al *macroeje*, y entonces se llaman *macroprismas* o *macrodomos* (fig. 110 y 113) o que lo sean al *braquieje*, denominándose *braquidomos* o *braquiprismas* (figs. 110 y 113). 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 denominan *macropinacoide* y *braquipinacoide*, según lo sean al macro o braquieje (figs. 111 a 113).

(*) La característica de este sistema es: L; L'; L"; C; P; P'. La *forma fundamental* es la *pirámide rómbica*, cuya notación sería (h k l).

(**) Para facilitar la determinación de las formas en este sistema y en los dos siguientes, recuérdese que en la pág. 88 se dijo que *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.

La forma hemiédrica de este sistema es el *esfenoedro rómbico* el

cual puede definirse diciendo que es un tetraedro con las cuatro caras triángulos escalenos (fig. 114). conserva los tres ejes de simetría.

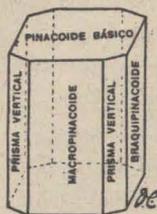


Fig. 112.—Forma compuesta de pinacoides y prisma vertical.

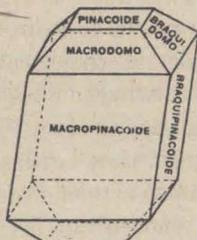


Fig. 113.—Forma compuesta de pinacoides y domos.

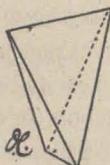


Fig. 114.—Esfenoedro rómbico.

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

mas que un eje de simetría binaria que se coloca *horizontal* y *transversalmente*, denominándosele *ortoeje* (griego *orthós*, recto) o eje *transverso* (figs. 115 y 116). 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. *kli-no*, inclinado); también se le llama *ántero-posterior*. Las formas *holoédricas*, son: la *pirámide monosimétrica*, con ocho caras triángulos escalenos de dos clases (fig. 115); el *prisma oblicuo de base romboidal*, formado por cuatro caras romboidales iguales (fig. 116); el *ortoprisma* u *ortodomo*, formado por cuatro caras paralelas al *ortoeje*; el *clinoprisma* o *clinodomo*, formado por cuatro caras paralelas al *clinoeje*. Los *pinacoides* son pares de caras

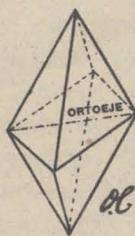


Fig. 115.—Pirámide monosimétrica.



Fig. 116.—Prisma monosimétrico.

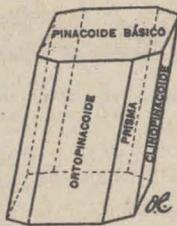


Fig. 117.—Combinación de pinacoides y prisma oblicuo.

que cuando son normales al eje vertical reciben el nombre de *pinacoide básico*, y si son paralelas a los otros dos ejes se denominan *ortopinacoide* y *clinopinacoide*, según lo sean al *orto* o al *clinoeje* (fig. 117).

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 triclinica, etc.)

Agregados cristalinos: maclas: cristales miméticos.—En general 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 (*figura 118*) y las *geodas* en la misma reunión sobre una superficie cóncava (*figura 119*). Las *formas imitativas* reciben este nombre porque de una manera más o menos clara recuerdan diversos objetos: así se llaman *dendritas* cuando se-

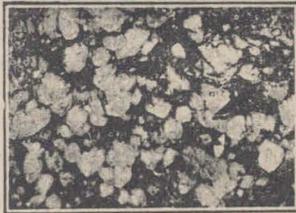


Fig. 118.—Drusa de cuarzo. (Fotografía O. Cendrero).

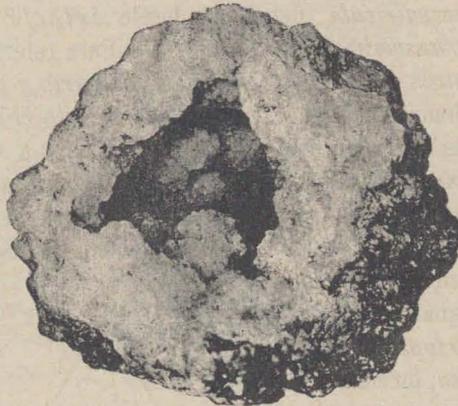


Fig. 119.—Geoda de cuarzo. (Fot. O. Cendrero).

mejor ramas de árbol (griego *déndron*, árbol) (*figuras 120 y 121*); *coraloideas* si parecen corales (*figura 122*); etc. Las *estalactitas* consisten en asociaciones de cristales que, generalmente, se envuelven unas a otras formando capas concéntricas (*figuras 123 y 124*).

Los complejos *regulares* más importantes son las *maclas*, que consisten en la agru-



Fig. 120.

Fig. 120.—Dendritas que, observadas al microscopio, se ve que están formadas por los octaedros de la figura 121. (Tschermak).

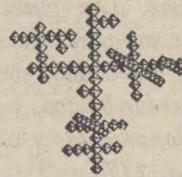


Fig. 121.

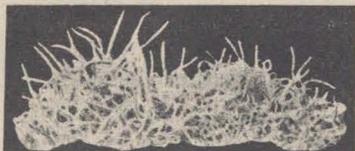


Fig. 122.—Aragonito coraloideo. (Fotografía O. Cendrero).

se distinguen porque *generalmente* poseen ángulos entrantes, que corresponden a los planos de unión de los individuos; pero conviene advertir



Fig. 123.—Estalactita caliza no formada por capas concéntricas.

(Fots. O. Cendrero).



Fig. 124.—Estalactita caliza formada por capas concéntricas.



Fig. 125.—Macla de yuxtaposición del yeso. (Tschermak).



Fig. 126.—Macla natural del yeso. (Fot. O. Cendrero).

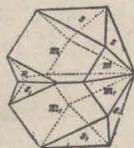


Fig. 127.—Macla de contacto de la casiterita. (Tschermak).

que existen maclas *que no presentan* ángulos entrantes. Sansoni (*) divide las maclas en maclas de *yuxtaposición* o de *contacto* cuando los cristales están como pegados uno a otro, siguiendo un plano (figs. 125 a 127); de *compenetración* cuando los cristales penetran uno en otro, aunque quedando bien claros sus límites respectivos

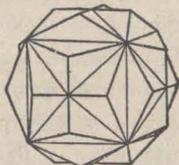


Fig. 128.

Maclas de compenetración de la pirita de hierro (128), fluorita (129) y ortosa (130). (Tschermak).

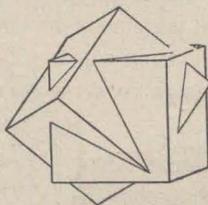


Fig. 129.

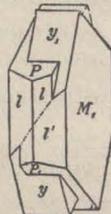


Fig. 130.

(*) *Sansoni*. Catedrático de Mineralogía en la Universidad de Pavia.

(fig. 128 a 130): 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 estrias (fig. 131) o rugosidades (fig. 132) de las caras de la forma resultante.

Cuando dos o más cristales de la misma especie mineral e idénticamente cristalizados se asocian y constituyen otro con aspecto de forma simple, *pero de simetría superior* a la de los cristales que le originaron, recibe el nombre de *crystal mimético* (griego *mimesis*, imitación): son bastante frecuentes y entre ellos merece citarse el aragonito, que cristaliza en

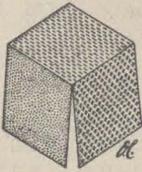


Fig. 133.—Esquema de un cristal mimético de aragonito, cortado transversalmente.

prismas verticales del sistema rómbico y asociándose tres constituyen un prisma exagonal (fig. 133).

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*.



Fig. 134.—Estructura fibrosa. (Fot. O. Cendrero).

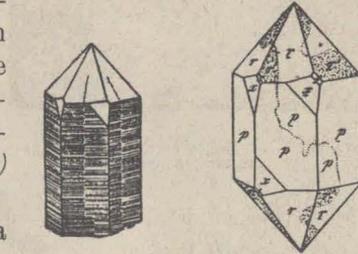


Fig. 131. Dos maclas de intrusión del cuarzo. (Tschermak, Sansoni).

Fig. 132.

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

Se denomina *fibrosa* cuando las partículas se agrupan preferentemente en una dirección: comprende numerosas variedades, como la *capilar* (lat. *capillus*, cabello); la *sedosa*; la *acicu-*

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

lar o en forma de agujas; la *fibrosa* propiamente dicha, de mayor grosor que las anteriores



Fig. 135.—Estructura bacilar.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 136.—Estructura fibroso-radiada.
(Fot. O. Cendrero).

que las anteriores (figura 134); la *bacilar* (latín *bacillus*, bastón), del grosor de alambres gruesos en adelante (figura 135); la *fibroso-radiada* y la *esfero-radiada*, cuando salen varias fibras a partir de un centro (figuras 136 y 139); etc.

En la *estructura ho-*

josa o *espática*, las partículas se agrupan en un plano: presenta también numerosas variedades, que de menor a mayor son: la *escamosa*; la *hojosa* propiamente dicha o *foliácea* (figuras 137 y 138); la *laminar* y la *piza-*



Fig. 137.—Estructura hojosa de una mica.
(Fot. O. Cendrero).



Fig. 138.—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).

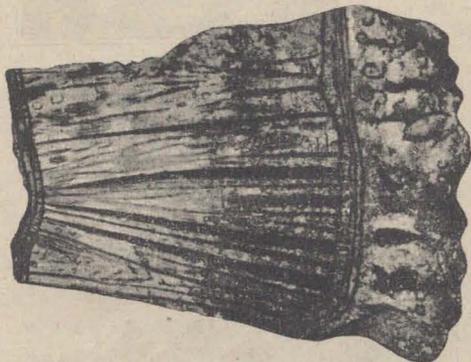


Fig. 139.—A veces se presentan juntas en un mismo ejemplar varias estructuras, como esta bacilo-radiada y concrecionado-arrifionada que representa la figura. (Fot. O. Cendrero).

rosa. Si las láminas son curvas originan la estructura *concrecionada* (figuras 139 a 142), de las que son casos particulares las *oolitas* y las *pisolitas*, que son esferitas del tamaño de un huevo de pescado (figuras 143 y 144) y de un guisante (figu-

ras 145 y 146), respectivamente, y están constituidas por láminas con-



Fig. 140.



Fig. 141.

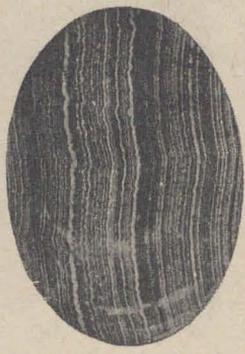


Fig. 142.

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

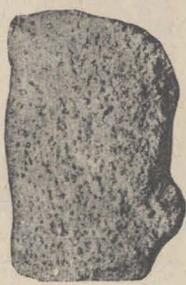


Fig. 143.—Estructura oolítica. (Fot. O. Cendrero).

céntricas: los *nódulos* son masas mayores aún que las anteriores y tienen forma más o menos esferoidea; generalmente están constituidos por láminas concéntricas de grosor variable. Dentro de la es-

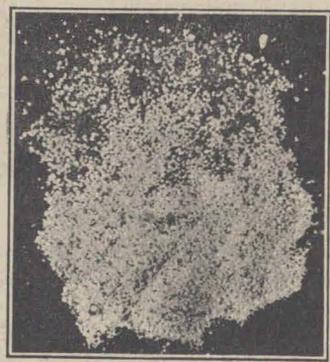


Fig. 144.—Oolitas separadas o aisladas del mineral de la *fig. 143*. (Fotografía O. Cendrero).



Fig. 145.—Estructura pisolítica. (Fot. O. Cendrero).

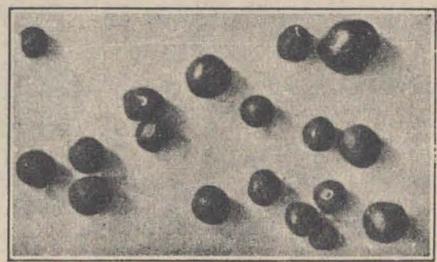


Fig. 146.—Pisolitas aisladas. (Fot. O. Cendrero).

estructura concrecionada se distinguen variedades, como la *arriñonada* o con aspecto de riñón (*fig. 139*), la *botriode* (*figura 147*) o con aspecto más o menos parecido a un racimo (gr. *botrys*, racimo; *eidós*, aspecto); etcétera.

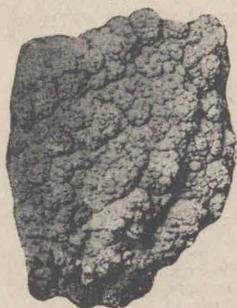


Fig. 147.—Estructura concrecionada-botriode.
(Fot. O. Cendrero).

Finalmente, en la *estructura granuda*, las partículas se agrupan en todas direcciones, diciéndose, según el grosor de las partículas, que es *finá* o *gruesa*, y llamándose *granudo-cristalina*, cuando se puede apreciar que las partículas son cristales de tamaño variable: un caso particular de esta última es la *sacaroidea*, llamada así porque los cristales son pequeños y dan al conjunto el aspecto del azúcar de pilón. Los términos *estructura terrosa* y *compacta*, que tanto se utilizan en Mineralogía, se aplican a los minerales siempre que sus elementos se separen con facilidad o no sean visibles a simple vista, respectivamente.

FÍSICA MINERAL

Exfoliación.—Con este nombre se conoce la propiedad que poseen los minerales de dejarse separar en láminas, según determinados planos denominados *cruceros* o *planos de exfoliación*. Esta separación puede hacerse por medio de un cortaplumas de punta roma y también golpeando el mineral. Si el mineral que trata de exfoliarse posee planos 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. Por ejemplo: la calcita tiene siempre la exfoliación en romboedros (*figura 148*).

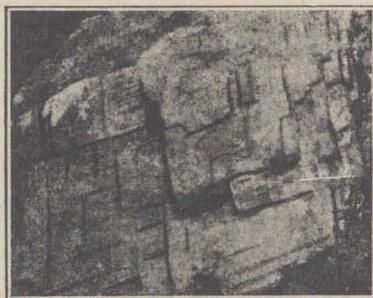


Fig. 148.—Calcita mostrando los cruceros o planos de exfoliación. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y O. Cendrero).

A veces sirve para distinguir las especies que se parecen mucho por sus demás caracteres, como los piroxenos y los anfíboles, silicatos muy parecidos (pág. 164) y que vistos al microscopio en secciones muy delgadas, se distinguen porque los cruceros paralelos al prisma vertical forman entre sí un ángulo muy próximo a 90° en los primeros y de 124° en los anfíboles (figs. 149 y 150).

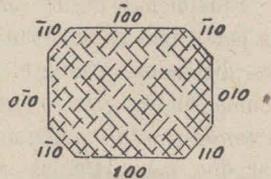


Fig. 149.

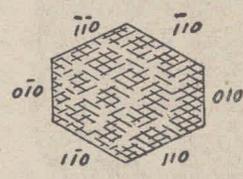


Fig. 150

Crucero prismático de un piroxeno (149) y de un anfíbol (150) vistos al microscopio. (De la obra *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero).

Algunos cruceros se ponen de manifiesto recurriendo a medios especiales.

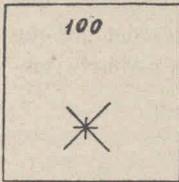


Fig. 151.—Figura de percusión en la sal común.

Por ejemplo: si una placa de sal gema paralela al cubo se apoya en un soporte duro y se da sobre ella un golpe seco con una punta dura y fina, obtendremos dos clases de grietas (figura 151), unas pequeñas que son perpendiculares a las aristas y otras mayores que son diagonales del cuadrado: éstas delatan la existencia de un crucero paralelo a la cara del rombododecaedro, que cuando se emplean los procedimientos ordinarios (navaja, martillo) queda enmascarado por el crucero cúbico (las grietas menores), que es más fácil y perfecto. Estas líneas así obtenidas se denominan *figuras de percusión*.

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

(*) *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.

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. Conviene tener en cuenta que cuando los minerales tienen la misma dureza, se *rayan mutuamente* al frotar uno contra otro. Para averiguar la dureza con exactitud se utilizan los aparatos denominados *esclerómetros* (gr. *sklerós*, duro; *metron*, medida).

Un esclerómetro (*fig. 152*) consiste en un carrito C, que puede correr sobre

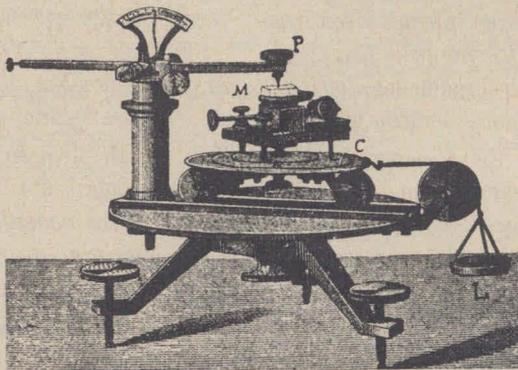


Fig. 152.—Esclerómetro.

unos railes mediante el lastre que se pone en el platillo L. Sobre el carrito se coloca el mineral o lámina cristalina M que se quiere estudiar, y sobre el mineral y mediante una palanca se apoya una punta de diamante o de carborundo que ha de producir la raya, la cual lleva superpuesto un pequeño platillo P, en el que se colocan pesas para que la punta insista sobre la lámina. Haciendo correr el carrito se producirá

la raya cuando la presión sea suficiente, y la dureza relativa se apreciará por los pesos que ha sido necesario cargar sobre el platillo P

Elasticidad.—Llámase así la forma de la energía en virtud de la cual los cuerpos tienden a conservar su volumen y forma, recobrándolos cuando se los deforma: los minerales se denominan *elásticos* 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; *dúctiles*, los que se pueden estirar en hilos; etc.

Fractura.—Con este nombre se alude, en realidad, al aspecto que presentan 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* (griego *kogke*, concha; *eldos*, aspecto) cuando una superficie es cóncava y la otra convexa, recordando más o menos vagamente las caras interna y externa de una concha (*fig. 153*); *plana* o *lisa* si las superficies carecen de desigualdades; *astillosa* (*fig. 134*), *terrosa*, *ganchuda*, etc., cuyos nombres indican su forma.



Fig. 153.—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.° 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 *fig. 154* o de otro modelo cualquiera (*fig. 155*), 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, una raya, *E*. Para averiguar el peso específico de un mineral, se pulveriza un trocito del mismo y se pesa en una ba-

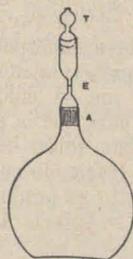


Fig. 154.

Dos modelos de picnómetro.

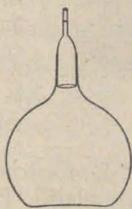


Fig. 155.

mo el que indica la *fig. 154* o de otro modelo cualquiera (*fig. 155*), 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, una raya, *E*. Para averiguar el peso específico de un mineral, se pulveriza un trocito del mismo y se pesa en una ba-

lanza 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 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*; *metalóideo*, o con aspecto de metálico (antracita, grafito); *sedoso*, *resinoso*, *nacarado*, *vítreo*, *diamantino* o *adamantino*, *craso* o con aspecto de grasa, *céreo*, *tumbaga* (del malayo *tembaga*, cobre) que es vítreo-nacarado, con reflejos metálico-cúpreos, 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; se exceptúan algunos como la magnetita y la biotita: 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 bi-

furca 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. *dis*, dos) o *anisótropas* (gr. *ánisos*, desigual). En la mayor parte de los casos, la doble refracción no se aprecia más que observando los cristales tallados en determinadas direcciones; por excepción se aprecia bien en el mineral denominado caliza, una

de cuyas variedades, llamada *espató de Islandia*, cristaliza en romboedros muy transparentes (*fig. 156*). Si en uno de dichos romboedros se tallan dos caras normales al *eje ternario*, como indica la sección representada en la (*fig. 157*),

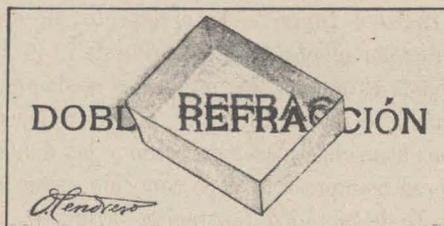


Fig. 156.—Doble refracción del espató de Islandia. (Fot. O. Cendrero).

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.

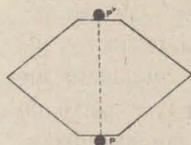


Fig. 157.

fig. 158 (y también la 156); 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 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

Por el contrario, si se apoya el romboedro sobre cualquiera de sus caras naturales, como indica la

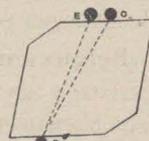


Fig. 158.

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 solo 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*, porque en todas las direcciones tienen refracción sencilla.

Es fácil distinguir entre si todas estas sustancias por medio de los aparatos llamados de *polarización*, o sea, aparatos gracias a los cuales se consigue que la luz se *polarice*, es decir, que 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. 159*) 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 lámi-

nas (*figs. 160 y 161*) 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 160* 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 160*, como las vibraciones son paralelas a las direcciones de vi-

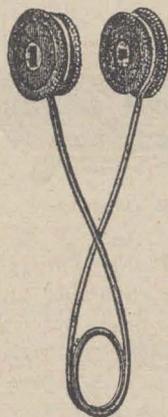


Fig. 159.
Pinza de turmalina.



Fig. 160.
(De Tschermak).

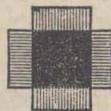


Fig. 161.

Fig. 162. (Naumann). Fig. 163. (Naumann).

bración de ésta, los rayos pasarán y se ve la luz a través de las dos placas y con el color que tengan las turmalinas. Por el contrario, si las láminas estuviesen cruzadas (*fig. 161*) la luz es interceptada por la segunda turmalina, y entonces mirando a través de ellas, se nota obscuridad en vez de luz. La primera turmalina se llama *polarizador*, y la segunda, *analizador*. Ahora bien: si se abre la pinza y entre estas dos turmalinas así *cruzadas* se coloca una delgada lámina de una sustancia *isótropa*, la *obscuridad 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, se nota además un conjunto de *anillos concéntricos coloreados*, atravesados por una *cruz negra* (*fig. 162*), que desaparece y cambia por una cruz clara (*fig. 163*) haciendo girar lentamente el analizador.



Fig. 164. (De Naumann).

Cuando la lámina corresponde a una *sustancia biáxica*, en lugar de círculos aparecen *lemniscatas rodeadas por elipses*, todo ello *coloreado* y atravesado por una *cruz negra* (*figura 164*) que se disloca en dos ramas de *hipérbola* (*figura 165*) si se hace girar el cristal entre las turmalinas. El conjunto de todas estas figuras observadas por medio de las pinzas de turmalina, se llama *figuras de interferencia*.



Fig. 165. (De Naumann.)

Un aparato de polarización muy usado hoy, es el llamado *prisma de Nicol* (*) o sencillamente *nicol*, el cual consiste en un romboedro de exfoliación de espato de Islandia cortado en dos mitades según indica la línea BB de la *fig. 166* y pegadas con bálsamo del Canadá: al penetrar un rayo de luz, L, en la dirección que se indica en la figura, el rayo ordinario (LO) se reflejará sobre la capa de bálsamo y el extraordinario (LE) será el único que pasará, quedando aislado. Las caras del prisma, excepto las bases, están embadurnadas

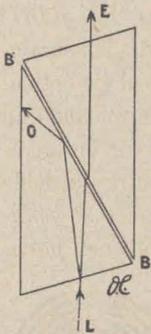


Fig. 166.—Sección de un Nicol con la trayectoria de los rayos de luz. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y Orestes Cendrero).

Un aparato de polarización muy usado hoy, es el llamado *prisma de Nicol* (*) o sencillamente *nicol*, el cual consiste en un romboedro de exfoliación de espato de Islandia cortado en dos mitades según indica la línea BB de la *fig. 166* y pegadas con bálsamo del Canadá: al penetrar un rayo de luz, L, en la dirección que se indica en la figura, el rayo ordinario (LO) se reflejará sobre la capa de bálsamo y el extraordinario (LE) será el único que pasará, quedando aislado. Las caras del prisma, excepto las bases, están embadurnadas

Un aparato de polarización muy usado hoy, es el llamado *prisma de Nicol* (*) o sencillamente *nicol*, el cual consiste en un romboedro de exfoliación de espato de Islandia cortado en dos mitades según indica la línea BB de la *fig. 166* y pegadas con bálsamo del Canadá: al penetrar un rayo de luz, L, en la dirección que se indica en la figura, el rayo ordinario (LO) se reflejará sobre la capa de bálsamo y el extraordinario (LE) será el único que pasará, quedando aislado. Las caras del prisma, excepto las bases, están embadurnadas

(*) Guillermo NÍCOL, físico y mineralogista inglés, inventor del prisma de su nombre, nacido hacia el año 1768 y muerto en 1851.

das de negro de modo que el rayo ordinario queda absorbido allí.

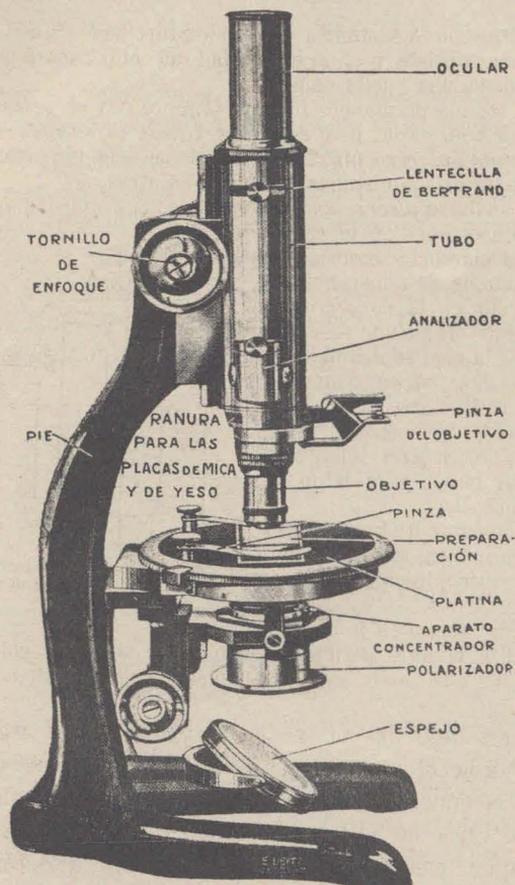


Fig. 167. — Microscopio polarizante o petrográfico de Leitz. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Rojo y O. Cendrero).

por medio de los prismas de nicol se observan los mismos fenómenos de interferencia que con las pinzas; pero tiene que ser con *luz convergente*, la cual se produce al concentrar la luz en el objeto por medio de una lenticilla convergente que el microscopio polarizante lleva encima del concentrador (*): la luz de los microscopios ordinarios y de los petrográficos sin esta lenticilla, es *paralela*: también debe ponerse la lenticilla de Bertrand y un objetivo de gran aumento (del 5 al 7).

POLARIZACIÓN CROMÁTICA.—Si entre los nicoles *cruzados* del microscopio se coloca una delgada lámina de una *sustancia anisótropa* y se la examina

(*) Para el manejo del microscopio petrográfico, manera de hacer las preparaciones, etcétera, consúltese la obra **PRACTICAS DE MINERALOGÍA y GEOLOGÍA**, por J. Rojo y O. Cendrero).

Para el estudio de los minerales con los nicoles se emplean también dos de éstos: el *polarizador* y el *analizador*. Se acostumbra a montar éstos en el llamado microscopio *polarizante* o *petrográfico*, el cual consiste en un microscopio ordinario (fig. 167) en el cual se coloca el *polarizador* debajo de la platina y del condensador o concentrador, y el *analizador* encima del objetivo.

Por medio de los prismas de nicol se observan los mismos fenómenos de interferencia que con las pinzas; pero tiene que ser con *luz convergente*, la cual se produce al concentrar la luz en el objeto por medio de una lenticilla convergente que el microscopio polarizante lleva encima del concentrador

con luz *paralela*, se observará que al mismo tiempo que se restablece parcialmente la luz, la *placa se colorea*. Este fenómeno se denomina *polarización cromática*.

Si se hace girar la lámina de la sustancia, pero permaneciendo fijos los nicoles, el color de la lámina subsiste, pero la intensidad del color pasará por dos mínimos y dos máximos en una vuelta completa.

Si, por el contrario, la lámina permanece fija y se hace girar el *polarizador*, la intensidad luminosa no varía, pero *van apareciendo diferentes colores*, denominados *colores de polarización*, los cuales tienen una importancia enorme porque sirven para distinguir unos minerales de otros.

POLICROÍSMO.—También se llama *pleocroísmo* y consiste en la propiedad que tienen algunos minerales anisótropos de ofrecer distinta coloración por transparencia según las direcciones en que se los examine. El mineral clásico desde este punto de vista es la *cordierita* (silicato aluminico magnésico ferroso que cristaliza en el sistema rómbico), la cual se denomina también *dicroíta* (gr. *dis*, dos; *chroa*, color), pero que en realidad debiera llamarse *tricroíta* porque cuando se la mira en dirección del eje vertical (OC de la *figura 168*) es azul intenso; si del transverso (OB), azul pálido y si del anteroposterior (OA), gris amarillento.

Los minerales policroicos son bastante frecuentes y se pueden reconocer bien, en secciones delgadas, por medio del microscopio polarizante, pero empleando sólo el *polarizador*, es decir, sin analizador. Colocando la lámina en la platina y haciendo girar ésta, si el mineral permanece incoloro (o si siendo coloreado no cambia de color), en una vuelta completa, no será policroico, y a la inversa.

Color.—El color de los minerales puede ser *propio* o *accidental*, siendo debido este último a la interposición de sustancias extrañas: en el primer caso, todos los ejemplares del mineral tienen el mismo color (galena) y en el segundo, varía de unos ejemplares a otros (cuarzo). Entre los colores accidentales merecen citarse las *irisaciones*, que consisten en coloraciones variadas, y casi siempre brillantes, que presentan algunos minerales en su superficie. 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 minerales *policroicos* antes citados, pueden incluirse también en este grupo.

Los colores por reflexión se dividen en *metálicos* y *no metálicos* y dentro de cada uno se dan nombres vulgares, como *gris de acero* (an-

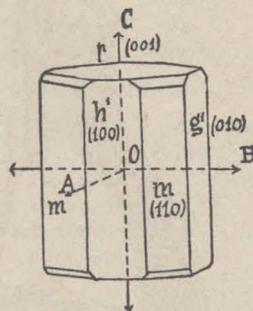


Fig. 168.—Cristal de Cordierita, como ejemplo de mineral con policroísmo.

timonita), *gris de plomo* (galena), *amarillo de oro*, *amarillo de latón* (pirita), 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.

El *color del polvo* suele ser igual que el de la raya. El ejemplo más instructivo de lo que acabo de decir, lo presentan los tres minerales de hierro llamados oligisto (página 142), limonita (pág. 144) y magnetita (pág. 162) los cuales tienen ejemplares que se parecen mucho por su aspecto exterior; pero se distinguen fácilmente porque el oligisto tiene raya rojiza; la limonita, parda o pardo-amarillenta, y la magnetita, negra o gris negruzca. El polvo tiene el mismo color que la raya respectiva.

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

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 (*fig. 169*) ya en un carbón, se les dirige la llama del soplete (pág. 117)

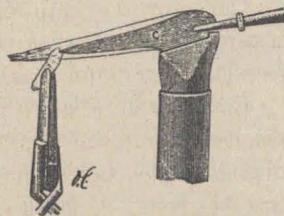


Fig. 169.—Pinzas de presión constante con puntas de platino. Fig. 170.—Ensayo de la fusibilidad. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y O. Cendrero).

(*fig. 170*): así se ve si funden totalmente o sólo en los bordes, etcétera. 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: este magnetismo se llama *polar*. Otros, en mayor

número pero también escasos, sólo *poseen magnetismo simple o sencillo*, porque atraen indistintamente los dos polos. Ejemplo de ambas, la magnetita.

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* o *radiactividad*, 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 (grafito, talco). En varios minerales se aprecia una impresión más o menos intensa de *frialdad*, la cual depende de la conductibilidad calorífica del mineral: en el cuarzo esta impresión es bastante intensa y menos en la caliza. Algunos minerales, como las arcillas, etcétera, 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 asfalto y 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. 171*). Las arcillas, etc., desprenden olor a tierra mojada cuando se les proyecta el aliento, etc.



Fig. 171.—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, ídem de mármol rojo brechiforme; 3, ídem, íd. amarillento grisáceo; 4, ídem, íd., rosado de Cabra; 5, ídem, íd., blanco; 6, ídem de caliza basta; 7, ídem de arenisca, y 8, ídem de granito verde. (Fot. comunicada por el M. I. Sr. Dr. Jaime Espases, canónigo de la S. I. Catedral; datos mineralógicos de D. Diego Jordano, catedrático del Instituto).

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 as-tringente parecido al de la tinta, del alumbre, etc

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, que están formados por la combinación de dos o más cuerpos simples: ordinariamente tampoco se presentan puros.

Isomorfismo, polimorfismo y pseudomorfismo.—En general, entre la *composición química* y la *forma cristalina* de los minerales existen estrechas relaciones. Tan íntima es a veces esta relación, que *minerales de composición química análoga cristalizan juntos* formando un cristal de análogas propiedades cristalográficas (constancia del diedro, etc.) al que formarían cristalizando separados: a estos minerales se les denomina *isomorfos* y al fenómeno, *isomorfismo* (gr. *isos*, igual; *morfe*, forma). El ejemplo clásico de minerales isomorfos es el de las plagioclasas (pág. 167). Con un criterio más amplio se da también el nombre de minerales isomorfos a aquellos que teniendo composición química *parecida* cristalizan *en el mismo sistema* y en formas *muy análogas*. El ejemplo más conocido de esto último le tenemos en los minerales denominados calcita (carbonato cálcico), dolomita (carbonato cálcico-magnésico), siderita (carbonato ferroso) y otros varios, que cristalizan todos en el sistema exagonal y en romboedros.

Inversamente, algunas veces *la misma especie química cristaliza en distintos sistemas cristalinos*: a estas especies químicas se las denomina *polimorfas* y al fenómeno, *polimorfismo* (griego *polys*, mucho). Estas sustancias pueden ser *dimorfas* o *trimorfas*, según cristalicen en dos o en 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 *pseudomorfismo* o *pseudomorfosis* (gr. *pseudo*, falso). El pseudomorfismo 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.: este pseudomorfismo se llama *mecánico*. Pero el verdadero pseudomorfismo 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.

Estos procedimientos químicos consisten en someter los minerales a un *análisis cualitativo* y, sobre todo, *cuantitativo*. Se llama *análisis cualitativo* el que, como indica su nombre, denuncia la *cualidad* o *clase* de los *cuerpos simples* o *elementos* que constituyen el mineral: y *cuantitativo* el que indica *cuánto* entra de cada elemento, es decir, *qué cantidad* entra de cada uno de los elementos o cuerpos simples que nos denunció el análisis cualitativo. Se comprende que ambos análisis, pero especialmente el segundo, requieren mucho tiempo y bastantes conocimientos de Química, por lo cual, en Mineralogía se emplean unos 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 como medio principal, de donde el nombre de ensayos *pirognósticos* (gr. *pyr*, fuego; *gnosis*, conocimiento) con que también se los conoce, y para los segundos, diversos reactivos *líquidos* o *disueltos en agua*, de donde el nombre de ensayos *hidrognósticos* (gr. *ydor*, agua).

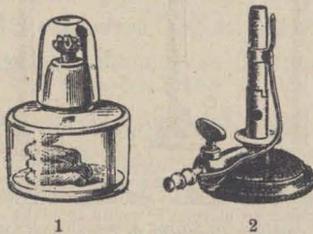


Fig. 172.

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 (*fig. 172, 1*), o la del mechero de

Bunsen (*fig. 172, 2*), pues las demás suelen dejar impurezas que enmascaran el ensayo. En una llama se distinguen varias zonas, de las que las principales son dos (*figura 173*): una interior *oscura* (*C*) constitui-

da 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 (B), 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 (A), 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.

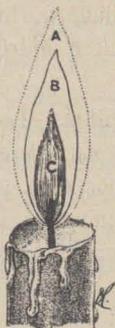


Fig. 173.—Zonas de la llama de una vela.—A, de oxidación; B, de reducción; C, parte fría interna.



Fig. 174.
Dardo de la 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. 174). 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. 175 C y D) en un tubo metálico largo, terminado por 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 (E); hay

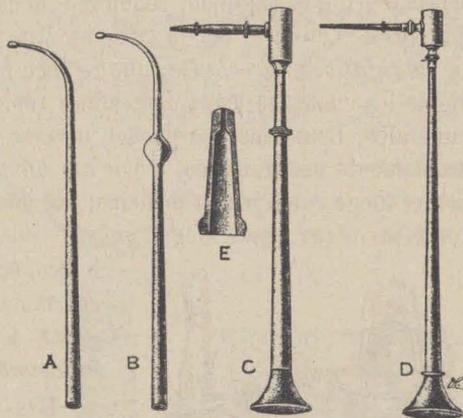


Fig. 175.—Varias clases de sopletes de boca.—A, de latón sin depósito; B, de latón con depósito; C y D, con depósito y punta de platino; E, punta de platino de C, aislada. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y O. Cendrero).

modelos sin punta de platino y muy económicos, como los que indica la figura 175, A y B.

Para sostener el ensayo se utilizan varios medios, de los cuales los más usados son las *pinzas con punta de platino* (fig. 169) y, sobre todo, un *carbón vegetal* cualquiera, con tal que sea compacto (figura 178). En este carbón se hace una pequeña oquedad con un *fresa* (fig. 176) y en ella se coloca el mineral previamente pulverizado (sin golpear, sino por



Fig. 176.—Fresa, vista lateralmente y de frente. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y O. Cendrero).

presión) en un *mortero de vidrio* o de *ágata* (fig. 177): se agrega una gota de agua, para que no se vaya el polvo al soplar, y se dirige el dardo del soplete, viéndose 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* (fig. 178), 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

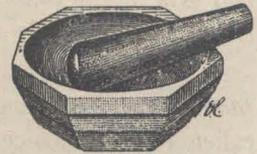


Fig. 177.—Mortero de ágata. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y Orestes Cendrero).

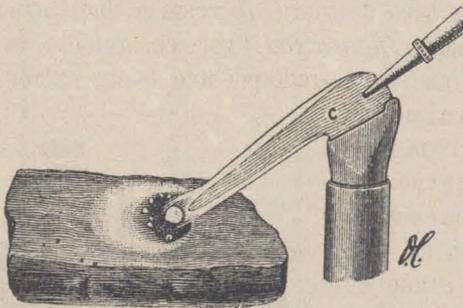


Fig. 178.—Obtención de botones y aureolas en los ensayos al carbón. (De la obra *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y O. Cendrero).

forma esferoidal (fig. 178) y, además, golpeándole sobre un pequeño *yunque de acero*, si es frágil o maleable; por medio de una *barra imanada* si 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 (fig. 179) un pequeño anillo que se introduce en la llama hasta que se pone al rojo, después de lo cual se toma con él una pequeña cantidad

de bórax o sal de fósforo y se le dirige el dardo del soplete hasta conseguir que esté transparente; así se forma la *perla* y estando ésta 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 aluminio, bario, calcio o estroncio, estaño, magnesio o zinc, poniéndole una gota de *nitrato de cobalto* y volviéndole a calentar: los minerales de *aluminio dan una masa azul*; los de bario, *parda*; los de *calcio y estroncio, gris*; los de *estaño, azul verdoso*; los de *magnesio, rosada*, y los de *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 (*fig. 180*):



Fig. 180.—Modo de calentar un tubo de ensayo, tanto para expulsar el vapor de agua, como para hervir un líquido.

(De Casares).

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 vidrio parecido a uno corriente de ensayo (*figura 181*); por consiguiente, es un tubo que está cerrado por uno de sus extremos; generalmente es de menor diámetro que los de ensayo (*figuras 182 y 183*), si bien en caso de necesidad puede utilizarse uno de ensayo que sea estrecho. *Un tubo abierto* consiste en un delgado tubo (de unos seis milímetros de diámetro) acodado en ángulo obtuso a unos 3 ó 4 centímetros de su centro y abierto por los dos extremos (*figura 184*).

En general, los minerales con *brillo metálico se funden* en el carbón; pero la mayor parte de los que *carecen* del brillo metálico *son in-*

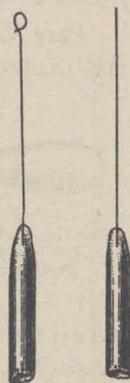


Fig. 179.—Alambres de platino enmangados, arrollado en anillo y recto. (De *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Royo y O. Cendrero).

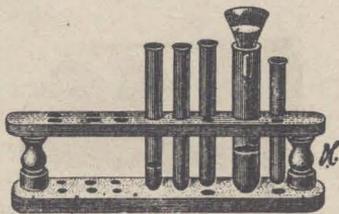


Fig. 181.—Tubos de ensayo colocados en una gradilla.

fusibles, por lo cual es menester agregarles algún *fundente*, de los cuales el más usado es el *carbonato sódico*, llamado *sosa* 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



Fig. 182. Fig. 183.
Fig. 182.—Tubo cerrado.
Fig. 183.—Tubo cerrado
con depósito.

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 pardus-

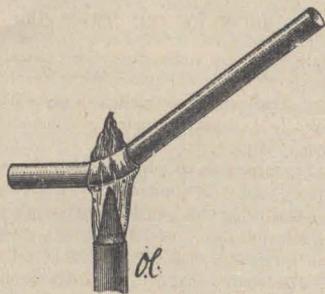


Fig. 184.—Tubo abierto.

ca 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 estos, se pone la mezcla de ambos, conocida con el nombre de *agua regia* (fig. 185). 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.



Fig. 185.—Estos modelos de frascos cuentagotas, son muy aplicados para contener los reactivos.

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* (fig. 181). Después de agregado el disolvente y de disuelto el mineral, para lo cual se ayuda con el calor de la llama (fig. 180), se procede a buscar en *pequeñas porciones de la disolución diluídas en agua* y neutralizadas con amoníaco, el *ácido* del mineral, y una vez encontrado 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 Groth, que es la que adopto en esta obra.

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.

Abreviaturas (por índice alfabético): amarillo (am.), anaranjado (an.), añil (añ.), aureola (au.), azul (az.), blanco (bl.), botón (b.), brillante (br.), castaño (ca.), color (c.), coloración 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.), pardo (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. 120); por vía húmeda con el ClH producen, generalmente, SH₂ con olor a huevos podridos: a veces hay que mezclarlos con limaduras de hierro para que lo produzcan.

(2) *Arseniuros*.—En el carbón producen olor a ajos y aureola blanca lejos del ensayo y muy volátil, es decir, que desaparece fácilmente cuando se la dirige el dardo del soplete.

(3) *Antimoniuros*.—En el carbón, abundantes humos blancos inodoros: aureola blanco-azulada lejos del ensayo y poco volátil, o sea que cuesta hacerla desaparecer al dirigirla el dardo del soplete.

(4) *Cloruros*.—Por vía húmeda con el NO₃Ag, precipitado blanco cuajoso que ennegrece a la luz al cabo de algunas horas y es insoluble en los ácidos y soluble en el NH₃.

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

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

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

(8) *Sulfatos*.—Por vía seca producen hépar como los sulfuros, pero no producen anhídrido sulfuroso. Por vía húmeda no dan SH₂ y con el cloruro bórico precipitado blanca pulverulenta insoluble en los ácidos nítrico y clorhídrico.

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

(*) Para más detalles, en los que no es posible entrar, y para poder clasificar o determinar con rapidez las principales especies minerales, pueden consultarse las obras tituladas CLAVE MINERALÓGICA Y PRÁCTICAS DE MINERALOGÍA Y GEOLOGÍA, por J. Royo y O. Cendrero.

Reacciones por vía seca y húmeda, de las principales bases

(Véanse las abreviaturas en la página anterior.)

	VÍA SECA										
	PERLAS				EN EL CARBÓN						AUREOLAS, BOTO- NES, COLORACIÓN DE LA LLAMA
	BÓRAX		SAL DE FÓSFORO		AUREOLAS, BOTO- NES, COLORACIÓN DE LA LLAMA						
	Llama de oxidación	Llama de reducción	Llama de oxidación	Llama de reducción	En c.	En f.	En c.	En f.			
En c.	En f.	En c.	En f.	En c.	En f.	En c.	En f.				
(12) Aluminio									Con nitrato de Co. masa azul.	Con fosfato sódico p. bl. insol. en ácido acético, sol. en potasa.	
(13) Antimonio..	in.	in.	gr.	gr.					Reacción (3): c. ll. az. livido.	Las soluciones clorhídricas se descomponen por el agua.	
(14) Arsénico									Reacción (2): c. ll. az. livido.	Con NO ₃ Ag. p. am. sol. en NO ₃ H.	
(15) Azufre.....									La parte de v. s. de (1).	.....
(16) Bario.....									C. ll. v. claro: con nitrato de Co. m. parda.	Con SO ₄ H ₂ p. bl. insol. en ácidos.	
(17) Calcio									C. ll. r. naranja: con nitr. Co. m. gr.	Con oxalato amónico p. bl.	
(18) Cobalto....	az.	az.	az.	az.	az.	az.	az.	az.	M. magnética en c.	Con cianuro de K. p. ca.: sus dis. en NO ₃ 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 ₃ H, c. v.: con NH ₃ p. v., sol. en exceso de NH ₃ formando el liquido c. az.	
(20) Estaño.....									B. bl. br., maleable; con nitr. de Co., m. az. v.	Con cloruro de oro p. púr. de Casius.	
(21) Hierro.....	r. o am.	casi 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: sales férricas con el sulfocianuro potásico c. r. de vino; sales ferrosas con el ferricianuro potásico p. az.	
(22) Magnesio									Con nitr. Co. m. rs.	Con fosfato sódico y NH ₃ p. bl.	
(23) Manganeso.	vi.	vi.	in. o rs.	in. o rs.	vi.	vi.	in. o rs.	in. o rs.	.....	Ferricianuro potásico p. ca. oscuro.
(24) Mercurio									Se volatiliza.	Con ioduro potásico p. granate.	
(25) Niquel.....	vi.	rojo	gr.	gr.	r.	am.	am. gr.	am. gr.	M. magnética en caliente.	Con cianuro potásico p. bl. verdoso, soluble en exceso de reactivo.	
(26) Oro.....									B. am. maleable.	Con cloruro de Sn. p. púr. de Casius.	
(27) Plata.....									Au. r. carne o r. tierra: b. bl. maleable.	Con ClH., p. bl. cuajoso insol. en ácidos, sol. en NH ₃	
(28) Platino									Chispitas bl. o masa infusible.	Con cloruro de estaño p. r. oscuro.	
(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 p. am. de canario.	
(30) Potasio.....									C. ll. vi.	Con cloruro platínico p. am.	
(31) Sodio.....									C. ll. am.	Con biantimoniato potásico p. blanco.	
(32) Urano.....	r.	am.	v.	v. bo-tella	am.	am. verdoso	v. sm.	v. esm.	.....	Con NH ₃ p. am.
(33) Zinc.....									Au. am. en c., bl. en f.: con nitr. Co. m. v.	Con ferricianuro potásico p. r. amarillento, sol. en ClH.	

MINERALOGÍA DESCRIPTIVA

TAXONOMÍA Y GLOSEOLOGÍA 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 sólo citaré las dos que hoy están más en boga, que son las del ilus-

tre profesor de Geología del Instituto Católico de París, A. de Lapparent, y la 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 flúidos, 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 esta 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, antimoniu-*

(*) Esta clasificación ha sido introducida y generalizada en España por el tan bondadoso como sabio mineralogista español Dr. Salvador Calderón (1851-1911), catedrático de Historia Natural en varios Institutos, y a su muerte 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 el Catedrático del Instituto de Córdoba Dr. Carandell (nota ** de la página 46) la última edición de la obra original del Dr. Groth, que contiene íntegra la precitada clasificación: dicha traducción, hecha con toda escurpulosidad y acierto, va precedida de un notable Prólogo del Dr. Fernández Navarro (nota * de la pág. 80) y se titula *Tablás Mineralógicas*.

ros, etc.—Clase III. *Óxidos*.—Clase IV. *Sales haloideas*.—Clase V. *Nitratos, 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, ito* o *ina*; otras palabras derivan de nombres propios, como Dolomita (de Dolomieu, 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 (del lat. *Argentum*, plata); casiterita (del gr. *kassiteros*, estaño); siderita (del gr. *sideros*, hierro), 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.

CLASE I. — ELEMENTOS

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

Diamante.—Carbono puro; regular (**) (*fig. 186*); 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, antos*, indomable); *p. e.* 3,5; lustre típico llamado por esto adamantino. Ordina-

(*) Véanse mi BOTÁNICA, 6.ª edic. y ZOOLOGÍA, 6.ª edic. glosología o nomenclatura de los vegetales y animales, respectivamente, págs. 45 y 37.

(**) Después de la composición indicaré 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 indicará.

riamente es incoloro, pero también hay variedades de diversos colores,



Fig. 186.—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. Heismaus, de Trańsvaal).

de las cuales 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 o más apreciados que los incoloros. En general son transparentes. Aparte de las variedades de color citadas, se conocen tres de estructura, 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 usó 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 (figs. 189 y 190): en el cono se engasta la montura y sólo queda visible, si no va montado *al aire*, que hoy es



Fig. 188

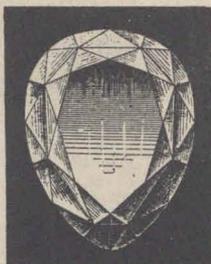


Fig. 189



Fig. 187.—El diamante Gran Mogol (280 quillates)

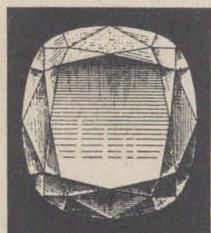


Fig. 190

Fig. 188.—El diamante Cullinan, tal como se le encontró en 1905.—Fig. 189.—Cullinan 1.º—Figura 190.—Cullinan 2.º Estos son dos de los nueve diamantes que se obtuvieron del de la figura 188: ambos tallados en brillante y vistos por su cara superior.

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

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 á 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 tamaño algo mayor que medio huevo de paloma (*fig. 187*), 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. 191*), y fué comprado por el Gobierno del Transvaal para regalárselo al Rey de Inglaterra: en bruto pesaba 3.025 quilates y tenía la forma que reproduce la *figura 188*, 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 (*figuras 189 y 190*), 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 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 (Africa). También existen en la Guayana venezolana (Bolívar-Venezuela) en las regiones de los ríos Cuyuni, Caroni, etc. De este último río se han extraído desde el año 1914 hasta la fecha, más de 50.000 quilates de diamantes, de los cuales 15.000 se extrajeron el año 1927, aprovechando una baja excepcional del río.

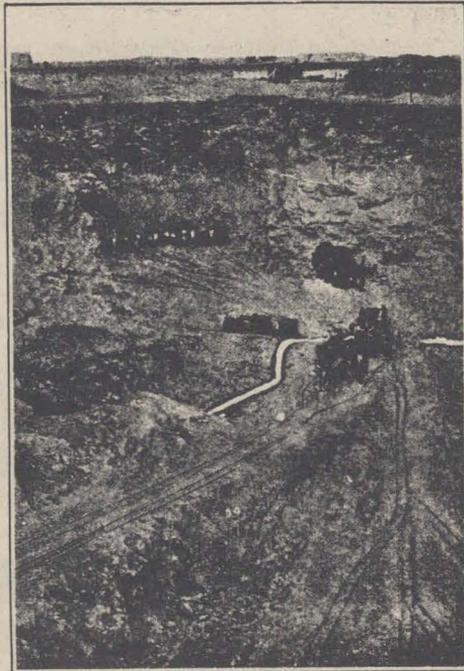


Fig. 191.—Mina de diamantes situada en Transvaal (S. de Africa), a unos 400 km. de Kimberley, que es uno de los principales centros diamantíferos del mundo. En ella se encontró el célebre diamante Cullinan. (Fot. com. por el Dr. A. Heismaus, de Transvaal).

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 la fabricación de crisoles, lapiceros, como lubricante, etc.

Localidades: Marbella (Málaga), etc.; San Juan, etc. (Argentina), etc. Casi todo el usado en lapiceros procede de Tunguska (Siberia) y Pargas

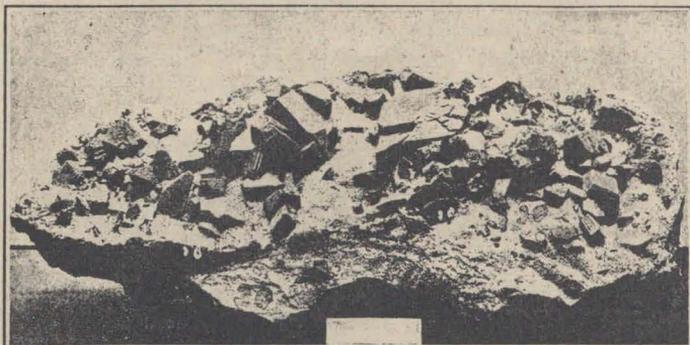


Fig. 192.—Cristales rómbicos de azufre de Conil (Cádiz). (Fot. y ejemplar del Museo Nacional de Ciencias Naturales).

(Finlandia).

Azufre.—Rómbico (*fig. 192*). Sin embargo, por fusión cristaliza en formas monoclínicas, que en el transcurso del tiempo pasan a rómbicas (pág. 15). 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 *oidium* (***); en la Industria para la fabricación del ácido sulfúrico, pólvora, etc.

Localidades: En muchos volcanes activos y extinguidos; en las aguas sulfhídricas donde viven algas sulfurarias, (****), en este caso mezclado con arcilla, la que delata su origen sedimentario; Teide (Canarias), Libros (Teruel) (*fig. 193 y 194*), Conil (Cádiz) (*fig. 192*), Cerro del Azufre (Atacama-Chile); Sucre, Mérida, etc. (Venezuela); La Rioja, Mendoza, etc. (Argentina), etc.

(*) Los números entre paréntesis indican el número que tiene la reacción de que se trató en las páginas 121 y 122.

(**) Véase mi obra ELEMENTOS DE HIGIENE, 12.ª edición, págs. 26, 44, 63. etc.—(***) Véase mi obra BOTÁNICA, 7.ª edición, pág. 68.—(****) Ídem íd., pág. 59.

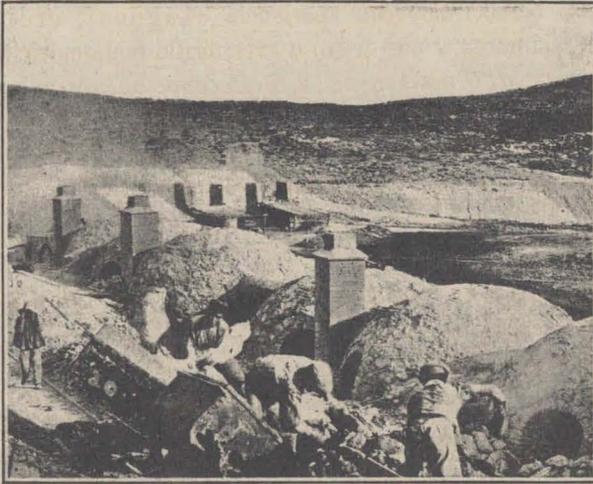


Fig. 193.—Minas de azufre de Libros (Teruel).—Cargando los hornos de primera fusión con las margas azufrosas. (Fot. comunicada por el Dr. J. Pueyo Ledesma).

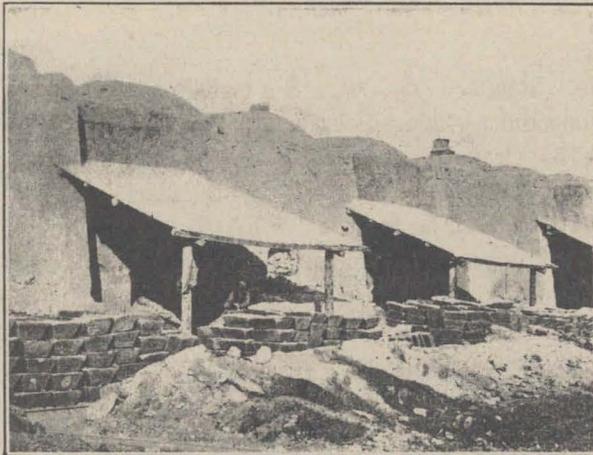


Fig. 194.—Minas de azufre de Libros (Teruel).—Hornos de primera fusión, delante de los cuales se ve el azufre moldeado en pastillas de 60 kilogramos cada una. (Fot. com. por el Dr. J. Pueyo Ledesma).

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): es frecuente, que vaya asociado a los metales raros llamados osmio, iridio y paladio. *Usos*: para crisoles, puntas de sopletes y pararrayos, pinzas, alambres y actualmente mucho en joyería: el precio del platino es elevadísimo a causa 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. Existe, en pequeña cantidad, en la Guayana venezolana (Bolívar-Venezuela).

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

Cobre.—Regular: de ordinario en masas dendríticas (*fig. 120*) o en chapas; color rojo típico y brillo metálico; pero las superficies expuestas



Fig. 195.—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).

al aire carecen del brillo y su color es rojo mate o verdoso; tenaz, dúctil y maleable; *d.* 2,5; *p. e.* 8,8. *Reconocimiento* (19): sus disolu-

ciones en NO_3H tienen color verde. *Usos*: para la fabricación de la moneda (cobre, estaño y zinc), bronce (cobre y estaño), latón (cobre y zinc), plata Meneses (cobre, níquel y zinc), etc.

Localidades: acompañando a los minerales de cobre de Riotinto (Huelva); Sierras de Mendoza, Córdoba, etc. (Argentina); Atacama y Copiapó (Chile) (*fig. 195*); Santiago de Cuba, etc.; Aragua, Los Teques, Yaracuy, etc. (Venezuela).

Plata.—Regular: comunmente 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, en Medicina.

Localidades: en pequeñas cantidades se encuentra asociada a otros minerales de plata en Hiedelaencina (Guadalajara); Famatina (La Rioja-Argentina); Barquisimeto, Bolívar, Mérida, etc. (Venezuela); en mayor cantidad en Copiapó (Chile), y Potosí (Bolivia) (*fig. 196*).

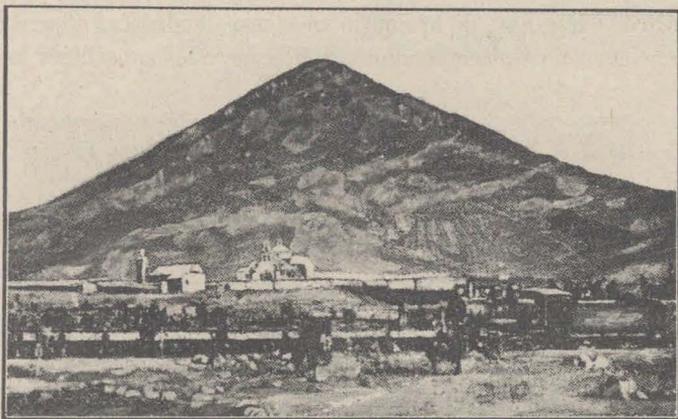


Fig. 196.—La célebre «Montaña de Plata» de Potosí (Bolivia), que se calcula ha producido, desde la conquista por los españoles, unos 900 millones de pesetas. En ella existe plata nativa asociada a otros minerales de plata. (Fot. comunicada por el profesor boliviano Dr. J. T. Oropeza).

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. 137). *Reconocimiento* (24): en el carbón se volatiliza completamente. *Usos*: construcción de termómetros, etc.; en Medicina; como *disuelve al oro* y otros metales se emplea para beneficiar éstos; amalgamado con el estaño forma el *alinde*, que sirve para el azogado de



Fig. 197.—Interior de una mina de cuarzo aurífero de Portovelo (Provincia del Oro-Ecuador). (Fot. comunicada por el profesor ecuatoriano Dr. Clodoveo Carrión).

desde el año 1551, explotaciones que dieron lugar a la fundación de la Ciudad de Barquisimeto. También se encuentra en la Guyana venezolana (Bolívar), Mérida, etc.

los espejos. *Localidades:* Almadén (Ciudad Real), Huancavelica (Perú), Valparaíso y Sierra de Ovalle (Chile).

Oro.—Regular: frecuentemente en escamitas o granos sueltos; a veces pepitas; color amarillo típico; brillo metálico intenso; dúctil y maleable; *d.* 2,5; *p. e.* 15 a 19; puro 19,5. *Reconocimiento:* sólo atacable por agua regia; (26). *Usos:* para fabricación de moneda y en joyería aleado al cobre; etc.

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, (Antioquia, Cauca, etc.); Argentina (Jujuy, Catamarca, etc.); Ecuador (provincia del Oro, fig. 197), Transvaal y Australia, fig. 198). — En Venezuela las minas de oro del río Buria (distrito Nirgua, Estado Yaracuy) fueron explotadas por los españoles

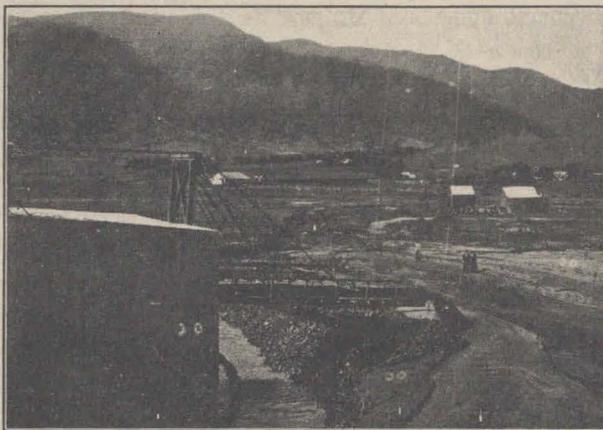


Fig. 198.—Draga-lavadero en los terrenos auríferos de Araluen (Nueva Gales del Sur-Australia). (Fot. comunicada por el profesor australiano Dr. O. Dalton).

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, monosimétrico, de color amarillo de oro y brillo nacarado, se utiliza para la fabricación del color amarillo real. *Reconocimiento*: (1) y (14). Se volatizan por completo en el carbón. Suelen presentarse asociados en Pola de Lena (Asturias), etc.

Antimonita.—*Estibina, antimonio gris.*—Sesquisulfuro de antimonio. Rómbico, en prismas alargados (*fig. 199*) que a veces son muy delgados en forma de agujas; estructura bacilar o fibroso-radiada; color gris de plomo, en las superficies viejas, y de acero, en las superficies recientes; brillo metálico que se empaña al aire; raya y polvo negros; *d.* 2; *p. e.* 4,5. *Reconocimiento* (1) y (13): es el número 1 de la escala de fusibilidad. *Usos*: es la mena del antimonio.



Fig. 199.—Cristales de antimonita.

Localidades: Losacio (Zamora), Rubiana (Orense), Cervantes (Lugo); Mérida, Caracas, etc. (Venezuela); Córdoba, Catamarca, etc. (Argentina), 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. *Localidades*: Picos de Europa, Comillas, Cajo, etc. (Santander). En América en nu-

merosos puntos de los Andes, etc. Los mineros llaman colectivamente *calamina* a todas las menas de zinc: a este suelen llamarle ya *sulfuro*.

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 (bisulfuro) ferroso. Regular; en cubos y dodecaedros pentagonales, frecuentemente maclados (*fig. 128*); comunmente en masas granudas y compactas de color amarillo de latón y brillo metálico; a veces de color pardo por convertirse en limonita (pág. 116); 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 ClH , pero si se mezcla con limaduras de hierro, produce SH_2 . *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.

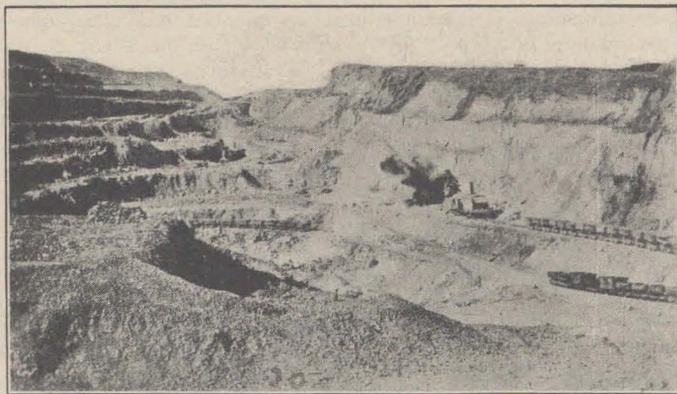


Fig. 200.—Minas de pirita y de calcopirita de Riotinto (Huelva).—Canteras en el mismo mineral en el sitio llamado La Dehesa. (Fot. comunicada por el profesor doctor M. San Miguel).

Localidades: Riotinto (Huelva), es uno de los yacimientos más potentes del mundo (*figs. 200 y 201*); Barquisimeto (Lara), Los Teques (Miranda), Mérida, etc. (Venezuela); Famatina (La-Rioja-Argentina), etc.; en pequeña cantidad es de los minerales más frecuentes en todos los países.

Marcasita.—*Pirita blanca, pirita radiada.*—Bisulfuro de hierro, co-

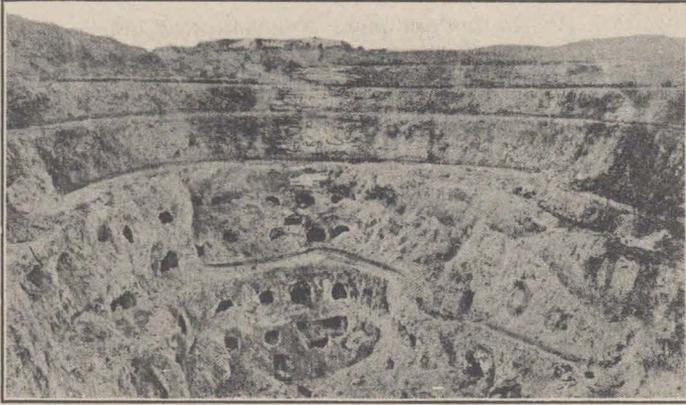


Fig. 201.—Minas de pirita y de calcopirita de Riotinto (Huelva).—Labores a cielo abierto en el sitio llamado El Lago. (Fot. com. por el prof. E. Albers).

mo la pirita, pero rómbica; es decir, que el sulfuro de hierro es dimorfo (página 115). Frecuentemente se encuentran maclados varios cristales siguiendo las caras del prisma vertical y originando conjuntos dentados a los que por su aspecto se les llama *crestas de gallo*. Más frecuentemente se presenta en masas redondeadas que están constituidas por agregados fibroso-radiados; a esto alude el nombre de *pirita radiada*: algunas veces se presenta en masas compactas. Color amarillo de latón, pero más claro que el de la pirita, de donde el nombre de *pirita blanca*: brillo metálico: *d.* 6 a 6,5, por lo que da chispas con el eslabón; *p. e.*, 4, 7. Raya y polvo como la pirita. En atmósfera húmeda se altera con relativa rapidez y se *vitrioliza*, es decir, se convierte en sulfato de hierro hidratado y algo de ácido sulfúrico libre que ataca a las cajas donde se le conserva. *Usos y reconocimiento*, como la pirita. En España es bastante abundante en Reocín (Santander).

Pirrotina.—*Pirita magnética.*—Según Groth, es protosulfuro de hierro.—Exagonal, pero ordinariamente se presenta en masas de estructura espática, granuda o compacta. Color amarillo de bronce; brillo metálico o tumbaga: raya y polvo negro-grisáceos. Frágil. Dureza 3,5 a 4,5, por lo que no da chispas con el eslabón: *p. e.* 4,6. Posee magnetismo simple y muy débil; rara vez es polar. *Reconocimiento*: (1) y (21). Da SH_2 con el ClH , en lo que se distingue también de la pirita de hierro. En España es poco abundante, encontrándose en Marbella (Málaga). También se encuentra en los meteoritos. Tiene iguales aplicaciones que la pirita de hierro.

Cobaltina y Esmaltina.—Sulfoarseniuro y arseniuro de cobalto, respectivamente. Regular ambos, pero más frecuente en masas granudas o compactas de color blanco de plata el primero, y gris de acero el segundo; brillo 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_2H es de color rosado. *Usos*: son la mena del cobalto. *Localidades*: Cangas de Onís y Llanes (Asturias), etc.

Mispiquel.—*Pirita arsenical, arsenopirita, etc.*—Sulfoarseniuro de hierro. Rómbico, se presenta bien cristalizado, pero es más frecuente en masas granudas y bacilares, de color gris de acero claro o blanco de plata; brillo metálico; raya negra; *d.* 5,5; *p. e.* 6. Frecuentemente va asociado al oro, a la plata, al cobalto y al níquel: estas variedades se *usan* para la extracción de los metales respectivos, y todas, para la del arsénico, del cual es la mena más abundante. *Reconocimiento:* (1), (2) y (21). Se encuentra en algunas localidades españolas, como en Monterrey (Órense), Mieres (Asturias), Curtis (Coruña), donde es aurífero, etc.

Galena.—*Alcohol de alfareros.*—Sulfuro de plomo. Regular: 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
Localidades: La Carolina y Linares (Jaén) y la provincia de Murcia

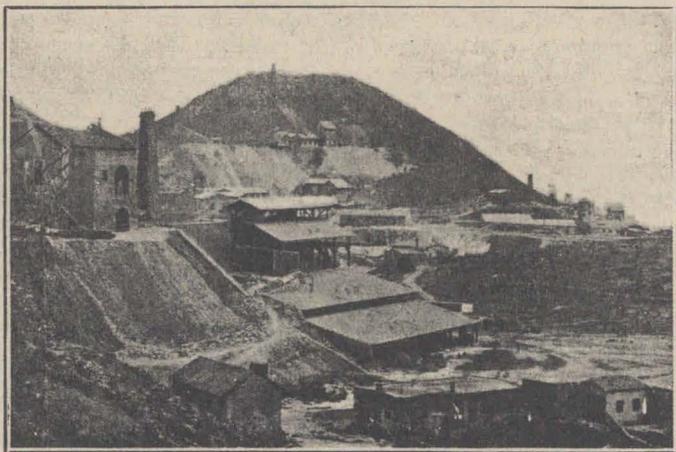


Fig. 202.—Mina de Galena (asociada a otros varios minerales) del cabezo de San Cristóbal (Mazarrón-Murcia). (Fot. comunicada por el ingeniero J. Carbonell).

(fig. 202), constituyen los primeros centros de producción del mundo; Caracas, Bolívar, Yaracuy, etc. (Venezuela); Jujuy, Mendoza; La Rioja, etc. (Argentina), etc. Además, en pequeñas cantidades se encuentra en todos los países.

Argentita.—*Argirita, argirosa*, etc.—Sulfuro de plata. Regular: comúnmente en masas compactas de color gris de plomo o negruzco: raya negra; es sectil, 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 Hiendelaencina (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 mercuríco. Exagonal: ordinariamente en masas térreas, granudas o compactas de color y raya rojo-escarlata; lustre adamantino en las caras de los cristales; mate en las masas compactas; *d.* 2 a 2,5; *p. e.* 8. *Reconocimiento* (1) y (24): se volatiliza en el carbón: no es soluble más que en el agua regia: con el ClH y limaduras de hierro, *no produce* SH₂. *Usos*: es la mena del mercurio. *Localidades*: el mayor centro del mundo se encuentra en Almadén y Almadenejos (Ciudad Real *fig.* 203), siguiéndole después Nueva Al-

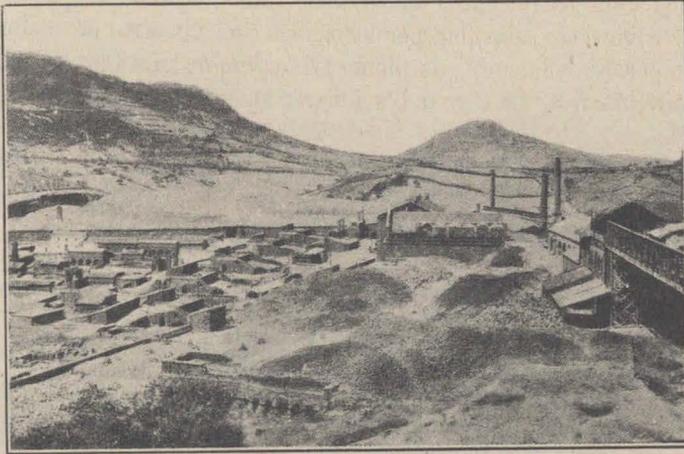


Fig. 203.—Minas de cinabrio de Almadén (Ciudad Real): vista general del cerco de destilación. (Fot. comunicada por E. Gallego).

madén (California); en menor cantidad existe en numerosas localidades, como en las provincias de Atacama y Copiapó (Chile); Huancavelica (Perú); Bolívar (Venezuela), etc.

Calcopirita.—*Pirita de cobre*.—Sulfuro de cobre y hierro. Tetragonal en esfenodros: 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 (*figs.* 200 y 201). Se halla en numerosas localidades de Chile (Tamblillos, Carrizal, etc.), en Santiago de Cuba; en todas las provincias andinas de Argentina; en Barquisimeto (Lara), Aragua, Los Teques, etc. (Venezuela) etc.

Proustita.—*Plata roja clara.*—Sulfuroarsenito de plata. Exagonal; en masas de color rojo cochinilla y brillo adamantino; polvo y raya rojos; *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:* Hiendelaencina (Guadalajara) (*fig.* 204); abundantísima en Tres Puntas (Copiapó-Chile) y en menor cantidad en Famatina (La Rioja Argentina), etc.

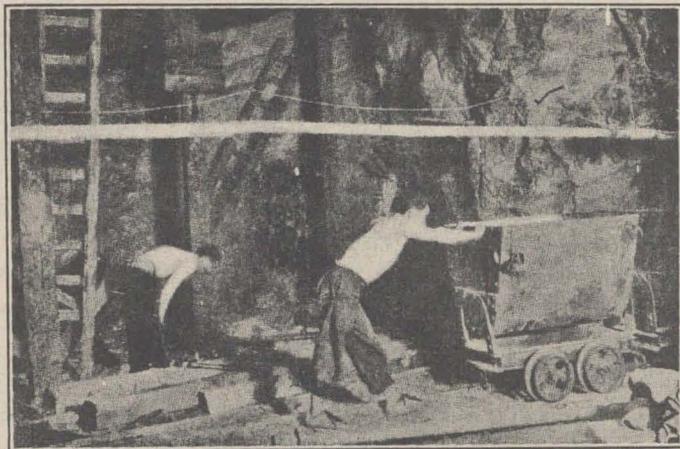


Fig. 204.—Interior de una mina de Pirargirita en Hiendelaencina (Guadalajara).

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.

CLASE III.—ÓXIDOS

Son combinaciones del oxígeno con los demás cuerpos simples: cuando se combina con los metaloides, se originan los *anhidridos*, y si se combina con los metales, forma los *óxidos* propiamente dichos.

Cuarzo.—*Silice.*—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. 131 y 132*). Los cristales se presentan con frecuencia en drusas y en geodas (*figs. 118 y 119*): 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 y transparente; *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 orgánicas, generalmente 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 silice*. *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 arenas, 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 silíceo), 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-craso: *d. 7*; *p. e. 2,6*. Entre sus variedades se encuentran: el *pedernal*, *silex* 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. 205 a 207*) alternando a veces



Fig. 205.



Fig. 206.



Fig. 207.

Tres tipos de ágata, pulimentadas. (Fots. de ejemplares del Museo Nacional de Ciencias Naturales comunicadas por el profesor 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. El *ónice* u *ónix* es una variedad de la Calcedonia muy parecida al ágata y con bonitas coloraciones blancas, rojizas, verdosas, azuladas, etc. dispuestas en zonas, y que la hacen que sea muy apreciada en ornamentación, 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), etcétera. Los mejores ejemplares de ágata proceden de El Salto (Uruguay) y de

Hungría. Los ónices abundan en Oaxaca (Méjico) (*figuras 208 y 209*).



Fig. 208.—Cantera de Ónice «La Peña» en Etlá (Oaxaca-Méjico).

Fig. 209.—Trabajando el Ónice de la cantera de la figura 208.

(Fotografías comunicada por Pérez Martín y Fenocho Sucesores, de Oaxaca).

Zircón —Anhidrido zircónico-silíceo. 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 anhidrido estánnico. Tetragonal: es frecuente la macla de yuxtaposición llamada *pico de estaño* (*fig. 127*).

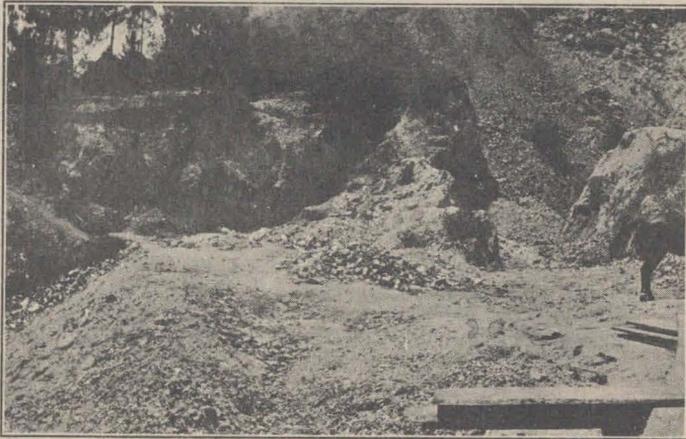


Fig. 210.—Mina de casiterita de Escudeiros (Orense). Cima de la montaña de gneis donde los *ventureiros* (aventureros) buscan las bolsadas del mineral. (Fot. comunicada por el profesor P. L. Montes Sch P.).

Ordinariamente, en masas compactas de fractura concoidea y color ama-

rillante oscuro, pardo o negro; raya amarillenta; brillo vítreo-craso o adamantino; *d.* 6 a 7; *p. e.* 7. *Reconocimiento*: infusible, decrepita; con carbonato sódico funde y deja estaño; inatacable por los ácidos: (20). *Usos*: es la mena del estaño.

Localidades: provincias de Pontevedra, Coruña, Orense (*fig. 210*), etc. En América, en Barquisimeto (Lara), Mérida, etc. (Venezuela), Catamarca, La Rioja, etc. (Argentina), etc.

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; los ejemplares térreos son mates; los compactos y los cristalizados, tienen brillo metaloideo *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 manganésiferos; incorporada a la pasta del vidrio sirve para quitarle el color verdoso, de donde el nombre de *jabón de vidrieros* con que también se le conoce, 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: *telesia*, cuando es incoloro; *zafiro*, de color azul; *topacio oriental*, *rubi oriental*, *amativista 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 telesia y las variedades coloreadas y transparentes 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.

Oligisto.—*Hematites roja*, *hierro brillante*, *hierro oligisto*. Los mineros le llaman *campanil*.—Óxido férrico o sesquióxido férrico. Exagonal, principalmente en romboedros obtusos combinados: sus variedades reciben distintos nombres, soliendo 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. 240*); Bolívar, Mérida, etc. (Venezuela), Jujuy, Catamarca, etc. (Argentina), etc.; en pequeñas cantidades y los ocreos en todo el mundo.

Cuprita.—*Cobre rojo*.—Óxido cuproso. Regular: más frecuente en masas compactas de color rojo pardusco: raya y polvo rojo cochinilla; brillo adamantino-metalóideo; *d.* 3,5 a 4; *p. e.* 6. Frecuentemente asociado a la malaquita (pág. 158). *Reconocimiento*: (19). *Usos*: es el compuesto mineral más rico en cobre. *Localidades*: asociada 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 rojo-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 (*fig. 211* (*)); *tripoli* o *harina fósil*,

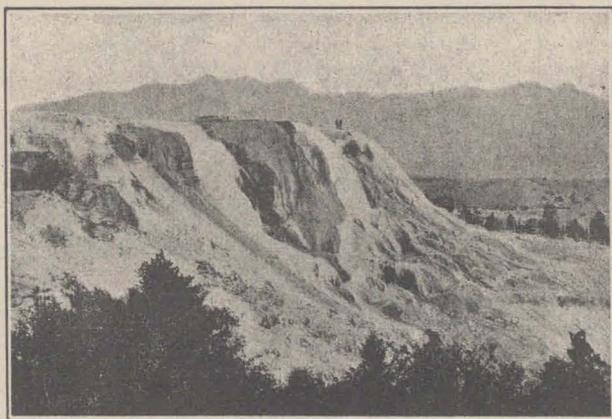


Fig. 211.—Geiserita depositada por las aguas termales del Parque de Yellowstone (E. U. de N. América). (Fotografía comunicada por el profesor Cástor Ordóñez C. M.)

constituido por caparazones de diatomeas (**) en cantidad enorme; el *xiló-*

(*) Véase *Geiseres*, pág. 272.—(**) Véase mi *BOTÁNICA*, 7.^a edición, pág. 61.

palo, jilópalo u ópalo leñoso, fosiliza la madera de diversos vegetales (*figura 212*). *Reconocimiento*: infusible al soplete, decrepita; en un tubo de ensa-



Fig. 212.—Troncos convertidos en xilópalo (Arizona-EE.UU. de N. América). (Fot. com. por el prof. Cástor Ordóñez C. M.)

yo da agua; soluble en una disolución de potasa cáustica. *Usos*: los ópalos de fuego y noble se aprecian en joyería; el tripoli se utiliza para pulimentar metales, para mezclar con la nitroglicerina en la fabricación de la dinamita, etc. *Localidades*: Carabobo, Yaracuy, etc. (Venezuela); Córdoba, Jujuy, etc. (Argentina); etc.: los ópalos de joyería proceden de Méjico y Hungría. el tripoli se halla en Hellín (Albacete), Sevilla, etc.

Bauxita.—Hidrato aluminico o alúmina hidratada, mezclada siempre con hidrato férrico. Amorfa: en masas oolíticas y pisolíticas (*fig. 213*), 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.

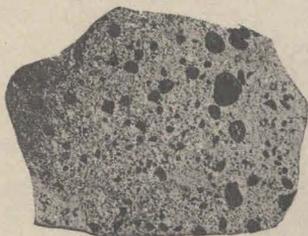


Fig. 213.—Aspecto de una Bauxita. (Del trabajo «Las Bauxitas de Cataluña» por el prof. Dr. J. R. Bataller).

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 irisaciones; la *limonita* propiamente dicha o *limonita compacta*, cuando se presenta en ma-

sas 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 (*figs. 214 y 215*), Teruel, Almería, etc. En muchos sitios proviene de la pirita de hierro (pág. 116).



Fig. 214.—Aspecto de la explotación de una mina de Limonita en Setares (Castro Urdiales Santander). (Fot. com. por el Dr. J. del Arco).

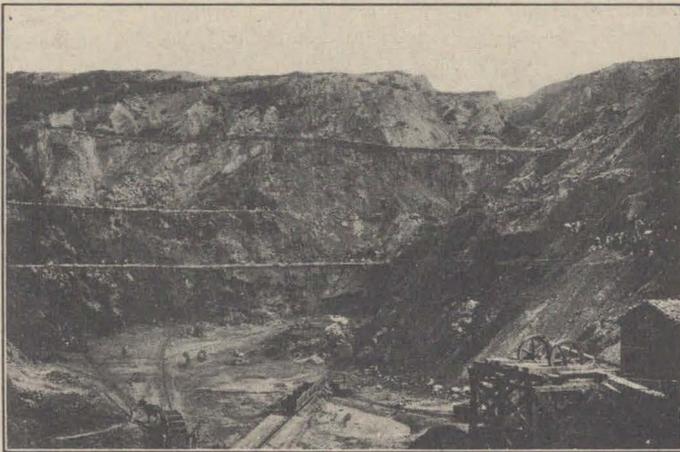


Fig. 215.—Otro aspecto de la explotación de una mina de Limonita en Setares (Castro Urdiales-Santander). (Fot. com. por el Dr. J. del Arco).

CLASE IV.—SALES HALOIDEAS

Son los cuerpos resultantes de la sustitución del hidrógeno de los hidrácidos (ácido 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

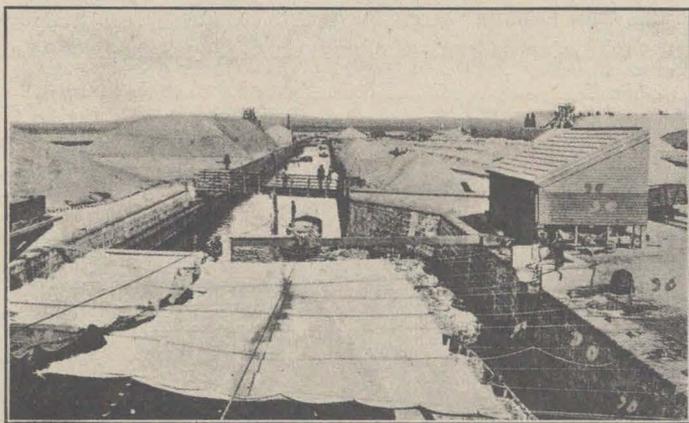


Fig. 216.—Vista parcial de las salinas de Torrevieja (Alicante); al fondo y derecha e izquierda los montones de sal o parvas de sal. (Fot. comunicada por el profesor P. M. Vigo S. J.)

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

(*) Véase mi obra ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA HUMANAS, 8.ª edición, pág. 242.

evaporando el agua; así se hace en las salinas marinas de Torrevieja (Alicante) (*fig. 216*) y San Fernando (Cádiz) (*fig. 217*), que surten de

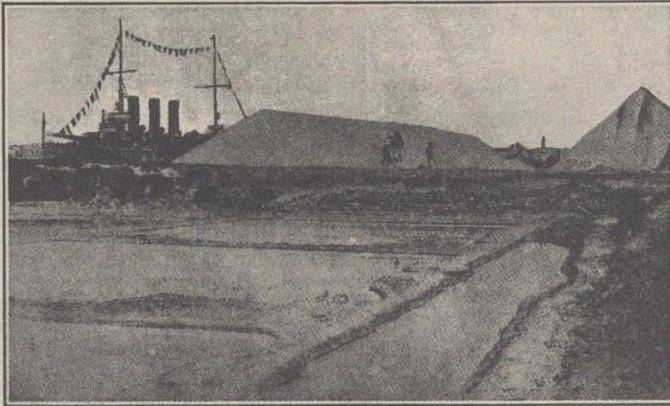


Fig. 217.—Vista parcial de las salinas de San Fernando (Cádiz); en segundo término, los montones o parvas de sal. (Fotografía comunicada por el profesor doctor V. Martínez Gámez).

sal a casi toda España, y en las de Araya, que surten a Venezuela, etcétera, etc. La verdadera *sal piedra* es la que se encuentra entre las

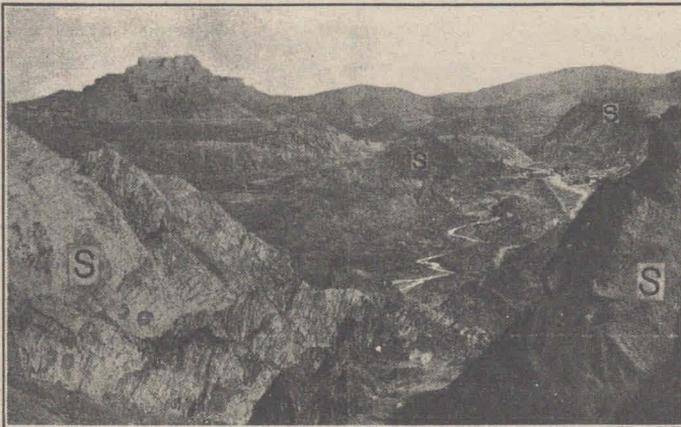


Fig. 218.—Vista general de los cerros de sal (S) de Cardona (Barcelona). En las proximidades y debajo de este yacimiento, existe otro importante de sales potásicas. (Pot. com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

capas de los terrenos, constituyendo a veces depósitos de enorme espe-

sor, como en Cabezón de la Sal (Santander), Cardona (Barcelona), donde está al descubierto (*figs. 218 y 219*), etc.: al atravesar estas capas las



Fig. 219.—Detalle de uno de los cerros de sal de la fig. 218. (Fot. comunicada por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

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.

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 se hallan importantes yacimientos de esta especie y de la siguiente en Suria (*figura 220*) y Cardona (Barcelona). en Castellfullit (Gerona) y en Navarra. En Cardona (*fig. 218*) 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; deliquescente; sabor salado-amargo; *d.* 1; *p. e.* 1,6. *Reconocimiento:* (4), (30) y (22); a veces también (31); en el tubo cerrado

(*) Las palabras *Silvina* y *Silvinita*, no son sinónimas: esta última se reserva para designar una roca formada por silvina y sal gema.

da agua. *Usos y localidades:* como la anterior. Más abundante que la Silvina en

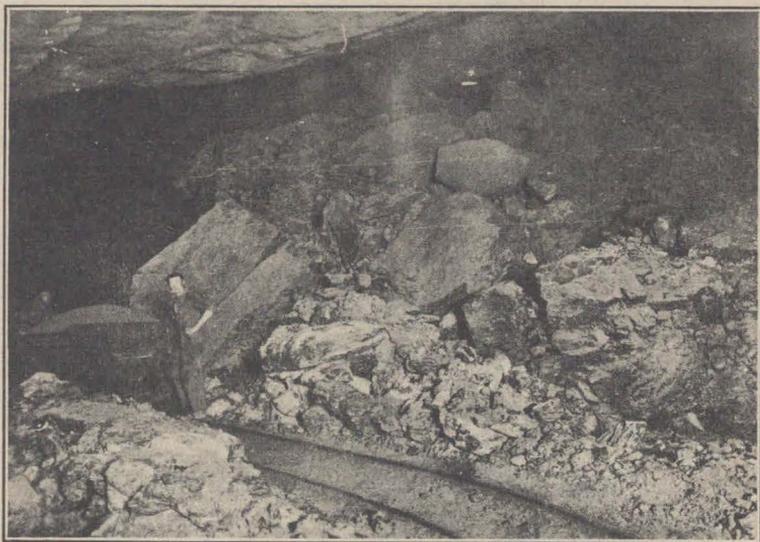


Fig. 220.—Interior de una mina de Silvina en Suria. (Fot. comunicada por el profesor Camilo Sanfeliu).

Cardona (Barcelona), pues forma capas de 30 metros de espesor a los 1.525 metros de profundidad: yaee, por lo tanto, encima de la Silvina.

Fluorita.— *Espato flúor.* Fluoruro cálcico. Regular: frecuente en macetas de compenetración (*fig. 129*): 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. 133*). 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



Fig. 221.—Arrancando el caliche en la pampa llamada salitrera del Norte de Chile. (Fot. com. por la profesora chilena F. Ramirez Burgos).

masas granudas, incoloras o blancas y de brillo vítreo. Ordinariamente va

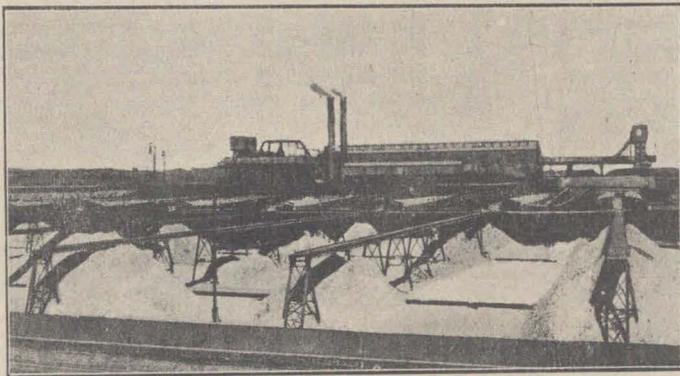


Fig. 222.—Vista parcial de una *cancha* o depósito de nitratina con el mineral dispuesto para el embarque (Taltal-Chile). (Fotografía comunicada por la profesora chilena F. Ramirez Burgos).

asociada al yeso, arcillas y diversas sales sódicas y magnésicas, constituyen-

do un conjunto grisáceo denominado *caliche* en América: delicuescente; sabor parecido al del nitró; *d.* 2; *p. e.* 2,1. *Reconocimiento:* (6) y (31). *Usos:* para la fabricación del ácido nítrico, del nitró, de abonos, etc. *Localidades:* grandes yacimientos en Perú, Bolivia y Chile (*figs.* 221 y 222), de donde el nombre de *nitró del Perú* y *nitró de Chile* con que también se conoce a esta especie. En pequeña cantidad en Zulia (Venezuela), etc.

Calcita.—*Caliza, espato calizo.* Carbonato cálcico. Exagonal: exfoliación romboédrica muy fácil (*fig.* 148): 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. 107); las *calcitas cristalinas*, entre las que se encuentran las fibrosas y bacilares (*fig.* 139); estalactitas y estalagmitas (véase *figs.* 123 y 124 y también *cavernas*, pág. 226), oolitas, pisolitas (*figs.* 143 a 145), etc., y algunos *mármoles* de estructura claramente cristalina, como el célebre de Carrara (Italia), que es blanco y de grano fino y homogéneo (*figs.* 223



Fig. 223.—Vista parcial de las célebres canteras de mármol de Carrara (Italia).
(Fot. com. por el Marqués de Maccarani).

a 225). 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.* 226); también se incluyen en ellas los *mármoles* cuyos elementos no se perciben a simple

vista; estos mármoles y los cristalinos suelen presentarse diversamente

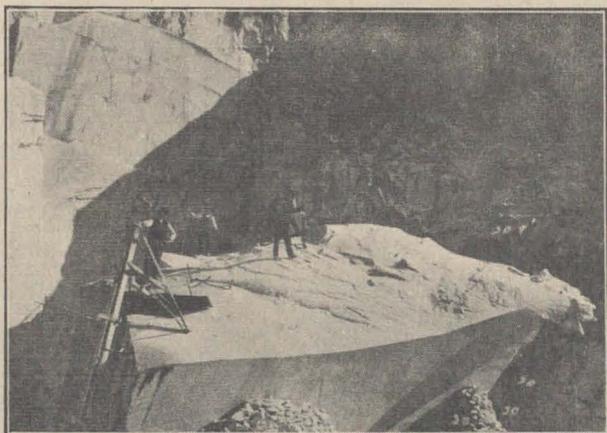


Fig. 224.—Extracción de grandes bloques de mármol en Carrara (Italia). (Fot. comunicada por el Marqués de Marcelo de Nobili).

coloreados (figs. 171, 236 y 237); la caliza o *pedra litográfica* es una



Fig. 225.—Arrastre y carga de sillares en las canteras de Carrara (Italia). (Fotografía comunicada por el Marqués de Maccarani).

variedad muy compacta, de color grisáceo, fractura concoidea y estruc-

tura más o menos pizarrosa (*figura 227*). 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 pizarrosa (*fig. 228*). *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 carbónica 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, que se endurece debajo del agua; el



Fig. 226.—La mayor parte de la piedra utilizada en la construcción de la catedral de Burgos es caliza basta de Ontoria (Burgos). (Fot. O. Cendrero).

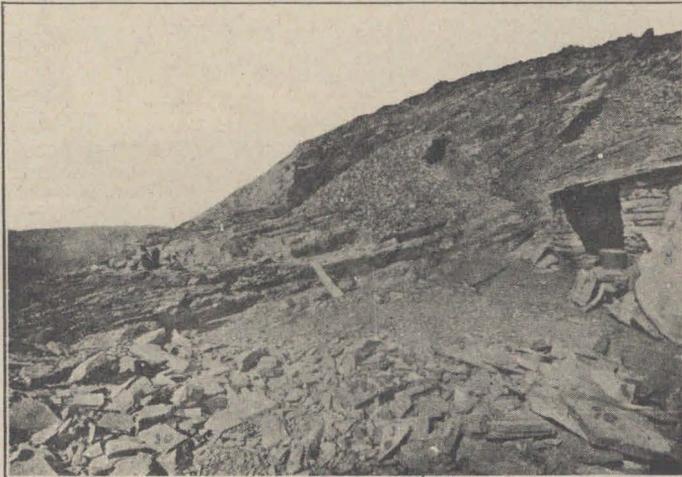


Fig. 227.—Cantera de caliza litográfica en Santa María de Meyá (Lérida). (Fot. M. Vidal, com. por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).

(*) Véase mi ZOOLOGÍA, 7.ª edición, pág. 45.

espato de Islandia para prismas de microscopios petrográficos, etc. *Localidades*: es muy abundante en todas las provincias de España y en todo el Globo.



Fig. 228.—Margas en capas casi verticales en la provincia de Barcelona. (Fot. com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

Dolomita.—Carbonato cálcico magnésico. Exagonal romboédrico, en romboedros obtusos; 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. 229); Miranda, etc. (Venezuela); Córdoba, etc. (Argentina); etc.

Smithsonita.—Carbonato zincico. Exagonal romboédrico; ordinariamen-



Fig. 229.—Minas de Reocín (Santander). Aspecto ruiforme de la Dolomita después de extraídos los minerales de zinc (carbonatos principalmente) que yacen sobre y entre ella. (Fot. O. Cendrero).

te en masas concrecionadas y cavernosas 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, Reocin (Santander) (fig. 229), etc.; Barquisimeto, Yaracuy, etc. (Venezuela); etc.

Siderita.—*Hierro espático.* Carbonato ferroso. Exagonal romboédrico; 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. *Reconocimiento:* (7) y (21). *Usos:* para la extracción del hierro.

Localidades: Vizcaya (fig. 230), Guipúzcoa, y Navarra; Miranda, Mérida, etc. (Venezuela); Famatina (Argentina), etc. Los mineros le llaman

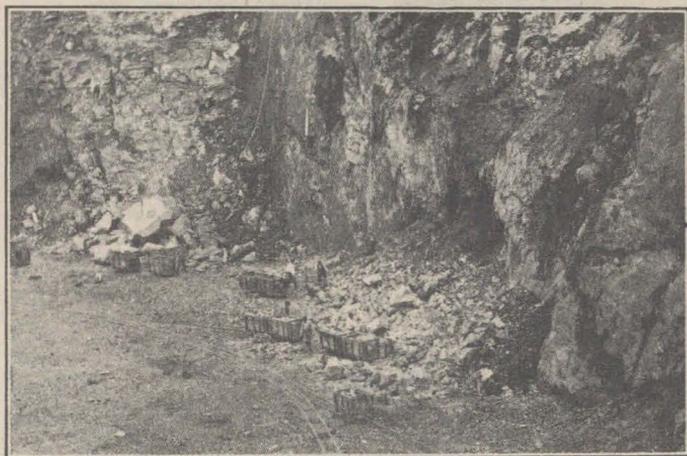


Fig. 230.—Frente de Siderita de la mina Las Conchas (Vizcaya). (Fot. comunicada por F. de las Heras).

carbonato.

Aragonito.—Carbonato cálcico. Rómbico (figura 231, 1) y más frecuentemente en cristales miméticos (pág. 99 y fig. 133). A veces en agregados esferoidales (fig. 231, 6) y en masas fibrosas o bacilares: también suele presentar estructura *coraloidea* o con aspecto de coral (fig. 122): 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. 232 y 233): allí le llaman *torrecicas* por su forma (figs. 231, 5 y 7 y fig. 233); Santa Casilda (Burgos), donde le denominan *lágrimas* o *piedras de Santa Casilda* (figs. 234 y 235); 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 extracción del plomo, como pintura, etc. *Localidades:* asociado a la galena.

Hidrocincita.—*Zinconisa*. Carbonato zíncico hidratado. Amorfa: en ma-

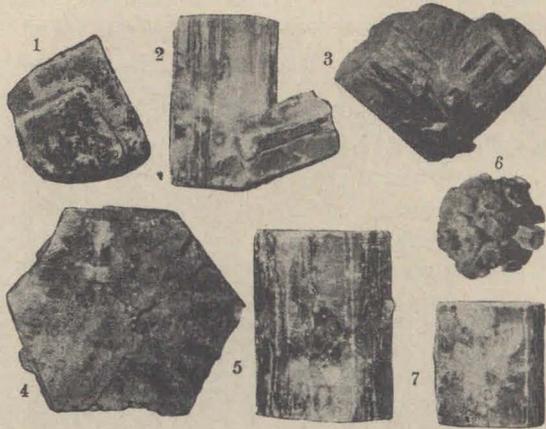


Fig. 231.—Aragonito. 1, cristal rómbico; los restantes, diversas formas frecuentes de presentarse los cristales miméticos. (Fots. del Autor: 1 y 4, de cristales enviados de Santa Casilda por el prof. P. J. del Portillo S. J.; los demás, de ejemplares remitidos de Molina de Aragón por el maestro nacional M. Corredor).

sas hojosas, concrecionadas (*fig. 147*) o terrosas, de color blanco o amarillen-

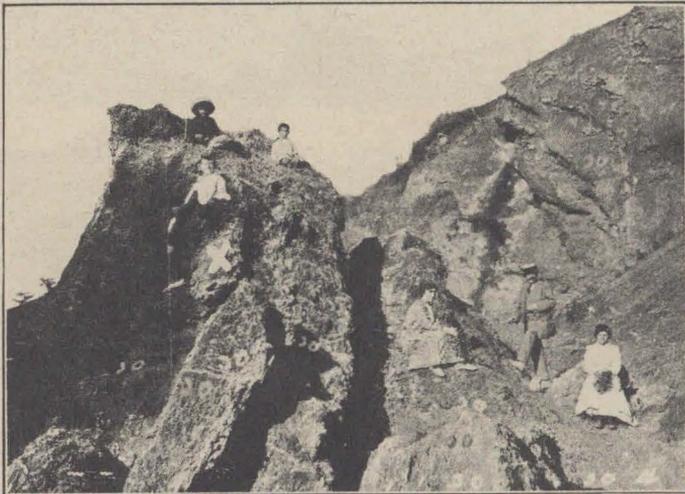


Fig. 232.—Vista general de «Las Terreras», uno de los yacimientos de Molina de Aragón (Guadalajara) donde el Aragonito es más abundante. (Fot. com. por el maestro nacional M. Corredor).

to; *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.



Fig. 233.—Detalle de la figura 232 en X. (Fot. comunicada por el maestro nacional M. Corredor).

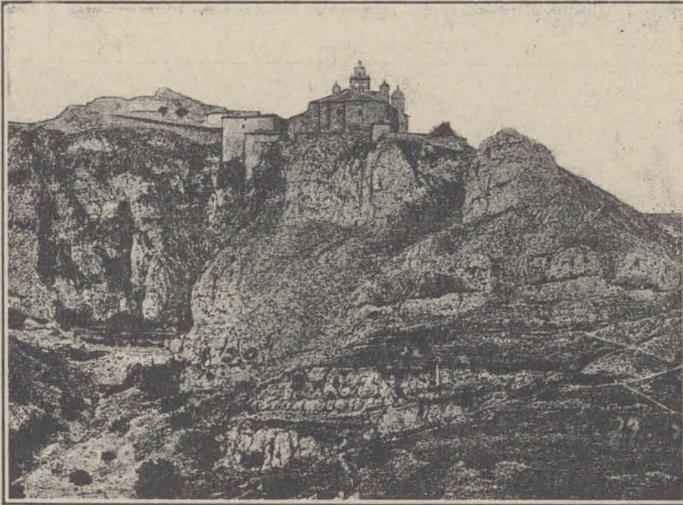


Fig. 234.—Santuario de Santa Casilda (Burgos), del cual toman los Aragonitos el nombre de lágrimas o piedras de Santa Casilda por suponer el vulgo que son las lágrimas de esta Santa que al caer en la tierra quedaban convertidas en piedra. El yacimiento está en Salnillas de Bureba (*fig. 235*), aldea próxima a este santuario. (Fot. com. por el prof. P. J. del Portillo S. J.).

Malaquita y Azurita.—Ambas son carbonato cúprico hidratado y mo-



Fig. 235.—El yacimiento de Aragonito de Salinillas de Bureba (Burgos); todas las piedras que se ven diseminadas por la superficie del suelo son de Aragonito. (Fotografía com. por el profesor P. J. del Portillo S. J.)

nosimétricas; 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.

CLASE VI.—SULFATOS, ETC.

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 vítreo-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 ; galena en Mérida, Bolívar, etc. (Venezuela) ; cobre, en Famatina (La Rioja-Argentina), 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 aluminico-potásicos con un número distinto de moléculas de agua de cristalización y color blanco o amarillento: brillo vítreo los dos primeros y mate el último. La primera cristaliza en romboedros, pero más frecuentemente se presenta fibrosa; 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.—*Algez*. Sulfato cálcico hidratado. Monosimétrico: frecuente la macla en *punta de flecha* (*fig. 126*): se presenta en masas hojosas (*selenita*), compactas o fibrosas: en este último caso tiene lustre sedoso

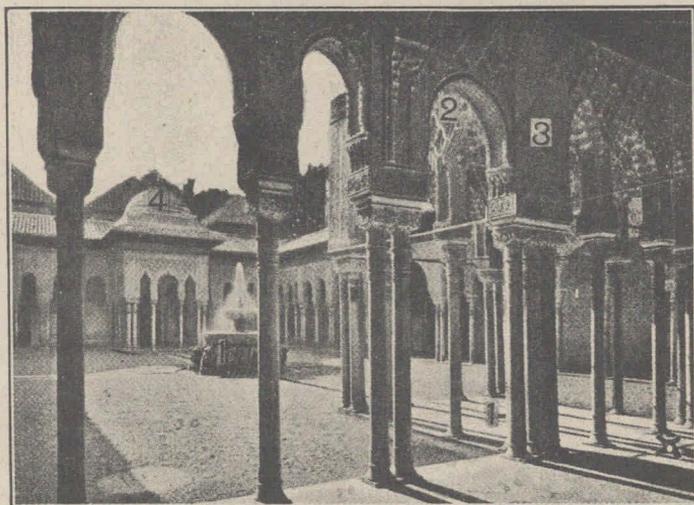


Fig. 236.—La Alhambra de Granada. Pórticos del Patio de los Leones.

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 o calcinado 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 variedades blancas, translúcidas 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 (figs. 236 y 237), escultura y en los labo-

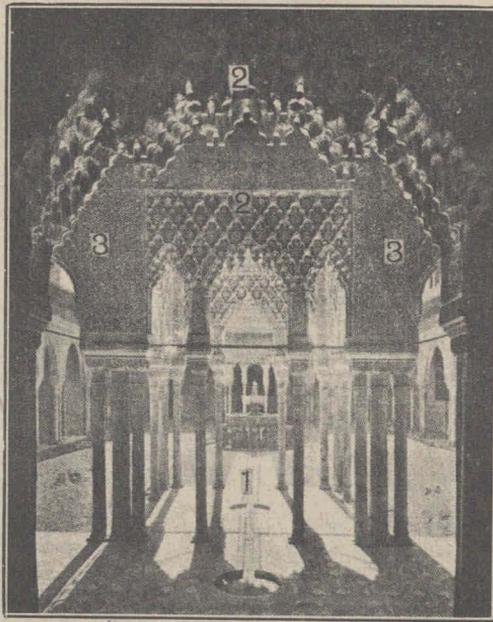


Fig. 237.—La Alhambra de Granada. El Patio de los Leones visto desde X de la figura 236.

La Alhambra de Granada corresponde al tercero y último periodo 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), primorosamente pintados de varios colores distribuidos con tanta minuciosidad como si fueran miniaturas; los adornos en yeso de las paredes (3); los azulejos y tejas vidriados y de colores (4), etc., etc. (Fots. comunicadas por los profesores S. Pullos e I. Diaz Ruiz Sch. P.)

ratorios de taxidermia o disección de los grandes Museos de Historia

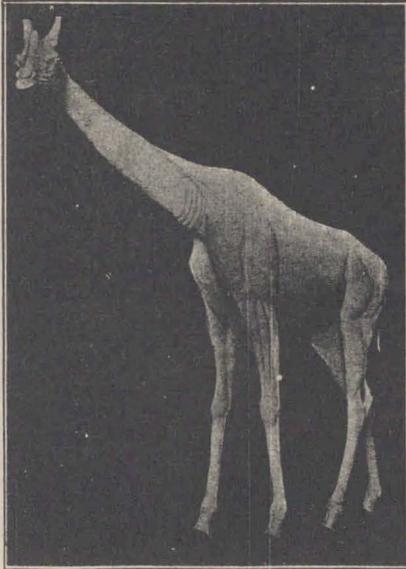


Fig. 238.

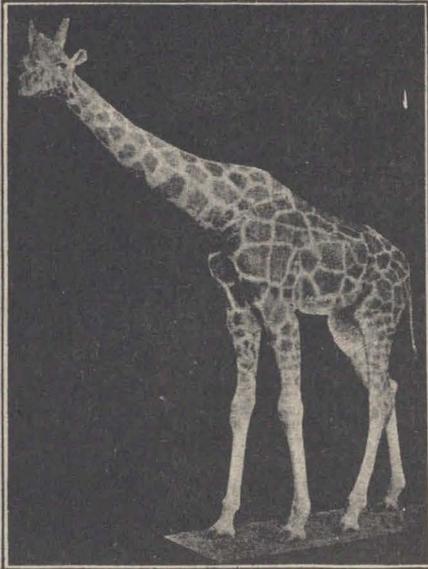


Fig. 239.

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 puede dar a los mismos posiciones, etc., más en armonía con las naturales que rellenando las pieles de estopa u otra sustancia análoga, que es lo que antes se hacía.—La figura 238 reproduce la escultura de una girafa hecha por los Hnos. Benedito, taxidermistas del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, y la figura 239 la misma recubierta con la piel del animal. (Fotografías comunicadas por J. M. Benedito).



Fig. 240.—Una yesera o yesar en Villatoro (Burgos). (Fot. O. Cendrero).

Natural (figs. 238 y 239).

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 (fig. 240), etc. ; en América, en Falcón, Mérida, etc. (Venezuela); Santiago del Estero, Tucuman, Catamarca, etc. ; (Argentina), etc.

Epsomita.—*Sal de la Higuera, sal amarga, etc.*—Sulfato magnésico hidratado. Rómbico, masas blancas aciculares, fibrosas u hojosas; más frecuentemente disuelta en el agua del mar (pág. 61) 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). *Localidades* : existe formando estalacticas en Sucre, Lara, Mérida, etc. (Venezuela), etc.

CLASE VII.—ALUMINATOS, FERRITOS, ETC.

Son cuerpos resultantes de la sustitución del hidrógeno de los hidróxidos $AlO(OH)_3$, $FeO(OH)_3$, 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) y (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. 69 y 70):



Fig. 241.—Crestones de oligisto y magnetita en el Monte Uisan (Melilla-Africa).

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, etc. ; también se halla en las minas españolas de Beni-Bu-Ifrur (Melilla) (*fig. 241*). En América, en Mérida, Bolívar, etc. (Venezuela); Catamarca, Famatina (La Rioja-Argentina), etc.

CLASE VIII.—FOSFATOS, ETC.

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

Apatito.—Clorofosfato y fluofosfato cálcico. Exagonal: en cristales



Fig. 242.—Minas de fosforita de Logrosán (Cáceres): montones de mineral y fábricas de superfosfato, o de conversión de la fosforita insoluble en soluble. (Fot. T. Martín Gil, com. por el prof. Rodríguez Polo).

incolores, blancos o violeta, y también verde espárrago (*esparraguina*);

lustre vítreo: ordinariamente en masas compactas, concrecionadas 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 esparraguina se usa algo en joyería.

Localidades: abunda la fosforita en Logrosán (*fig. 242*) y otros pueblos de la provincia de Cáceres, principalmente y, además, en la de Zamora, etc. En América, en Bolívar, Miranda, etc. (Venezuela).

Piromorfita.—Clorofosfato plúmbico. Exagonal: muy frecuente cristalizada, fibrosa o compacta, de color ordinariamente verde o pardo; lustre vítreo 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, porque 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 apropiado, por lo 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. En América, en Barquisimeto, Bolívar, etc. (Venezuela); Mendoza, Córdoba, etc. (Argentina), etc.

Silimanita.—*Fibrolita*. Es un silicato de aluminio. Rómbico, de estructura fibrosa; color grisáceo con manchas y rayas negras y lustre craso; tenaz; *d.* 6 a 7; *p. e.* 3,2; 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 que 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; Catamarca, etc. (Argentina); etc.

Turmalina.—Es una verdadera familia de borosilicatos de aluminio y numerosos otros cuerpos como Mg., Na., Fe., Ca., etc. Exagonal hemimorfo (*fig. 82*): cristalizado o en masas aciculares o bacilares; lustre vítreo; *d.* 7; *p. e.* 3; numerosas variedades de color: incoloras (*acroita*); rojo carmín o rosado (*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 rosadas, rojas, azules y verdes bien transparentes, en joyería; para fabricar las pinzas de turmalina (pág. 108), etc. *Localidades*: en España abunda el chorlo negro en Galicia, Guadarrama, Sierra Nevada, etc.; las usadas en joyería proceden de Ceilán y Brasil, principalmente. En América en las Sierras pampeanas, etc. (Argentina); Mérida, Lara, etc. (Venezuela).

Granates.—Familia constituida 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 *uvarovita* es de color verde esmeralda; etc. Todos cristalizan en el regular, principalmente en rombo-dodecaedros 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.; Los Teques, Mérida (Venezuela); etc.; Córdoba (Argentina); 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 (pág. 103); *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 *broncita* (*fig. 138*), 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) (pág. 106) y, finalmente, la *hiperstena*, con más hierro todavía y de color pardo verdoso casi negro y brillo *tambaga*. 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; la *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: al microscopio se distinguen bien de los anfíboles por su ángulo de exfoliación (pág. 103). *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, etcétera, donde principalmente se halla.

Anfíboles.—Familia análoga a los piroxenos por su composición y que también comprende tres series: el ángulo del prisma es de unos 124° (pág. 103); *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, principalmente, fibrosas o aciculares: las variedades de la *tremolita* de fibras rígidas se llaman *asbesto* (*fig. 134*), 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 el clinopinacoide es de unos 90° (gr. *ortos*, recto); y las segundas *plagioclasas* (gr. *plagios*, oblicuo) o *clino-clasas* (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 aluminico potásico: frecuente en macclas de compenetración (*fig. 130*), 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 estas 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 impro-



Fig. 243.—Una de las canteras en explotación de las célebres minas de esmeraldas de Mucho (Boyacá-Colombia). Las esmeraldas se presentan en las grietas rellenas por una ganga caliza (vetas blancas en la figura). (Fot. comunicada por los profesores PP. M. Gutiérrez y F. Garaizabal S. J.).

pio: 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, etcétera, 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; Bolívar, Mérida (Venezuela), etc.; Sierras pampeanas (Argentina), 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 limpidas. Se encuentran berilos en Galicia (España); Mérida (Venezuela); Córdoba, Catamarca (Argentina); etc. 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 de Muzo (Boyacá-Colombia) (fig. 243): también se encuentran en Tirol y Urales.

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. En América, en Venezuela (Distrito Federal, Lara, etc.), Argentina (Córdoba, etc.), etc.

Sepiolita.—*Espuma de mar*, *magnesita*.—Silicato magnésico hidratado. Amorfa: en masas blancas o amarillentas y mates, que cortándolas o fro-tándolas 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 CIH. *Usos*: para la fabricación de hornillos y materiales refractarios, pipas y boquillas, etc. *Localidades*: provincia de Toledo, donde la 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); Mérida, (Venezuela), etc.

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 serpentinatas se usan como ornamentales en construcciones de lujo, de las que tenemos ejemplo en el Monasterio del Escorial (*fig. 244*), en la catedral de Granada (*fig. 245*), 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, etc. (España); Lara, Yaracuy, etc. (Venezuela); Córdoba, San Luis, etc. (Argentina), etc.

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:* Reocin, 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. 137*), 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* (*), es transparente e incolora o de

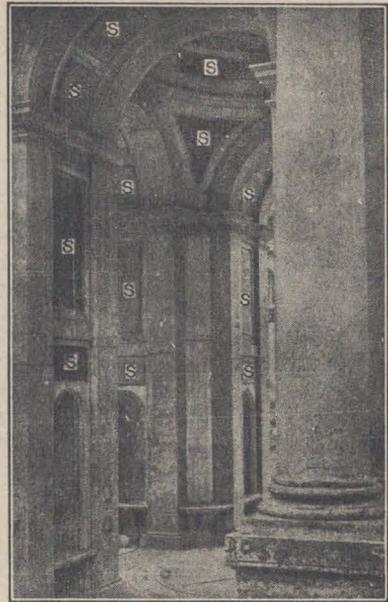


Fig. 244.— Monasterio del Escorial; fragmento del templete del Patio de los Evangelistas.—S. Serpentina.—(Fot. com. por los profesores P. J. Garrido e I. Acebal O. S. A.)

(*) Las micas no son, en realidad, silicatos hidratados, sino silicatos ácidos, es decir, con hidrógeno sin saturar en su molécula; pero como todas dan agua en el tubo, por esto se incluyen en este grupo.

color blanco, por lo que también se la llama *mica blanca*; la *biotita* o



Fig. 245.—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.).

mica magnésica, que es *silicato aluminico potásico magnésico*, 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*, 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 colorean la llama de rojo.

Usos: la moscovita, en láminas delgadas, en sustitución de los vidrios de las ventanas, automóviles, portaobjetos, etcétera; ésta y

la *biotita* reducidas a polvo fino, hervidas con ClH y lavadas, para la preparación de barnices bronceados, etcétera.

Localidades: Galicia, Sierra Nevada y Guadarrama, etc.; Mérida, Lara, etc. (Venezuela); San Luis, La Rioja, etc. (Argentina), etc.

Cloritas.—Son silicatos aluminicos magnésicos, etc., hidratados; derivan, principalmente, del talco y de los 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 (rojizo, etc.) según la cantidad de hierro y otras sustancias que contengan; se llaman así

porque con el agua forman una pasta modelable: cuando estas arcillas son puras, reciben el nombre particular de *caolín* o *caolinita*, tienen color blanco 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 apega- miento a la lengua y, además, cuando se las proyecta el aliento, des- prenden el olor especial llamado a *tierra mojada*. Los caolines y demás arcillas plásticas muy pobres en hierro y cuerpos extraños, constituyen las arcillas llamadas *refractarias*, porque resisten elevadas temperatu- ras sin fundirse, a lo que es debido que se utilicen para la fabricación de crisoles, ladrillos refractarios, etc. Existe otro grupo de arcillas que tie- nen análogas propiedades que las anteriores, pero que carecen de la fa- cultad de formar con el agua una pasta modelable; éstas reciben el cali- ficativo de *arcillas no plásticas*, denominándose las también *esméticas* 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 utili- zan 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 esmética, arcilla plástica y sílice.

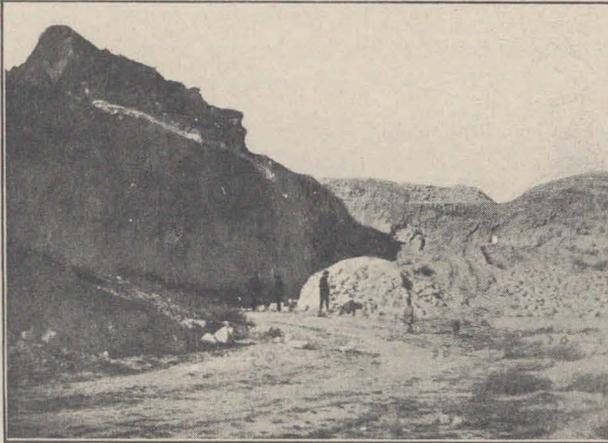


Fig. 246—Mina de Caolin en San Martín de Montalbán (Toledo). (Fotografía J. Royo com. por el prof. Dr. L. Fernández-Navarro).

Reconocimiento: (10) y (12); dan agua en el tubo; infusibles cuando pu-

ras. *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. 246*) y Valencia; las refractarias, en Zamora, etc.; las esmécticas, en Tarrasa y Manresa (Barcelona), Alcoy (Alicante), Segovia, etc. En América hay caolín en los Andes (Venezuela); Catamarca (Argentina), etc.

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, Ohio, etc.) y de Méjico (Tampico (*fig. 247*), 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 pro-

ducen más de 300 millones de barriles de petróleo natural), que no dan

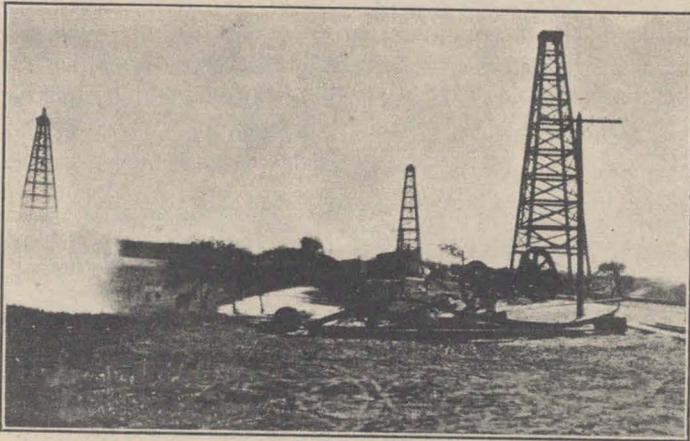


Fig. 247.—Campos petroleros de Ticoteucatl (Tampico-México). (Fotografía comunicada por J. Gómez Ruigómez).

la idea de una producción limitada, como tendría que suceder en el caso

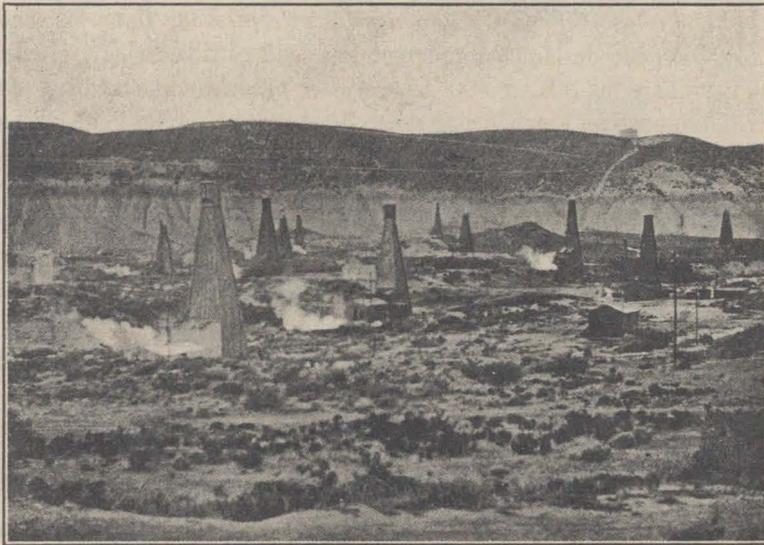


Fig. 248.—Yacimientos de petróleo de Comodoro Rivadavia (Argentina). Vista general de la mayoría de los pozos productivos de la Compañía Astra. (Fot. J. M. Sobral, comunicada por el ingeniero L. E. Vicart).

de una procedencia orgánica. Por esto Mendelejeff o Mendeleef (*) supone que 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, etc), del mismo modo que el agua actuando sobre el carburo de calcio origina el acetileno y el hidróxido cálcico; sin embargo, conviene advertir que la mayor parte de los autores se inclinan a pensar en una procedencia orgánica.

En América, aparte de los yacimientos ya citados, se encuentra petróleo en todas las naciones del Centro y Sur, como Argentina (en Comodoro Rivadavia (*fig. 248*) etc.), Bolivia (Santa Cruz, Tarija, etc.), Perú (en la región

de Negritos y con las refinерías en Talara), y, sobre todo, en Colombia (entre la desembocadura del río Magdalena y la frontera venezolana, hacia el interior, etc.) y Venezuela (principalmente en toda la región del Lago Maracaibo) (*fig. 249*): las riquezas petrolíferas de estas dos últimas naciones están llamadas a tener tanta importancia como las de los Estados Unidos de N. América y de Méjico. Esta última nación era, de todas las repúblicas hispano-americanas, la de producción mayor, pues llegó a un 15 por 100 de la producción mundial. Pero la producción de Venezuela aumentó tan considerablemente en los últimos años, que en 1931, por ejemplo, obtuvo más que Méjico. Perú produjo en el mismo año, cerca de un millón de toneladas, y Colombia, una cantidad aproximadamente igual. Finalmente, Argentina aumentó su producción tan considerablemente en los últimos años, 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 Villamartín (Cádiz).

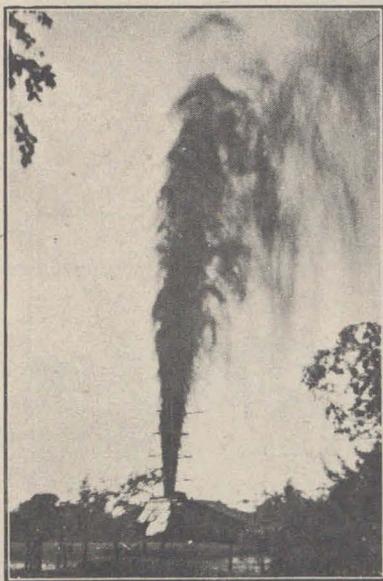


Fig. 249.—Chorro de petróleo en Maracaibo (Venezuela). (Fot. com. por S. Juez).

Asfalto.—*Pez mineral. Betún de Judea.* Deriva de la oxidación lenta de los petróleos. Se presenta en

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

masas compactas de poco peso específico (1 a 1,2), por lo que flota en el

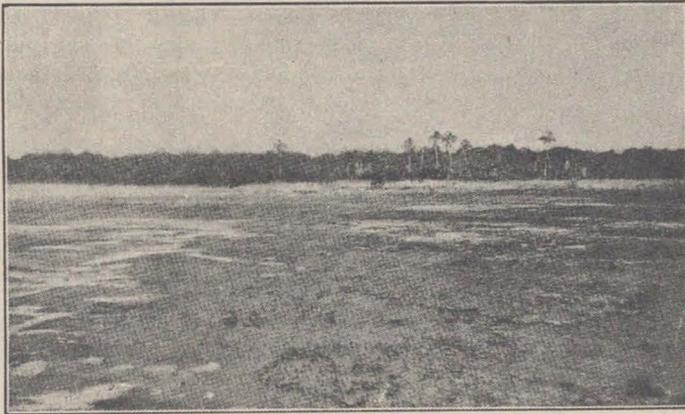


Fig. 250.—Lago de asfalto de la isla de Trinidad (costa de Venezuela): dicho lago es circular y mide unas 400 áreas de superficie. (Fot. com. por el profesor venezolano G. Delgado Palacios).

agua del mar y no en la dulce; fractura concoidea, color negro de pez y



Fig. 251.—Extrayendo bloques del lago de asfalto de la fig. 250. (Fot. com. por el profesor venezolano Dr. Eladio A. del Castillo).

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. En América, en Zulia, Sucre, etc. (Venezuela); Jujuy, Neuquen, (Argentina), etc. Es curioso el lago de asfalto que existe en la isla de Trinidad, cerca de la Costa de Venezuela (*figs. 250 y 251*). El Mar Muerto (*fig. 61*) se llama también Asfaltites porque en el suelo encuentranse flotando nódulos de asfalto.

Ámbar.—*Succiníta, 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 fabricación 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*, el *lignito*, la *hulla* y la *antracita*.

TURBA.—Es el carbón que actualmente se forma. Está constituido por restos de plantas generalmente de poco porte e incompletamente carboniza-

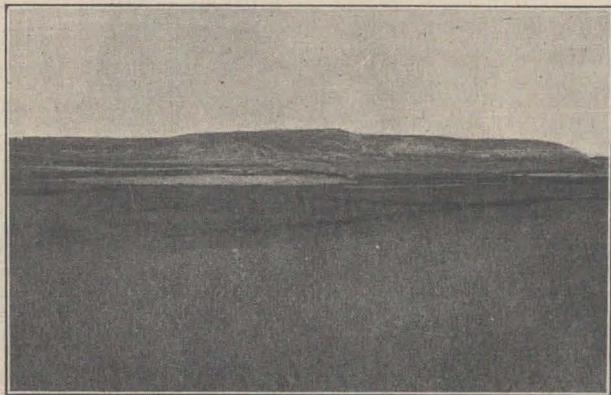


Fig. 252.—Valle con turba en Gumiel de Izán (Burgos). (Fot. com. por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).

das: su color es negro o pardo y la estructura esponjosa, a veces térrea; arde fácilmente cuando está seca y produce pocas calorías: por esto último no sue-

le 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. 252*), Santander, Oviedo, Delta del Ebro, etc. La turba buena procede de Holanda.

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 la 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, Girona, etcétera.

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* o *magras*, que poseen pequeña cantidad de betunes, arden con dificultad 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 *cok*, 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 amoniaco y la brea o alquitrán mineral, de la que a su vez se extraen la bencina, naftalina, colores de anilina, etc. (*fig. 253*). *Localidades*: forma capas a veces de 16 metros de espesor (Siberia), siendo famosos los enormes yacimientos de China, América del Norte e Inglaterra (*fig. 254*). Se encuentra en cantidad en varias naciones hispano-americanas, principalmente en Argentina, cuyos potentes yacimientos de Malargüé (Mendoza) y Chubut (Norte de Patagonia), entre otros, servirán para cubrir todas las necesidades industriales del país: en Chile (Concepción, Arauco, etc.) y en Venezuela (Anzoátegui, Falcón, etc.) existen también importantes yacimientos: 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

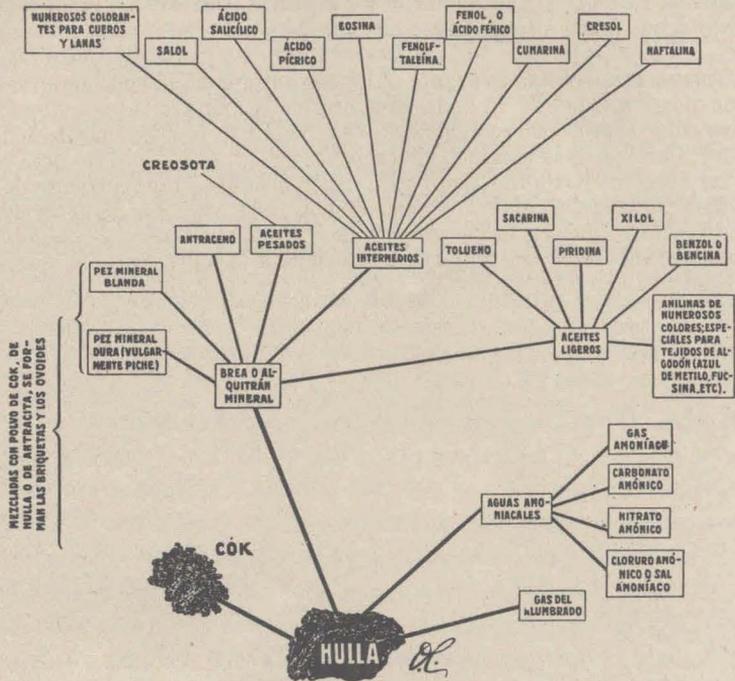


Fig. 253.—Esquema, muy simplificado, que representa algunas de las sustancias obtenidas de la hulla por destilación seca.

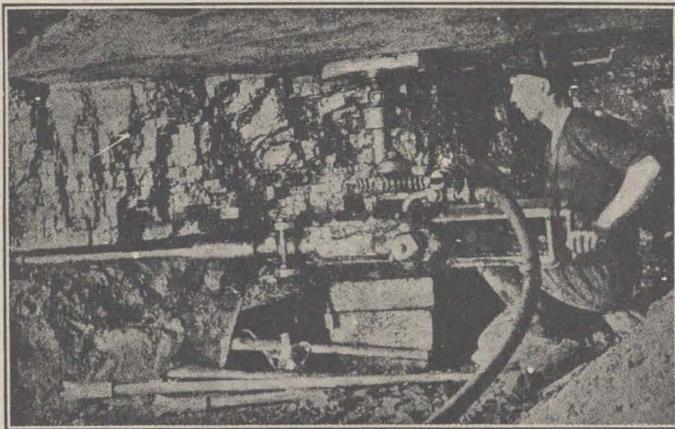


Fig. 254.—Interior de una mina de hulla: rompiendo las capas del carbón por medio de una percusora eléctrica. (Fot. comunicada por M. de Pintés).

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

La definición de las palabras citadas, puede verse en las págs. 47 y 78.

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 *erodionando* (pág. 197) y *denudando* (pág. 197) 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 ó *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* (gr. *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 constituidas 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 Tierra, 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 fuera 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*.

La parte de la Geología dinámica que se ocupa del estudio de los agentes exógenos, se llama *Dinámica externa*, y la que estudia los endógenos, *Dinámica interna*.

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* (latín *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 (*figura 255*). Según se dijo, estos materiales arrancados de las montañas

(*) Haug. Catedrático de Geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad de París (1861-1927).

(**) En realidad son cuatro, uno en la *Era Agnostozoica*, dos en la *Era Primaria*, y otro en la *Terciaria*. Para la significación de estos términos véase más adelante *Geología histórica*.

por las acciones gliptogénicas, serán los que ulteriormente habrán de

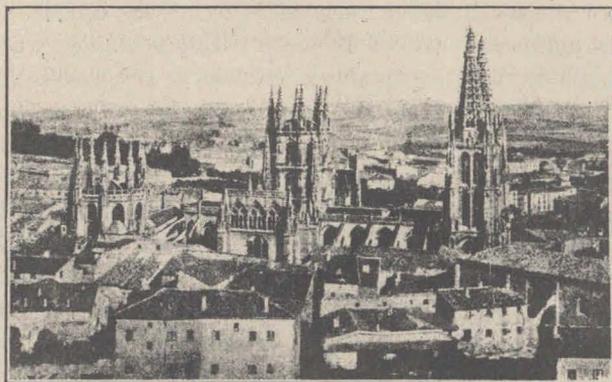


Fig. 255.—La penillanura castellana en Burgos. Es también ejemplo de meseta de elevación media (856 m.) (Fot. O. Cendrero).

servir para la litogénesis y éstos a su vez para la orogénesis.

AGENTES ATMOSFÉRICOS

Por lo que se dijo a propósito de la Luna (pág. 37), 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 tiene también un *papel activo*, puesto que ejerce acciones *destructoras* sobre las rocas de la superficie terrestre y acciones *creadoras, reparadoras o constructoras*.

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 fac-

tores 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 fel-despatos (pág. 167), que son materiales coherentes, al transformarse en arcillas (pág. 170), que son materiales incoherentes. El oxígeno y el anhidrido carbónico determinan análogos efectos en otros minerales, a los que convierte 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 anhidrido 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. 153), en bicarbonato cálcico, que ya es soluble en el agua (véase *cavernas*). También la atmósfera *seca* 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 (véase pág. 59).

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 grande o de tamaño pequeño, respectivamente (*figs. 256 y 257*). 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 (denomi-

nado *corrasión*) se observa principalmente en las rocas de los desiertos, las cuales se presentan como pulimentadas o corroidas por efecto de dicha acción (figs. 258 y 259).



Fig. 256.—Un canchal en Tandil (Argentina) (Fot. com. por D. Isaac Gutiérrez).

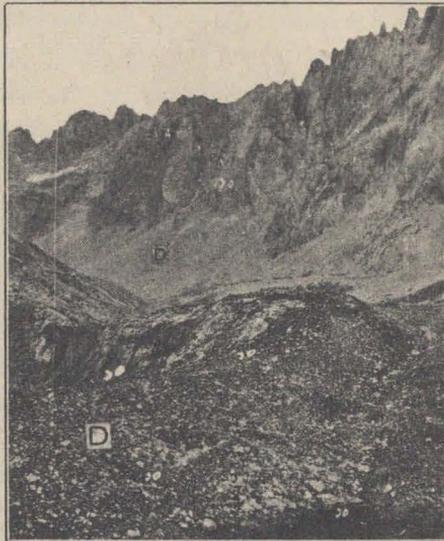


Fig. 257.—Pedrizas o pedregales en Picos o Peñas de Europa (Santander-Asturias). En las vertientes de las montañas elevadas se encuentran muchos detritos de tamaño variable (*D* en la figura) debidos a la descomposición atmosférica, o acción destructora de la atmósfera, y a la acción del hielo. (Fot. comunicada por el profesor J. Fresnedo).

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

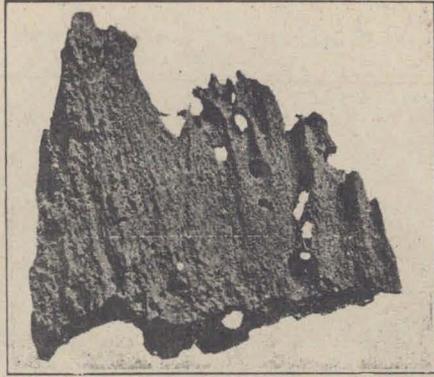


Fig. 258.—Canto calizo estriado por corrosión. (De *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero).

suma la del agua de lluvia, de que se hablará más adelante (pág. 197),



Fig. 259.—«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 y que actualmente está quitada totalmente. (Fot. comunicada por el prof. egipcio Dr. L. Rhalis).

se originan los arcos naturales (*figs. 260 y 263*) y las pintorescas formas del terreno conocidas con la denominación común de *topografía*

LAS MARAVILLAS DE LA EROSIÓN



Fig. 260.—Gran arco natural de La Ciudad Encantada (Cuenca). (Fot. com. por el profesor E. Lizondo).

ruiniforme, nombre que alude a que las rocas presentan aspecto más o menos parecido al de las ruinas de edificios: buen ejemplo de ello tene-



Fig. 261.—Topografía ruiniforme de «El Torcal» (Antequera-Málaga.) (Fot. J. Romero Ramos comunicada por J. Muñoz Burgos).

mos en España en La Ciudad Encantada (Cuenca) (*figs. 260 y 265*), y,

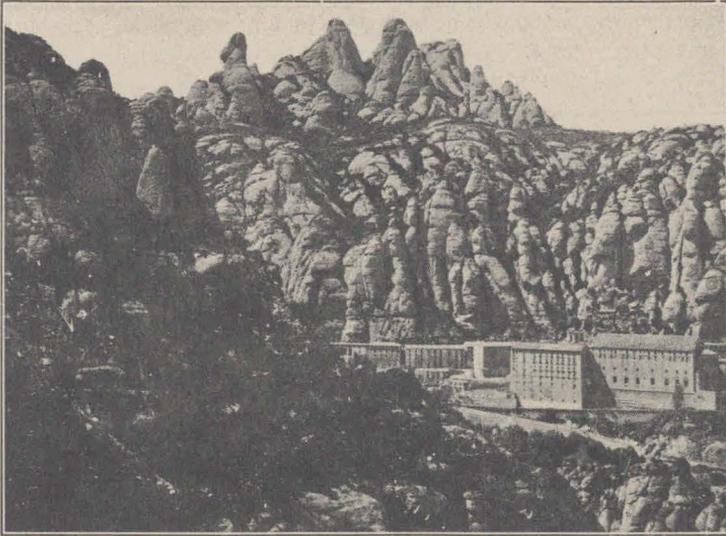


Fig. 262.—Topografía ruiniforme-monserratina. (Fot. comunicada por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).

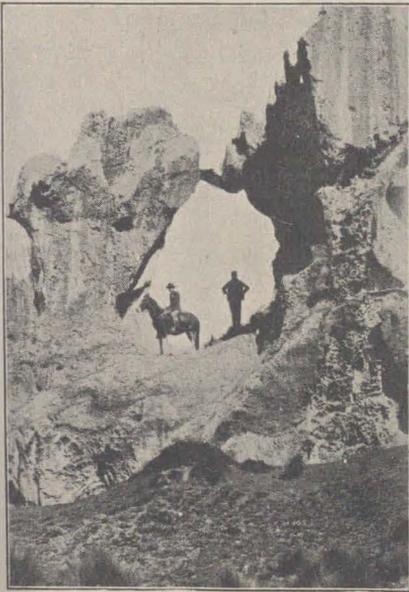


Fig. 263.—«El Arco» en La Peñolera del Cerro de Pasco (Junin-Perú).

(Fotografías comunicadas por el profesor peruano Dr. Rodomiro Ortiz).

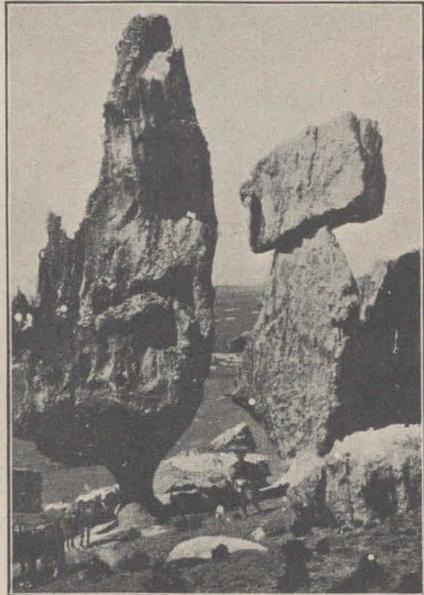


Fig. 264.—«El Árbol» en La Peñolera del Cerro de Pasco (Junin-Perú).

sobre todo, en el Torcal (Antequera-Málaga) (*fig. 261*); Monserrat (Barcelona) (*fig. 262*); etc.; y en Perú, en La Peñolería (cerro del Pas-



Fig. 265.—Rocas fungiformes en La Ciudad Encantada (Cuenca). Fotografía comunicada por el profesor Dr. J. Gómez de Llarena).



Fig. 266.—Roca fungiforme en Yura (Perú). (Fot. comunicada por el profesor C. Gornáls C. M.).

co-Junín); etc. (*figs. 263 y 264*). Cuando la base de las rocas es más

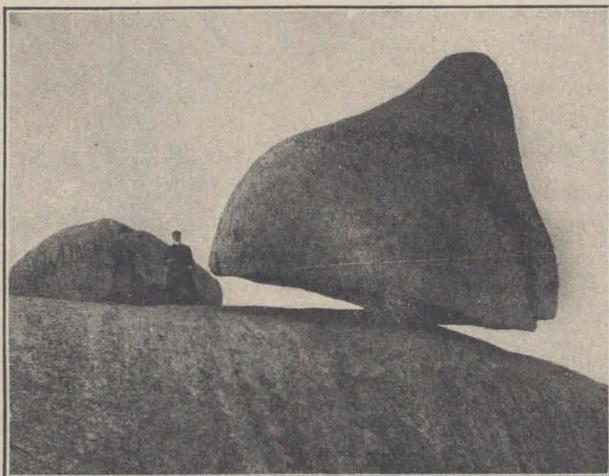


Fig. 267.—La «roca mecedora» de Tandil (Argentina). Se la movía con poco esfuerzo, con una mano; cayó el año 1915. (Fot. y datos comunicados por D. Isaac Gutiérrez).

blanda, o la erosión es más intensa en ellas, las rocas toman capricho-

sas formas de *hongos* o de *muelas*, etc. (figs. 264 a 266), siendo también debidas a causas análogas a las antedichas la formación de las denominadas piedras *oscilantes*, *movedizas*, *mecedoras* o *bamboleantes* (fig. 267) y la de los llamados *penedos* o *piedras caballeras*, que consisten en acumulaciones de peñascos o canchos de formas redondeadas y que *cabalغان* unas sobre otras, a veces en posiciones muy raras y en equilibrio inestable (figuras 268 y 269).

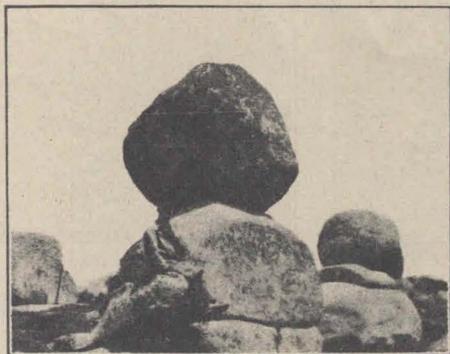


Fig. 268.—Piedras caballeras originadas por alteración del granito de la sierra de Guadarrama. (Fotografía O. Cendrero).



Fig. 269.—Piedra caballera en Ávila, originada por alteración del granito. Pesa unas 100 toneladas. (Fot. com. por el profesor S. Menéndez Santirso).

ACCIONES REPARADORAS O CONSTRUCTORAS.—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 secos desprovistos de vegetación, determinan la formación de grandes nubes de polvo que es llevado a regiones menos secas y depositado por cualquiera de las dos causas antes citadas constituyendo el *loes* o tierra formada por partículas generalmente pequeñas, y próximamente de igual tamaño, que se encuentra en varios países, principalmente en China y Méjico, donde constituye masas homogéneas, a veces de 600 metros de espesor (figura 270). También es loes el suelo que forma la extensa pampa Argentina (figura 271).

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

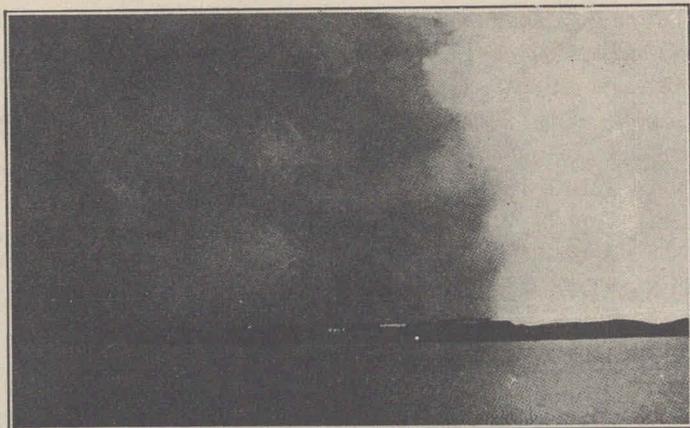


Fig. 270.—Nube de arena en la proximidad del desierto de Libia; análogas a ella son las nubes de polvo que han formado el loes.—(Fot. com. por el prof. egipcio Dr. L. Rhalis).

viento predominante de alguna fuerza; en el Norte y Noroeste de España, es el viento Noroeste; en el Sur, el Suroeste, y en la región medi-

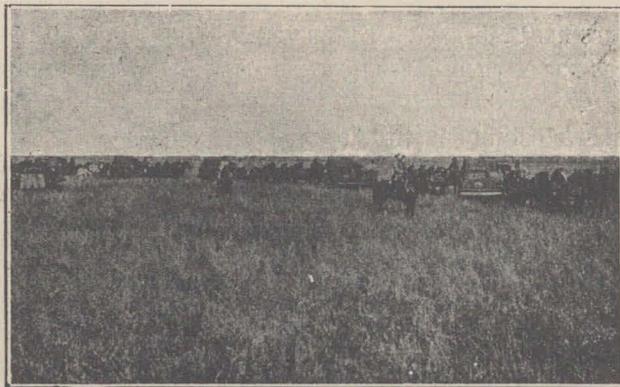


Fig. 271.—La pampa Argentina, así como otras varias pampas americanas, están formadas por loes. (Fot. com. por el prof. argentino Dr. Victor E. Miguez).

terránea, el Este o Levante. Además es conveniente que haya un obstáculo donde pueda detenerse la arena: no es menester que dicho obs-

táculo sea grande; una concha, un pequeño trozo de madera, y hasta las mismas ondulaciones que el viento hace en la arena (*figura 280*), son suficientes para que pueda comenzar a formarse la duna.

Para que se comprenda en líneas generales dicha formación, basta fijarse en la *figura 272*.

Consiste en colocar en un terreno dunoso un obstáculo cualquiera, como, por ejemplo, varias vallas de madera separadas unas de otras y dispuestas en línea recta, en un plano normal

a la dirección del viento reinante; las arenas arrastradas por el viento, al chocar contra las vallas, caen delante y por los lados de éstas hasta que terminan por alcanzar su misma altura, ya que tardan en taparlas a causa de los remolinos que el viento hace al chocar contra las vallas y que forman en la arena, y junto a las vallas, 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 las vallas, 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, generalmente más alta que la primera; ésta, a su vez, origina otra, y así sucesivamente.

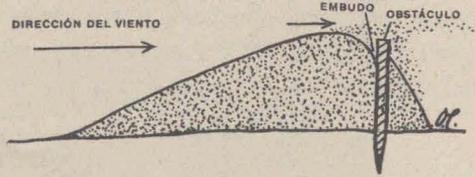


Fig. 272.—Esquema de la formación de una duna.



Fig. 273.—Dunas elementales de la Joya, entre Mollendo y Arequipa (Perú)
(Fot. Derelms, en Hang).

Las dunas formadas por cada uno de los obstáculos, adoptan la forma de media luna y se llaman *dunas elementales*, también denominados *barcanes* porque en Turquestán, donde son abundantes, las conocen con el nombre de *barkhanes* o *barkjanes* (fig. 273). Si estas dunas elementales se unen con las vecinas, se forma lo que se denomina una *cadena de dunas*, pudiendo haber varias de éstas paralelas entre sí (figura 274): todas ellas tienen siempre una pendiente suave hacia el lado del viento y una pendiente brusca por el lado opuesto.



Fig. 274.—Cadena de dunas de Liencres, mal llamadas de Mogro (Santander). (Fotografía O. Cendrero).

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 litorales en toda la costa, siendo las más altas y numerosas las de las provincias de Huelva, Cádiz y Alicante, y continentales en La Parrilla (Valladolid) (fig. 275) y en algunos otros puntos.

Entre las dunas continentales merecen citarse las de los desiertos de Libia y de Sahara (figs. 276 y 277), que ocupan extensiones 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. 56): son curiosas por su forma estrecha las dunas o *guadales* de casi todas las provincias andinas de América y las de forma de corona de la pampa argentina, originadas por el *zonda* (página 56). Las dunas que van avanzando continuamente en las tierras próximas se denominan *dunas vivas* (figs. 274 a 277), las cuales constituyen un peligro para los te-



Fig. 275.—Dunas continentales de La Parrilla (Valladolid). (Fot. O. Cendrero).



Fig. 276.—Dunas del desierto de Libia. (Fotografía comunicada por el profesor egipcio Dr. L. Rhalls).

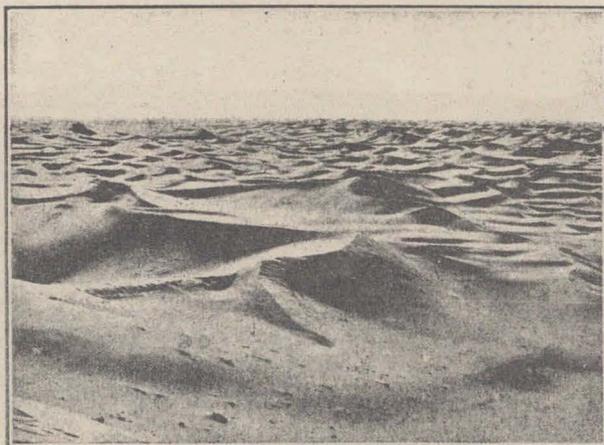


Fig. 277.—Dunas del Sahara argelino. Como puede apreciarse, parece un mar de arena con las dunas orientadas, en la dirección del viento predominante. (Fotografía Garaud).

rrenos de cultivo, y para los poblados (*figura 278*): por esto se suelen

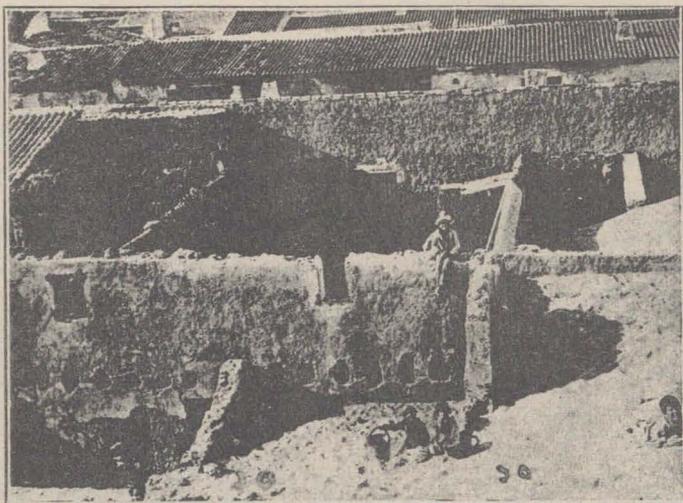


Fig. 278.—Casas de Guardamar (Alicante) hundidas por la invasión de la arena de las dunas. (Fot. ing. F. Mira, com. por el prof. P. M. Vigo, S. J.)



Fig. 279.—Fijación de la duna litoral de Guardamar (Alicante) con plantaciones de barrón (*Psamma*): entre ellas, pinos de un año. (Fot. ing. F. Mira, comunicada por el profesor P. M. Vigo, S. J.)



Fig. 280.—Trincherá excavada en una duna muerta para dejar a descubierto las raíces de los vegetales y demostrar cómo éstas fijan las arenas. Obsérvense 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).

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.) (fig. 279) que pueden vivir en la arena, y cuyas raíces



Fig. 281.—Duna viva en vía de fijación espontánea por medio de Gramináceas. (*Psamma arenaria*, principalmente). (Fotografía O. Cendrero).

forman a la manera de una red (*fig. 280*), que impide el desplazamiento de la arena: después se plantan vegetales arbóreos, preferentemente pi-



Fig. 282.—Gramináceas (principalmente *Psamma arenaria*) que fijan espontáneamente las dunas vivas. (Fot. O. Cendrero).

nos (*fig. 279*). Esta fijación se hace también espontáneamente (*figura*



Fig. 283.—Otras plantas (*Eryngium*, la menor y *Euphorbia*, la mayor) que contribuyen a la fijación espontánea de las dunas vivas. (Fot. O. Cendrero).

281) por varias Gramináceas (*figura 282*) y otros vegetales (*fig. 283*).

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. 182), ya en estado *líquido*, ya en estado *sólido*.

AGUA EN ESTADO LÍQUIDO

Para el estudio metódico del agua en estado líquido hay que separar el de las *aguas superficiales* del de las *subterráneas*, y, dentro de las primeras, las *aguas dulces* o *continentales* y las *del mar*.

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* (gr. *erosio*, roedura). Los materiales así arrancados por la erosión, son después llevados por las corrientes irregulares 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. *denuda-*

ACCIÓN DE LAS AGUAS SALVAJES

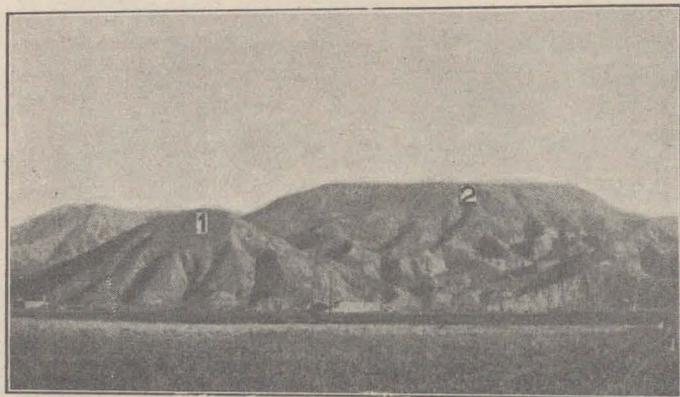


Fig. 284.—Barrancos o zanjas formados por efecto de la erosión y denudación de las aguas salvajes en los terrenos blandos del Cerro del Conde (1) y del Ecce-Homo (2) en Alcalá de Henares (Madrid). (Fot. O. Cendrero).



Fig. 285.—Detalle de los barrancos o zanjas formados por efecto de la erosión y denudación de las aguas de lluvia en terrenos blandos. Las partes salientes y agudas suelen llamarse *cuchillas de erosión*. (Liébana-Santander). (Fot. com. por A. Gutiérrez-Cueto).



Fig. 286.—Cárcava formada por acción hidráulica en la margen de un arroyo: en las paredes, barrancos de erosión pluvial parecidos a los de la figura 285. (Del trabajo *Datos topológicos del Cuaternario de Castilla la Nueva*, por los profesores Dr. L. Fernández Navarro y Dr. J. Gómez de Llarena).



Fig. 287.—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 inferior de la figura. Y éstos, a su vez, pasan a cantos rodados al continuar la acción de los agentes citados. (Fotografía O. Cendrero).



Fig. 288.—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 profesora colombiana Ana Torres Plata).

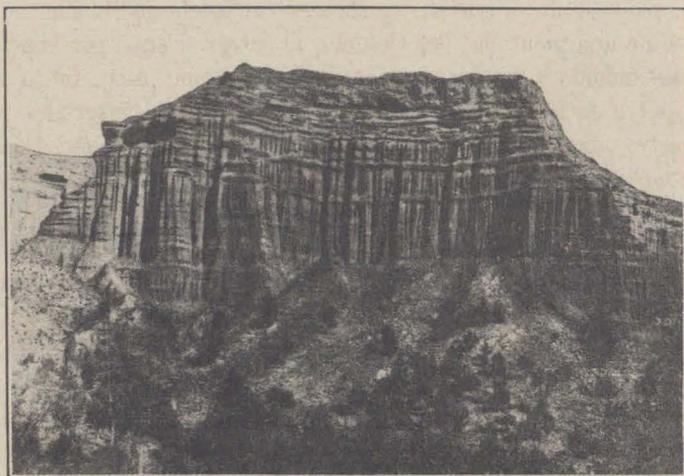


Fig. 289.—«El Rajo» (Teruel).—Las rocas que constituyen estos terrenos, son también blandas, aunque no tanto como las que forman los de la *fig. 288*, por lo cual los efectos de la erosión son también análogos. (Fot. com. por el prof. Dr. E. Rodríguez y López Neyra).

re, desnudar). A veces se denomina *ablación* (lat. *ablatio*, separación), al conjunto de la erosión y denudación (figs. 284 a 290).

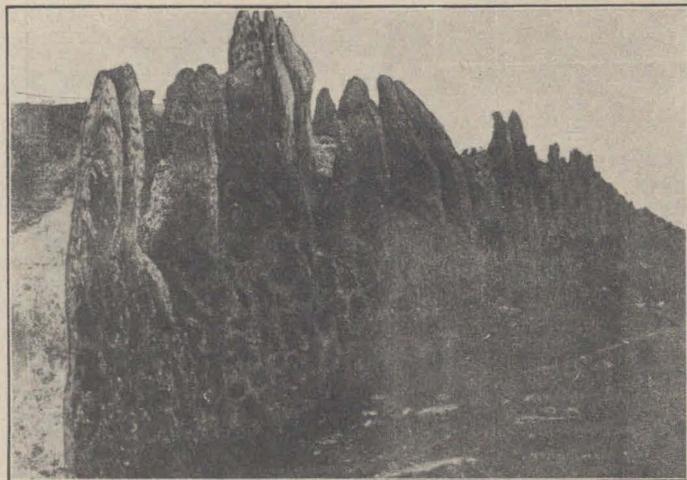


Fig. 290.—«Las Alhambras» (Teruel).—Aquí, la ablación ha llevado las margas (pág. 153) que rodean a las dolomitas (pág. 154) que, como más resistentes a la acción de los agentes de erosión, han quedado formando salientes. (Fotografía comunicada por el profesor doctor E. Rodríguez y López Neyra).

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

Estas aguas de que acaba de hablarse se llaman *aguas salvajes* porque no siguen un trayecto fijo, sino que corren por la superficie del terreno formando una red irregular de filetes cuyo curso varía a cada momento. Según se desprende de lo que acaba de decirse, la acción de estas aguas salvajes es simultáneamente *mecánica* y *química*; si bien suele predominar la primera sobre la segunda: gracias a ellas, en las laderas de materiales poco coherentes o muy solubles, se excavan barrancos o zanjas más o menos profundos (figs. 284 y 285), que cuando tienen gran dimensión y forman a la manera de una cubeta o socavón, reciben

el nombre de *cárcavas* o *cárcavos* (fig. 286). La disolución juega papel importante en las rocas más o menos solubles, tales como la sal (figura 219), el yeso y la caliza: en ésta origina una topografía especial de salientes de forma variable y depresiones más o menos profundas (figura 291) que reciben en conjunto el nombre de *lapiáz* por ser el nombre que se da a estas formaciones en algunas regiones de Francia.



Fig. 291.—Lapiáz en una caliza de Noja (Santander). (Fot. O. Cendrero).

TORRENTES.—Las aguas salvajes, con los materiales que llevan en suspensión y en disolución, van reuniéndose en arroyuelos cada vez mayores y estos en un cauce único de relativa importancia, de recorrido irregular y de pendiente rápida que se denomina *torrente*. La característica de éstos se explica perfectamente sabiendo que proceden de las aguas salvajes; por esto su régimen es sumamente irregular, es decir, que tan pronto están completamente secos o sólo llevan una cantidad insignificante de agua, como conducen una masa enorme que destruye todo lo que encuentra a su paso (fig. 292).

En todo torrente se distinguen tres regiones o zonas, denominadas: *cuenca de recepción*, *torrentera* o *canal de desagüe* y *cono de deyección* (fig. 293).

La *cuenca de recepción* es la parte más alta; tiene forma más o menos cóncava y en ella se reúnen las aguas salvajes por medio de pequeños arroyos, los cuales terminan por confluír en el *canal de desagüe*,

que es la parte que constituye el torrente propiamente dicho, por el cual son transportados con velocidad las aguas y los materiales de la



Fig. 292.—En Ontaneda, San Vicente de Toranzo, etc. (Santander) el 4 julio 1931 varios torrentes destruyeron casas, etc. por la enorme cantidad de piedras que arrastraron, según puede apreciarse en la figura. (Fot. O. Céndrero).

cuenca de recepción y del mismo cauce del torrente. Los materiales transportados por éste se depositan al llegar a una región menos pendiente, donde originan el llamado *cono de deyección* en atención a su forma más o menos cónica (figs. 294 y 295).

Con objeto de evitar los estragos causados por los torrentes se hace lo que se denomina su *corrección*, que consiste en construir en su pendiente varias fajas de diques transversales (fig 296) para que el cauce quede transformado en una especie de gradería con grandes escalones casi horizontales en cada uno de los cuales el agua va perdiendo velocidad y va depositando materiales (figs. 297 y 298). Además, las laderas de las montañas se pueblan de árboles, cuyas raíces fijan los materiales del suelo e impiden que sean arrancados con facilidad.

Ríos.—Son corrientes de mayor caudal que los torrentes y de régimen más regular. En ellos se distinguen también tres regiones, como en los torrentes, y de ellas la primera suele llamarse *región torrencial* por la irregularidad de su régimen. Más adelante se hablará de estas re-

giones. La parte de la Geología que se ocupa del estudio de los ríos se denomina *Potamología* (gr. *potamós*, río).

LA EROSIÓN POR LOS TORRENTES Y LOS RÍOS.—El poder erosivo y denudador de las corrientes de los torrentes y los ríos sigue la regla gene-

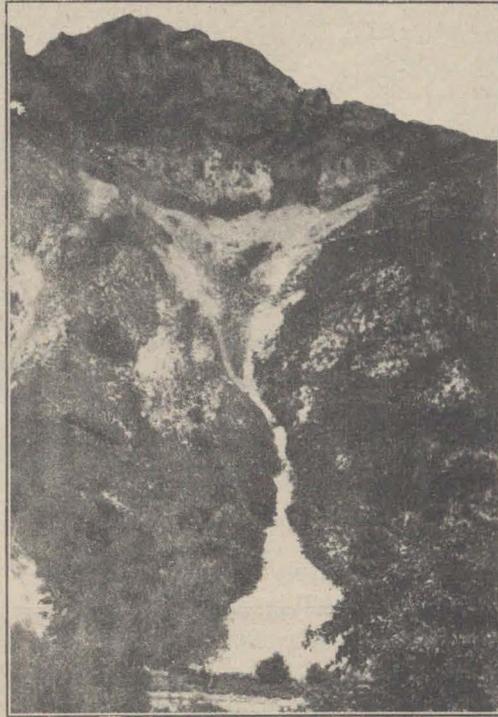


Fig. 293.—Este pequeño torrente que existe en el valle del Sella, cerca de Sames (Asturias), es muy instructivo porque en él se aprecian bien las tres regiones que se distinguen en los torrentes. (Fot. com. por el prof. Dr. J. Gómez de Llarena).

ral, o sea, según se dijo antes, que es 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 mismos materiales aumen-

tan la fuerza erosiva y denudadora de las corrientes, puesto que al cho-

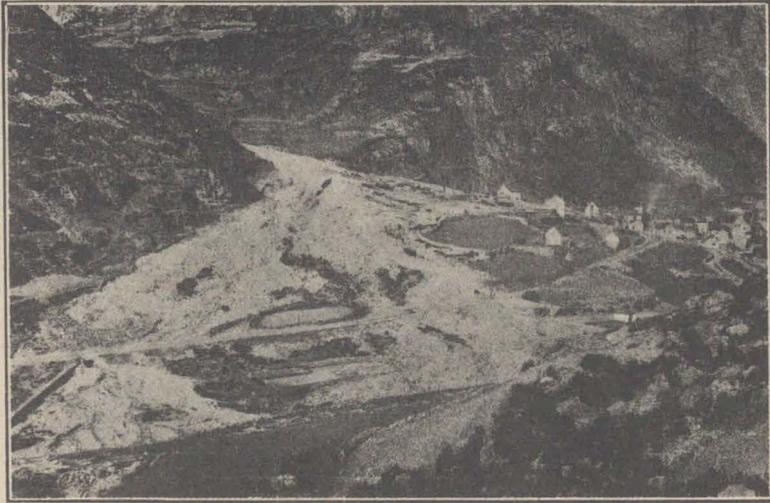


Fig. 294.—Cono de deyección del torrente Los Meses (Canfranc-Huesca). (Fot. comunicada por el ing. F. Azpeitia Floren).

car con el álveo de torrentes y ríos arrancan nuevos trozos de él, pu-

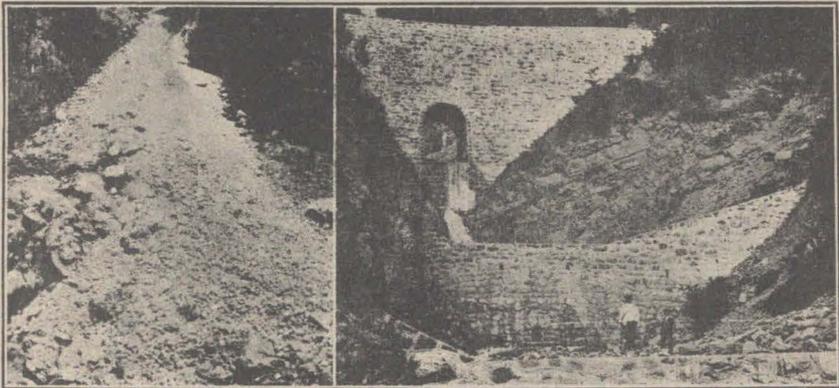


Fig. 295.

Fig. 296.

Fig. 295.—Pequeño cono de deyección de un torrente de La Hermida (Santander). (Fot. O. Cendrero).
 Fig. 296.—Diques de corrección núms. 6 y 7 del torrente Epifanio (Canfranc-Huesca). (Fot. comunicada por el ing. F. Azpeitia Floren).

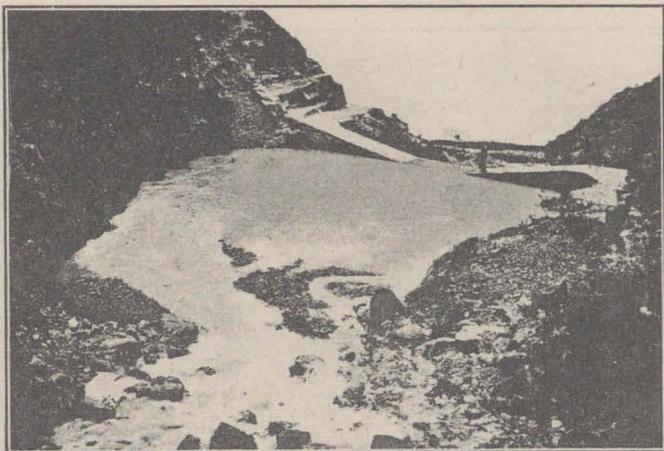


Fig. 297.—Embalse originado por un dique en el torrente Los Meses (Canfranc-Huesca).
(Fot. com. por el ing. F. Azpeitia Floren).

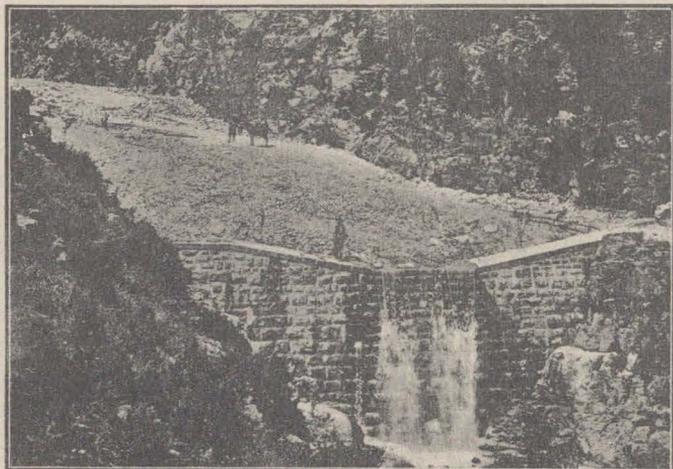


Fig. 298.—Materiales del torrente Los Meses detenidos por un dique (Canfranc-Huesca).
(Fot. com. por el ing. F. Azpeitia Floren).

diendo terminar por originar profundos barrancos (*fig. 299*) de los que



Fig. 299.—El Barranco de los Mártires, en Alcalá de Henares (Madrid). (Fot. O. Cendrero).

son clásico ejemplo los enormes *cañones* del Río Colorado (Estados Unidos y Méjico), cuyas paredes alcanzan cerca de 2.000 metros de altura y por cuyo fondo corre impetuoso el río (*fig. 300*): también el Río Santa (Perú) ha fraguado cañones de más de 1.000 m. de altura (*fig. 301*). En España, a los cañones se les denomina también *tajos* y *hoces*, si bien el primer nombre se aplica asimismo a 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. 302*). 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 también la causa de la formación de las *cataratas* o *cas-cadas* 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. 303 a 306*). 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 (*figu-*



Fig. 300.

Fig. 301.

Fig. 300.—Vista parcial del Gran Cañón del Río Colorado (Estados Unidos y Méjico). El río apenas se distingue como una línea blanca en la parte superior derecha de la figura. (Fot. com. por el profesor P. C. Ordóñez C. M.)

Fig. 301.—El Cañón de Pato, en la Provincia de Huallas (la Suiza Peruana), entre las cordilleras Blanca y Negra de los Andes, por cuyo fondo corre el Río Santa. (Fot. comunicada por el profesor peruano Dr. Rodomiro Ortiz).

ras 307 y 308): conviene advertir que también se da este nombre a las zonas del río por donde el agua corre con gran impetuosidad por el efecto del desnivel del cauce.

También obedecen a la misma causa las formaciones llamadas *pilas* u *ollas*, las cuales consisten en cavidades de profundidad variable y de forma circular que son fraguadas por las aguas de los torrentes de alguna importancia y de la parte torrencial de los ríos cuando se forman fuertes remolinos que llevan piedras, las cuales desgastan así las rocas más blandas originando las depresiones de que acaba de hablarse (*figura 309*).

SEDIMENTACIÓN MECÁNICA: ALUVIONES.—Cuando la fuerza de las corrientes aminora, ya porque las lluvias cesan, ya por llegar a sitios de



Fig. 302.—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 comunicada por el profesor Dr. J. Rioja).

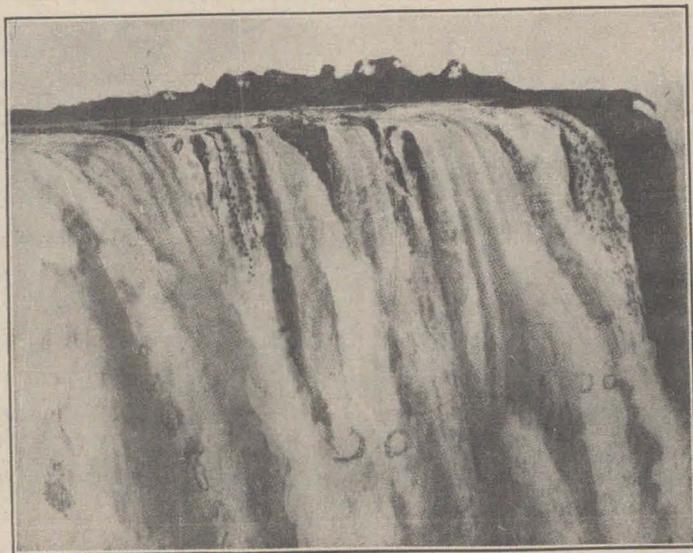


Fig. 303.—Cascadas de Victoria, en el río Zambeza (África del Sur). Es debida a una falla existente en el lecho del río y su altura total es de unos 60 metros. La fotografía sólo reproduce la parte superior de la catarata. (Fot. com. por el prof. Dr. A. Heimaus).

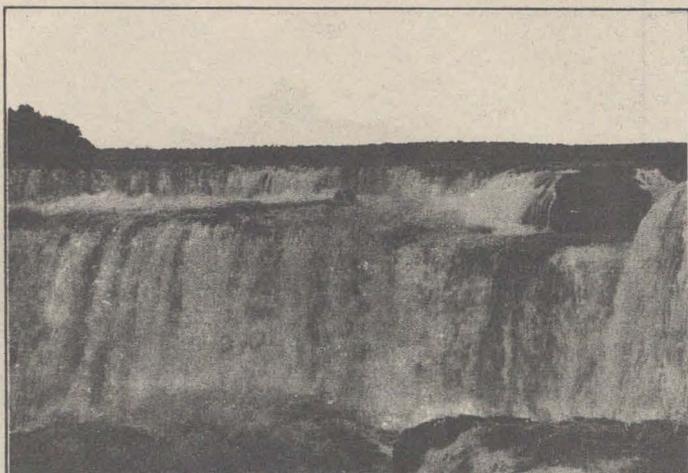


Fig. 304.—Generalmente son poco conocidas las grandiosas cataratas del río Iguazu (Brasil-Argentina), cuya magnificencia iguala, si no excede, a la de otras más renombradas. La de la fotografía representa una de las dos consecutivas que presenta el río, cada una de las cuales tiene 32 metros de altura. (Fot. com. por el prof. argentino Dr. César Acardi).

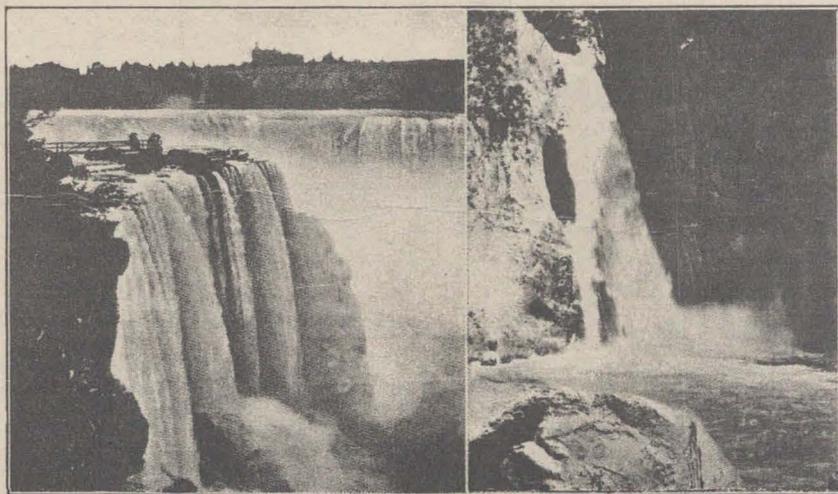


Fig. 305.

Fig. 305.—Catarata del río Niágara, entre los lagos Erie y Ontario. Tiene forma de herradura y cerca de 50 metros de altura.

Fig. 306.

Fig. 306.—Un salto en el río Jimenoa (República Dominicana) de unos 34 metros de altura. (Fotografía C. M. Sánchez, comunicada por el profesor dominicano F. Patxot).



Fig. 307.—Catarata del río Laja (Chile) al desembocar en el Bio-Bio (altura, unos 25 metros): después de ella, rápidos. (Fot. com. por la prof.^a chilena F. Ramírez Burgos).

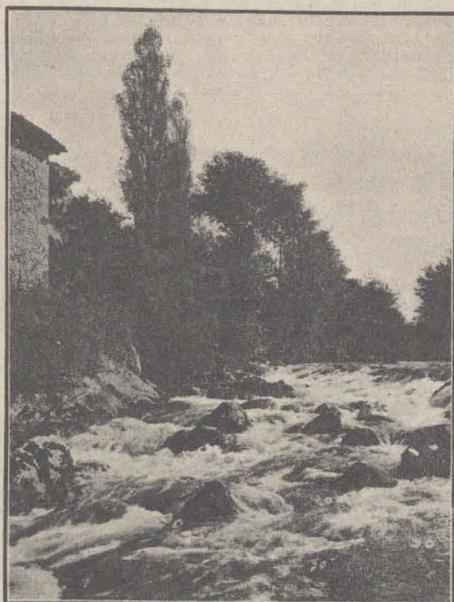


Fig. 308.—Rápidos del Río Aguanaz (Santander). (Fot. comunicada por J. Duomarco).

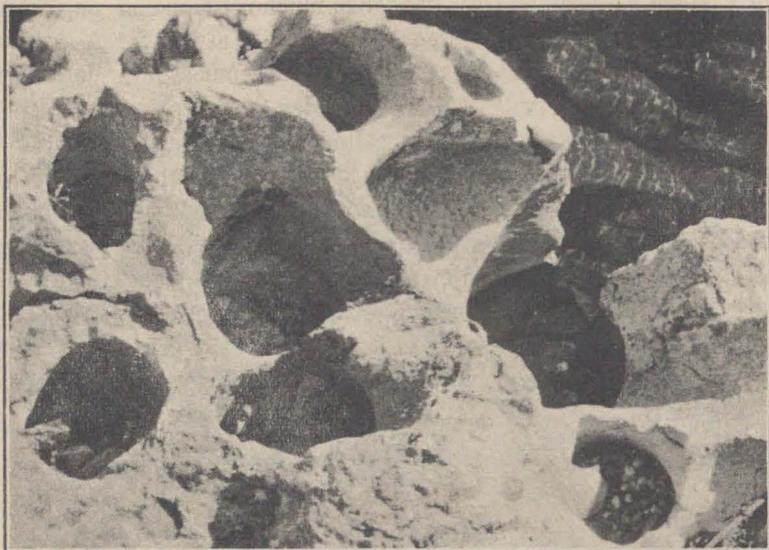


Fig. 309.—Pilas u ollas en el río Torío (Hoces de Vegacervera-León). (Fot. com. por el profesor Dr. J. Gómez de Llarena).



Fig. 310.—Aluviones, principalmente cantos rodados, en las orillas del río Miera (Santander). (Fot. O. Cendrero).

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 torrentes, ríos o arroyos, reciben el nombre de *aluviones* y están constituidos por *cantos rodados* o piedras más o menos redondeadas por el roce (*fig. 310*), por *arenas* o trozos pequeños y por *barro* o restos menores aún. Cuando el río va ahondando su cauce, estos aluviones quedan a las orillas formando una especie de mesetas a las que se denomina *terrazas* (*fig. 311*). Si el depósito de estos materiales se ve

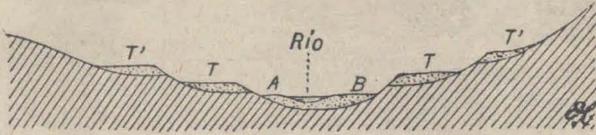


Fig. 311.—Sección transversal del valle de un río, con las terrazas (T, T') que indican los antiguos niveles a que corrió el río. (De *Elementos de Geología*, por L. Fernández Navarro y O. Cendrero).

rifica 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 en 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, sobre todo durante las crecidas, algunos de los materiales arrancados en el primer trayecto (*fig. 310*). 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

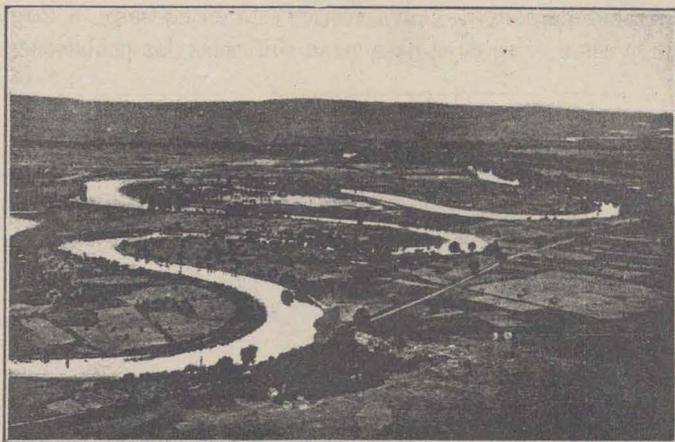


Fig. 312.—Hermosos y típicos meandros del río Jhelum, en el valle de Cachemira (India).

forman los *meandros* (fig. 312), sin que esto quiera decir que no los presenten también algunos ríos en su segundo trayecto, si bien estos meandros del segundo trayecto suelen ser *encajados*, es decir, que están fraguados entre escarpas más o menos altas (fig. 302).

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 movable 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* porque su forma es parecida a la letra griega de este nombre, llamándose también *alfaque* en castellano. Ejemplo de ello tenemos en 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 Ro-

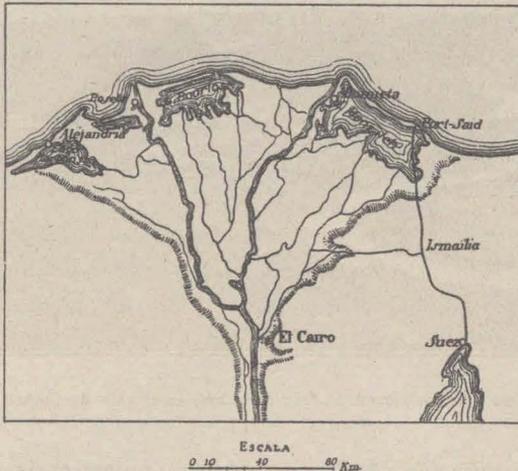


Fig. 313.—Delta del Nilo (según Petermann). (De la obra *Elementos de Geología*, por L. F. Navarro y O. Cendrero).

seta y Damietta (*fig. 313*): otros deltas se hallan en golfos, como el del Ganges y el del Misisipi. También se forman deltas en los lagos.

Los LAGOS.—A veces las aguas continentales se acumulan en depresiones de gran extensión que reciben el nombre de *lagos*. Si dicha extensión es pequeña, suelen denominarse *lagunas*. La parte de la Geología que los estudia recibe el nombre de *Limnología* (del gr. *limne*, lago).

Hay algunos lagos que por encontrarse en una depresión del terreno (pág. 72) no pueden dar salida al agua que a ellos llega: tal es el caso del Mar Caspio (pág. 61). Pero en la mayor parte de los lagos hay que distinguir uno o varios ríos que vierten sus aguas en él y otro por donde sale el agua: los primeros se llaman *afluentes* y el segundo *emisario*.

Los lagos reciben distintos nombres, según su origen: así se llaman *tectónicos*, los que son debidos a hundimientos del terreno en extensiones variables; *lagos cráteres*, los que se forman en antiguos cráteres de

volcanes (*fig. 398*); *glaciares*, los excavados por éstos (*fig. 342*), etc. La erosión por los lagos tiene poca importancia.

Acción de las aguas del mar.—El mar es un poderoso agente de



Fig. 314.

Fig. 315.

Fig. 316.

Tres fotografías tomadas en un día de mar tranquilo, que demuestran la acción erosiva del mar. En la *figura 314*, se ve la roca antes de que la ola rompa sobre ella; en la *figura 315*, en el momento en que la ola rompe sobre la roca, que es el de mayor potencia erosiva, y en la *figura 316*, 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).

erosión y denudación. Las olas (*figs. 314 a 316*), sobre todo las grandes olas levantadas por los vientos fuertes, al estrellarse violentamente



Fig. 317.

Fig. 318.

Estas dos fotografías están tomadas con objeto demostrar la gran altura que pueden alcanzar las olas. La *figura 317* es una vista cercana de la parte superior del islote de Mouro (que es el que aparece delante de la península de la *figura 321*), y el faro del mismo: la primera tiene una altura de unos 15 metros, y el segundo, unos 12. La *figura 318*, 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. O. Cendrero).

contra la parte inferior de las rocas de la costa (*figs. 317 a 319*), van arrancando los materiales más blandos, que proyectados a su vez contra las rocas por olas sucesivas, las socavan (*figs. 314 a 316* y *fig. 320*) tan profundamente que terminan por desplomarse y caer al mar, donde éste continúa sin descanso su acción erosiva sobre ellas hasta demolerlas por completo y dejarlas reducidas a barro, arenas y cantos de tamaño variable. Por este trabajo continuado va avanzando en tierra progresi-

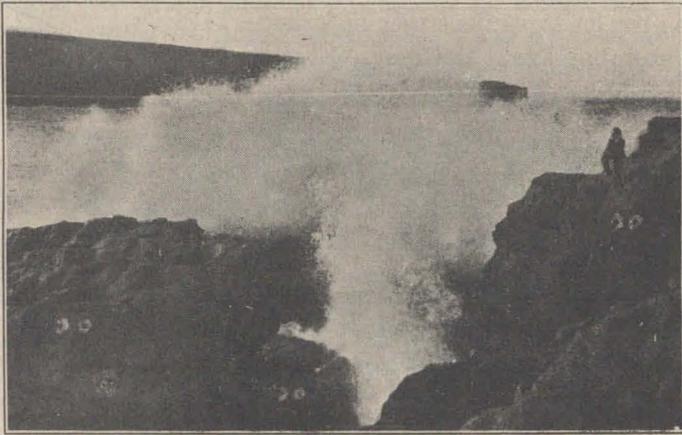


Fig. 319.—Viendo romper esta ola contra las rocas de la costa, se comprende fácilmente que la potencia erosiva del mar, tiene que ser grande. Del tamaño de la ola puede juzgarse por comparación con la figura humana de la derecha del grabado. (Fotografía O. Cendrero).

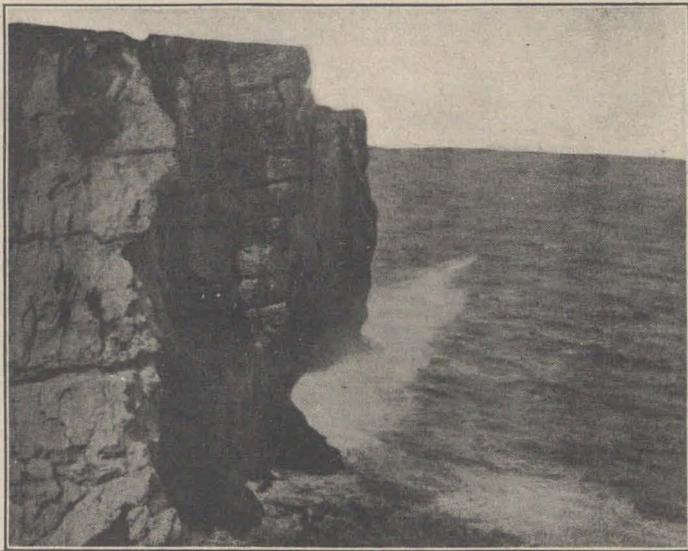


Fig. 320.—Acantilado de Suances (Santander), mostrando su base erosionada y desnudada por la acción de las olas. La fotografía está tomada en un día de mar tranquilo, a pesar de lo cual puede verse una ola de bastante tamaño. (Fotografía comunicada por Arturo del Río).

vamente la línea de costa y se constituye lo que se denomina la *plataforma continental*, de la que ya se habló (pág. 61).

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



Fig. 321.—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: delante de ella hay otras rocas resistentes que forman el islote de Mouro. (Fotografía tomada desde un aeroplano por el aviador santanderino J. Pombo).

más duros son los que más resisten el embate de las olas y los que for-

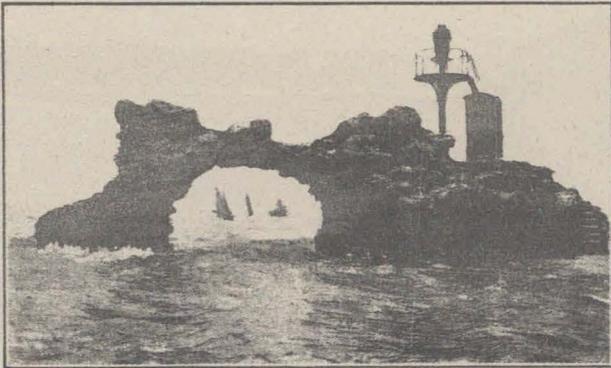


Fig. 322.—«Peña Horadada», a la entrada de la bahía de Santander, como ejemplo de arco natural debido a la acción erosiva del mar. (Fot. O. Cendrero).

man los cabos, las pequeñas penínsulas (*fig. 321*), y, en general, las

partes salientes de la costa, mientras que en los blandos 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 322*), etc.

Todos los materiales arrancados a las rocas de la costa se depositan o *sedimentan mecánicamente* 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 ligereros, 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 tranquilos gracias a las corrientes marinas.

Las olas que batien oblicuamente la costa, y las corrientes marinas litorales, determinan un desplazamiento y depósito más o menos rápido

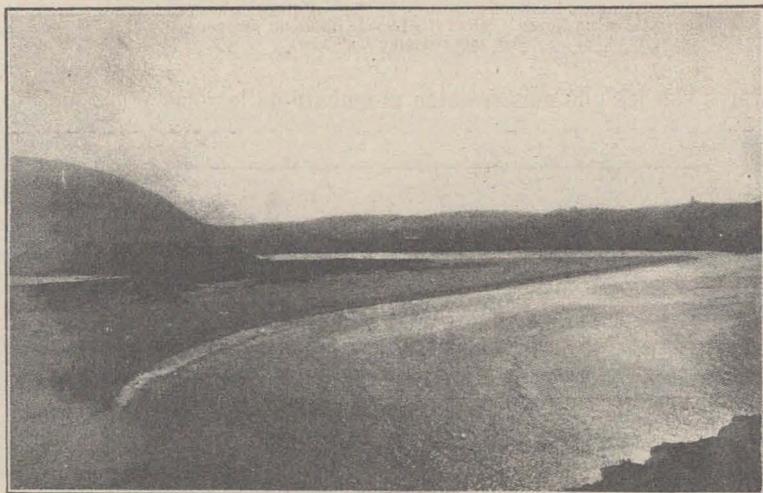


Fig. 323.—Flecha litoral en Soano (Santander). (Fotografía Orestes Cendrero).

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 cuando no cierra completa-



Fig. 324.—Parte de un cordón litoral de cantos rodados en San Pedro del Mar (Santander). (Fot. O. Cendrero).

mente la escotadura recibe el nombre de *flecha litoral* en atención a su

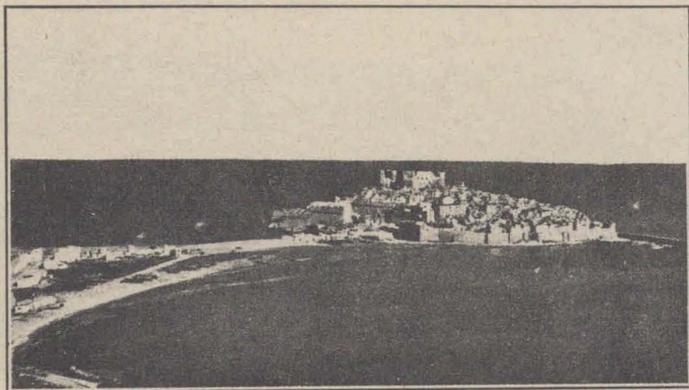


Fig. 325.—Tombolo de Peñiscola (Vinaroz-Castellón).

forma (fig. 323) y cuando la cierra totalmente se llama *cordón litoral*

(fig. 324). Éste va aumentando progresivamente y forma una barrera de anchura variable que emerge del mar y cuya altura aumenta cuando las

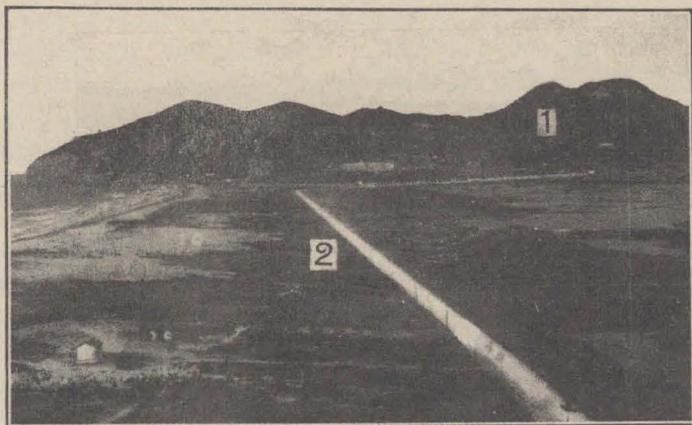


Fig. 326.—Tómbolo de Berria (Santander). 1, isla de Santoña; 2, tómbolo. (Fotografía Orestes Céndrero).

grandes olas arrojan sobre ellas arenas y fragmentos de rocas, sobre to-

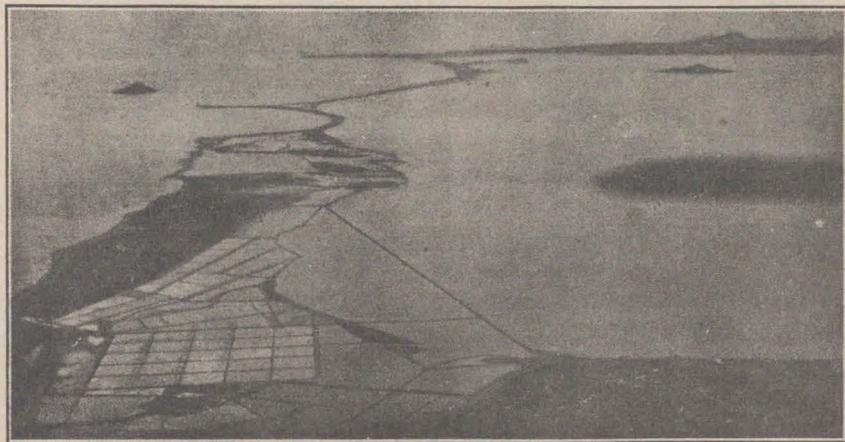


Fig. 327.—Vista general del cordón litoral que separa el Mediterráneo (a la izquierda) y el Mar Menor (Murcia). En primer término izquierda las Salinas de San Pedro de Pinatar. (Fot. Aviación Española, comunicada por el profesor J. Páez Ríos).

do durante las mareas equinocciales o vivas, en las que las aguas llegan

a sitios donde no alcanzan las ordinarias. Si la actividad atmosférica es grande, pueden llegar a constituirse 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 (*figs. 325 y 326*). Las escotaduras de la costa que quedan detrás del cordón litoral, con o sin dunas, se convierten en lagunas, llamadas en España *albuferas* (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 de arena que se extiende entre el Mediterráneo y Mar Chica (Melilla, N. de África) y a la que impropiaemente se llama *restinga*; la Albufera (Valencia), Mar Menor (Murcia) (*fig. 327*), 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

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, etcétera): las rocas permeables (arenas, calizas, etcétera), 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 freá-

tica: las soluciones de continuidad naturales de las capas freáticas constituyen las *fuentes* o *manantiales*, que pueden ser de *vaguada* o *valle*, *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. 328).



Fig. 328.—Esquema de los principales tipos de fuentes.

Los manantiales que proceden de aguas subterráneas relativamente



Fig. 329.—El nacimiento del Ebro (Fontibre-Santander) como ejemplo de fuente resurgente. (Fotografía O. Cendrero).

profundas, es frecuente que surjan al exterior con un caudal abundante de régimen más o menos variable, formando por sí solas un río desde su salida: a dichas fuentes se las denomina *resurgentes* o *vauclusienses*, porque se toma como tipo la de Vaucluse, no lejos de Aviñón (Francia), que da nacimiento al río Sorgue. En España hay muchos ejemplos de fuentes resurgentes; pero los más conocidos son: la de Cella (Teruel),

acaso la más notable y la de Fontibre (Santander), que da nacimiento al río Ebro (*fig. 329*).

Desde muy antiguo han llamado la atención las *fuentes intermitentes*, las cuales manan durante ciertos períodos y se interrumpen otros,

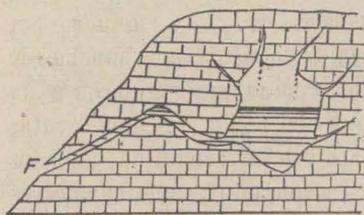


Fig. 330.—Teoría de la fuente intermitente sencilla, *F*.

en cuyo momento se interrumpe la salida hasta que el líquido vuelve a alcanzar el nivel inicial.

Si una capa acuifera desciende a gran profundidad para volver a ascender de nuevo, se originan las *fuentes termales* o *cáldas*, las cuales pueden provenir también de diversas soluciones de continuidad en las capas acuiferas profundas.

Cuando una capa acuifera 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



Fig. 331.—Esquema de un pozo artesiano.

al mayor nivel alcanzado por las capas: éste es el fundamento que sirve para la construcción de los *pozos artesianos* (*figura 331*), así llama-

dos por conocerse desde hace mucho tiempo en Artois (Francia).

En los terrenos *agrietados*, 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. 153): 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. *spelaiion*, 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

pendan conos de carbonato cálcico cristalino llamados *estalactitas* (figura 332) y que en el suelo haya otros conos, análogos a los anteriores pero más cortos e invertidos, denominados *estalagmitas* (figura 333). 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 des-

composiciones 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 esta agua con bicarbonato cálcico, por efecto de la menor presión a que está sometida pierde parte del anhídrido carbónico, y el bicarbonato cálcico



Fig. 332.
Estalactita.

(Fots. O. Cendrero).



Fig. 333.
Estalagmita.

co 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 *estalaqmitas*, que muchas veces se unen y originan *columnas* de formas caprichosas (figuras 334 a 336) 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. 334), Oviedo y Vizcaya; son célebres por su belleza las de Artá y el Drach, en

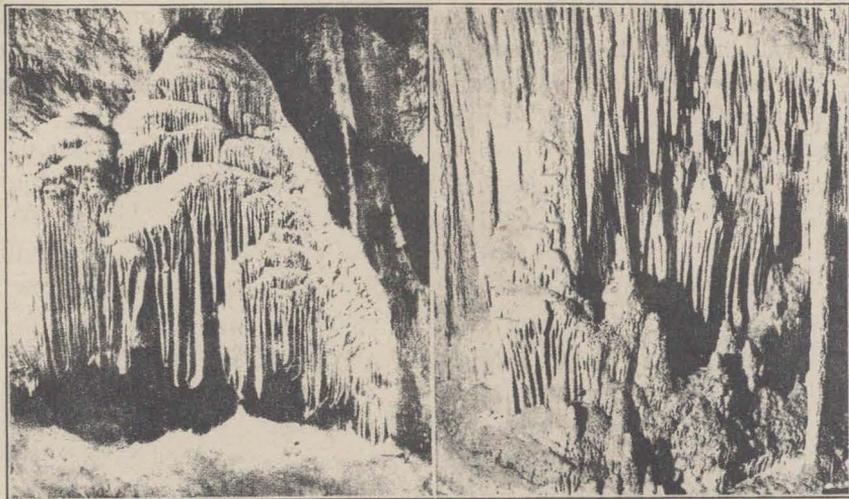


Fig. 334.

Fig. 335.

Fig. 334.—Estalactitas de la gruta de Sámamo (Santander). (Fotografía Orestes Cendrero).
 Fig. 335.—Estalactitas y estalagmitas de Cuevas del Drach (Manacor-Mallorca-Baleares). (Fot. comunicada por el profesor Dr. E. Rodríguez y López Neyra).

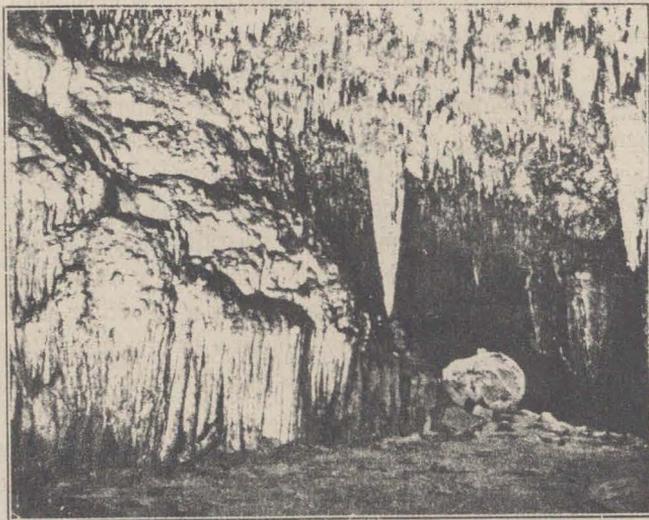


Fig. 336.—«El Techo Helado» de las Cuevas de Bellamar (Matanzas-República de Cuba). (Fot. com. por el prof. P. J. M. Alonso S. J.)

Mallorca (*figura 335*); Bellamar, en Cuba (*figura 336*); etcétera.

Las grutas se forman también en el yeso y demás sales solubles. Cuando se hunde el techo de una gruta cualquiera se originan en el terreno hundimientos o depresiones conformes llamados *embudos de disolución*, y si las depresiones son más profundas se denominan *simas* o *torcas*.

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. 257*). 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* (*figura 40*), 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 fusión 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 fusión 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. Ordinariamente la nieve por sí ejerce más efecto protector que destructor (*figs. 337 y 338*); pe-



Fig. 337.—La nieve como agente protector. Paisaje nevado en Noruega.

ro a veces tiene también efectos destructores: tal ocurre con los *aludes* o *avalanchas*, los cuales consisten en una masa de nieve desprendi-

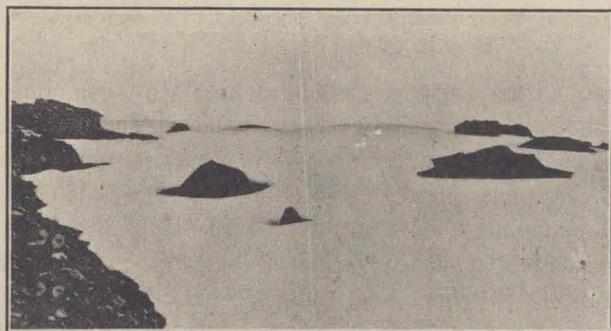


Fig. 338.—El nevado del Tolima (5.620 metros), en Colombia, es un ejemplo muy demostrativo de cómo la nieve obra como agente protector, pues es evidente que las rocas que emergen de ella serán más fácilmente erosionadas que las cubiertas. (Fot. com. por la profesora colombiana Ana Torres Plata).

da de la montaña y que al ir rodando por la vertiente de ésta aumenta gradualmente de volumen por la adición de nuevas cantidades de nie-

ve, 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 (*fig. 339*), Cordillera Cantábrica, etc.



Fig. 339.—Estragos producidos por un alud en los Pirineos (Canfranc-Huesca). (Fot. com. por el ing. F. Azpeitia Floren).

Se corrigen o evitan plantando abundante arbolado y con diques en las laderas parecidos a los que se indicaron al hablar de torrentes (pág. 203).

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*

(*) 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.

o depresiones rodeadas de altas cimas (*fig. 340*), sufren en ellos una



Fig. 340.—Circo glaciar des Evettes, en los Alpes franceses. (Fotografía Gignoux).

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 funde 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 constituyen la cuenca de recepción del glaciar y 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 constituye toda la *lengua del glaciar*, o sea «la porción alargada del glaciar que baja entre las paredes de un valle» (*figs. 341 y 346*). 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. Entre la cuenca del gla-

ciar y la lengua, suele quedar una región con grandes grietas transversales que se denomina la *rimaya*.



Fig. 341.—Lengua del glaciar llamado El Mar de Hielo (Mont-Blanc).

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 (*figura 342*). 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 (*figs. 340 y 346*).

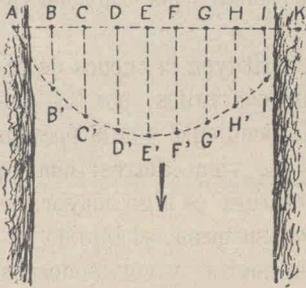


Fig. 342.—Experimento para demostrar el movimiento de los glaciares.

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 tro-

...

zos 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.

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 el fondo del valle por donde se desliza, va erosionando y denunciando las rocas, dándolas un pulimento particular redondeado que les ha valido el nombre de *rocas aborregadas* «porque recuerdan confusamente un apretado rebaño de borregos». En los Picos de Europa se llaman *lamiars*, por su aspecto lamido (*figura 343*).

Los pequeños fragmentos de rocas que el hielo del glaciar ha englobado en su marcha, al ir rozando fuertemente contra las paredes y el 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* (*fig. 344*). Ocurre a veces que de las vertientes 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* (*fig. 345*). 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 consti-

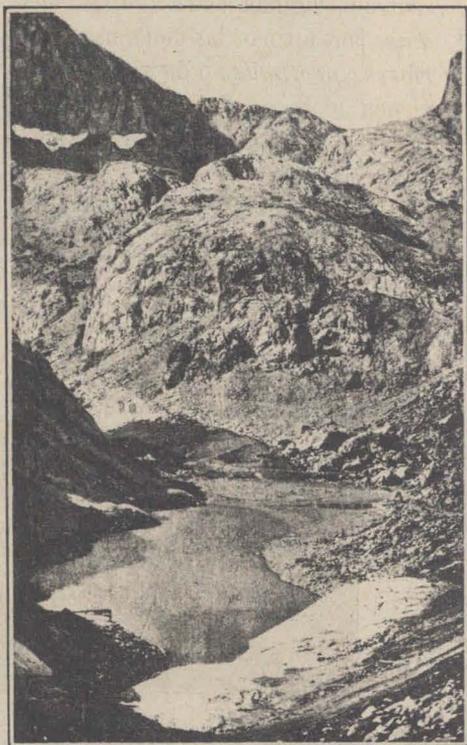


Fig. 343.—En el fondo, rocas aborregadas en la laguna de Andara (Picos de Europa). (Fot. O. Cendrero).

tuida su cuenca». Se distinguen varias clases de morrenas, según su posición (*fig. 346*): 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

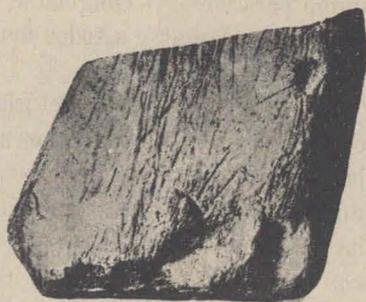


Fig. 344.—Canto estriado de un glaciar (según Bailey Willis, en Haug).



Fig. 345.—Bloque errático en la Sierra de Guadarrama. (Del trabajo *Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama*, por los profs. Dr. H. Obermaier y Dr. J. Carandell).

profundamente el cauce por donde se desliza, que adquiere forma de U, visto en corte transversal (*figuras 347 y 348*).

Cuando un glaciar llega a una región donde reina una temperatura constante superior a 0° , el hielo se funde 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 penetran en el mar sin fundirse; pero como el hielo flota en el agua, tiende a romperse en trozos (figura 349), que son los que constituyen los hielos flotantes o *icebergs* (figura 350), tan peligrosos para la navegación, que van fundiéndose gradualmente

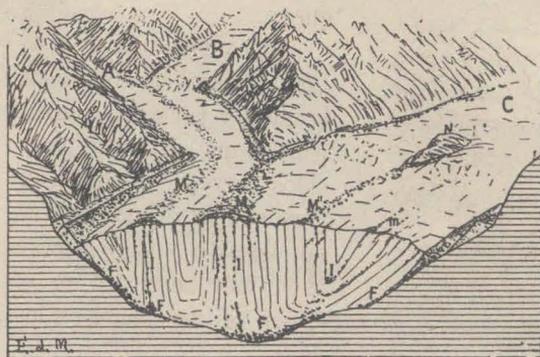


Fig. 346.—Esquema de un glaciar formado por la reunión de las lenguas de los tres glaciares A, B y C.—M, M', morrenas superficiales centrales resultantes de la reunión de las laterales.—F, morrena profunda.—N, origen de la morrena M'. (Según E. de Martonne).

te y abandonando en el mar los detritos que llevan englobados. Como

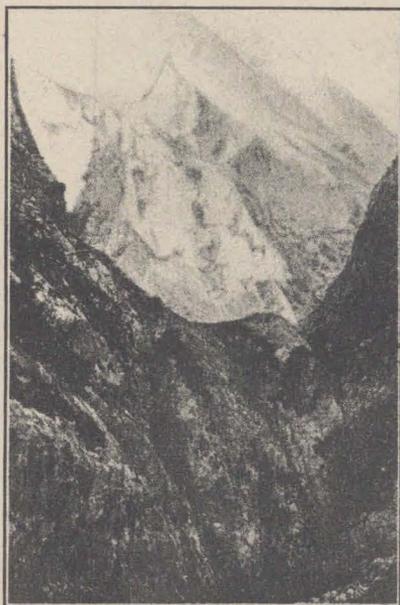


Fig. 347.—Cauce del glaciar Bulnes (Picos de Europa).

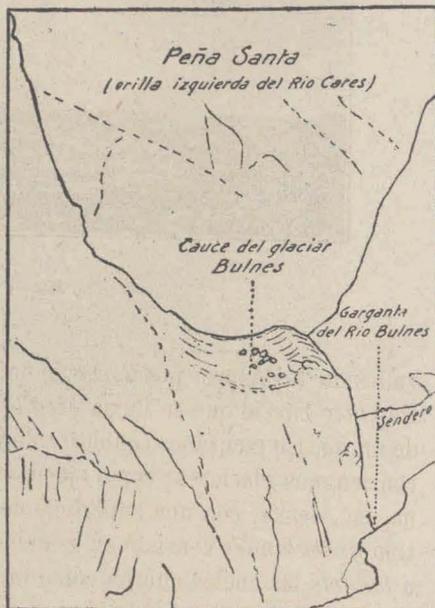


Fig. 348.—Explicación de la figura 347. Ambas según H. Obermaier. (*)

(*) El abate Dr. *Hugo Obermaier* es alemán nacionalizado español y actualmente catedrático de Prehistoria de la Universidad de Madrid.

puede apreciarse en la *fig. 349*, del iceberg no sale por encima del agua más que una parte muy pequeña.

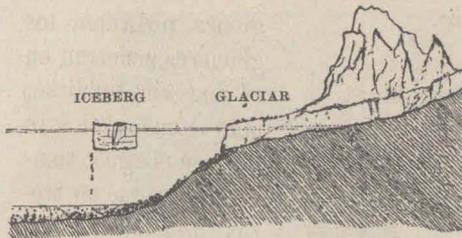


Fig. 349.—Esquema de la formación de los icebergs.
(De Geikie).

TIPOS DE GLACIARES.— Los glaciares no son todos iguales, y por esto se agrupan los que son más parecidos entre sí formando diversos tipos. El glaciar que he descrito anteriormente es el más corriente en el

centro de Europa y se llama *alpino* o *de valle*, por ser frecuente en los

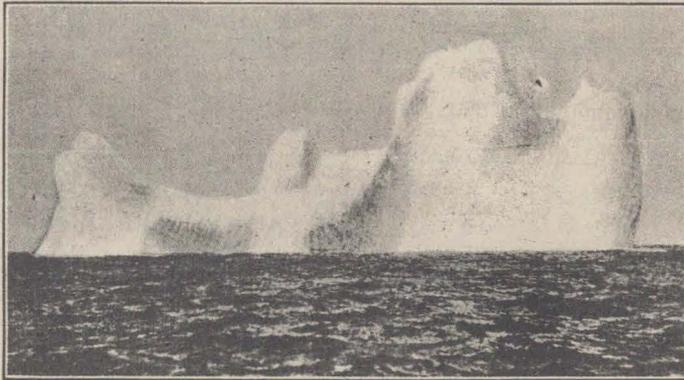


Fig. 350.—Un iceberg.

valles de los Alpes: puede servir de ejemplo el Mar de Hielo (*fig. 341*). Hay otro tipo al que se llama *escandinavo* o de *pie de monte*, en el cual de un macizo montañoso cubierto de neviza, parte una serie de barrancos con lenguas glaciares: como ejemplo puede citarse el glaciar de Malespina, en Alaska, con una superficie de hielo de 4.000 kms. cuadrados. El tipo *groenlandés* consiste en grandes masas de hielo llamadas *inlandsais* o *landels* las cuales cubren como un casquete o escudo el centro de un país y de los que en los bordes se desprenden lenguas glaciares aprovechando barrancos más o menos pendientes: Groenlandia y Antártida están cubiertas en su centro por un enorme glaciar de este tipo, que no

deja libre de hielo más que la zona litoral (*fig. 351*). Por último, los



Fig. 351.—Una porción de la terminación del inlandsais antártico.

glaciares de tipo *pirenaico* están reducidos casi a la zona del circo, a veces con una pequeña lengua como colgada de la rimaya, por lo que se

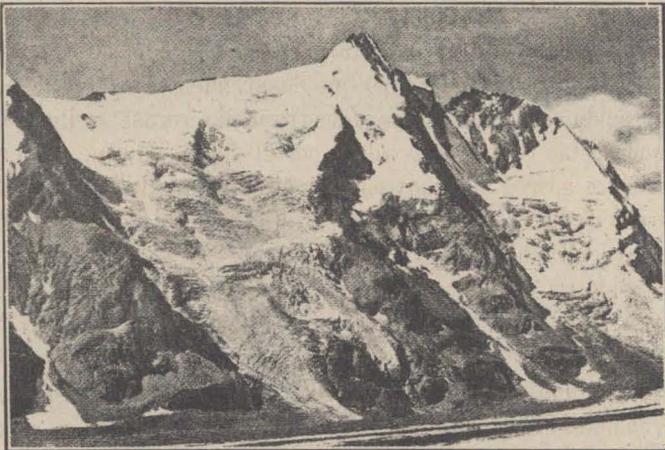


Fig. 352.—Glaciares de tipo pirenaico. (S. F. Frech).

llaman también glaciares *suspendidos*: de esta clase son casi todos los glaciares del Pirineo (*fig. 352*).

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 congelarse, es decir (pág. 227), 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. 353) y los llamados colectivamente *moluscos litófagos* (gr. *lithos*, piedra; *fagos*, como) (fig. 354), todos los cuales pueden segregarse 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

(*) Véase mi obra BOTÁNICA, 6.ª edic., pág. 117.

terrestres, los *castores* son a veces causa indirecta de destrucción, pues

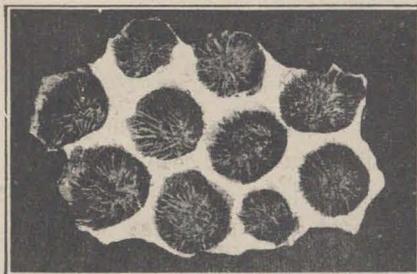


Fig. 353.

Fig. 353.—Erizos de mar (*Paracentrotus* o *Toxopneustes lividus*) alojados en cavidades de una caliza. (Fotografía Orestes Cendrero).

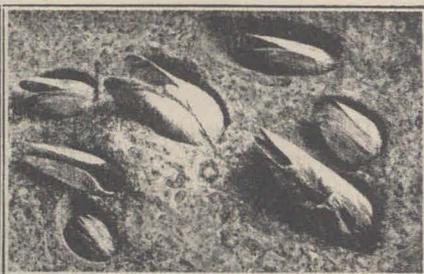


Fig. 354.

Fig. 354.—Moluscos litófagos (*Phoias dactylus*) alojados en cavidades de una arenisca.



Fig. 355.—Familia de castores y dique construido por ella.

por medio de los diques que fabrican en el curso de los ríos (figura 355), 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, etcétera.

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 vivir, por obstruir su superficie 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* (fig. 356) y algunos otros géneros, y entre las Fanerógamas las *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 unos



Fig. 356.—*Sphágnum* o musgo que principalmente forma la turba.

(*) Véase mi obra BOTÁNICA, 6.ª edic., pag. 193.

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 (trad. Pantano Lúgubre) (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 vegetal y en ellos y en los de otros países se ha encontrado en abundancia un microbio análogo al *Bacillus Amylobácter*, denominado *Micrococcus lignítum*, 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 arbórescentes, y los agentes de la carbonización serían también varias especies de microbios (*Micrococcus carbo*, etc.) 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.

(*) Véase mi obra BOTÁNICA, 6.ª edic., pág. 192.

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 forman 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, el hecho de encontrarse en muchas capas de hulla troncos con sus raíces, en la misma posición que tienen en vida (*fig. 357*).

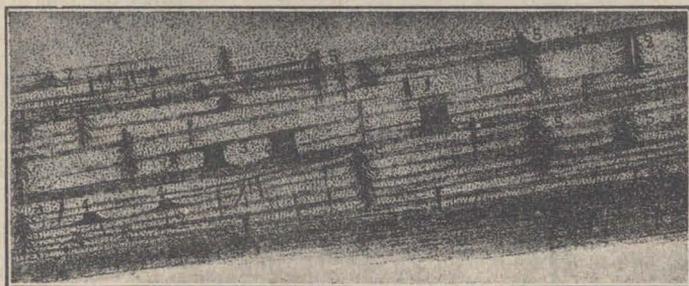


Fig. 357.—Corte de una capa de hulla (según Grand'Eury).

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*, constituidos por trozos de hojas, troncos, raíces, etc., y llevados por las aguas de los ríos a deltas lacustres o marinos (*fig. 358*). 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.



Fig. 358.—Los grandes ríos de América (Misisipi, etc.) 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. com. por el prof. P. C. Ordóñez C. M.)

Depósitos de origen animal.—Los principales son el *guano* y las *brechas huesosas*. El *guano* consiste en depósitos, a veces considerables, constituidos por los excrementos de aves marinas (fig. 359), mez-



Fig. 359.—Figura destinada a explicar cómo las grandes agrupaciones de aves marinas (albatros, etc.) pueden llegar a formar el guano. (De Rinne).

clados 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, preferentemente en las islas 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. 360*), 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* denominados *madréporas* que viven en colonias (**) (*figs. 361 y 362*): 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, etcétera, porque el agua dulce les perjudica; por último, a profundidades mayores de 40 metros tampoco originan depósitos, pues por debajo de dicha profundidad viven aislados o en pequeñas colonias

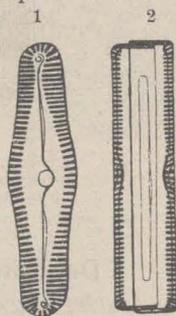


Fig. 360.—Diatomea vista de frente, 1, y de perfil, 2.

(*) Véase BOTÁNICA, 6.ª edic., pág. 60.

(**) Véase ZOOLOGÍA, 6.ª edic., *Autozoos*, pág. 112.

en vez de formar grandes colonias: todas estas condiciones se encuentran reunidas en los mares ecuatoriales, preferentemente en el Pacífico,



Fig. 361.—*Madrépora bullata*. (Fot. com. por el profesor Dr. E. Rioja).

Fig. 362.—*Madrépora Pharaonis*. (Fotografía O. Cendrero).

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

que es donde hay mayor número de estas formaciones, llamadas *arrecifes* e *islas madreporicas* o de *coral*. Los primeros (*fig. 363*) se encuen-

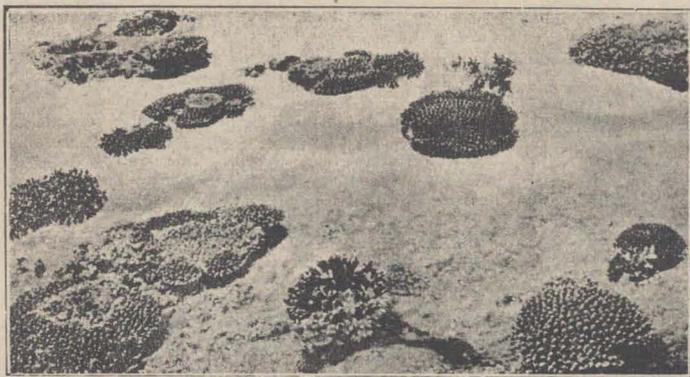


Fig. 363.—Vista parcial de un arrecife de coral en la marea baja.

tran principalmente en la 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 energen de éste y constituyén un peligro para la navegación. Cuando los arrecifes de coral se forman en medio del mar pueden llegar a constituir una isla de coral la cual emerge del agua por acumularse primero en el centro del arrecife los restos de los corales destrozados por las olas y por continuar despues 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, la sal, etc., depositados, puede llenarse de agua dulce en la época de las grandes lluvias (*fig. 364*). Tanto en éstas como en las restantes islas

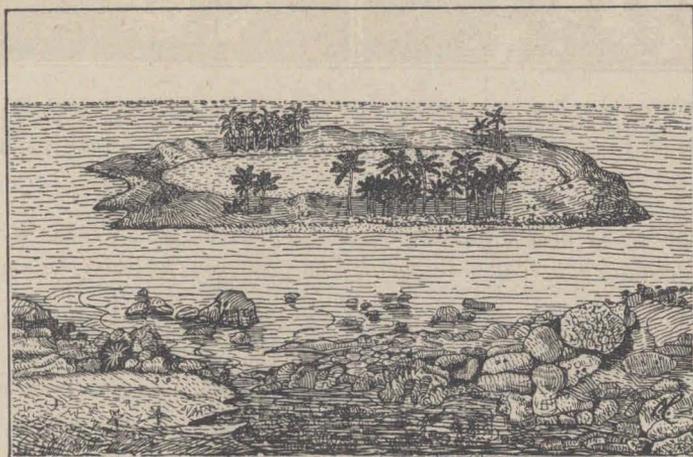


Fig. 364.—Conjunto esquemático de un atoll y de parte de un arrecife de coral.

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 microscópicos seres que viven flotando en la superficie de los mares, constituyendo gran parte del plancton (pág. 65) (*figs. 365 y 366*).

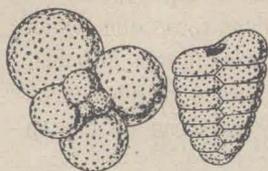


Fig. 365. Caparazones de *Globigerina* (365) y *Textularia* (366), dos de los Protozoos que contribuyen a formar rocas.

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*, etc.: en otros lugares se forman por la acumulación en las playas de las conchas arrojadas por las olas.

LITOLÓGÍA

Ya se dijo anteriormente (pág. 78) 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 minerales 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 acti-

(*) En toda la parte de Litología sigo el *Traité Pratique de Geologie*, traducción francesa que P. Lemoine ha hecho de la obra de J. Geikie *Structural and Fiel Geology*.

vidad interna del globo: *sedimentarias* o formadas a expensas de los materiales de rocas preexistentes, y que son las únicas rocas que llevan fósiles: 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 *detríticas*, *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 últimas 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. 189): son rocas de partículas incoherentes.

ROCAS HIDRÁULICAS.—Entre ellas se encuentran rocas poco coherentes, como las *arcillas* (pág. 170); las *margas* (pág. 153), 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 avellana, 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 *ca-*

lizo, pero que también puede ser *arcilloso* o *ferruginoso*: 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 (*figu-*



Fig. 367.—Cantera de arenisca en Cabezón de la Sal (Santander): hendiendo la roca con cuñas. (Fot. O. Cendrero).

ras 367 y 368); los cascajos y guijarrones pasan a *conglomerados*:



Fig. 368.—Ruedas de afilar obtenidas de la arenisca de la figura 367. (Fotografía O. Cendrero).

cuando los elementos de éstos son redondeados, reciben el nombre particular de *pudingas* o *almendrones* (*fig. 369*), y si son angulosos se llaman *brechas* (*fig. 370*).

ROCAS GLACIARES.—En los países fríos y templados es frecuente en-



Fig. 369.—Pudinga.



Fig. 370.—Brecha.

contrar en las vertientes de las montañas o en las partes de éstas no cubiertas de tierra vegetal, montones de piedras de espesor variable, constituidos por fragmentos angulosos que provienen de la acción del hielo (página 183): 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.—En la pág. 222 se indicó su origen. Son todas rocas simples, como el *sillex*, las *hematites roja y parda*, la *siderita*, la *dolomita*, etc., en cuyo mecanismo o modo de formación no es posible entrar sin salir del terreno elemental; de las *estalactitas* y *estalagmitas*, *yeso*, *sal*, etc. se indicó algo (págs. 222 y 225); 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 reconocerse es en la *creta*, en las *lu-maquelas* o calizas con abundantes restos de conchas, etc. También puede considerarse como verdadera roca el guano (pág. 242).

GEOTECTONICA 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 grupo 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

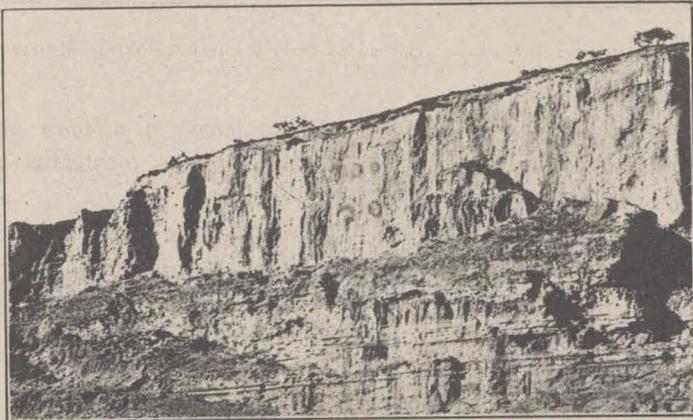


Fig. 371.—Estratos casi horizontales. (Cerro de Cantabria-Logroño). (Fot. comunicada por el ingeniero E. Sánchez Lozano).

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* y superpuestas (*figs. 240 y 371*). Sin embargo, un depósito de arenas, por ejemplo, en aguas turbulentas que cambian frecuentemente de dirección y de caudal, podrá constituir una disposición confusa de estratos diversamente orientados que se entrecruzan irregularmente, originando lo que se llama una estratificación *cruzada* (*fig. 372*).

Después de constituidos los estratos horizontales, y por razones

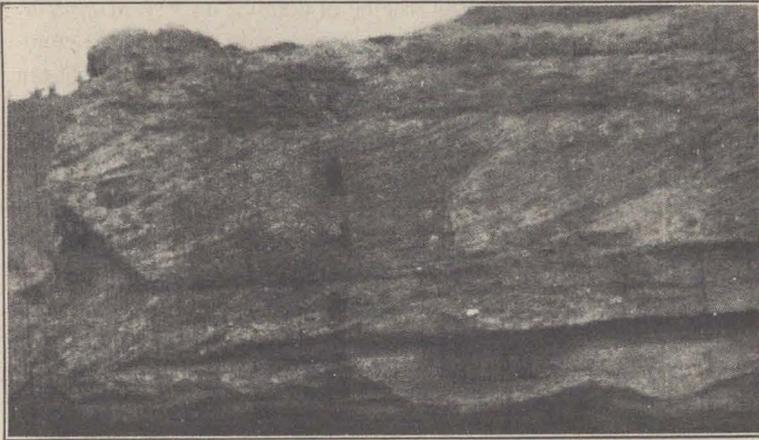


Fig. 372.—Estratificación cruzada en unos conglomerados de la provincia de Toledo. (Fotografía O. Cendrero).

que se verán más adelante, dichos estratos se doblan o *pliegan* más o menos profundamente y originan los llamados pliegues o estratos *diclinales* (*figs. 373 y 374*), los

cuales presentan unas partes en forma de A, denominadas *anticlinales* (*fig. 375*), y otras en forma de V, llamadas *sinclinales* (*fig. 376*). Se comprende que los

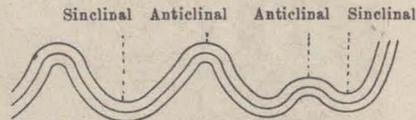


Fig. 373.—Pliegues diclinales.

se hallarán siempre más o menos *inclinados* (*fig. 377*), pudiendo presentarse algunas veces verticales o casi verticales (*figura 378*): si los

dos lados del pliegue están igualmente inclinados, éste se llama *simétrico*, y si lo están desigualmente, se llama *asimétrico*.

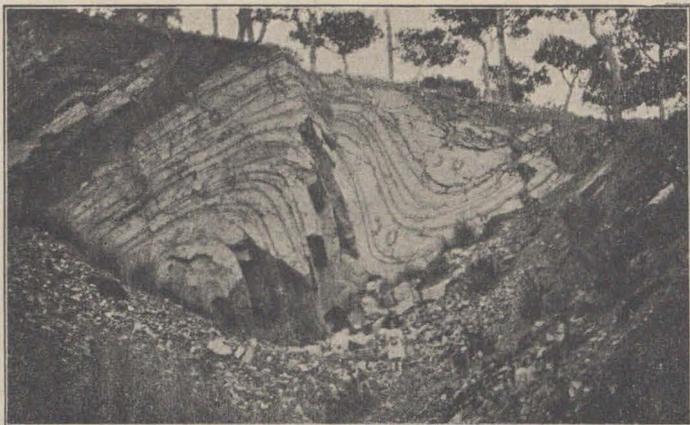


Fig. 374.—Pliegue diclinal en Sarriá (Barcelona). (Fotografía comunicada por el profesor Dr. M. San Miguel de la Cámara).

En la mayor parte de los casos no se ven completos los pliegues diclinales, ni siquiera los anticlinales o los sinclinales, bien por ser tan

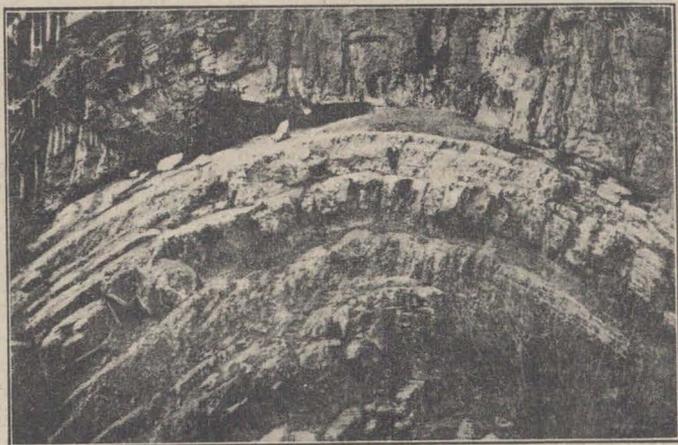


Fig. 375.—Anticlinal en Jabalera (Cuenca). (Del trabajo «La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo», por el prof. Dr. J. Royo).

grandes que no se pueda alcanzar a verlos totalmente, bien porque haya desaparecido parte de ellos por ablación: en ambos casos se reconoce la

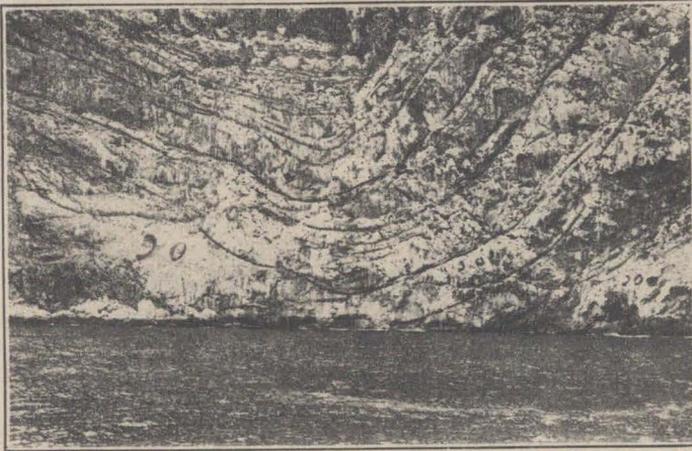


Fig. 376.—Sinclinal en la Punta del Fabioler (Andraitx-Mallorca). (Fot. por el prof. B. Darder de la col. del Museo Nacional de Ciencias Naturales com. por el prof. Dr. L. Fernández Navarro).

existencia del pliegue por la inclinación de las capas a que antes se hizo



Fig. 377.—Estratos inclinados y concordantes. (Górliz-Vizcaya). (Fot. O. Cendrero).

referencia (figs. 377 y 378). Cuando los lados de los ángulos de anticli-

nales y sinclinales son casi paralelos, se originan los llamados pliegues *isoclinales* (fig. 379), nombre que también se aplica al conjunto de estratos que se hallan inclinados en la misma dirección (figs. 377 y 378).



Fig. 378.—Estratos casi verticales y concordantes (provincia de Barcelona). (Fot. comunicada por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

medio de la brújula de geólogo que consiste (figura 380) en una brújula ordinaria pero de contorno octogonal la cual lleva además un pequeño péndulo llamado *clinómetro* porque sirve para medir la pendiente o inclinación del estrato (gr. *kli-no*, inclinar; *metron*, medida) (*).

Finalmente, un estrato se dice que es *concordante* con otro cuando se ha depositado sobre la superficie *no desnudada* de éste, formando capas *paralelas*, sean o no horizontales (figs. 371 a 379): indican una sedimentación continua

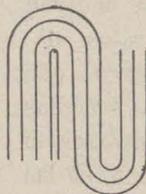


Fig. 379.—Pliegues isoclinales.

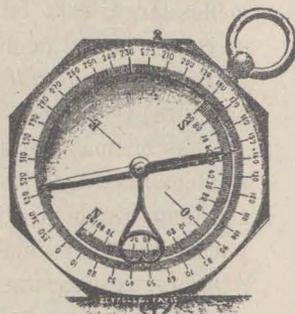


Fig. 380.—Brújula de geólogo con el clinómetro. (De *Prácticas de Mineralogía y Geología*, por J. Rojo y O. Cendrero).

(*) Para más detalles véase la obra PRÁCTICAS DE MINERALOGÍA y GEOLOGÍA, por J. Rojo y O. Cendrero, pág. 209.

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. 381*): indican una sedimentación discontinua. La discordancia más frecuente es la llamada *angular*, debida a que las capas que recubren a las denu-



Fig. 381.—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. 382.—Los estratos A son concordantes, y lo mismo B y C; pero los A, B y C son discordantes entre sí.

dadas no tienen la misma inclinación que éstas (*figs. 382 y 383*); pero también existirá discordancia entre estratos *paralelos* (*fig. 381*) siempre que por haber estado emergidos los estratos inferiores, haya habido una discontinuidad en la sedimentación: entonces, al depositarse nuevos estratos, se apoyarán sobre los inferiores denudados, y entre ambos faltarán los estratos correspondientes a un periodo de tiempo más o menos largo: esta falta de estratos se conoce con el nombre de *laguna estratigráfica* o *hiato* (latín *hiatus*, abertura) (véase pág. 305).

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 resbalamiento en las dos partes resultantes (*fig. 384*), 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 diversas (*figuras 383 a 388*) y en las que hay que distinguir (*figs. 385 a 387*): el



Fig. 383.—Discordancia angular en la Montaña de la Tentación (Palestina). (Fot. comunicada por el P. Celestino Cebrían O. F. M.)

plano de falla que, como indica su nombre, es la superficie según la cual se ha producido la rotura y el resbalamiento de las dos partes re-

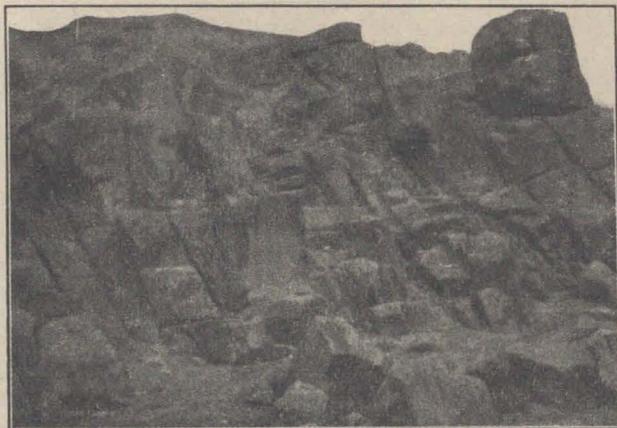


Fig. 384.—Diaclasas en el granito de los alrededores de Toledo. (Fot. O. Cendrero).

sultantes; es frecuente que la superficie de las rocas de este plano de falla se pulimenten y abrillanten por efecto de la fricción, y entonces se

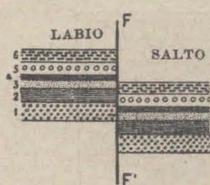


Fig. 385.—Falla vertical.

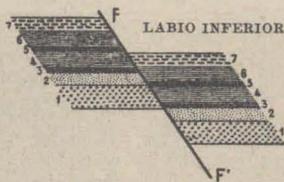


Fig. 386.—Falla normal.
 $F F'$ plano de falla. (De Haug).

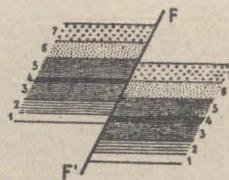


Fig. 387.—Falla inversa.

denominan *espejos de falla*: *línea de falla* es la intersección del plano de falla con la superficie del suelo (fig. 390): *labios de falla* son los bordes *superiores* de las dos superficies separadas, y *salto de falla* o *altura de falla* es la distancia que hay entre los dos labios de la falla. Atendiendo a la posición del *plano de falla*, éstas se dividen: en *verticales*, cuando dicho plano es vertical (fig. 385); *normales* (fig. 386), cuando el plano está inclinado de tal manera que el lado hundido, reposa sobre el no hundido: dicho lado hundido parece haberse deslizado sobre el plano de falla siguiendo la gravedad; la denominación de norma-

les alude a que son las más frecuentes; por último, se denominan *inversas* aquellas en las que el estrato hundido se mete *debajo* del no hundido, el cual se apoya sobre el hundido (*fig. 387*).



Fig. 388.—Grupo de fallas normales en San Esteban de Castellá (Lérida). (Fotografía Vidal com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

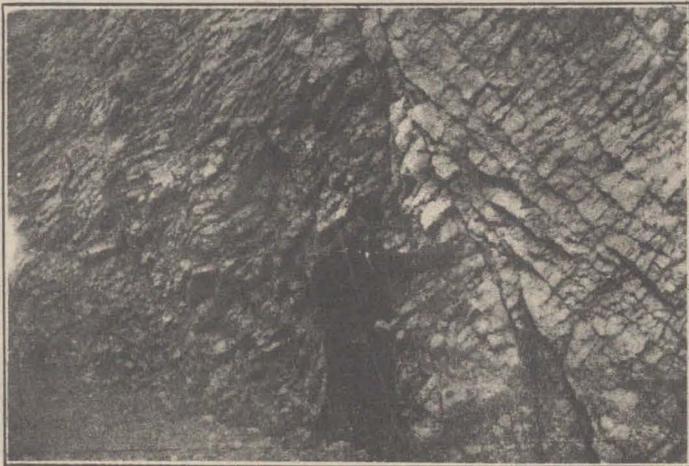


Fig. 389.—Grupo de fallas en Sierra Nevada (Granada). (Fotografía O. Cendrero).

Las fallas se hallan a veces aisladas, pero es muy frecuente que se presenten varias en una región, en cuyo caso pueden dar lugar a la for-

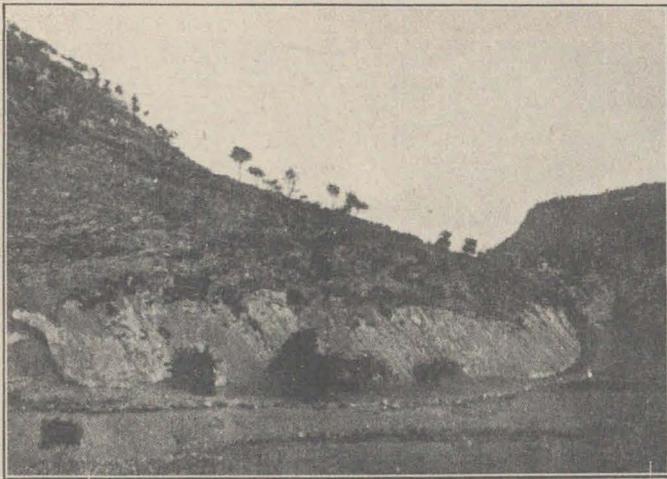


Fig. 390.—Falla en Castellví (Barcelona), de unos diez metros de salto: se aprecia el plano de falla curvo y la línea de falla. (Fot. com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

mación de los llamados *horst* o *pilares* y de las *fosas*: un *horst* consiste en una extensa zona de estratos no hundida, o zona resistente, com-

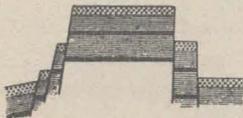


Fig. 391.—Horst.

(De Haug).

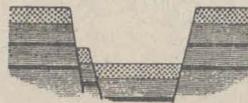


Fig. 392.—Fosa.

prendida entre dos o más zonas hundidas, debidas a la existencia de fallas que van en sentido inverso a uno y otro lado del horst (*figura 391*).

una *fosa* es una zona de estratos hundida situada entre otra u otras no hundidas y limitada por fallas paralelas (*fig. 392*).

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 éstas 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. 65), se supone hoy que en los mares existen *grandes y largas depresiones o fosas en vía de hundimiento*, comprendidas entre dos macizos más resis-

tentes: estas largas y profundas depresiones reciben el nombre de *geosinclinales* (fig. 393) para distinguirlas de los sinclinales de que antes se habló (que son me-

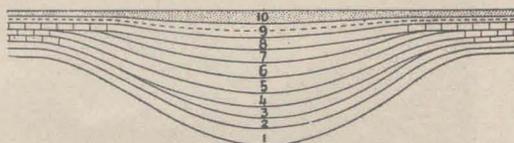


Fig. 393.—Esquema de un geosinclinal: los números 1 a 10 demuestran la continuidad de la sedimentación en el centro y la discontinuidad en los bordes. (De Haug).

nos 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

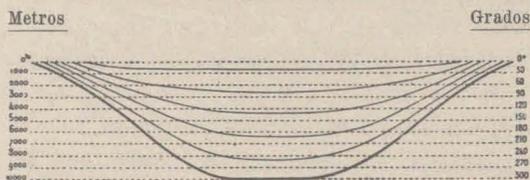


Fig. 394.—Figura destinada a demostrar el paso gradual de los estratos del geosinclinal a zonas de temperatura más elevada: a la derecha los grados; a la izquierda los metros. (De Haug).

de lo que se sabe del grado geotérmico (página 75). «Una acumulación de sedimentos de 1.000 metros acarreará una elevación de temperatura del antiguo fondo del 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. 394). Ya se verán más adelante importantes aplicaciones de esta noción.

(*) De la obra del Dr. Lucas Fernández Navarro.—*Paleogeografía.—Historia geológica de la Península Ibérica.*—Madrid, 1916.

AGENTES ERUPTIVOS (*)

Entre las varias manifestaciones de la actividad interna del globo, una de las más importantes es la de los *fenómenos volcánicos* o *erupciones volcánicas*, cuyas localizaciones en determinados puntos de la superficie terrestre 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 (*fig. 395*): 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 el *cono volcánico* o *montaña volcánica*, que está formado por las lavas o materias fundidas arrojadas por la chimenea, las cuales afectan en conjunto *forma cónica*, en cuyo vértice próximamente se halla el cráter (*figs. 395 a 400*): además de la chimenea central o

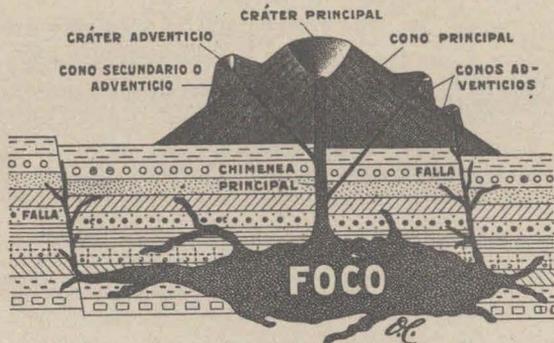


Fig. 395.—Esquema de un volcán.

(*) Para el desarrollo de este capítulo sigo principalmente la obra de Haug.

principal suele haber otras *laterales* o *secundarias* de menor diámetro, las cuales dan origen a unos conos también menores que se han denomi-

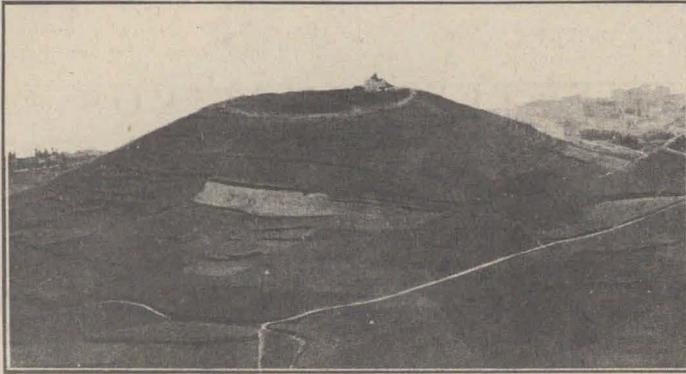


Fig. 396.—El volcán Montsacopa (Olot-Gerona), como ejemplo de volcán apagado con el cono de lavas y el cráter bien manifiestos. (Fot. com. por el Pbro. J. Gelabert, autor del trabajo *Los volcanes extinguidos de la provincia de Gerona*).

nado *secundarios*, *adventicios* o *parásitos*: estos conos son a veces muy numerosos. Las capas de lava que constituyen el monte volcánico están

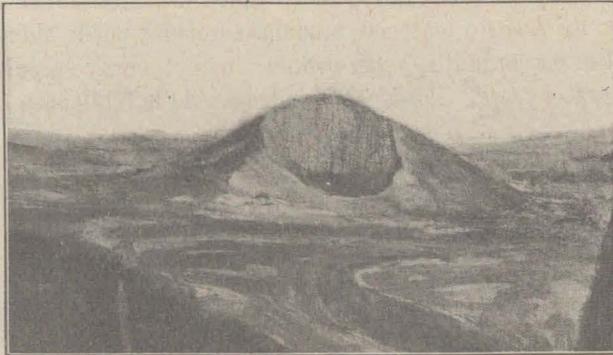


Fig. 397.—El Volcán Cruscat (Olot-Gerona), como ejemplo de volcán apagado con el cono de lavas y el cráter bien manifiestos, aunque erosionados en parte. (Pintura del natural por el Pbro. J. Gelabert, autor del trabajo *Los volcanes extinguidos de la provincia de Gerona*).

inclinadas en todas direcciones a partir de la chimenea y casi siempre formando ángulo con las capas sedimentarias en que se apoyan (*fig. 395*).

Los volcanes llamados *activos* poseen ordinariamente períodos de ac-

tividad, 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, se le califica de *extinguido* o *apagado*; ejemplo de ello tenemos en España, en la Mancha, Gerona, Cabo de Gata, etc. (figs. 396 a 399).

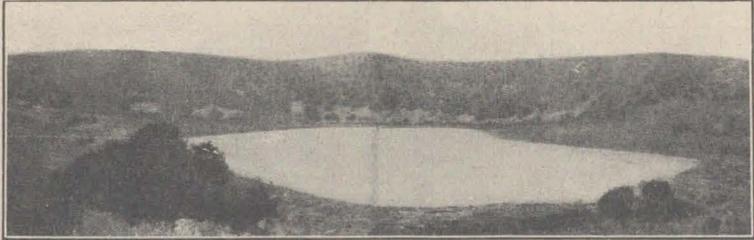


Fig. 398.—La Laguna de la Posadilla (Valverde de Calatrava-Ciudad Real), como ejemplo de cráter de volcán apagado, actualmente lleno de agua. (Fot. com. por el Pbro. J. M.^a de la Fuente).

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



Fig. 399.—La Caldera de Bandama (Gran Canaria), como ejemplo de cráter de volcán extinguido. (Fot. com. por el prof. Dr. J. Gómez de Llarena).

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 ente-



Fig. 400.—El Pico del Teide (Tenerife-Canarias) como ejemplo de cono volcánico y de volcán activo que se consideró como extinguido. (Fot. tomada desde un aeroplano).

rró las poblaciones Pompeya y Herculano. También el Teide (Tenerife-

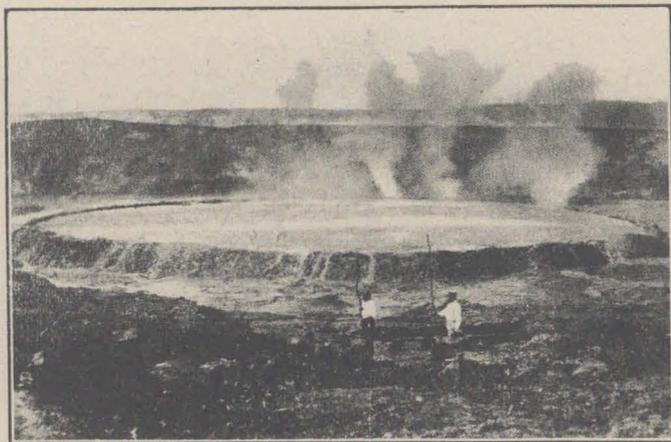


Fig. 401.—Cráter del volcán Kilauea. En realidad, el cráter primitivo del Kilauea es enorme, pues su circunferencia mide unos 12 kilómetros; pero hace ya tiempo que no está todo él en actividad, sino que ésta se limita a una o más regiones o cráteres secundarios, como el que representa esta figura que reproduce el estado del cráter en 1893. Al fondo se ve la pared del cráter primitivo. (Fot. F. G. T. Silva).

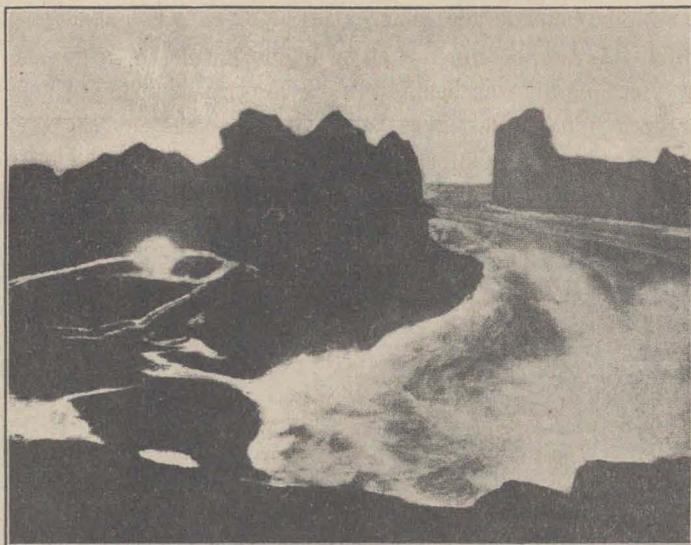


Fig. 402.—Río de lava muy flúida del volcán Kilauea. (Erupción noviembre 1929).

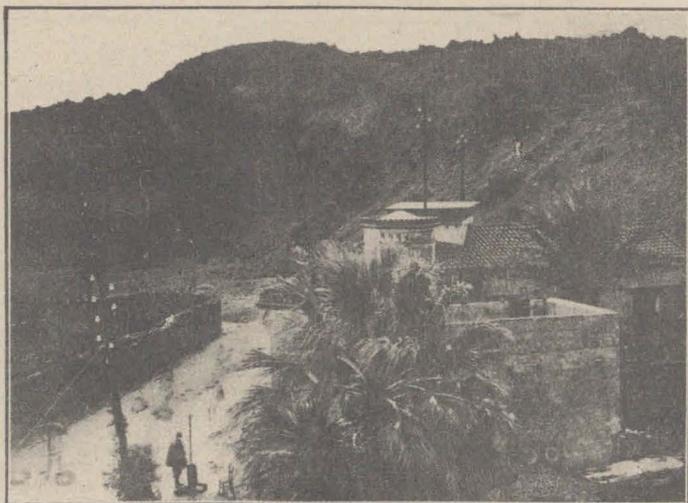


Fig. 403.—Erupción estrombellense del Etna (Sicilia) en 1928. La última casa de Mascali está a punto de desaparecer a causa del avance de la lava, que semeja una enorme colina en movimiento y que se ve detrás y al lado de dicha lava. (Fot. comunicada por el profesor Francisco L. Benac, S. J.)

Canarias) (*fig. 400*) es un volcán activo (*fig. 404*) 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 de esta semejanza en las erupciones, pueden reducirse a cuatro tipos principales bien caracteriza-



Fig. 404.—Explosión estromboliense en el volcán Chinyero (Teide-Tenerife-Canarias) en 1909. (Fot. Laguardia 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).

dos, que son: el *havaicense*, 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 periodos de actividad sale sin violencia ni explosiones ni proyección de cenizas; llena completamente el cráter (*fig. 401*), y, desbordándose, origina en las vertientes corrientes como las del agua, y, como ésta, forma cascadas, etc. (*fig. 402*), hasta que enfriándose lentamente se solidifica; estas lavas llegan a sitios muy distantes del volcán: el vapor de agua y los gases que salen de la lava encerrada en el cráter, hacen semejar a éste a una inmensa caldera en ebullición.

El tipo *estromboliense* es característico del volcán Estrómboli (isla Estrómboli, archipiélago de Lipari, en Italia); la lava es menos flúida que en el anterior, pero también avanza con rapidez y cubre grandes extensiones (*fig. 403*): en las erupciones la salida de los gases y vapores se verifica con gran violencia, determinando abundantes proyecciones sólidas (*fig. 404*), denominadas *bombas* cuando son más o menos fusiformes (*figs. 405 a 407*), *bloques* y *escorias* cuando tienen forma irregular y son porosas: apenas se

forman *cenizas*, es decir, materiales eruptivos muy divididos. 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 tien-

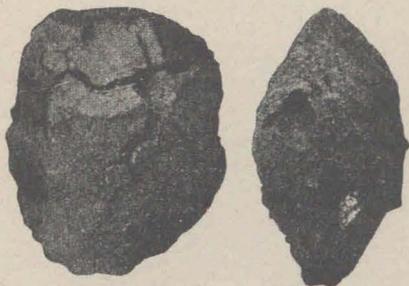


Fig. 405.

Fig. 406.

Dos tipos de bombas volcánicas.

de a taponar el cráter; por estas razones la salida de los gases y vapores no se verifica con facilidad 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 con el vapor de agua y gases, determinan la formación de grandes y densas nubes (*fig. 408*), que así que llegan a las regiones frías de la atmósfera condensan su vapor de agua, que puede 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 barro de

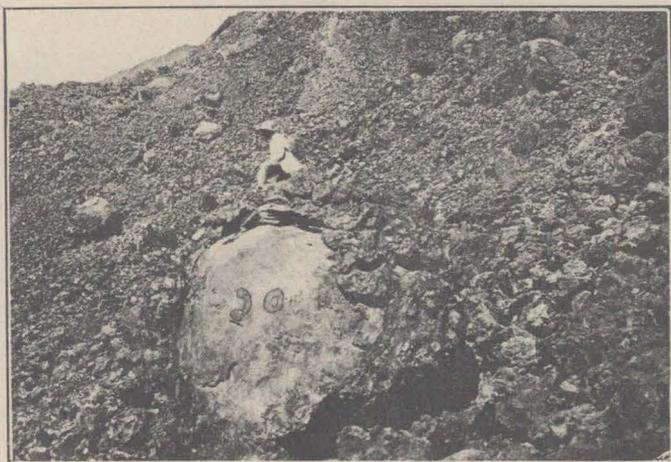


Fig. 407.—Gran bomba volcánica en una corriente de lava del Teide (Tenerife-Canarias).
(Fot. com. por el profesor Dr. L. Fernández Navarro).



Fig. 408.—Explosión volcánica del Vesubio. (Fotografía Meralli).

erupción del Vesubio, la 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.



Fig. 409.—Nube ardiente de la Montaña Pelada, a su llegada al mar. (Fot. Lacroix).

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* (fig. 409), en vez de ascendentes: la temperatura de estas nubes pelenses es elevadísima, de donde el nombre de *nubes ardientes* con que se las conoce; éstas fueron las que destruyeron la ciudad de San Pedro, etc., en 1902 (fig. 410).

En unos y otros volcanes son frecuentes las llamadas *avalanchas secas* o *aludes secos*, que consisten en profundos barrancos excavados en las laderas del volcán (fig. 411) a

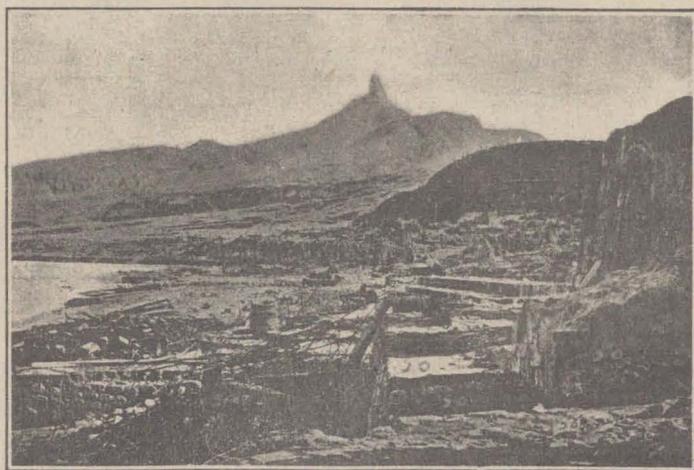


Fig. 410.—Vista parcial de la ciudad de San Pedro de la Martinica después de su destrucción por la nube de la figura 409; al fondo la Montaña Pelada con una aguja sólida que emergió por el cráter después de la erupción. (Fot. Lacroix).

causa del desprendimiento de materias sólidas acumuladas en el borde del cráter y que ruedan por la falda del monte.



Fig. 411.—Aludes secos en el volcán Santa María de la figura 412. (Fot. Robles com. por D. C. D. Suasnávar).

Conviene advertir que un mismo volcán puede presentar sucesivamente erupciones de varios tipos, como el Vesubio, y el Santa María, por ejemplo, que las ha tenido estrombolienses y vulcanienses (*fig. 412*).



Fig. 412.—Erupción, en noviembre 1929, de los volcanes Santa María y Santiago, de Quetzaltenango (Guatemala). Estos volcanes, como casi todos, han presentado erupciones de diversos tipos. (Fot. Robles com. por D. Carlos de Suasnávar.)

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 (desde la temperatura ordinaria a más de 500°) en lugares próximos a los volcanes activos o extinguidos. Las fumarolas reciben diversos nombres atendiendo 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 (fig. 413) emiten, principalmente, vapor de agua, sales amó-

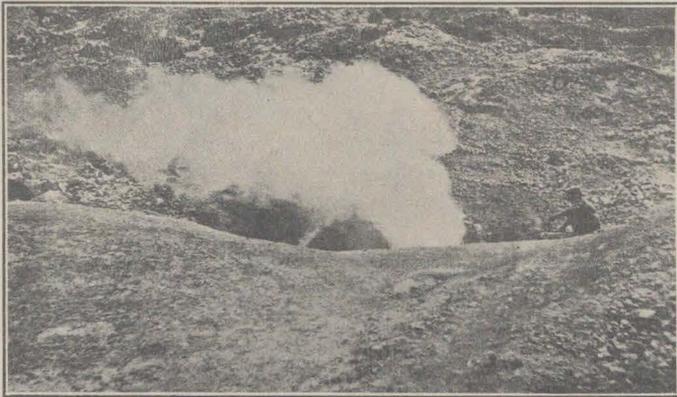


Fig. 413.—Solfatara de Puzzuoli, cerca del Vesubio; es una de las mejor estudiadas. (Fotografía Perret).

nicas 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* o *estado de fumarola*, por su analogía con las mencionadas

(fig. 414; véase también las figs. 52 y 53): de muchos volcanes debería

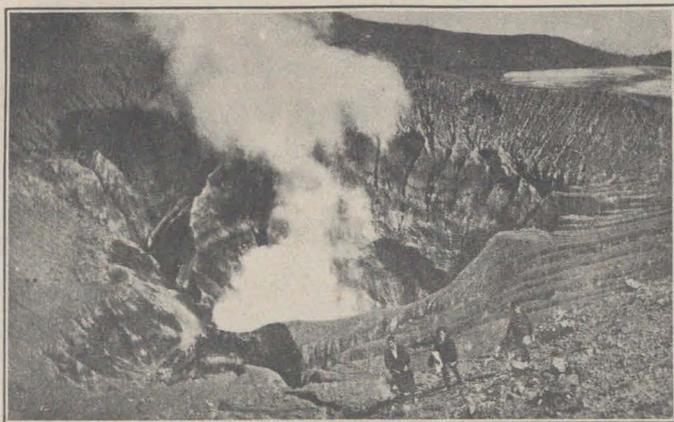


Fig. 414.—Cráter del Volcán Irazú (Costa Rica) en su continua fase de fumarola. (Fot. com. por el prof. costarricense Dr. Manuel Valerio).

decirse más bien que están en fase de solfatará 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

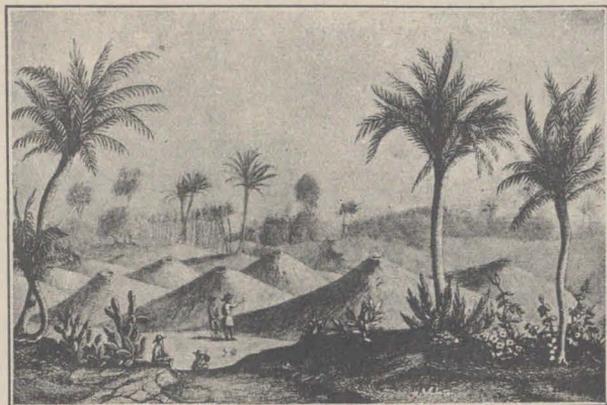


Fig. 415.—Macalubas o volcancitos de fango en Turbaco (Colombia).—Reproducción de un grabado del *Manual de Geología*, por J. Villanova, célebre naturalista español del siglo XIX.

(acompañados a veces de anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico) en te-

renos arcillosos: estos desprendimientos dan lugar a la formación de pequeños conos de barro que semejan volcanes (*fig. 415*). 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) (*fig. 416*), Colombia (*fig. 415*), América Central, etc.

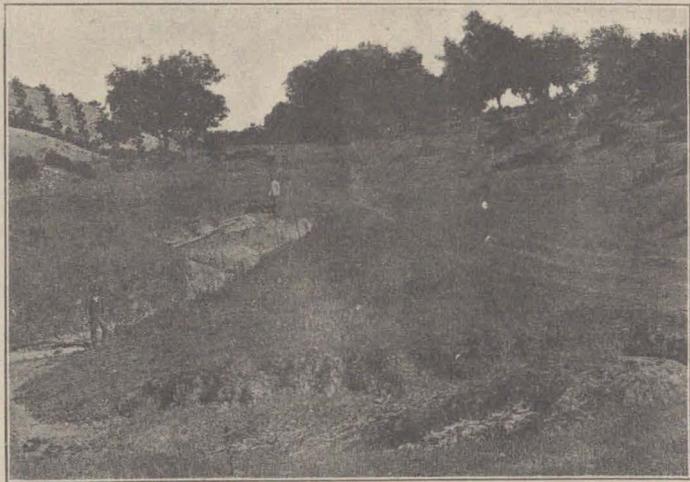


Fig. 416.—Una macaluba de Morón (Sevilla). (Fot. J. Plata Nieto, com. por el prof. E. Albórs).

Las *fuentes hipógenas* (gr. *ypó*, debajo; *genes*, que es engendrado), son los manantiales *termales* o *caldas* en español (*fig. 417*), 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. 224), 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 *geiseros* 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, Nueva Zelanda (*fig. 418*)



Fig. 417.—Las Burgas (Orreaga) son las *caldas* de España que tienen más elevada temperatura (68, 5° C.) (Fot. com. por el prof. G. Nieto).



Fig. 418.—El géiser de Waimangu (Nueva Zelanda) era el mayor del mundo, pues arrojaba el agua a una altura de más de 300 metros. Fué destruido en 1886 por una explosión volcánica.

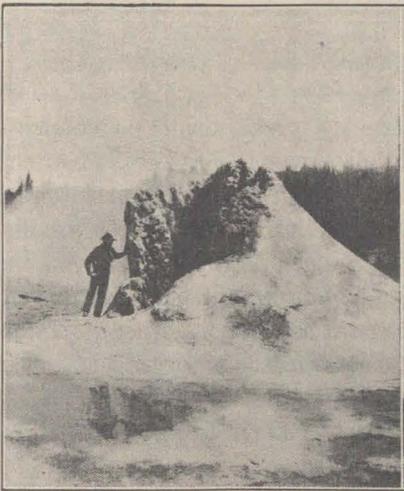


Fig. 419.—Vista del cráter del Géiser Gigante (Parque de Yellowstone: EE. UU. de N. América) durante el reposo. Altura tres metros; diámetro en la base, nueve metros

(Fots. com. por el prof. P. C. Ordóñez C. M.)



Fig. 420.—Erupción del Géiser-Gigante de la figura 419: altura del surtidor, 60 metros.

y en Yellowstone (Estados Unidos) (*figs. 419 a 421*). Tanto las fuen-

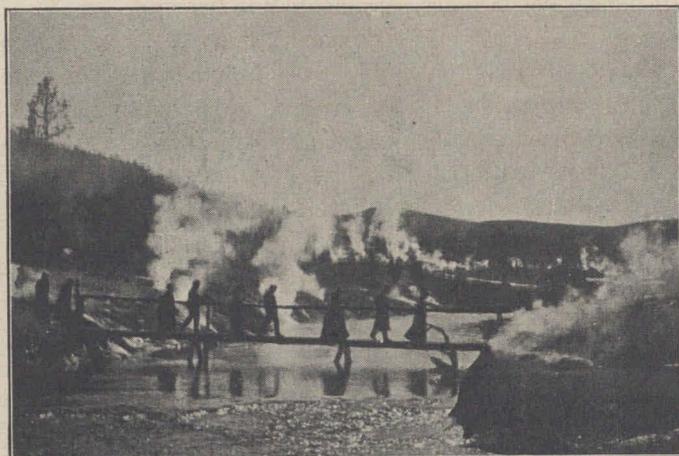


Fig. 421.—Vista parcial del Parque de Yellowstone (EE. UU. de N. América) que sólo da una remota idea de la belleza de esta región donde existen en total unos setecientos orificios de solfataras, fumarolas, fuentes termales, geiseres, etc. (Fot. comunicada por el prof. C. Ordóñez C. M.)

tes termales como los geiseres llevan en sus aguas muchas sustancias minerales en disolución (*fig. 211*), principalmente ópalo y aragonito.

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 que durante mucho tiempo 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 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 Africa, 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 esta 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. 422*).

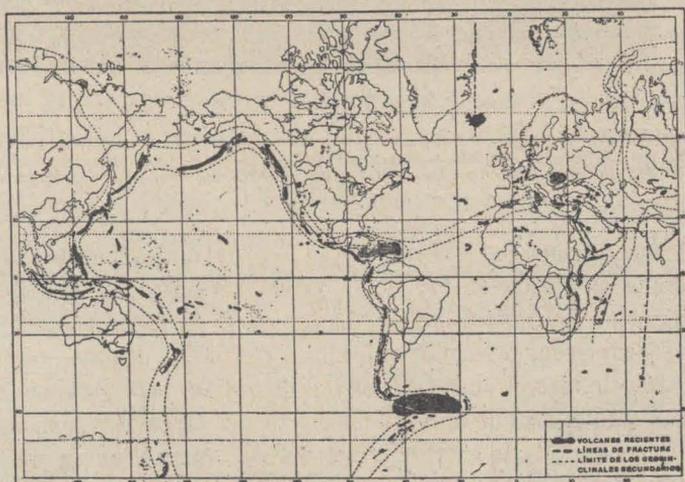


Fig. 422.—Planisferio mostrando la relación que existe entre la zona de los plegamientos Terciarios (o últimos plegamientos), las líneas de fractura y los volcanes. (De Haug).

Algunos autores modernos opinan que los volcanes pueden ser originados por la salida del sima en fusión (pág. 50) por entre las fracturas del sial, el cual se fundiría también al atravesarle el sima fundido.

ROCAS ERUPTIVAS

Con este nombre y con el de rocas *ígneas* 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*, *profundas*, *abisales*, *en masa* o *plutónicas* (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* entre las capas de la litosfera, sus elementos han tenido tiempo de agruparse con arreglo a sus afinidades y de formar un conjunto cristalino (pág. 80): estas rocas se dice que tienen *estructura holocristalina* o *granítica*; a simple vista (fig. 423) o al microscopio (fig. 424) se ve que están constituidas por cristales próximamente iguales. Si el magma empezó a consolidarse en las condiciones anteriores y después se enfrió *bruscamente*, por introducirse entre las grietas de la litosfera o por salir a la superficie de la

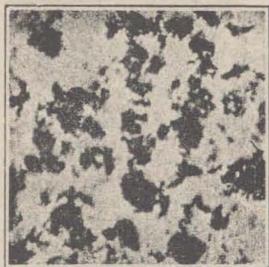


Fig. 423.—Estructura holocristalina de un granito, a simple vista.

misma, se forman cuerpos cristaliza-

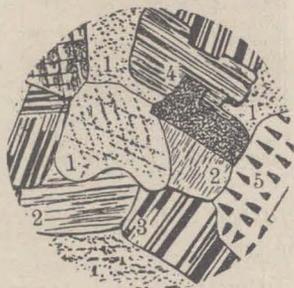


Fig. 424.—Granito visto al microscopio a luz polarizada.—1, cuarzo; 2, ortosa; 3, plagioclasa; 4, mica.

dos 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. 425) se

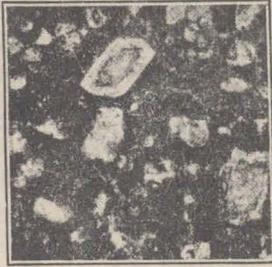


Fig. 425.—Estructura semicristalina de un pórfido, a simple vista.

destacan cristales grandes o *fenocristales* (gr. *pheno*, visible) en una pasta homogénea, que al microscopio (fig. 426) se ve que está constituida por microlitos (página 81); finalmente, cuando el enfriamiento ha

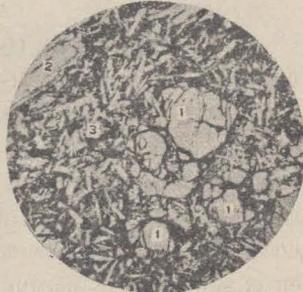


Fig. 426.—Estructura semicristalina de un basalto.—1, olivino; 2, plagioclasa; 3, microlitos plagioclásicos y vidrio

sido *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*, y ni a simple vista (fi-



Fig. 427.—Estructura vítrea de una obsidiana, a simple vista.

gura 427) ni al microscopio (figura 428) se distinguen microlitos, sino rara vez: ordinariamente poseen inclusiones diversas. Las rocas *intrusivas* tienen estructura *holocristalina*, mientras que las



Fig. 428.—Estructura vítrea de una obsidiana, vista al microscopio con poco aumento.

efusivas la tienen *semicristalina* o *vítrea*; existen, sin embargo, tipos de transición.

Clasificación de las rocas eruptivas.—Se hacen varias clasificaciones atendiendo a su *composición química*, a su *composición mineralógica* y a su *origen y estructura*.

Con arreglo a su *composición química* se dividen en *ácidas*, *neutras* y *básicas*, según la cantidad de anhídrido silíceo o sílice que contienen, ya en forma de *cuarzo*, ya constituyendo los *silicatos*. Si tienen más del 65 %, se llaman *ácidas*; si tienen del 52 al 65 %, se llaman *neutras*, y si menos del 52 %, *básicas*. En general se conocen las rocas *ácidas* porque son

de tonos claros; las *básicas* de tonos muy oscuros y las *neutras*, de tonos intermedios, ordinariamente grises o verdosas.

Con arreglo a su *origen y estructura* se llaman: *plutónicas, abisales o graníticas* (pág. 276); *hipoabisales, intrusivas o semicristalinas, y efusivas o vitreas*.

Todas estas clasificaciones tienen ventajas e inconvenientes.

La más en boga actualmente es, en esencia, la siguiente, en la cual se atiende a la *composición mineralógica y a la estructura*.

Rocas con feldespato alcalino (ortosa).....	}	Con cuarzo: holocristalinas (granito), semicristalinas (pórfidos cuarcíferos), vitreas (obsidiana).
		Sin cuarzo: holocristalinas (sienita), semicristalinas (traquita).
Rocas con feldespatos cálcico-sódicos (pág. 167).....	}	Holocristalinas (dioritas), semicristalinas (basaltos).
Rocas sin feldespatos.....		Holocristalinas (peridotitas), semicristalinas (limburgitas).

APÉNDICE.—Rocas piroclásticas (cenizas, bombas volcánicas).

La correspondencia que existe entre las principales rocas intrusivas y las volcánicas respectivas, 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. 423*). Es roca muy abundante, formando masas considerables en Galicia, Sierra de Guadarrama, Cataluña, etc. Mérida, Bolívar, etc. (Venezuela); Córdoba, Tandil (Buenos Aires-Argentina), etc. Se llama también *pedra berrequeña y sal y pez*, y se utiliza en construcción, para el adoquinado de las calles, etc. (*figs. 429 a 432*). Por alteración origina caolín y arenas y da lugar a la formación de las llamadas *pedras caballerias*, de formas generalmente redondeadas (*268 y 269*).

—*Pórfidos cuarcíferos*. Son rocas semicristalinas, en cuya pas-

ta, ordinariamente de color verde y 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*,

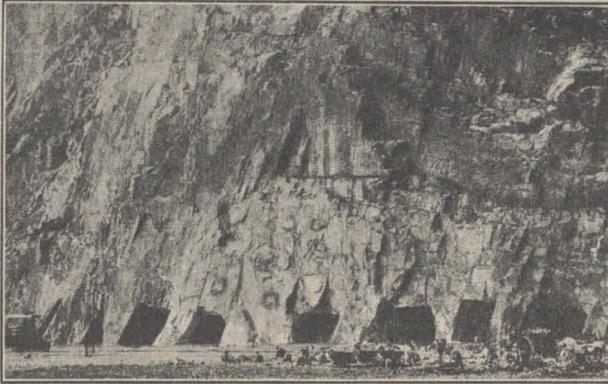


Fig. 429.—Vista de una de las canteras de granito de Caldas de Montbuy (Barcelona). (Fot. com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

etcétera. Es roca de estructura vítrea y de color negro o rojizo: puede considerarse como cuarzo y materias feldespáticas en estado amorfo. Variedad suya es la *pumita* o *piedra pómez*, de colores claros, muy poro-



Fig. 430.—Galería corredera abierta en la cantera de la fig. 429. (Fot. com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

sa, y a veces de tan poco peso específico que flota en el agua. La piedra pómez se utiliza para pulimentar, en el tocador, etc.

ROCAS CON FELDESPATO ALCALINO Y SIN CUARZO.—*Sienita*. Roca ho-



Fig. 431.—Elaboración de adoquines en la cantera de la figura 429. (Fot. com. por el prof. Dr. M. San Miguel de la Cámara).

locristalina 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 granito: abunda menos que éste.—*Traquita*. Roca semi-

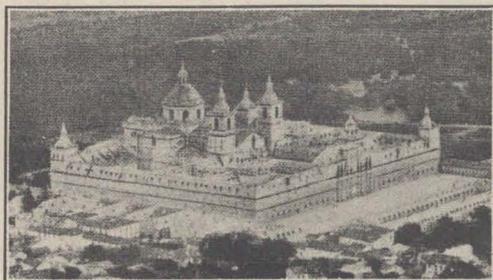


Fig. 432.—Con granito están construidos edificios tan suntuosos como el Monasterio del Escorial (por muchos llamado la octava maravilla del mundo), etc. (Fot. com. por el P. Desiderio García O. S. A.)

cristalina formada por una pasta con cristales de *sandino* y *hornblenda*, *biotita* o *augita*. Es roca volcánica, generalmente moderna, de colores claros y áspera al tacto (lat. *trachis*, áspero): se halla en parte de la

caldera o cráter antiguo de Tenerife (Canarias); en el Cabo de Gata (Almería); Bilbao (fig. 433), 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.

(*) Véase mi obra ELEMENTOS DE HIGIENE, 8.ª edición, pág. 186.

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. — *Gabbro*. Roca holocristalina formada de *plagioclasas* y *dialaga* e *hiperstena*: puede llevar también *olivino*; color amarillento-verdoso con reflejos perladados. Usos: como el granito. — *Diabasa* o

Fig. 433.—Cantera de traquita en Aspe (Bilbao). (Fot. O. Cendrero).

Dolerita. Se presenta, ya con estructura holocristalina y en masas de intrusión, ya con una estructura semicristalina especial y como roca

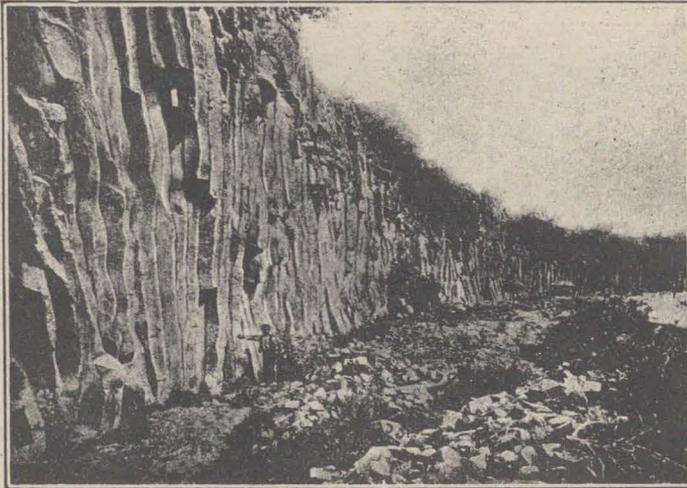


Fig. 434.—Columnatas basálticas de Amer (Gerona).—(Del trabajo de los señores Calderón, Cazurro y Fernández Navarro, *Formaciones volcánicas de la provincia de Gerona*. M. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat., 1907).

volcánica, generalmente en la Era Primaria: es, por tanto, roca de trán-

sito. Está formada por *plagioclasas* y *augita*, su color es verdoso-oscuro o negro. Variedad suya es la *ofita*, de estructura particular, color



Fig. 435.—Prismas basálticos de la corriente de Fontfreda (Olot-Gerona). (Fot. com. por el Pbro. J. Gelabert).

verde y formada también por *dialaga*; se halla en los Pirineos y Cordillera Cantábrica. El hombre neolítico fabricó con ésta, hachas, etc.: es



Fig. 436.—Otro aspecto de la corriente de la fig. 435 y elaboración de adoquines. (Fot. com. por el Pbro. J. Gelabert).

gran material para empedrados.—*Andesita*. Roca semicristalina forma-

da por *plagioclasas* y algunos de los minerales *biotita*, *augita* u *hornblenda*: son rocas volcánicas, generalmente Terciarias; se encuentran en

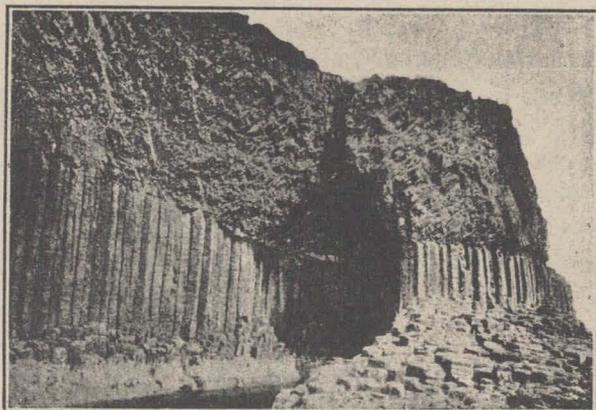


Fig. 437.—Entrada a la célebre gruta basáltica de Fingal (Escocia). (Fot. com. por el prof. Dr. Ayr).

el Cabo de Gata, Canarias, etc.; La última erupción de la Montaña Pelada (Martinica) fué de Andesita. Se emplea para macadam.—*Basaltos*.

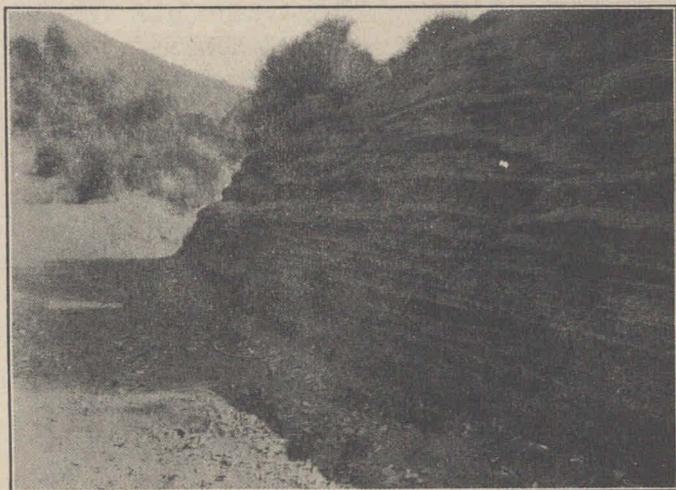


Fig. 438.—Tobas volcánicas del volcán de Santa Margarita (Olot-Gerona) (Fot. com. por el prof. Modesto Bargalló).

Son rocas semicristalinas (*fig. 426*) formadas por *plagioclasas*, *augita*, *olivino* y *magnetita*; la presencia de este último 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. 434 a 437*). 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. 437*). Se utiliza mucho, y con buen resultado, para pavimentación (*fig. 436*), 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, etc. Por alteración pasan a serpentinas.—*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, etc.

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; *lapili* o *rapili* cuando 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. 405 a 407*); 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 (*fig. 438*).

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*, *coladas*, *corrientes* o *mantos* constituidos por las lavas de erupcio-

sucesivas (figs. 403, 440 y 441): cuando las lavas al ascender rellenan

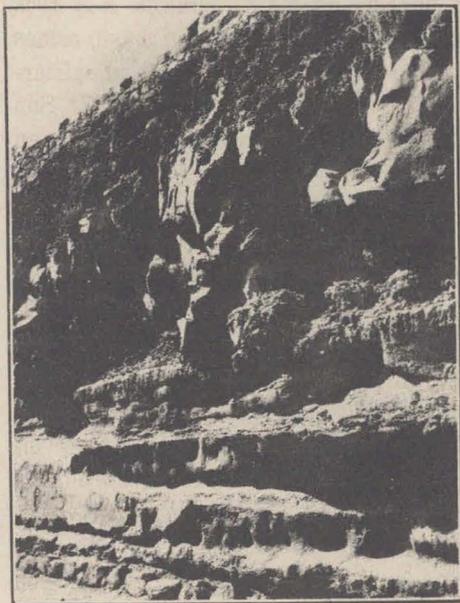


Fig. 439.—Frente de una corriente basáltica en la Concordia (Santa Cruz de Tenerife-Canarias) (Fot. com. por el prof. Dr. L. Fernández Navarro).

las lavas al ascender rellenan las fisuras del terreno originan los *diques*, los cuales si están constituidos por materiales más resistentes que los que les rodean quedan al descubierto y en relieve, cuando las acciones erosivas destruyen las rocas circundantes: los diques pueden provenir también de rocas *intrusivas* (fig. 442). Éstas se presentan principalmente formando *batolitos* y *lacolitos*. 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 443); a esto último alude su nombre (gr. *lakkos*, foso o



Fig. 440.—He aquí un bello ejemplo de capa o manto de lava. Procede de la erupción de los volcanes Santa María y Santiago de la fig. 412, en noviembre de 1929. (Fot. Robles com. por D. Carlos D. Suasnavar.)

estanque): en todo caso adoptan la forma de lente o de campana y son

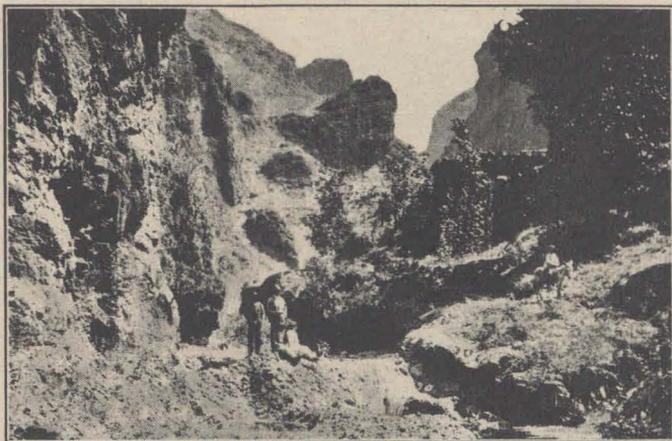


Fig. 441.—El Barranco de Moya producido por erosión en una potente corriente de lava (Las Palmas-Gran Canaria). (Fot. com. por el prof. Dr. J. Gómez de Larena).

ordinariamente de poca extensión. Los *batolitos*, por el contrario, son

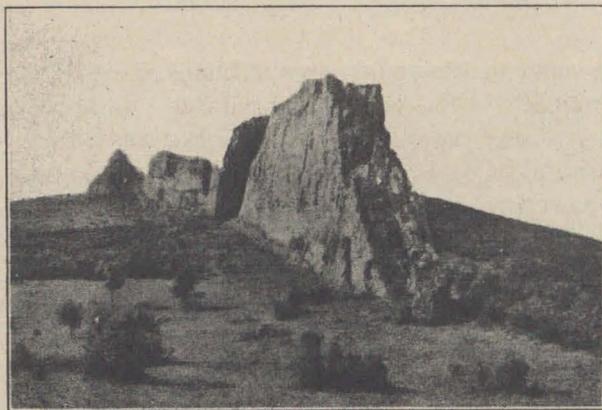


Fig. 442.—Dique de una roca intrusiva en Helechosa (Badajoz). (De *Elementos de Geología* por L. Fernández Navarro y O. Cendrero).

masas de forma irregular y extensión muy considerable, cuya anchura

aumenta a medida que se profundiza (*fig. 444*) (del gr. *bathos*, profun-



Fig. 443.—Esquema de un lacolito.
(De Haug).

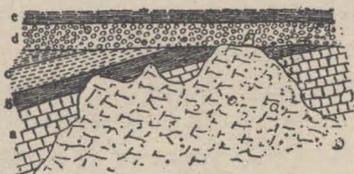


Fig. 444.—Esquema de un batolito de granito.
(De Geikie).

didad): 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. Antiguamente 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 con las arrugas o montañas de su estado actual; aquélla la Tierra con la tersura de su estado primero.

Esta hipótesis fué sustituida por la de la *contracción lenta*. Para los partidarios de ella, la contracción lenta determinaría el hundimiento gradual del fondo de los geosinclinales situados entre dos *horst*, los cuales, al ir aproximándose, motivarían la compresión y el plegamiento de los materiales depositados en el fondo de los geosinclinales, materiales que, por haberse depositado recientemente, tendrían mayor plasticidad que los materiales antiguos que constituyen los *horst*; estos materiales

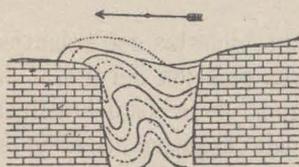


Fig. 445.—Esquema de la formación de los plegamientos. (De Fernández Navarro).

del geosinclinal saldrían fuera de los mares y serían empujados sobre los *horst* en el sentido de la fuerza mayor (fig. 445).

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, in-

dependientemente de la contracción, de la siguiente manera: según Dutton, por efecto de la gravitación, todo cuerpo planetario y plástico, sea o no homogéneo, tiende a tomar forma de 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).

Actualmente está muy en boga la teoría del geógrafo y geofísico alemán contemporáneo A. Wegener, llamada por su autor *teoría de las translaciones continentales* y que también se la denomina de *los continentes a la deriva*, de cuya obra «*La Génesis de los Continentes y Océanos*», tomo los principales extremos que permitan comprenderla (*).

Antes recuérdese lo que se ha dicho varias veces, es decir, que se supone que el *sial*, o sea los continentes e islas, flota sobre el *simá*, que es una masa viscosa.

«A quien examine, dice Wegener, las costas opuestas del Atlántico Sur no dejará de llamarle la atención la marcha parecida del litoral en el Brasil y África. No sólo el gran codo ortogonal de la costa brasileña en el cabo de San Roque encuentra su fiel molde negativo en el de la africana del Golfo de Guinea, sino también al Sur de ambos puntos homólogos, a cada saliente del litoral brasileño corresponde una ensenada de igual forma en el africano, y viceversa, a cada ensenada brasileña un saliente africano. Medidas con el compás sobre un globo terrestre las magnitudes de dichas figuras, se observa que concuerdan exactamente.

Esta sorprendente coincidencia ha sido el punto de partida de una nueva concepción acerca de la naturaleza y movimientos de la corteza terrestre, a la que designamos con el nombre de *teoría de las translaciones continentales*, o, más brevemente, *teoría de las translaciones*, porque su parte más sobresaliente es la admisión de grandes movimientos horizontales a la deriva, que los bloques continentales han verificado en el transcurso de los períodos geológicos y hoy día continúan efectuando, probablemente».

Wegener supone que la Tierra estuvo constituida primitivamente como se dijo en la pág. 50, es decir, por varias esferas concéntricas de las que ahora no nos interesan más que *la hidrosfera*, el *sial* y el *simá*. Según Wegener, en el *sial* se abrió una gran grieta o desgarrón que

(*) *Alfredo Wegener* nació en 1880; pereció a comienzos de 1931 sepultado por las nieves de la región central de Groenlandia, donde había establecido un puesto para sus observaciones. Aún no se sabe exactamente la fecha de su fallecimiento: su cadáver fué encontrado en mayo de 1931.

puso al descubierto el sima, sobre el cual se apoyó la hidrosfera. Pero dicha abertura o grieta fué ensanchándose o abriéndose progresivamente «a la manera como lo hacen los farolillos esféricos a la veneciana» y esto dió por resultado que todo el sial se agrupara en un continente único y que toda la hidrosfera estuviera también agrupada en un solo océano apoyado directamente en el sima: el gran continente estaría donde hoy se encuentra África, y el Pacífico sería el resto del primer océano (*figura 446, 1*).

Este escudo continental único, se fué desgarrando en trozos más pequeños los cuales han ido desplazándose o moviéndose sobre el sima viscoso a la manera de enormes icebergs.

Pero el sima opone una gran resistencia al avance del sial y por ello éste se va *arrugando*, se va *plegando* en el borde por donde avanza, quedando así constituídas las montañas. Dichas montañas tienen que estar emplazadas en sentido perpendicular a la dirección del movimiento y, por lo tanto, su emplazamiento denuncia cuál es el frente, la proa, digámoslo así, del bloque que avanza. América, por ej., tiene sus principales montañas en el O. y esto prueba que el avance del bloque americano fué de E. a O.

Por datos análogos y otros en los que no es posible entrar, Wegener supone que América, Antártida y Australia se separaron *juntas* del primitivo continente (*fig. 446, 2*): después se separaron Antártida y Australia de América y entre sí (*fig. 446, 3*). La India, que estuvo unida a África, se separó de ésta y se dirigió en dirección N. E. para unirse a Asia. En todos estos casos, las montañas se originaron perpendicularmente a la dirección del movimiento; pero en el caso de la India, en su avance se encontró delante una gran masa de sial recubierta por un mar epicontinental (*fig. 446, 2*) la cual fué también plegada y en unión de las montañas de avance, constituyeron la gran cadena del Himalaya.

Esta teoría explica también el origen de muchas islas (Antillas, etc.) las cuales serian debidas a trozos de sial que se separaron de los bloques continentales y quedaron rezagados.

No se crea que estos movimientos de que se ha hablado son meramente hipotéticos: está demostrado que Groenlandia, por ej., avanza hacia América con una velocidad de 8 a 27 m. por año, por lo cual llegará un momento en que dejará de ser una isla para formar parte del continente americano.

Hay infinidad de pruebas que demuestran esta teoría la cual, aunque

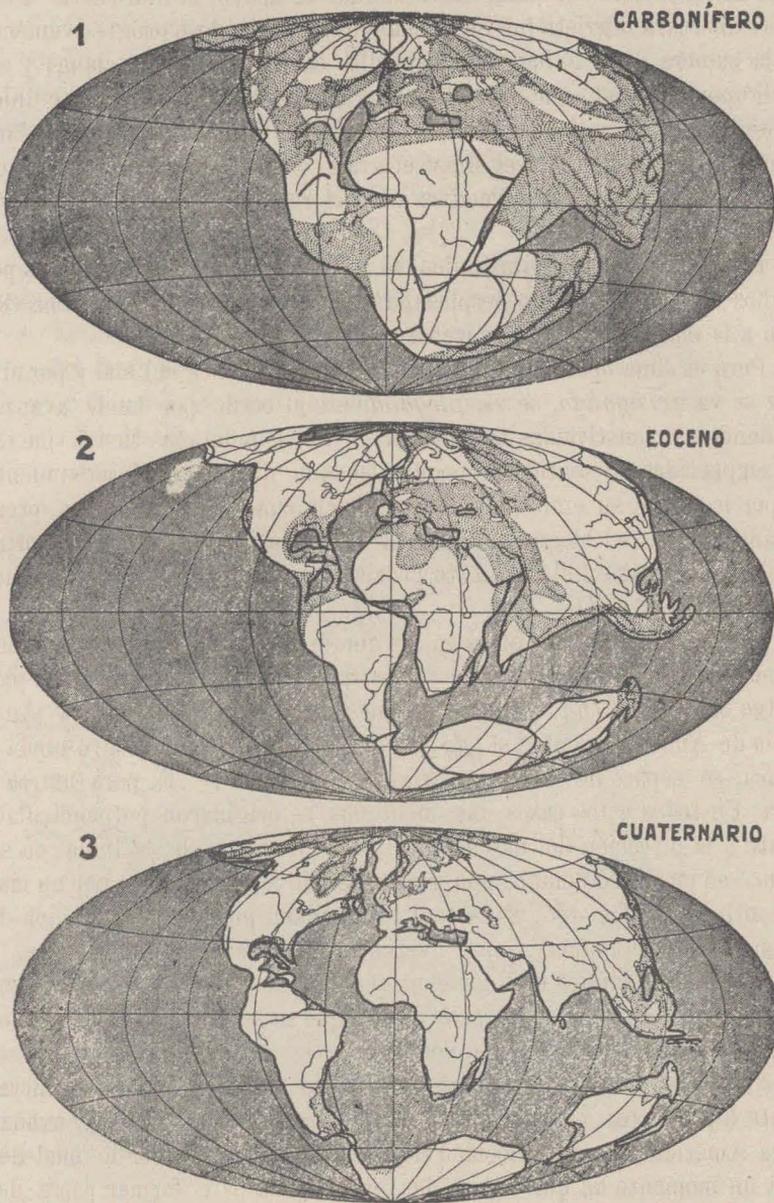


Fig. 446.—Faisnerios terrestres, según Wegener, en el Carbonífero, Eoceno y Cuaternario; estos términos se comprenderán después de estudiar la *Geología Histórica*. Los continentes, se representan en blanco; los mares profundos, en rayado, y los mares epicontinentales, en punteado,

lanzada por primera vez el año 1912, prácticamente no empezó a divulgarse hasta el año 1918 y, por lo tanto, está aún incompleta. Entre dichas pruebas tenemos las *biológicas*, de las que no citaré más que las que puedan comprender los alumnos que estudian libros elementales: 1.^a algunas Palmáceas, tales como el *Elæis Guineénsis* o palma avoira (*) y el *Cocos nucifera* o cocotero, son espontáneas en Africa y en América; 2.^a los *Peripatus* y las arañas del género *Mygale*, son también de ambos continentes; 3.^a los Dipnoos viven en América, Africa y Australia; 4.^a los Lemúridos son de África, Madagascar y la India; etc.

Por efecto de todos estos movimientos de los bloques continentales, el equilibrio isostático tiene que haberse alterado en las diversas épocas de la vida de la Tierra, y por ello el eje de rotación de la misma no habrá estado siempre en la posición que hoy tiene. O dicho de otra manera: que la posición de los polos N. y S. y la del Ecuador tiene que haber variado en el transcurso del tiempo (*fig. 447*), lo cual explica

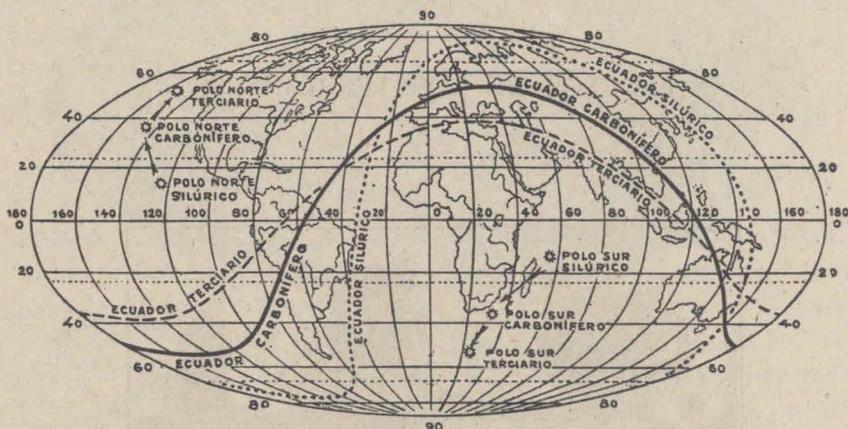


Fig. 447.—Planisferio terrestre con la posición del ecuador y los polos en algunos periodos geológicos. Las flechas indican la dirección del movimiento de los polos del Silúrico al Terciario. (Inspirado en Kreichgauer).

muchos hechos, que antes no tenían explicación satisfactoria, respecto a la repartición del calor, floras, etc. en otras épocas geológicas.

Como, según se dijo, esta teoría ha comenzado a tomar incremento hace pocos años, es de esperar que, pasado algún tiempo, los resultados que de ella se obtengan sean fructíferos.

(*) Véase mi *BOTÁNICA*, 6.^a edic.: para las demás especies, véase mi obra citada, y para las de animales, mi *ZOOLOGÍA*, 6.^a edic.

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 se llaman *microsismos* y suelen recibir, en España y en todos los países hispano-americanos, el nombre particular de *temblores de Tierra*.

Los verdaderos terremotos o *macrosismos* son sacudidas intensas y 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. 448 a 450*).

EFFECTOS DE LOS TERREMOTOS



Fig. 448.—Guatemala: ruinas de la 1.^a Calle Oriente. (De la obra *Entre Escombros*, por J. Rodríguez Cerna).

Conocidos son los efectos producidos por los terremotos (*figs. 448 a 457*): los edificios se derrumban, en la tierra aparecen, ya sencillas

EFECTOS DE LOS TERREMOTOS



Fig. 449.—Guatemala: ruinas del Instituto de Varones.

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. (Fot. com. por el Dr. Mariano Zeceña Molina).



Fig. 450.—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. 451.—La catedral de Cumaná (Venezuela), destruida por el terremoto de 17 enero 1929. (Fot. com. por el prof. venezolano D. L. B. Sanabria).



Fig. 452.—Una calle de Oaxaca (Méjico) después del terremoto del 14 enero 1931. (Fot. com. por el prof. mejicano Manuel Ortiz).

EFECTOS DE LOS TERREMOTOS



Fig. 452 bis.—Vista parcial de la ciudad de Managua (Nicaragua), (más de 60.000 habitantes), totalmente destruida por el terremoto de 31 de marzo de 1931. (Fot. com. por el prof. nicaragüense Alejandro Marengo h.)

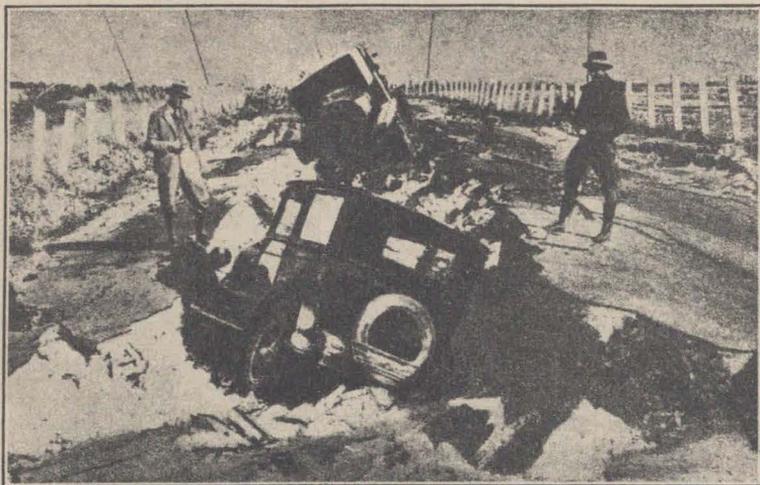


Fig. 453.—Automóviles aprisionados en las grietas producidas en una carretera de Napier (Nueva Zelanda) en los terremotos del 2 de febrero de 1931 y días sucesivos. En dicha población se sintieron, durante el referido mes, más de 580 sacudidas. (De T. N. Z. H. P.)

EFECTOS DE LOS TERREMOTOS

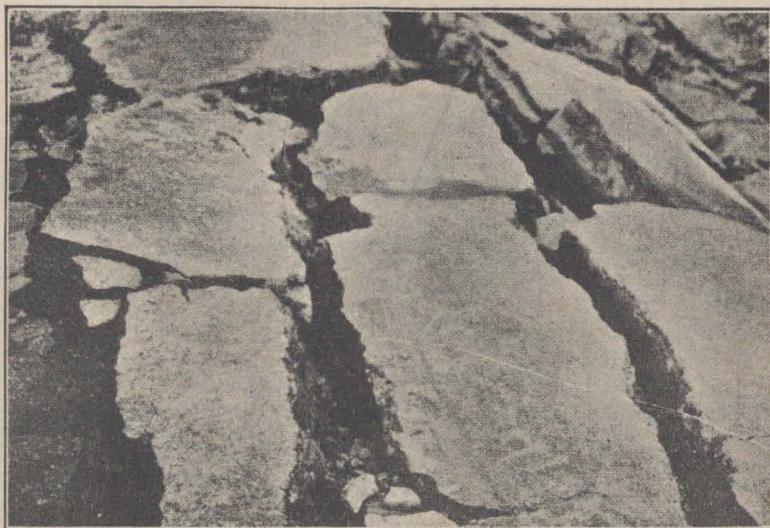


Fig. 454.—Enormes grietas producidas cerca de Yokoama (Japón) en los terremotos del año 1923.

grietas, que unas veces se cierran inmediatamente, no sin haber tragado cuanto había en la superficie (*figura 453*) pero que otras veces permanecen abiertas durante mucho tiempo (*figura 454*), ya verdaderas *fallas* (*fig. 455*): los arroyos y ríos pueden modificar más o menos su curso (*fig. 456*) y hasta desaparecer en algunos parajes, así como algunas fuentes: en cambio, en otros sitios aparecen fuentes (*figura 457*); etc., etc.

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



Fig. 455.—Terremoto de Villarrica (Chile). Falla con desplazamiento vertical de más de 0,30 m. de uno de los lados. (Fot. C. Briceño en «Sucesos» com. por la prof. chilena F. Ramírez Burgos).

EFECTOS DE LOS TERREMOTOS



Fig. 456.—Río del Japón desviado de su cauce por los terremotos de Diciembre 1930

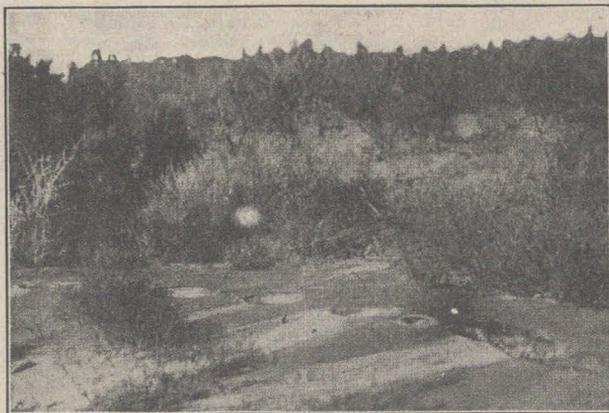


Fig. 457.—Manantiales aparecidos en el camino de la Llave a Costa Araujo (Mendoza-Argentina) por efecto de los terremotos de diciembre 1920 y enero 1921. (Fot. Villalón en «Mundo Argentino» com. por el prof. argentino Dr. César Acardi)

hipocentro (gr. *ypó*, debajo) y la parte de la superficie situada en el mismo radio es el *epicentro* o *región epicentral* (griego *epi*, encima), en la cual es donde se sienten con mayor intensidad los efectos del terremoto. A partir de esta región, el terremoto se propaga en todas direcciones formando ondas que reciben el nombre de *ondas sísmicas*, las cuales son comparables 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*, los cuales van 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. 458*), pueden dar lugar a

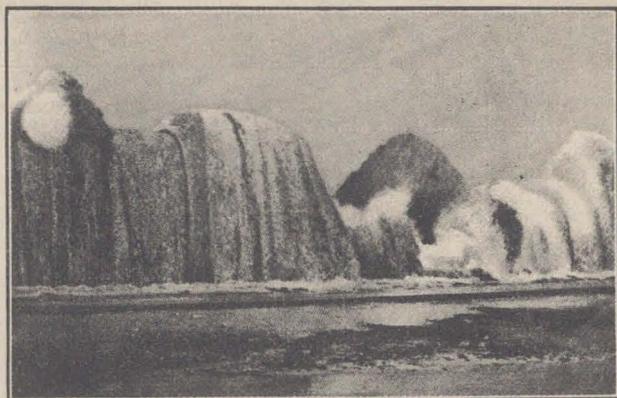


Fig. 458.—Pequeño tsunamis u ola de marea en Río de Janeiro (Brasil). (Fot. H. de Putnam cóm. por A. de Lorente).

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 459*); la de Yokoama (Japón), en 1923; varias de Nueva Zelanda en 1931; etcétera.

La extensión de los terremotos está 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



Fig. 459.—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 equinocciales. (Fot. com. por la prof. chilena J. Riffo de Mayorga).

generalmente considerables. Entre los terremotos locales se encuentran los debidos a hundimientos de grutas 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 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).

Movimientos epeirogénicos.—Con este nombre, y con el más confuso de epirogénicos, se conocen *los movimientos muy lentos* del suelo de las costas, que dan por resultado que el suelo sumergido bajo las aguas del mar, emerja de éste en el transcurso del tiempo: es decir, que estos movimientos *crean tierra firme*; a esto precisamente alude su nombre (gr. *epeiros*, tierra firme; *génos*, nacimiento). Son movimientos muy extensos y dan por resultado formaciones que reciben el nombre de *playas levantadas*, porque aparecen playas en sitios donde actualmente no llega el mar. Estos movimientos se llaman también de *regresión marina* porque el mar *retrocede* de los sitios que antes ocupaba.

Pero con frecuencia tiene el mar movimientos opuestos a los descritos, es decir, que *invade* o *penetra* lentamente en las tierras firmes costeras, que quedan así cubiertas por las aguas. Aunque estos movi-

mientos no crean tierra firme, se les incluye también entre los epeirogénicos, y al fenómeno de entrada del mar en la tierra firme se le denomina *transgresión marina* (del lat. *trans*, de la otra parte, del otro lado; *gradior*, andar, marchar: es decir, pasar al otro lado). Ambos movimientos pueden presentarse alternativamente en una misma región. Según los geólogos, en las costas N. de la Península Ibérica hay movimientos de regresión, y en las costas S, movimientos de transgresión.

Metamorfismo.—Con este nombre se conoce el conjunto de fenómenos en virtud de los cuales las rocas ya consolidadas, son más o menos profundamente modificadas en su constitución y caracteres, dando por resultado su conversión en otras distintas (gr. *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 alta temperatura*, unidos a gases diversos, 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 (*figura 460*); prueba esta suposición el hecho de que, en general, cuando se suceden varias rocas metamórficas, las más metamorfizadas son las más inferiores, mientras que las superiores

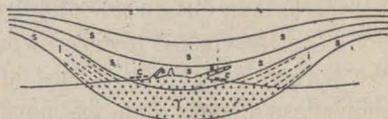


Fig. 460.—Esquema de la transformación de las pizarras *s* en los granitos γ en el fondo de un geosinclinal. (De Haug).

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*: por esto se las llama también *estratocrystalinas* y *crystalofílicas*. Entre ellas se encuentran: la *cuarcita*, forma-

da por arenas de cuarzo cementadas por sílice; algunos *mármoles*, que provienen de calizas metamorizadas; 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 *talцитas*, o agregados de cuarzo y mica, clorita o talco, respectivamente, cuyos dos elementos suelen estar ordinariamente dispuestos en capas alternas: a estas dos últimas se las suele llamar también *pizarras cristalinas* por tener parecido con las pizarras de que antes se habló y que tienen un origen claramente sedimentario: el *gneis* o *neis* (fig. 461), está formado por cuarzo, ortosa y biotita, dispuestos también en capas alternadas; son frecuentes los gneis con estructura parecida al granito; etc.



Fig. 461.—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 englobados en una masa más o menos vítrea, resultante de la fusión por presión: ordinariamente estas rocas suelen tener una superficie brillante denominada *superficie de fricción* o *espejo de falla* con estrias que indican el sentido en que se deslizaron en el movimiento (pág. 256).

ROCAS EXTRATERRESTRES O METEORITOS.—Ya se indicó el origen probable de estas rocas (págs. 41 y 45) y no haré más que agregar algunas palabras sobre su composición. En primer lugar, en ninguno de ellos *entra nunca agua ni ningún mineral hidratado*.

En los *hierros meteóricos* o *sideritos*, predominan el hierro nativo, el níquel, el fosforo de hierro y níquel (schreibersita), el carbonato de hierro, níquel y cobalto (cohenita), etc.: los *sideritos* se distinguen muy bien de los lititos porque tallando una cara en ellos y atacándola con ácido nítrico diluido, se originan unas figuras triangulares denominadas de Widmannstätten (fig. 462).

En las piedras meteóricas o *lititos*, predominan los *silicatos*, como el olivino, broncita, hiperstena, augita, labradorita, anortita y a veces también grafito, etc.: los lititos suelen presentar en su interior unas masas esferoideas o amigdaliformes denominadas *condros*, los cuales

tienen con frecuencia una estructura fibroso-radiada en forma de abanico (*fig. 463*), que no se ha encontrado en ninguna roca terrestre.

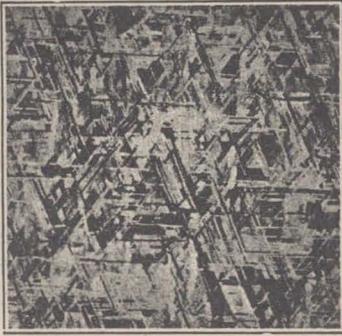


Fig. 462.—Figuras de Widmannstätten, muy reducidas, en el hierro meteórico de Casas Grandes (Méjico). (De G. P. Merrill.)

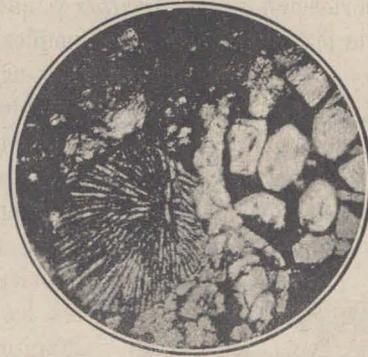


Fig. 463.—Condro radiado de enstatita en un litito (según Tschermack).



Fig. 464.—Ferrosporo de Tombigbee River (Alabama, Estados Unidos). Schreibersita diseminada en la masa pétreo.

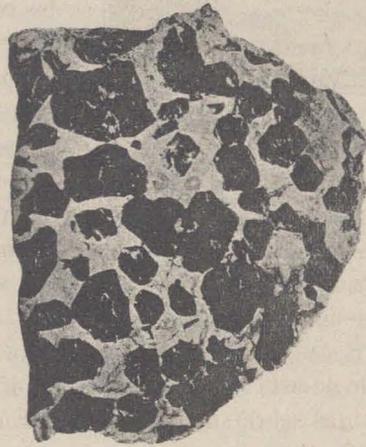


Fig. 465.—Litosporo de Alumada (Chihuahua, Méjico).—Olivino (oscuro) diseminado en una masa de hierro níquelífero. (De Foote.)

Como fácilmente se comprende, también habrá meteoritos que tengan caracteres intermedios entre unos y otros: a estos se los denomina *litosideritos*, los cuales pueden ser *ferrosporos* o *litosporos*, según sea el hierro el diseminado entre los materiales pétreos predominantes (*figura 464*) o a la inversa (*fig. 465*).

La costra fundida presenta en todos los meteoritos unas depresiones llamadas *digitaciones* porque son algo parecidas a las huellas que se dejan en una masa de arcilla blanda cuando se la coje con los dedos (*fig. 30*).

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. 250); 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 pre-

(*) Para que pueda hacerse con fruto el estudio de GEOLOGÍA HISTÓRICA, debe ser precedido del de la BOTÁNICA y ZOOLOGÍA.

sentan *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*. También es frecuente que conociéndose perfectamente el orden de colocación de los estratos en los diversos países del Globo, al hacer el estudio de una región se note que faltan algunos de ellos: entonces se dice que hay una *laguna estratigráfica* o *hiato* (pág. 255).

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, bien en *moldes internos* del ser orgánico o de partes del mismo *rellenas* por diversas sustancias, bien en *impresiones* dejadas en las capas sedimentarias por los organismos, como ocurre con las impresiones de hojas (*figs. 466 y 467*), de huellas de animales en su paso por terrenos blandos (*fig. 468*), de conchas (*fig. 469*), etc.: los *restos convertidos en piedra son los verdaderos fósiles*, si bien este término se generaliza y aplica a toda clase de

(*) 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 análogos se fundamentan 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 millones; en lo único que hay acuerdo es que han transcurrido muchos millones de años.

huellas de organismos encontradas en los estratos. En la *figura 469* se aprecia bien todo lo que acaba de indicarse.

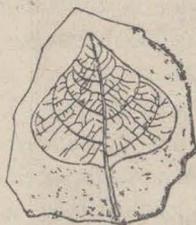


Fig. 466.—Impresión de una hoja de chopo en una caliza: su longitud nueve centímetros.

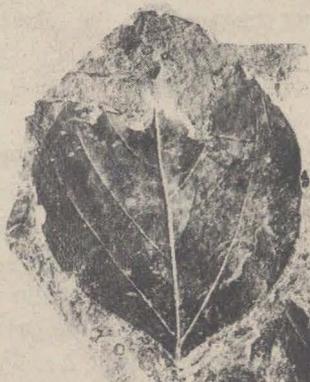


Fig. 467.—Impresión de una hoja de *Ficus tiliifolia* en una roca de Lota (Concepción-Chile). (Fot. com. por la prof. chilena J. Riffo de Mayorga).



Fig. 468.—Huellas de lluvia y del pie de un animal hechas en una roca sedimentaria cuando estaba consolidándose.

No es raro que en la superficie de los estratos haya también huellas

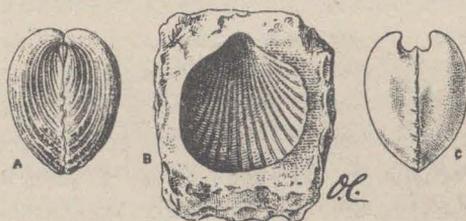


Fig. 469.—A, concha fósil; b, su impresión o molde externo, y c, su molde interno o sencillamente molde.

que, sin corresponder a organismos, permiten averiguar datos importantes relativos al origen, etc., de los estratos: en este caso se encuentran las *impresiones de la lluvia* en terrenos blandos (*fig. 468*), los *ripplemarks* o *huellas o rizaduras de oleaje* (*fi-*

gura 470), etc. Por el valor indicador que estas huellas tienen, algunos autores hablan también de *lluvia fósil*, *playas fósiles*, etc.

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. 115), y para que se realice es condición indispensable que los restos se encuentren enterrados en capas que se hallen debajo del agua, pues ésta, además de ser *necesaria* para que pueda verificarse la *sustitución lenta* de la materia orgánica por materia mineral, *impide el con-*

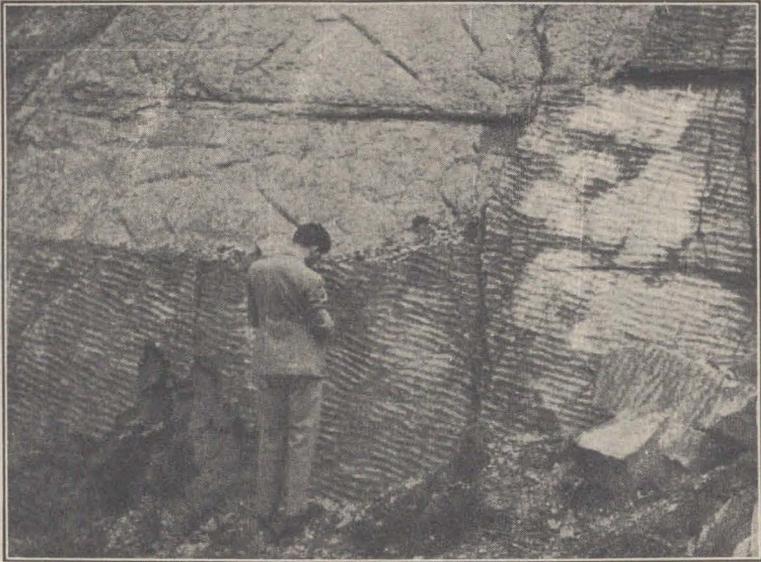


Fig. 470.—Huellas de oleaje en las calizas primarias (Devónicas) de Pervera (Asturias). (Fot. com. por el prof. Dr. J. Gómez de Llarena).



Fig. 471.—Esqueleto fósil de una especie del género *Rana* en las margas sulfurosas de Libros (Teruel). 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).

tacto 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. 471): las sustancias que principalmente fosilizan son el carbonato cálcico, la sílice, la piritita y la limonita. Excepcionalmente, sin embargo, se conserva todo el cuerpo del animal, como ocurre con los mamut o elefantes primitivos (*Élephas primigénius*) (fig. 472), que se han encontrado perfectamente conservados con su carne y largo pelo, entre los hielos del Norte de Siberia; los rinocerontes (fig. 473), hallados en un yacimiento de petróleo de Starunj (Austria); los insectos (fig. 474)

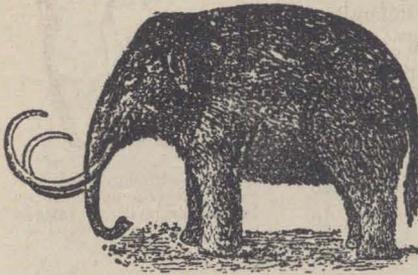


Fig. 472.—Mamut o elefante lanudo (*Élephas primigénius*): su altura 4 a 5 metros.

un yacimiento de petróleo de Starunj (Austria); los insectos (fig. 474)

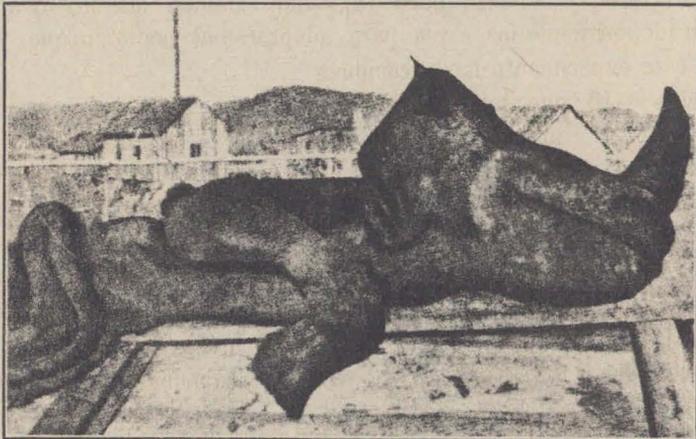


Fig. 473.—Rinoceronte extraño de un yacimiento petrolífero de Starunj (Galitzia-Austria). De la obra del Dr. H. Obermaier, *Der Mensch der Vorzeit*.

y arañas englobados en el ámbar y resinas fósiles; etc. Teniendo en cuenta lo que antecede, se comprende que el número de seres que ha po-

dido 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 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 dicho de otra manera: que los seres que actualmente son 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. 250) 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», 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 Primaria*, los *Trilobites* (fi-



Fig. 474.—Insecto (*Ephéméra*) en un trozo de ámbar de la Era Terciaria: su tamaño 9 cm.



Fig. 475.—Trilobites (*Calymene (Blumenbachi)*), Crustáceo de la Era Primaria.



Fig. 476.



Fig. 477.

El mismo de la fig. 475 enrollado y visto de frente (fig. 476) y de perfil (fig. 477).

*gur*as 475 a 478), que eran unos Crustáceos (*) parecidos a la co-

(*) Véase ZOOLOGÍA, 6.ª edición, pág. 154.

chinilla de humedad actual, cuyo cuerpo se hallaba dividido en *tres lóbulos*, a lo que alude su nombre; en la *Éra Secundaria* los *Ammonites*,

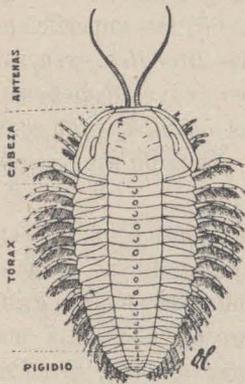


Fig. 478.—Reconstitución de un Trilobites (*Triarthrus becki*) por su cara dorsal. (Insp. en Pirsson y Schuchert).

los cuales eran Moluscos Cefalópodos (*), que generalmente vivían en las grandes profundidades marinas y cuya concha (figs. 479 y 480) estaba dividida interiormente en varios departamentos por medio de tabiques que se acusan al exterior por unas líneas deprimidas



Fig. 479.

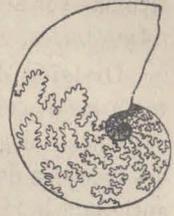


Fig. 480.

Dos *Ammonites* Secundarios mostrando las suturas de los tabiques de separación de las cámaras.

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 a la abertura de la concha, de una manera análoga a como lo hacen los actuales *Nautilus* (fig. 481), que tienen grandes analogías con los *Ammonites*; en la *Era Terciaria* los principales son los Protozoos *Foraminíferos* (***) llamados *Nummulites* (fig. 482), al comienzo de la Era, y los *Mamíferos* (***), después; y, por último, en la *Era Cuaternaria*, el hombre.

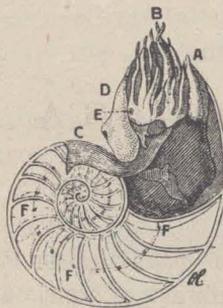


Fig. 481.—*Nautilus*.—A, B, C, D, E, animal contenido en la última cámara de la concha; F, sifón que pone en comunicación las diversas cámaras de ésta.



Fig. 482.—*Nummulites*.

No es posible entrar en detalles sobre las distintas facies (****); sólo

(*) Véase ZOOLOGÍA, 6.ª edición, pág. 194.

(**) Véase ZOOLOGÍA, 6.ª edición, pág. 46.

(***) Véase ZOOLOGÍA, 6.ª edición, pág. 264.

(****) Véase para ello la obra ya citada del Dr. Fernández Navarro, *Paleogeografía-Historia geológica de la Península Ibérica*, 1916.

diré que se dividen en dos grupos, las *continentales* y las *marinas*; las primeras comprenden la facies *ébica*, la *volcánica*, la *glaciar*, la *aluvial*, etc. Las más extensas e importantes son las *marinas*, que comprenden las *neríticas* y las *batiales*, o sea (pág. 65) las superficiales y las profundas: las primeras comprenden desde las *litorales*, generalmente arenosas, a las *neríticas* propiamente tales, cuyos fósiles son, principalmente (pág. 65), 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 *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.

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 ella 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

(*) 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.

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; *Estratocristalina*, por abundar en ella las rocas metamórficas; 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 últimos 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. 301), 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., casi siempre muy comprimidos y deformados. Por esto actualmente se denomina también *Proterozoica* a esta Era (gr. *próteros*, el primero).

Se encuentran grandes extensiones de estos terrenos, agrupados principalmente alrededor del

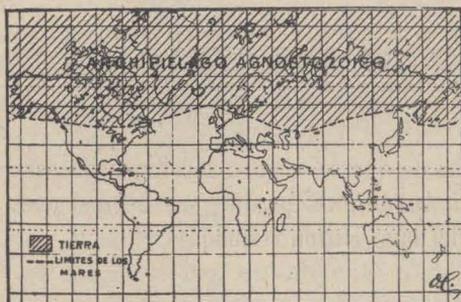


Fig. 483.—Esquema destinado a indicar las grandes líneas generales de los límites del dominio de las tierras y de los mares en el Globo al final de la Era Arcaica o Agnostozoica.

Polo Norte, y comprendiendo porciones del Canadá, Groenlandia, Escandinavia, Finlandia y Siberia, que formarían un archipiélago (figura 483); pero también se hallan grandes núcleos en Africa, Brasil, etc.

En España (figs. 484 y 546) se hallan en Galicia y Sierras de Gredos, Guadarrama, Morena y Nevada, principalmente.

PLEGAMIENTO HURONIANO.—En todas las regiones del Globo donde se

(*) Se llama así por abundar en el sur del Canadá y el N. de los EE. UU. de Norte América, que es la región que fué habitada por los indios algonquinos.

presentan estos terrenos, se hallan *profundamente plegados*, y los ma-



Fig. 484.—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.

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).

terenciales de terrenos posteriores que se encuentran sedimentados sobre ellos, están en *discordancia* con los Agnostozoicos (figura 485), lo cual prueba que los

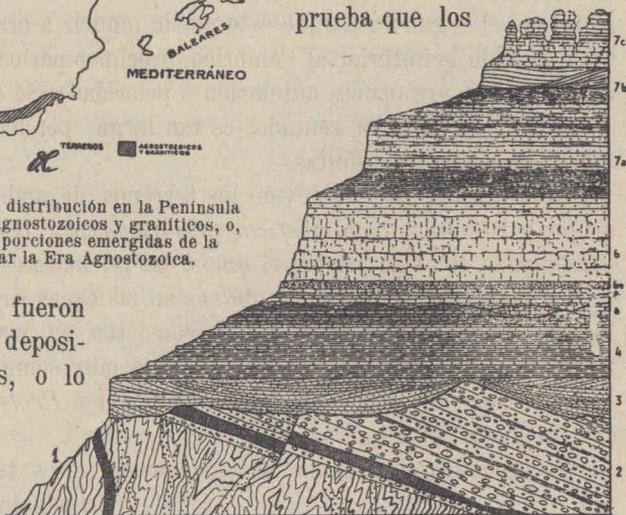


Fig. 485.—Corte de los terrenos del Gran Cañón del Colorado (Estados Unidos); 1, gneis Arcaicos; 2, arenas y conglomerados Algonkienses; 3, Cámbrico en discordancia angular con el Arcaico y Algonkiense; 4, 5 y 6 a, discordancia horizontal entre el Cámbrico (4), el Devónico (5) y el Carbonífero (6 a). (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

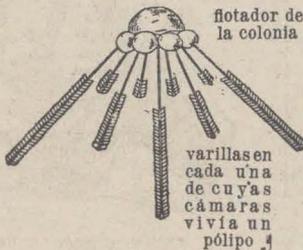
Globo, y se llama *Paleozoica* porque los fósiles que en sus estratos se encuentran eran los más antiguos de todos los conocidos.

Las rocas *sedimentarias* que constituyen los terrenos primarios son, principalmente: en la base (o sea en el Cámbrico, Silúrico y Devónico), pizarras, cuarcitas, y conglomerados; y en la parte superior (es decir, en el Carbonífero y en el Pérmico), calizas, areniscas y conglomerados. Ordinariamente todas estas rocas se hallan plegadas y metamorfozadas, si bien no tanto como las Agnostozoicas. Son frecuentes las *rocas eruptivas*, tanto intrusivas como efusivas antiguas (pág. 278).

DIVISIÓN.—Se divide en los periodos siguientes: *Cámbrico*, *Silúrico*, *Devónico*, *Carbonífero* y *Pérmico*; estos dos últimos suelen reunirse con el nombre de *Antracólítico*.

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 animales ni de vegetales terrestres*; tampoco se han hallado restos de *vertebrados*. Durante el periodo Cámbrico *existían extensos glaciares* cuyas huellas (morrenas, cantos estriados, etcétera), 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



Eig. 486.—*Graptolites* restaurado.

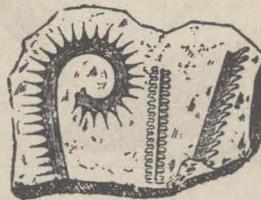


Fig. 487.—Tres impresiones de *Graptolites* en una roca Silúrica.

pólipos llamados *Graptolíticos* (figs. 486 y 487) que vivían flotando en el mar. Los *Trilobites* (figuras 475 a 487) abundan en este período

más que en ningún otro. Vivían también unos gigantescos Merostomas denominados *Pterigótus* (fig. 488), que miden alrededor de 2 m. de longitud. Son frecuentes los Braquiópodos del género *Spirifer* (fig. 489) y algunos otros. *Aparecen ya animales terrestres*, entre ellos algunos escorpiones (fig. 490), e *insectos*. Finalmente, al terminar el período se encuentran restos indudables de *vertebrados acuáticos*, consistentes en

esqueletos, escamas, etc., de varios grupos de *Peces* entre ellos los peces más primitivos, que son los *Placodermos* o *peces acorazados* de formas extrañas y cubiertos de grandes escamas (fig. 491); también hay *Ganoideos* y *Selacios*.

Período Devónico.—Son abundantes los restos de *Criptógamas vasculares*, como Filicineas (género *Aletópteris*)

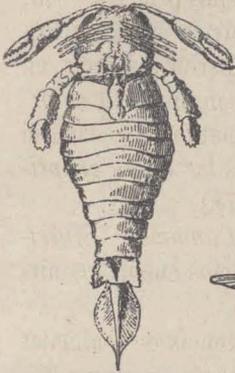


Fig. 488. — *Pterigótus anglicus*, Merostoma del Silúrico: su longitud dos metros.



Fig. 489. — *Spirifer*: Braquiópodo del Silúrico, Devónico y Carbonífero.



Fig. 490. *Palaeophonus*, escorpión Silúrico: su longitud cinco centímetros.

(fig. 492), Equisetíneas (género *Annulária*) (fig. 493) y Licopodíneas

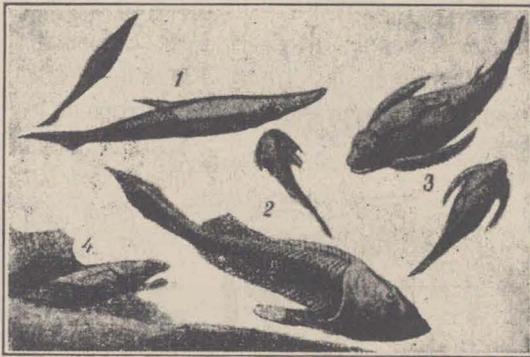


Fig. 491.—Peces acorazados del Devónico.—1, *Pteraspis*; 2, *Cephalaspis*; 3, *Pterichthys*; 4, *Coccosteus*. (Boule.) (De *Prácticas de Mineralogía y Geología* por J. Royo y O. Cendrero).



Fig. 492.—Impresión de una hoja de *Aletópteris*, Filicinea del Devónico y Carbonífero.

(géneros *Lepidodéndron* (fig. 494) y *Sigillária* (fig. 495). Del Reino animal se hallan representantes de los grupos citados en el Silúrico, pero apenas existen *Graptolítidos* y los *Trilobítidos* son también más escasos. Aparecen los primeros *Ammonítidos* (aunque no del género *Ammonites*), pero en ellos las suturas son muy poco flexuosas: los principales géneros son el *Clyménia* (fig. 496), que es exclusivo del Devónico,

y el *Goniatites* (figura 497), que aparece en el Devónico y se extiende



Fig. 493.—*Annularia*, Equisetinea del Devónico y Carbonífero

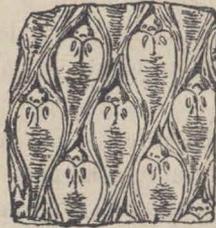


Fig. 494.—Trozo de un tronco de *Lepidodendron*, Licopodinea del Devónico y Carbonífero

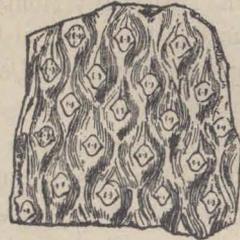


Fig. 495.—Trozo de corteza de *Sigillaria*, Licopodinea del Devónico y Carbonífero

hasta la Era Secundaria. Abundan mucho los Peces Placodermos. Aparecen los Dipnoos. No se han encontrado restos de vertebrados terrestres.

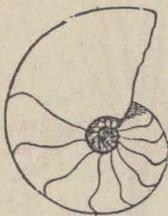


Fig. 496.—*Clymènia*, Ammonitido propio del Devónico.



Fig. 497.—*Goniatites*, Ammonitido del Devónico y Carbonífero.

PLEGAMIENTO CALEDONIANO.—Hacia el final del período Silúrico se inicia el segundo movimiento orogénico, que continúa y termina 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 cale-



Fig. 498.—Paisaje Carbonífero restaurado idealmente.

doniana (de Caledonia, antiguo nombre de la Escocia actual), y cuyos restos son, principalmente, los montes Alleghany (Estados Unidos), Grampians (Escocia) y Montes Escandinavos.

Durante el Silúrico y el Devónico hubo grandes *erupciones volcánicas*, principalmente en el Devónico: en éste se han encontrado también vestigios de *glaciares*.

Períodos Carbonífero y Pérmico.—El *Período Carbonífero* o *Carbónico* se llama así porque durante gran parte del tiempo que duró la sedimentación de sus capas, existió una abundante vegetación (*figura 498*), la mayor de todas las épocas geológicas, 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 (*Pecópterus*, etc.) (*fig. 499*); *Equisétum*, análogos a los actuales;



Fig. 499.
Pecópterus, Filicina
del Carbonífero.

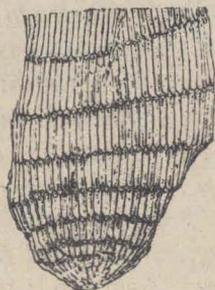


Fig. 500.—*Calamites*,
Equisetina del Carboní-
fero.



Fig. 501.—*Cicadácea* actual (unos dos metros), cuyo porte tenían las *Cicadáceas* Carboníferas, si bien sus dimensiones eran mayores.

Calamites (*fig. 500*); etc.: entre las *Gimnospermas* se encuentran *Cicadáceas* (*fig. 501*), algunas *Coníferas*, etc. En líneas generales puede decirse que predominan las *Criptógamas vasculares* sobre las *Gimnospermas*. Los animales son ya mucho más numerosos que en los periodos anteriores y están representados por los mismos Tipos (Pólipos, Equinodermos, Moluscos, Insectos (*fig. 502*), Peces (*fi-*

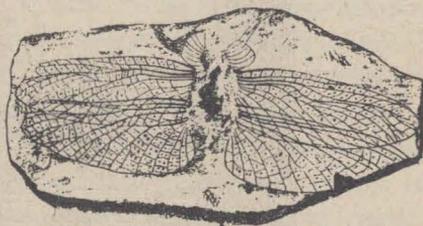


Fig. 502.—Insecto (*Lithomantis*) Carbonífero con tres pares de alas (longitud de alas, 14 cms.)

gura 503), etc.): existe un género típico de *Braquiópodos* (*Productus*)

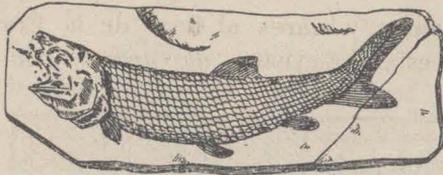


Fig. 503.—Pez Ganoideo (*Paleoniscus*) del Carbonífero: longitud, seis a siete centímetros.

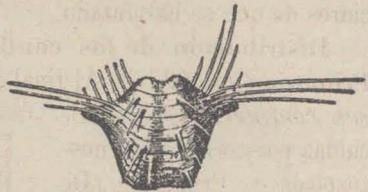


Fig. 504.—*Productus*, Braquiópodo Carbonífero.

(fig. 504). Hacen su aparición los Anfibios y los Reptiles (figs. 505 y 506), y no se encuentra ningún resto de *Aves* ni de *Mamíferos*.



Fig. 505.—*Protriton*, Anfibio del Antracolitico.

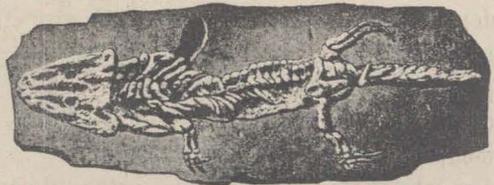


Fig. 506.—*Actinodon Frossardi*, Reptil del Pérmico, $\frac{1}{6}$ de su tamaño.

(De *Elementos de Geología*, por el Dr. Fernández Navarro y O. Cendrero).

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 *Antracolitico*.

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 Alemania). Sus restos, hoy frecuentemente convertidos en *mesetas*, se hallan en el Norte de España (parte de los montes Cantábricos y Pirineos); la meseta ibérica (las dos Castillas y Portugal, principalmente), el *plateau francés*, etc.

Clima de la Era Primaria.—Durante la mayor parte de 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. 243). 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. 507).—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.

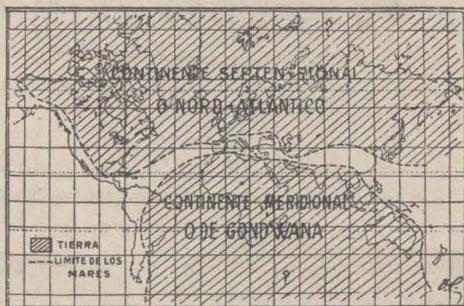


Fig. 507.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final de la Era Primaria.

Distribución de los terrenos primarios en España (figs. 508 y 546).

—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.

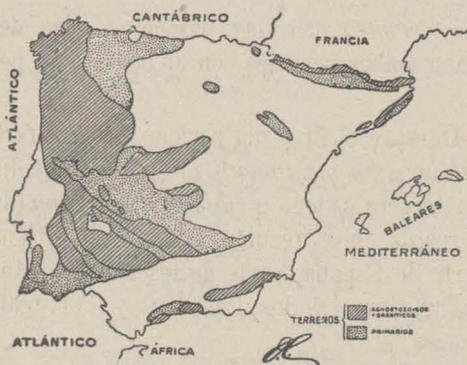


Fig. 508.—Esquema de la distribución de las tierras y de los mares en la Península Ibérica al terminar la Era Primaria.

ERA SECUNDARIA O MESOZOICA

El nombre de *Secundaria* quiere decir que las rocas de esta Era son los segundos materiales sedimentarios, y el de *Mesozoica*, que los animales son 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 metamorfizadas 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 *trías*, 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 *abigarradas*: el *medio*, de *calizas marinas*, ricas en fósiles; y el *superior*, de *arcillas* y *margas*, denominadas *irisadas* y también *abigarradas*, 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, en el cual suelen abundar los aragonitos y cuarzos hematoideos que, por esto, se denominan con frecuencia *fósiles minerales del trías*.

La *flora* comprende, principalmente, *Criptógamas vasculares* y *Gimnospermas*. De la *fauna* se hallan *corales*, *Braquiópodos*, etc., abundantes *Moluscos*, especialmente los *Ammonítidos* llamados *Cerattites* (*figura 509*). Entre los *Vertebrados* existen principalmente

Anfibios, que en algunos lugares han dejado huellas de patas con cinco dedos (género *Chirotherium*) o con tres (fig. 510). Los *Reptiles* son ya bastante abundantes, estando representados los Saurios, Quelonios, etc. Finalmente, hacen su aparición los *Mamíferos*, representados por restos de *Marsupiales*.

Período 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 virgula*, parecida a las ostras actuales, pero de concha arqueada (fig. 511). Los *Belemnítidos*, que aparecen en el Triásico, se hallan aquí abundantemente representados; dichos *Belemnites* (figura 512) eran *Cefalópodos* parecidos a nuestros calamares



Fig. 509.—*Ceratites*. Ammonitido propio del Triásico.

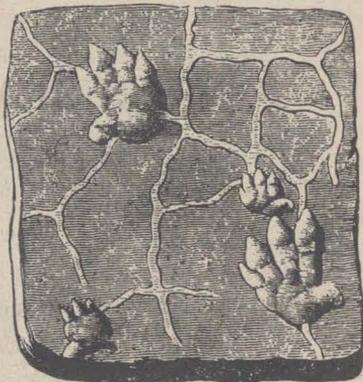


Fig. 510.—Huellas de *Chirotherium* en una arenisca abigarrada del Triásico. (De Lapparent).

actuales y parte de su concha es la que se ha conservado. Son también muy abundantes los *Ammonites* propiamente dichos (fig. 513). Aparecen los peces *Teleosteos*. Los *Reptiles* son tan abundantes, que algunos autores dan a este período el nombre de



Fig. 511.—*Óstrea virgula*, Molusco bivalvo del Jurásico.



Fig. 512.—*Belemnites*. Cefalópodo del Triásico y Jurásico.

Era de los Reptiles, que ordinariamente suele aplicarse a toda la Era Secundaria: entre estos Reptiles los había gigantesco, de los cuales unos eran nadadores, como los correspondientes a los géneros *Ichthyosaurus* (fig. 514) y *Plesiosaurus* (fig. 515): otros voladores, como los *Pterodáctylus* (fig. 516), y otros andadores como los *Brontosaurus* (fig. 517), *Stegosaurus* (figura 518), *Iguánodon* (fig. 519), *Diplodocus* (25 metros), (fig. 520), etcétera: en general, estos dos últi-

mos andaban a saltos, como los canguros actuales, según lo prueba el gran desarrollo de su cola y extremidades posteriores; los dos primeros eran *ictiófagos*; los *Pterodáctylus* debían ser nocturnos y alimentarse como los actuales

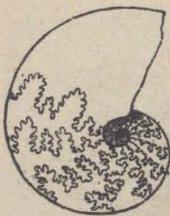


Fig. 513.—*Ammonites*, Ammonítido del Jurásico y Cretácico



Fig. 514.—Esqueleto de *Ichtyosaurus*, Reptil nadador del Jurásico: longitud: 10 metros

vampiros a expensas de los grandes reptiles terrestres, y la mayor par-

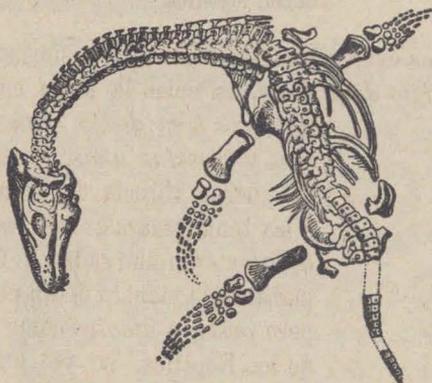


Fig. 515.—Esqueleto de *Plesiosaurus*, Reptil nadador del Jurásico: longitud, 10 ms. (De Geikie).

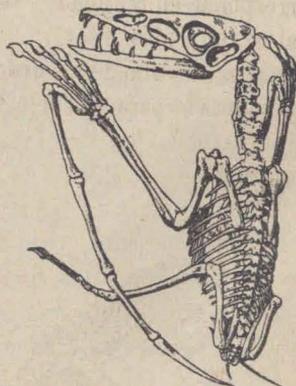


Fig. 516.—Esqueleto de *Pterodactylus*, Reptil volador del Jurásico: unos 20 centímetros de altura.

te de estos últimos eran fitófagos. Casi todos ellos debían ser poco inte-

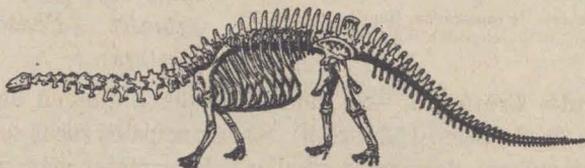


Fig. 517.—Esqueleto de *Brontosaurus*, Reptil andador del Jurásico: longitud, 18 metros.

ligentes, dado el pequeño desarrollo de la cavidad craneal, comparativamente con el tamaño de su cuerpo. Finalmente, merecen citarse dos céle-

bres especies: el *Archæórnis siemensi* y el *Archæópteryx lithográfica*, ambas encontradas en las calizas litográficas de Solenhofen (Baviera) de dichas especies el ejemplar más completo es el que representa la *fig. 521* que corresponde al *Archæórnis*: este animal era del tamaño de un cuervo y corresponde en realidad al grupo de las *Aves*,

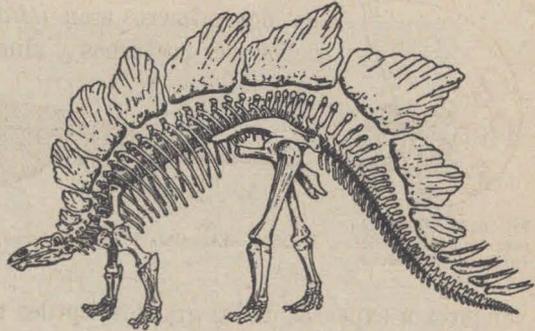


Fig. 518.—Esqueleto de *Stegosáurnus*, Reptil andador del Jurásico: longitud, 10 metros.



Fig. 519. Esqueleto de *Iguánodon*, Reptil saltador del Jurásico: longitud, 10 metros.

pues poseía uno de los dedos de sus extremidades anteriores transformado y adaptado para el vuelo y provisto de plumas, así como la larga cola; los otros tres dedos eran libres y poseían uñas: el resto del cuerpo carecía de plumas o las tenía escasas; las mandíbulas eran alargadas y formaban a la manera de un pico, pero poseían 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*, etcétera).

Período Cretácico.—Su nombre alude a que en algunos sitios abunda la *creta* (págs. 153 y 249). Sus principales rocas sedimentarias, son: areniscas, conglomerados y calizas. El carácter más notable de la flora es la existencia indudable de plantas *Angiospermas*, tanto *Monocotiledóneas* como *Dicotiledóneas*, parecidas a las actuales (Palmáceas, Liliáceas, *Pópulus*, *Sáliz*, *Fágus*, *Quércus*, *Ácer*, etcétera) (*figura 522*). Entre los animales abundan los Protozoos Foraminíferos lla-

mados *Orbitolina cóncava*, cuya concha era ligeramente excavada por

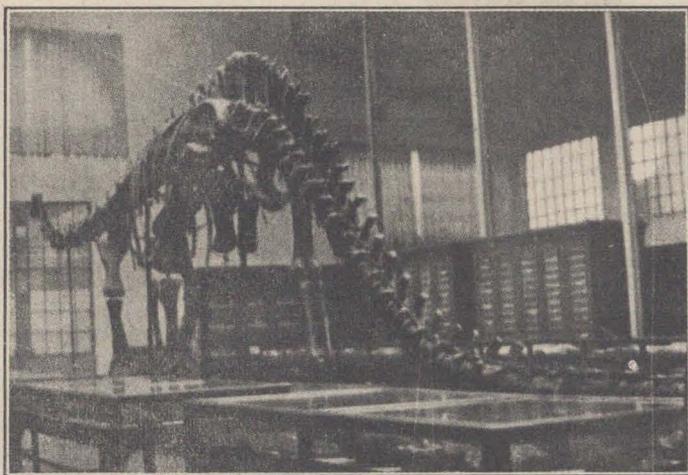


Fig. 520.—Esqueleto de *Diplodócus*, Reptil saltador del Jurásico: longitud, 25 metros. Está visto por su parte posterior para que se pueda apreciar el gran desarrollo de la cola y extremidades posteriores. (Ejemplar del Museo Nacional de Ciencias Naturales).—(Fot. O. Cendrero).

una de las caras (fig. 523): su tamaño varía desde una lenteja a una mon-



Fig. 521.—*Archæornis siemensii*, animal Jurásico de caracteres intermedios entre las Aves y los Reptiles. Esta especie estaba incluida hasta hace poco tiempo en el género *Archæopteri.v.*

eda de cinco céntimos: en algunos sitios forma estratos de 50 metros de espesor; los *erizos de mar* (fig. 524), los *Braquiópodos* (fig. 525) y un grupo de *Moluscos*, ya desaparecido, denominado de los *Rudistas* (fig. 526), 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* gigantescos (*Iguánodon*, *Plesiosáurus*, etc.), si bien muchos de los Jurásicos

han desaparecido, existiendo en cambio otros nuevos, como los *Tricera-*



Fig. 522.—Paisaje Cretácico restaurado idealmente.

tops, de enorme cráneo, provisto de dos cuernos en la frente y uno en

la nariz (*figura 527*); etc.

Existen ya *Aves* claramente diferenciadas (*Hesperór-*

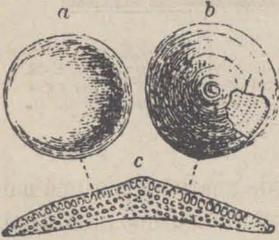


Fig. 523.—*Orbitolina* cóncava Foraminífero del Cretácico; *a*, por debajo; *b*, por encima; *c*, sección muy aumentada.

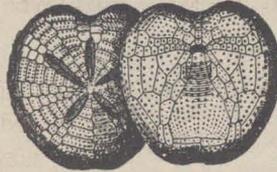


Fig. 524.—*Micraster coranquinum*; erizo de mar del Cretácico.



Fig. 525.—*Terebratulina*, Braquiópodo que vive desde el Devónico hasta la época actual: abunda en el Cretácico.



Fig. 526.—*Hippurites*, Molusco bivalvo del grupo de los Rudistas (Cretácico)

nis, *Ichthyórnis*) (*fig. 528*), pero con la particularidad de que poseen *dientes*. Subsisten los *Marsupiales*.

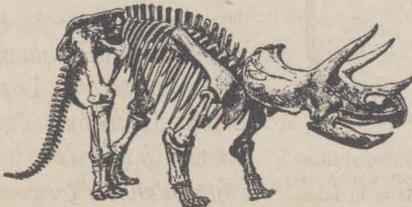


Fig. 527.—*Triceratops*, Reptil del Cretácico: longitud, siete metros.



Fig. 528.—*Ichthyornis*: Ave con dientes, del Cretácico.

MOVIMIENTOS EPEIROGÉNICOS.—La Era Secundaria se caracteriza por su *quietud orogénica*, es decir, que durante ella no se ha formado ninguna cadena de montañas como en la Era Primaria. Pero, en cambio, es la Era en que los *movimientos epeirogénicos* (pág. 300) han sido más intensos, llegando el mar a invadir regiones muy extensas.

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. 529).—Al final del período Jurásico, el continente Sep-

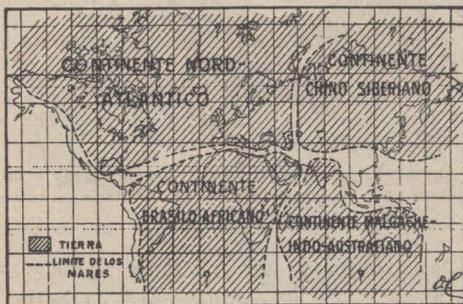


Fig. 529.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final de la Era Secundaria.

tentrional 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 en un *continente Africano-Brasileño* o *Brasil-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 Africa, 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 se-

paró 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.

Distribución de los terrenos Secundarios en España (fig. 530 y fig. 546).—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.

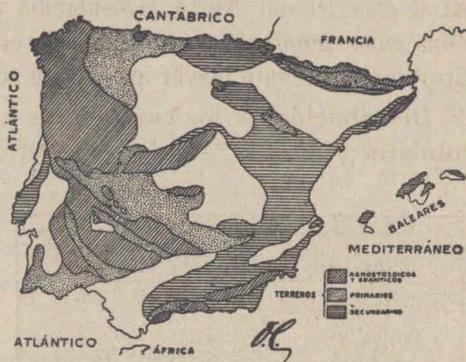


Fig. 530.—Esquema de la distribución de las tierras y de los mares en la Península Ibérica al terminar la Era Secundaria.

ERA TERCIARIA O CENOZOICA

Estos términos significan, respectivamente, tercera época de materiales sedimentarios y Era de los animales recientes (gr. *kainos*, reciente). También se la llama *Neozoica* (gr. *neos*, nuevo).

Sus rocas *sedimentarias* son también areniscas, calizas, arcillas, et- cetera, como en las anteriores Eras, pero, en general, de elementos me- nos coherentes que en aquéllas, y de tonos más claros.

DIVISIÓN.—Ordinariamente se divide en cuatro períodos, denomina- dos *Eoceno*, *Oligoceno*, *Mioceno* y *Plioceno*, nombres que quieren de- cir, respectivamente, aurora de los tiempos recientes (gr. *éos*, aurora; *kainos*, reciente), o sea que puede considerarse como la aurora de la época actual; (gr. *oligos*, escaso), poco reciente comparado con los si- guientes; (gr. *meion*, menos), menos reciente comparado con el plioceno; (gr. *pleion*, más), más reciente que los anteriores. Es frecuente desig- nar con el nombre de *Paleógeno* (gr. *palaíos*, antiguo; *genos*, naci- miento), 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 con- siderarse, en parte, el *Oligoceno* como una facies lagunar del Eoceno.

Período Eoceno.—La *flora* de este período es muy análoga a la actual (fig. 531), si bien se hallan en casi todo el Globo plantas que hoy sólo viven en los climas tropicales. Respecto a la *fau-*

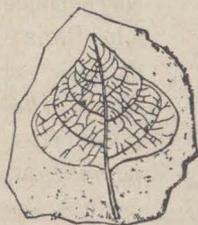


Fig. 531.—Impresión de una hoja de chopo (*Pópulus modesta*) del Eoceno: longitud, nueve centímetros.



Fig. 532. *Nummulites* del Eoceno en una caliza.

na, existen en el Eoceno de un tres a un cuatro por ciento de especies que actualmente viven, principal- mente *Moluscos*. Son característi- cos los *Foramini- feros* marinos de-

nomina- dos *Nummulites* por su forma discoidea parecida a una moneda (fig. 532), 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 *Belem- nites*, ni los grandes *Reptiles* del Secundario, etc.: 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 encuen- tran *Cetáceos*, *Cuadrumanos*, etc., mereciendo mención especial los ance- strales o formas primeras de muchas especies actuales, como del caba-

llo, por ejemplo, cuya evolución (figs. 533 a 537) 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 ante-

riores y tres en las posteriores, etc., pues las formas intermedias hasta llegar al caballo actual, son numerosas, con la particularidad de que en América no existían caballos hasta que los llevaron los españoles y, sin embargo, donde mejor puede estudiarse la evolución de esta especie es,

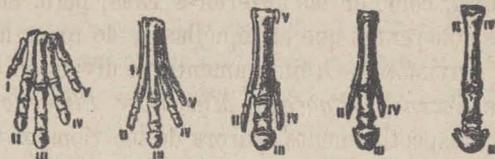


Fig. 533. Fig. 534. Fig. 535. Fig. 536 Fig. 537.

Evolución del pie anterior de algunos Équidos fósiles: comienzan con formas de cinco dedos y terminan con formas de un dedo.—Fig. 533. *Phenacodus* (Eoceno inferior).—Fig. 534. *Pachynolophus* (Eoceno medio y superior).—Fig. 535. *Anchitherium* (Mioceno).—Fig. 536. *Protophippus* o *Hipparion* (Mioceno superior y Plioceno).—Figura 537. *Equus* (Cuaternario y actual).



Fig. 538.—*Palaeotherium*, restaurado. Perisodáctilo del Eoceno superior, de caracteres intermedios entre el tapir y el caballo actuales y del tamaño de este último.



Fig. 539.—*Anoplotherium*, restaurado. Artiodáctilo rumiante del Eoceno: su altura, alrededor de un metro.

Xyphodon (fig. 540), perteneciente también a los Artiodáctilos. Finalmente, se hallan numerosos *Primates* pertenecientes a los subórdenes *Prosimios* y *Simios*, entre estos últimos algunos *Antropomorfos* (*Propliopithecus*).

Período Oligoceno.—Según se dijo (pág. 328), muchos autores le consideran como una facies lagunar del Eoceno y, por lo tanto, incluido en el mismo. Esto ya indica que su flora y su fauna son parecidas a las que actualmente viven en las lagunas y terrenos pantanosos; y así ocurre, en efecto, pues abundan las especies



Fig. 540.—*Xyphodon*, restaurado. Ruminante del Eoceno superior: su tamaño, como el de una gacela actual.

corresponde a los Perisodáctilos; el *Anoplotherium* (figura 539), que es un Artiodáctilo y el

del género *Rana* (fig. 471) como, por ejemplo, en Libros (Teruel), y las de diversas especies de Zancudas, como las del género *Ibis*, etc. También se encuentran numerosas especies de Moluscos de agua dulce. Las algas sulfurarias, que viven también en aguas dulces (*) fueron asimismo muy abundantes, pues entre las margas existen con frecuencia depósitos de azufre, como ocurre en Libros (Teruel) (figs. 193 y 194).

Período Mioceno.—La flora y la fauna prueban que al final del periodo el clima era menos cálido (fig. 541); por lo demás, continúa la evolución de los Mamíferos: abundan más los *Simios* y siguen representados los *monos antropomorfos* (*Pliopithécus*): entre los *Proboscidos* merece citarse el *Mastodonte*, con cuatro largas defensas, que se considera como el precursor de los elefantes y el *Dinothérium*, 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. 542). El tanto por ciento de especies de Moluscos análogas a las actuales, es de un 35.



Fig. 541.—Hoja de *Vitis previnifera* del Mioceno: su longitud, 10 centímetros.

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*. Existió el Antropomorfo *Driopithécus*, del tamaño del chimpancé actual. La flora y las especies de moluscos, son, en general, análogas a las actuales.



Fig. 542.—Paisaje Mioceno, restaurado, con un Mastodonte, un *Palaethórium*, un Hipopótamo, etc.

(*) Véase mi BOTÁNICA, 6.ª edición, página 59.

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.

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* o *Lemuria*, este último acaso fraccionado ya en islas, de las que Madagascar, las Schelas, etc., serían los representantes actuales (figura 543). La distribución de los *geosinclinales* de esta época puede verse en la figura 422. 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-At-*

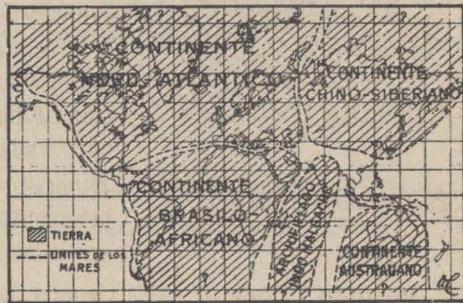


Fig. 543.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final del Paleógeno.

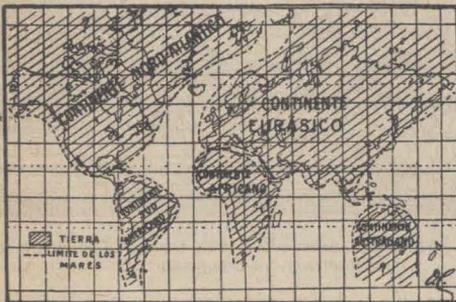


Fig. 544.—Esquema de la distribución de los continentes y de los mares al final del Neógeno.

lante, 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-At-*

lántico; por último, *Europa*, el *continente Chino Siberiano* y la *India* se unen en un continente formando la *Eurasia* actual (fig. 544).

Distribución de los terrenos Terciarios en España (figs. 545 y 549).--Se hallan constituyendo extensas regiones, principalmente al Sur

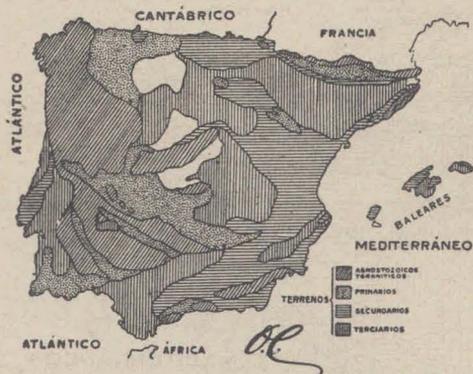


Fig. 545.—Esquema de la distribución en la Península Ibérica de los Terrenos Primarios, Secundarios y Terciarios.

de los Pirineos y Cordillera Cantábrica (de Gerona 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 periodo estuvo unida Andalucía a África por el istmo de Gibraltar, datando de esta

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. 546) existen grandes depósitos cuaternarios al Sur de la Cordillera Cantábrica, principalmente en la provincia de León y limitrofes, 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 las que en España tenemos ejemplo en Gerona, etc.

Se divide en tres periodos, llamados: *Cuaternario antiguo* o *Post-Plioceno*; *Cuaternario medio* o *Pleistoceno* (gr. *pleiston*, más numero-

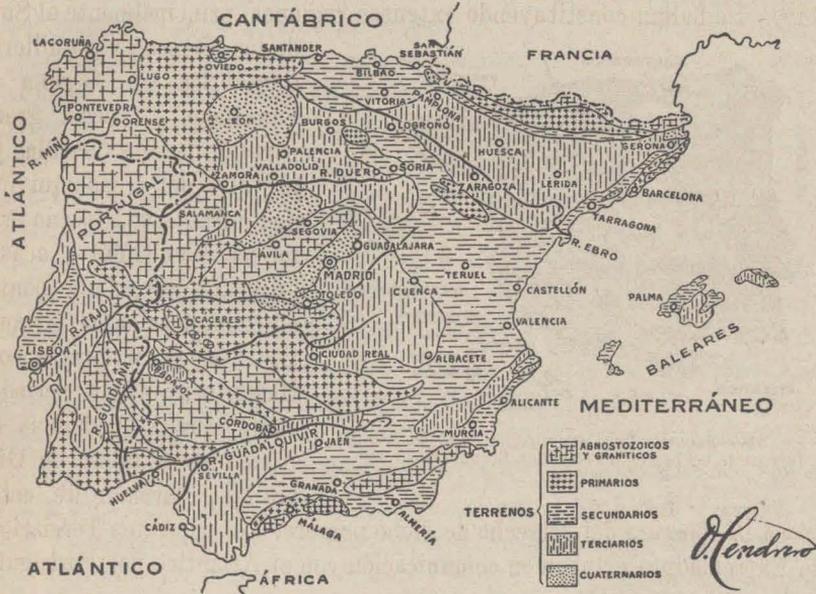


Fig. 546.—Esquema de la distribución en la Península Ibérica de los terrenos geológicos de las distintas Eras.

so; *kainos*, reciente) y *Cuaternario reciente*, *Moderno* u *Holoceno* (gr. *olas*, 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 u Holoceno.

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 de Eurasia y América, pero de los cuales se encuentran huellas bien manifiestas en todas las elevadas 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 glaciár alternando con épocas interglaciares más cálidas que la época actual. En muchos puntos de Europa, etc., se distinguen *cuatro períodos glaciares* (el primero o Günziense al comienzo y el segundo o Mindeliense hacia la mitad del Cuaternario antiguo: el tercero o Rissiensense al comienzo y el cuarto o Würmiense al fin del Cuaternario medio), *tres períodos interglaciares* y *un período post-glaciár* o *epiglaciár*, 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 segundo, que corresponde a la mitad del Cuaternario antiguo. En España existieron glaciares en los Pirineos y Cordillera Cantábrica (*fig. 347*), 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. 74*): 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 verdaderos elefantes (*Élephas*), los caballos 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. primigénius*, elefante lanudo o mamut (*figuras 547 y 549*); el uro o toro primitivo (*Bos taurus primigénius*)

(fig. 550) el caballo primitivo (*Équus Stenónis*); el bisonte (*Bíson* o *Bos priscus*); ciervos (*Cérvus megáceros*); el oso de las cavernas (*Úrsus spelæus*) (fig. 551); el león de las cavernas (*Félix spelæa*); la hiena de las cavernas (*Hycæna spelæa*); va-

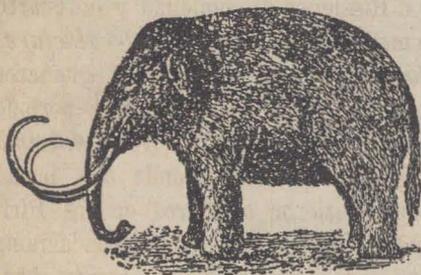


Fig. 547.—Mamut o elefante lanudo (*Élephas primigenius*): su altura 4 a 5 metros.



Fig. 548. Diferencia entre el molar de un elefante actual (548) y el de un mamut (549).



Fig. 549.

rias especies de rinocerontes, hipopótamos, etc.: algunas otras especies



Fig. 550.—Cráneo de uro (*Bos taurus*, var. *primigenius*) del Pleistoceno de Europa (según Alleyne y Lydekker).

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*); etcétera. En el comienzo del *Holoceno* no exis-

ten 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

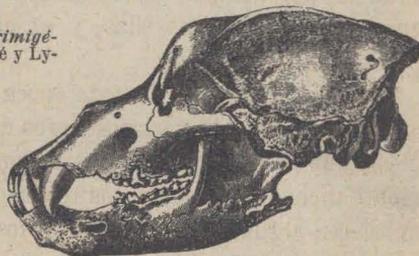


Fig. 551.—Cráneo de *Úrsus spelæus*.

en los periodos glaciares e interglaciares, mientras que a otras conve-

nia 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, respectivamente.

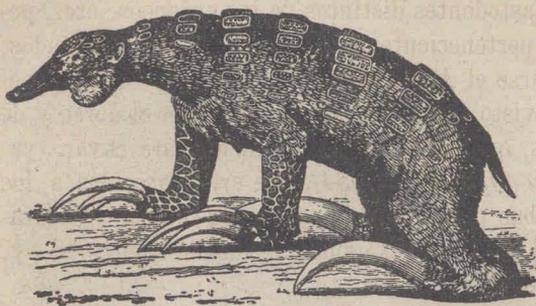


Fig. 552.—*MegaloniX Jeffersoni*, restaurado. Desdentado cazador del Cuaternario de la pampa argentina: su longitud, dos metros.

phas 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.

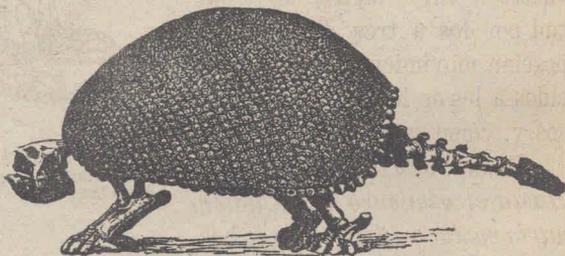


Fig. 553.—*Glyptodon*. Desdentado acorazado del Cuaternario de la pampa argentina: su longitud, tres metros.

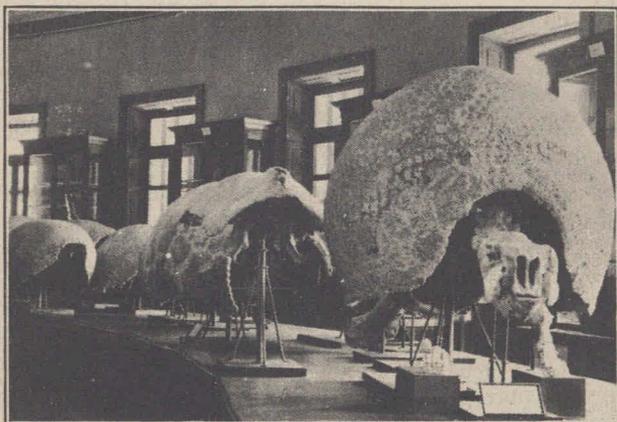


Fig. 554.—Grupo de corazas de *Glyptodon*, del Museo de Historia Natural de la Plata (Argentina). (Fot. com. por el prof. Doctor A. Boscá).

Entre la fauna de *clima frío* se encuentran el mamut, reno, marmota, rebeco, cabra, etc. Entre la de *clima cálido* los *Éle-*

De la fauna de los restantes continentes merece especial mención la americana, y singularmente la de la República Argentina, en cuya pampa se ha encontrado tan gran cantidad de Mamíferos

fósiles, que bien puede asegurarse no tiene igual en el mundo. Entre estas especies se hallan Mastodontes distintos de los europeos, etc., pero las más típicas son las pertenecientes al grupo de los Desdentados, entre los que merecen citarse el *Megálonix Jefférsóni* (fig. 552), especie de oso hormiguero provisto de placas óseas aisladas en el dorso y de robustas uñas en las patas, que estaban acondicionadas para cavar; varias especies de *Glyptodon* (figs. 553 y 554), 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 (*Megathérium Cuvieri*, etc.) (figura 555), 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.



Fig. 555.—Esqueleto de *Megathérium Cuvieri*. Desdentado de la pampa argentina: su altura, dos a tres metros; longitud, cuatro a cinco metros.

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 (nota de la página 234), en su magnífica obra *El Hombre fósil*, admite como indudable la existencia de tres razas humanas fósiles, que, procediendo de la más antigua a la más moderna, son: el *Hómo heidelbergénsis*, el *Hómo neandertalénsis* o *primigénius* y el *Hómo sápiens* var. *fósilis* representada principalmente por la *raza de Cro-Magnon* que de todas las razas fósiles es la más parecida al hombre actual (*Hómo sápiens* var. *rérens*).

Los restos del *Hómo heidelbergénsis* están representados únicamente por una mandíbula inferior encontrada en 1907 en Mauer (cerca de *Heidelberg*, Alemania) (fig. 556), que «sobrepuja 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

(*) Véase ZOOLOGÍA, 6.ª edición, *Antropología*, pág. 308.

con un retroceso tan acentuado del mentón, por cuya razón el fósil se

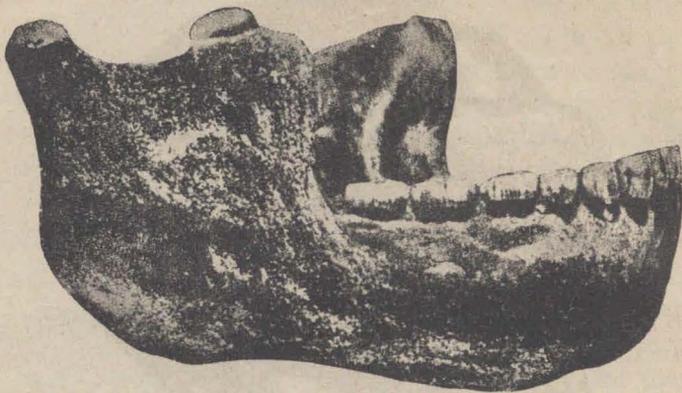


Fig. 556.—Mandíbula de Mauer de *Homo heidelbergensis*. (De Obermaier).

parece en su forma general más bien a las mandíbulas antropomorfas (especialmente del Gibón (*), que a las del hombre». «Pertenece la mandíbula al segundo período interglaciar y es posible que correspondiese a la forma precursora y originaria del *Hómo neandertalénsis*». (Obermaier).

Del *Hómo primigénius* o *neandertalénsis* (del valle de *Neandertal*, cerca de Düseldorf, Alemania), antiguamente llamada *raza de Canstadt* o *Kannstatt* (Alemania), se conocen esqueletos completos que Obermaier atribuye al final del último período interglaciar y a la primera mitad del último período glacial. «La talla de la raza de Neandertal es pequeña, relativamente, pues tiene unos 160 centímetros de altura por término medio». «El cráneo (fig. 557) 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,

(*) Véase ZOOLOGÍA, 6.ª edición, *Monos Antropomorfos*, pág. 306.

Francia), corresponde al último período glaciario y al postglaciario y sus res-



Fig. 557.—Un cráneo de *Homo neandertalénsis*. (De Obermaier).

tos son de caracteres, en general, análogos a los de la raza blanca actual, tanto en capacidad craneal (*fig. 558*) como en la talla (de 157 cm. a



Fig. 558.—Cráneo de la raza de *Cro-Magnon* (Según Klastsch).

197 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. 225). Como para hacer con fruto el estudio de la Prehistoria es preciso conocer Estratigrafía, 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* ó *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, 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. 559 y 560*), como para atarlas al extremo de un palo, una especie de *puntas de flecha* para usarlas con la mano (*puntas de mano*) (*fig. 561*); *puntas de flecha* destinadas a ser utilizadas en el extremo de un palo (*fig. 562*); etc. Las piedras de que principalmente se servían para fabricar esos instrumentos eran el *sílex* y la *cuarcita*.

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 lo-



Fig. 559.

Dos 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.



Fig. 560.

calidad del Cerro de San Isidro (Madrid) (*figs. 559 y 560*), 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 o epiglaciario*). Por efecto de la crudeza del clima, el hombre (raza de Cro-Magnon) se hizo *troglodita*, es decir (griego *trogle*, caverna), tuvo que buscar refugio en las cavernas, de donde salía para la caza y pesca de los animales que constituían su alimento y adonde 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 que se servía para diversos fines (*figuras 563 y 564*). Entre estos instrumentos los

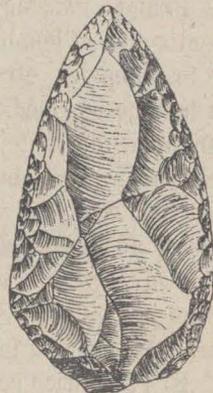


Fig. 561.--Punta de mano del *Paleolítico inferior* (un tercio del natural). De *El Hombre Fósil*, de Obermaier.

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. 565*), y otros de uso no bien determinado, como los llamados *bastones perforados* o *bastones de mando* (*fig. 566*), por haberse supuesto que los llevaban las altas dignidades de la tribu o familia; etc., etc.



Fig. 562.—Punta de flecha del Pateolítico superior de la cueva de Cueto de la Mina (Oviedo), excavada por el Conde de la Vega del Sella (*). (Tamaño natural). De *El Hombre Fósil*, de Obermaier.

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 asta de ciervo ostentan a veces curiosos grabados. A ella corresponden las pin-



Fig. 563.



Fig. 564.

Extrayendo el yacimiento prehistórico de una caverna (Santimamiñe-Guernica-Vizcaya (**)). Fig. 563, una faja del yacimiento que se está excavando.—Fig. 564, montón de conchas, huesos y utensilios extraídos del espacio comprendido entre las manos en la fig. 563. (Fot. O. Cendrero).

(*) 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, emprendidas en la Península.

(**) Merece ser conocido el hecho (digno de loa y de ser imitado) que estas excavaciones se llevaron a cabo por cuenta de la Diputación de Vizcaya, siempre celosa de cuanto pueda contribuir a la cultura, la cual encargó 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).

turas de Castillo (Puente Viesgo, Santander), la sin rival en el mundo de Altamira (Santillana, Santander) (fig. 567). 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 Península, que en cuevas y hasta en rocas al aire libre y resguardados de la lluvia, representan escenas guerreras, de caza, etc., (figs. 568 y 569).



Fig. 565. — Harpón de una fila de dientes del Paleolítico superior de Cueto de la Mina (Oviedo). Colección del Conde de la Vega del Sella. (Untercio menor que el natural). De *El Hombre Fósil*, de Obermaier.

PERÍODO NEOLÍTICO. — Este período corresponde a la época post-glaciár y se caracteriza porque los instrumentos de *pedra* que utilizó el hombre (sobre todo *hachas*) (fig. 570), 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. 140), la ofita (pág. 281), la fibrolita (pág. 165), la jadeita (página 166), etc. Subsisten los instrumentos de *hueso*, si bien

son muy poco abundantes.

Hasta este período no se conocen objetos de cerámica, que consisten en toscas vasijas de barro hechas a mano y cocidas después: son típicos de él las *fusaiolas*, que consisten en discos de barro cocido (fig. 571).

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 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 va-

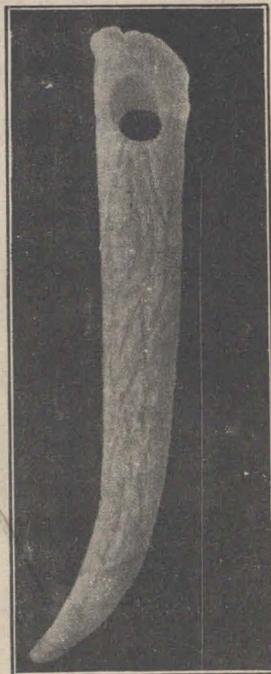


Fig. 566. — Bastón perforado o bastón de mando del Paleolítico superior de la caverna «El Pendo» (Santander). Tamaño mitad del natural. (Fot. O. Cendrero).

rios yacimientos se han hallado granos de trigo carbonizados y en casi



Fig. 567.—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 jabali, 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) (*).

todos, *molinos* consistentes en una ancha piedra sobre la que machaca-

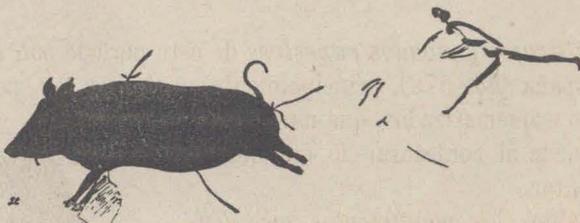


Fig. 568.—Cacería de un jabali. Cueva del Charco del Agua Amarga (Alcañiz-Teruel). (Muy reducida: según J. Cabré) (**).

ban los granos por medio de otra piedra pequeña.

(*) 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 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.

Durante el Neolítico alcanzó también gran desarrollo la industria del tejido (*fig. 571*).

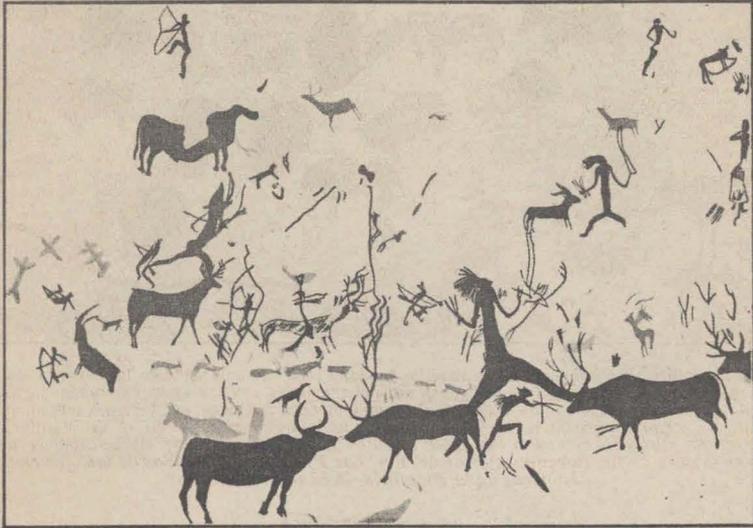


Fig. 569.—Parte del friso pintado de la cueva de La Vieja (Alpera-Albacete). (Según Cabré).

Las *pinturas y grabados rupestres* de este periodo son muy numerosos en España (*fig. 572*), principalmente en el E. y S.; pero son tan estilizados o esquematizados, que muchas veces no se puede ni conjeturar lo que quisieron representar.

Son notables los *monumentos megalíticos* que nos legaron los hombres neolíticos. Como dice su nombre (gr. *megás*, grande; *lithós*, piedra), consisten en monumentos formados por grandes piedras, de los que los más importantes son los *menhires*, los *dólmenes* y los *cromlecs*. Un *menhir* (del celta *men*, piedra; *hir*, larga) consiste en una larga piedra (a veces de 20 metros de longitud) introducida verticalmente en tierra (*fig. 573*): se supone que eran monumentos conmemorativos de algún hecho importante. Un *dolmen* (del celta *dol*, mesa o table-



Fig. 570.—Hacha de piedra del Periodo Neolítico.

ro; *men*, piedra) está constituido por una o más grandes piedras planas

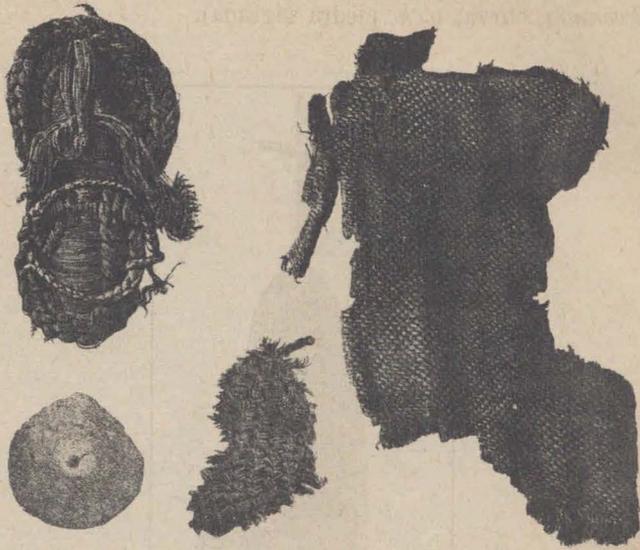


Fig. 571.—Sandalia, tejidos y fusaiola neolíticos, encontrados en la Cueva de los Murciélagos (Granada). (Según M. de Góngora).

sostenidas por dos o más colocadas verticalmente: éstos eran sepultu-



Fig. 572.—Insculpturas rupestres del Neolítico. La Caira (Pontevedra) (Fot. com. por el prof. Dr. R. Sobrino Buhigas).

ras (fig. 574). Un *cromlec* o *cromlech*, consiste en un recinto de muy

diversa forma, dibujado con bloques clavados en el suelo (*fig. 575*) (del bretón *kroumm*, curva; *lech*, piedra sagrada).

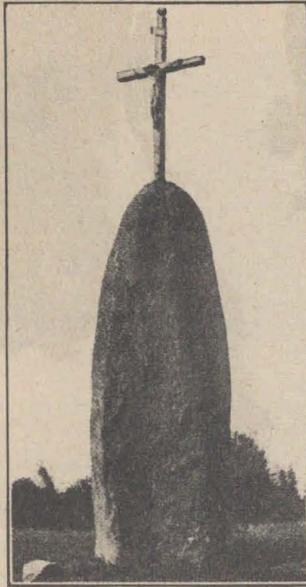


Fig. 573.—Un menhir en Bretaña (De Obermaier).

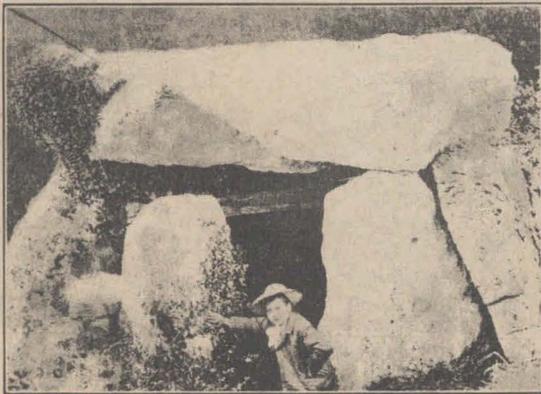


Fig. 574.—Dolmen de Egulaz (Álava). (Del trabajo *Estudio Antropológico del pueblo vasco*, por el prof. Dr. E. Eguren de Bengoa).

Finalmente, merecen mencionarse los *palafitos* o *habitaciones lacustres*, que construían sobre pilotes de madera (ital. *palafitti*) en los



Fig. 575.—Vista parcial del cromlec de Carnae, Quiberon (Bretaña). Compárese el tamaño de las piedras con el de la persona x.

lagos de poco fondo y próximos a la orilla: estas agrupaciones de palafitos formaban a veces verdaderas ciudades, según ha 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, principalmente hachas planas y puñales (*fig. 576*). También se hallan *dólmenes* de este periodo.

Por último, a la *Edad del Hierro* se pasa también insensiblemente de la del Bronce, y en ella comienza ya el periodo histórico.

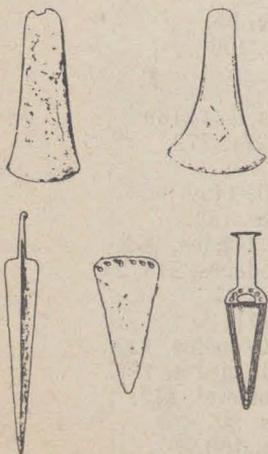


Fig. 576.—Hachas y puñales de cobre y de bronce (De Déchelette).

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, 65.
Abisales, 65.
Ablación, 201.
Aceite mineral, 172.
Agata, 140.
Agua marina, 168.
Algonkiense, 312.
Altiplanicies, 70.
Aludes, 228.
Aluviones, 213.
Amatista, 139.
 » oriental, 142.
Amianto, 166.
Ammonites, 310.
Análisis cualitativo, 116.
 » cuantitativo, 116.
Andesita, 281.
Anfibios, 318, 321.
Anisótropos, 109.
Apuntamiento, 86.
Archæopteris, 323.
Archæornis, 323.
Asbesto, 166.
Astronomía, 16.
Atoll, 245.
Augita, 166.
Avalanchas, 228.
Aves, 318, 323, 325.
Azabache, 177.

B

Barisfera, 76.
Barra, 214.
Basaltos, 281

Batial, 65.
Batolitos, 287.
Belemnites, 320.
Bencina, 172.
Bentos, 65.
Berilo, 168.
Bermellón, 137.
Betún de Judea, 173.
Biáxicos, 108.
Biología, 15.
Biotita, 170.
Birrefringentes, 107.
Biselamiento, 86.
Bloques erráticos, 232.
Bólidos, 41.
Braquieje, 95.
Bronceita, 166.

C

Calamina, 134, 169.
Caldas, 224, 272.
Caliche, 151.
Campanil, 142.
Canchales, 183.
Cantos estriados, 232.
 » rodados, 213, 247.
Cañones, 207.
Caolín, 171.
Carbonato sódico, 120.
Carbón de piedra, 177.
 » mineral, 177.
Cascadas, 207.
Cayuelas, 153.
Ciencias naturales, 11.
Cierzo, 56.

Clasificaciones mineralógicas, 123.
 Clinoeje, 96.
 Creta, 153, 249.
 Criptógamas vasculares, 315, 317,
 320.
 Cometas, 40.
 Continentes a la deriva, 289.
 Constelaciones, 20.
 Coronio, 25.
 Cordilleras, 67.
 Cuenca hidrográfica, 70.
 Cullinán, 127.

D

Denudación, 180, 197.
 Delta, 214.
 Descalcificación, 183.
 Deutoformas, 93, 94.
 Diabasa, 281.
 Dialaga, 166.
 Dicotiledóneas, 323.
 Dinámica terrestre, 47, 180.
 Diorita, 280.
 Dipnoos, 292.
 Diques, 284.
 Disgregación mecánica, 182.
 Doble refracción, 107.
 Dólmenes, 345.
 Dunas, 189.

E

Edad de los metales, 348.
 Eje óptico, 108.
 Ejes de simetría, 84.
 » principales, 85.
 Ensayos por vía húmeda o hidrog-
 nósticos, 120.
 Ensayos por vía seca o pirognós-
 ticos, 116.
 Enstatita, 166.
 Episidéreos, 11.
 Epitelúricos, 11.
 Era Azoica, 312.
 » de los Reptiles, 321.
 » Primitiva, 314.
 Erosión, 180, 197.
 Escarcha, 57.
 Escayola, 160.
 Esmeralda, 168.
 » oriental, 142.
 Especie, 123.

Espejo de los Incas, 279.
 Espeleología, 225, 340.
 Espuma de mar, 168.
 Estalactitas, 98, 225.
 Estalagmitas, 225.
 Estibina, 133.
 Estratificación cruzada, 251.
 Estratos, 180, 250, 304.
 » concordantes, 254.
 » discordantes, 255.
 Estratosfera, 53.
 Estrellas, 20.

» fugaces, 41, 43.
 Estructura holocristalina o grani-
 tica, 276.
 Estructura porfirica o semicrista-
 lina, 277.
 Estructura vítrea, 277.

F

Facies, 250, 309.
 Fallas, 256, 297
 Fauna, 74.
 Feldespatos cálcico-sódicos, 167,
 280.
 Física, 11.
 » mineral, 79, 102.
 Flora, 74.
 Formación de la hulla, 241.
 » del lignito, 240.
 » de la turba, 240.
 Fosas, 258.
 Fosforita, 164.
 Fósiles, 180, 304.
 » característicos, 307.
 Fosilización, 306.
 Fuentes, 223.
 » intermitentes, 224.
 » hipógenas, 269.
 » termales, 224, 272.
 Fumarolas, 269.

G

Gabro, 281.
 Gáiseres o geiseres, 272.
 Gasolina, 172.
 Geocoronio, 54.
 Geognosia, 47, 78.
 Geografía Botánica, 74.
 » Física, 47, 49.
 » Zoológica, 74.

Geología, 15, 47.
 » dinámica, 47, 180.
 » estratigráfica, 97, 304.

Geología fisiográfica, 47, 49.
 » histórica, 47, 304.

Geosinclinales, 258.

Geotectónica, 47, 180, 250, 284.

Gimnospermas, 315, 317, 320.

Giroscópica, 46.

Gliptogénesis, 180.

Gneis, 284, 302.

Goniómetros, 82.

Grabados rupestres, 342.

Grado geotérmico, 75.

Granito, 278.

Graptolíticos, 314, 315.

Gredas, 172.

Guano, 242.

H

Hachas de piedra, 340, 343.

Hematites parda, 144.

» roja, 142.

Hépar, 120.

Hiato, 255, 305.

Higrófilas, 74.

Hiperstena, 166.

Historia natural, 11.

Hoces, 207.

Holoceno, 333.

Hornaguera, 177.

Hornblenda, 166.

Horst, 258.

Hulla, 177, 250.

» brillante, 179.

I

Icebergs, 234.

Impresiones, 305.

Índices, 89.

Inorgánicos, 11.

Islas, 66.

» madreporicas, 244.

Isostasia, 288.

J

Jabón de vidrieros, 142.

Jaboncillo de saestre, 168.

L

Lacolitos, 284.

Lagos, 215.

Lagunas, 215.

Lágrimas de Santa Casilda, 155.

Laguna estratigráfica, 255, 305.

Lapiaz, 202.

Lignito, 177, 249.

Limburgitas, 284.

Limnología, 215.

Litogénesis, 181.

Litología, 78, 246.

Loes, 189.

Luna, 36.

LL

Llama, 118.

Llanuras, 71.

M

Macalubas, 271.

Macroje, 95.

Maestral o mistral, 56.

Magma, 276.

Magnesita, 168.

Mamíferos, 310, 318, 321, 323,
 325, 327, 328, 329, 330.

Mamut, 308, 334.

Manganesa, 142.

Mareas, 62, 73.

Maremos, 299.

Mares, 67.

Margas, 153.

Mármoles, 151.

Marsupiales, 321, 323, 325, 327.

Meandros, 207.

Médanos, 189.

Menhires, 345.

Mesetas, 70.

Meteoritos, 41, 302.

Micacitas, 302.

Mineralogía, 78.

Modos de simetría, 86.

Mofetas, 270.

Moluscos, 243.

» litófagos, 246.

Monocotiledóneas, 323.

Monorrefringente, 107.

Montañas, 69, 70, 290.

Monumentos megalíticos, 345.

Morrenas, 232.

Moscovita, 170.

N

Naturaleza, 11.

Nebulosas, 17.

Nebulio, 18.
 Nécton, 65.
 Neógeno, 328.
 Nerítica, 65.
 Nevé o neviza, 230.
 Nicol, 109.
 Nife, 51, 76.
 Nitrato de cobalto, 119.
 Nubes, 53, 57.
Nummulites, 310, 328.

O

Obsidiana, 279.
 Ocre amarillo, 145.
 » rojo, 143.
 Ofita, 281, 320, 343.
 Olas de marea, 299.
 Oligoceno, 328.
 Ollas, 208.
 Orgánicas, 11.
 Orogénesis, 181, 287.
 Ortoclasas, 167.
 Ortoeje, 96.
 Ortosa, 167.

P

Paises bajos, 71.
 Paleógeno, 328.
 Paleogeografía, 304.
 Paleontología, 47, 309.
 Parafina, 172.
 Parámetro, 87.
 Pedernal, 140.
 Pedrizas o pedregales, 183.
 Penillanuras, 181.
 Peñascales, 183.
 Peridoto, 165.
 Peridotitas, 283.
 Periodo neolítico, 343.
 » paleolítico, 340.
 Periodos glaciares, 334.
 Perlas, 119.
 Petrografía, 78.
 Pez mineral, 172, 174.
 Piedra de chispa, 140.
 » de toque, 140.
 » imán, 162.
 » pómez, 280.
 » pulimentada, 343.
 » tallada, 340.

Piedras bamboleantes, oscilantes,
 etcétera, 189.
 Pilas, 208.
 Pinturas rupestres, 342, 345.
 Pinzas de turmalina, 108.
 Pirosera, 75, 76.
 Pizarras, 301, 312, 313.
 Plagioclasas, 167, 281.
 Plancton, 65.
 Planetas, 27.
 Planicies, 70.
 Plegamiento alpino, 331.
 » caledoniano, 316.
 » herciniano, 318.
 » huroniano, 312.
 Pleistoceno, 333.
 Plombagina, 127.
 Plutón, 27, 28, 40.
 Polarización, 108.
 Polarizador, 109.
 Poliácicos, 108.
 Policroismo, 111.
 Pólipos, 243.
 Pórfidos, 280.
 Precámbrico, 312.
 Prehistoria, 225, 340.
 Protoformas, 93.

Q

Química, 11
 » mineral, 79, 123.

R

Rápidos, 207.
 Razas humanas fósiles, 337.
 Relación áxica, 88.
 Reptiles, 318, 321, 328.
 Retumbos, 293.
 Rocas, 78, 276.
 » aborregadas, 232.
 » clásticas, 247.
 » cataclásticas, 302.
 » de origen mecánico, 247.
 » » químico, 249.
 » detriticas, 247.
 » deutógenas, 247.
 » efusivas, 276, 277.
 » en masa, 246.
 » eólicas, 247.
 » glaciares, 249, 250.

- Rocas hidráulicas, 247.
 » igneas, 276.
 » intrusivas, 278, 279.
 » neptónicas, 247.
 » plutónicas, 276.
 » protógenas, 247.
 » volcánicas, 276.
- Riplemarks, 306.
 Rocío, 57.
 Rubí, 162.
 » oriental, 142.
 Rubio, 144.
- S**
- Sanidino, 167.
 Sedimentación mecánica, 183, 208, 219.
 Sedimentación química, 222.
 Selenita, 159.
 Serófilas, 74.
 Sial, 50, 289.
 Sidéreos, 11.
 Sienita, 280.
 Silex, 140.
 Silicícolas, 74.
 Sima, 50, 289.
 Símbolos, 87.
 Simoum o simún, 56, 192.
 Sismos, 293.
 Sistema asimétrico, 96.
 » exagonal, 93.
 » monosimétrico, 96.
 » regular, 90.
 » rómbico, 95.
 » tetragonal, 94.
- Sol, 24.
 Sol de media noche, 34.
 Solsticio, 34.
 Solfataras, 270.
 Soplete, 117.
 Succino, 176.
- T**
- Tajos, 207.
- Translaciones continentales, 289.
 Teleosteos, 321.
 Telesia, 142.
 Telúricos, 11.
 Tierra de batán, 171.
 Tierras llanas, 70.
 Tómbolos, 222.
 Topacio, 165.
 » oriental, 142.
 Topografía ruiniforme, 186.
 Torrecicas, 155.
 Torrentes, 202.
 Traquitas, 280.
 Tremolita, 166.
Trilobites, 309, 313.
 Trípoli, 143, 249.
 Troposfera, 52.
 Truncadura, 86.
 Tsunamis, 299.
 Tubo abierto, 119.
 » cerrado, 119.
 Turba, 176, 239.
- U**
- Uniáxicos, 108.
 Uranografía, 15, 16.
- V**
- Valles, 69.
 Vaselina, 172.
 Vena, 144.
 Vendaval, 56.
 Venturina, 139.
 Vidrio de los volcanes, 279.
 Vientos, 54.
 Volcancitos de fango, 271.
 Volcanes, 260.
- W**
- Wegener*, 289.
- Z**
- Zafiro, 142.
 Zonda, 56, 192.

ÍNDICE DE MATERIAS

DEDICATORIA, 5. — PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN, 6. — PRÓLOGO A LA SEXTA EDICIÓN, 7. — PRÓLOGO A LA SÉPTIMA EDICIÓN, 9.

PRELIMINARES, 11.--División de los seres naturales: sus analogías y diferencias, 11.—División de la Historia Natural, 15.

URANOGRAFÍA, 16.—Clasificación de los astros según Faye, 16.—Nebulosas, 17.—Formaciones estelares, 20.—Sistema solar, 23.—Nacimiento, vida y muerte de los astros, 43.

GEOLOGÍA, 47.—Definición y división, 47.—Importancia de la Geología, 47.

GEOGRAFÍA FÍSICA, 49.—Forma, superficie y densidad de la Tierra, 49.—Partes concéntricas de la Tierra, 50.—Atmósfera, 52.—Litosfera, 65.—Endosfera, 76.

GEOGNOSIA, 78.—Definición y división, 78.

Mineralogía, 78.—MINERALOGÍA GENERAL, 78.—Caracteres mineralógicos, 78.—*Morfología mineral*, 79.—Minerales cristalizados, cristalinos y amorfos, 79.—Cristalización, 80.—Inclusiones, 81.—Principios fundamentales a que obedecen los cristales, 81.—Formas simples y compuestas, holoédricas, hemiédricas y hemimórficas, 86.—Sistemas cristalinos, 90.—Agregados cristalinos: maclas: cristales miméticos, 97.—Estructura de los minerales, 99.—*Física mineral*, 102.—Exfoliación, 102.—Dureza, 103.—Elasticidad, 104.—Tenacidad, 105.—Fractura, 105.—Peso específico, 105.—Brillo o lustre, 106.—Transparencia, 106.—Refracción de la luz, 106.—Color, 111.—Fosforescencia, 112.—Fusibilidad, 112.—Magnetismo, electricidad y radioactividad de los minerales, 112.—Caracteres organolépticos, 113.—*Química mineral*, 114.—Constitución química de los minerales, 114.—Isomorfismo, polimorfismo y pseudomorfismo, 115.—Medios de determinar la composición de los minerales, 116.—Reacciones por vía seca y húmeda de las principales bases, 122.

MINERALOGÍA DESCRIPTIVA, 123.—*Taxonomía y glosología minerales*, 123.—Taxonomía, 123.—Glosología o nomenclatura de los minerales, 125.—*Clase I*.

Elementos, 125.—Diamante, 125.—Grafito, 127.—Azufre, 128.—Platino, 129. Hierro, 130.—Cobre, 130.—Plata, 131.—Mercurio, 131.—Oro, 132.—*Clase II. Sulfuros, Arseniuros, Antimoniuros*, etc., 133.—Rejalgar y Oropimente, 133. Antimonita, 133.—Blenda, 133.—Niquelita, 134.—Pirita, 134.—Marcasita, 135.—Pirrotina, 135.—Cobaltina y Esmaltina, 135.—Mispíquel, 136.—Galena, 136.—Argentita, 137.—Cinabrio, 137.—Calcopirita, 137.—Proustita, 138.—Pirargirita, 138.—Tetraedritas, 139.—*Clase III. Óxidos*, 139.—Cuarzo, 139.—Calcedonia, 140.—Zircón, 141.—Casiterita, 141.—Pírolusita, 142.—Corindón, 142.—Oligisto, 142.—Cuprita, 143.—Ópalo, 143.—Bauxita, 144.—Limonita, 144.—*Clase IV. Sales haloideas*, 146.—Sal gema, 146.—Silvina, 148.—Carnalita, 148.—Fluorita, 149.—*Clase V. Nitratos, Carbonatos*, etc., 149.—Nitro, 150.—Nitratina, 150.—Calcita, 151.—Dolomita, 154.—Smithsonita, 154.—Siderita, 155.—Aragonito, 155.—Cerusita, 155.—Hidrocincita, 156.—Malaquita y Azurita, 158.—*Clase VI. Sulfatos*, etc., 158.—Baritina, 158.—Pechblenda, 159.—Alunita, Alumbres y Calafatita, 159.—Yeso, 159.—Epsomita, 162.—*Clase VII. Aluminatos, Ferritos*, etc., 162.—Espinela, 162.—Magnetita, 162.—*Clase VIII. Fosfatos*, etc., 163.—Apatita, 163.—Píromorfita, 164.—Calaita, 164.—Calcolita, 164.—*Clase IX. Silicatos*, etc., 165.—Silicatos anhidros, 165.—Olivino, 165.—Silimanita, 165.—Topacio, 165.—Turmalina, 165.—Granates, 165. Píroxenos, 165.—Jadeita, 166.—Anfiboles, 166.—Feldspatos, 167.—Esmeralda, 168.—Silicatos hidratados, 168.—Talco, 168.—Sepiolita, 168. Serpentina, 168.—Calamina, 169.—Micás, 169.—Cloritas, 170.—Arcillas, 170.—*Clase X. Minerales de origen orgánico*, 172.—Petróleo, 172.—Asfalto, 174.—Ambar, 176.—Carbones minerales, 176.

GEOLOGÍA DINÁMICA, LITOLOGÍA Y GEOTECTÓNICA, 180.—El ciclo de los fenómenos geológicos, 180.—Agentes geológicos, 181.—AGENTES ATMOSFÉRICOS, 182.

AGENTES ÁCUEOS, 197.—*Agua en estado líquido*, 197.—Aguas superficiales, 197.—Acción de las aguas dulces, 197.—Acción de las aguas del mar, 216.—Aguas subterráneas, 222.—*Agua en estado sólido*, 227.—Hielo y nieve, 227.—Glaciares, 229.

AGENTES BIOLÓGICOS, 237.—*Acción destructora*, 237.—*Acción constructora*, 238.—Organismos terrestres, 239.—Depósitos de origen vegetal, 239. Depósitos de origen animal, 242.—Organismos acuáticos, 243.—Depósitos de origen vegetal, 243.—Depósitos de origen animal, 243.

LITOLOGÍA, 246.—Composición mineralógica de las rocas, 246.—Clasificación de las rocas, 246.—*Rocas sedimentarias*, 247.—Rocas de origen mecánico, 247.—Rocas de origen químico, 249.—Rocas de origen orgánico, 249.

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS, 250.—Geosinclinales, 258.

AGENTES ERUPTIVOS, 260.—Tipos de erupciones, 265.—Fumarolas y fuen-

tes hipógenas, 269.—Teorías del volcanismo, 274.—*Rocas eruptivas*, 276. Clasificación de las rocas eruptivas, 277.

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS ERUPTIVAS, 284.

AGENTES OROGÉNICOS, 287.—Terremotos, 293.—Movimientos epeirogénicos, 300.—Metamorfismo, 301.—Rocas metamórficas, 301.—Rocas cataclásticas, 302.—Rocas extraterrestres ó meteoritos, 302.

GEOGRAFÍA HISTÓRICA Y PALEOGEOGRAFÍA, 304.—Estratos, 304. Fósiles, 305.—Facies; 309.—División de los tiempos geológicos, 311.

ERA ARCAICA O AGNOSTOZOICA, 311.

ERA PRIMARIA O PALEOZOICA, 313.—Período Cámbrico, 314.—Período Silúrico, 314.—Período Devónico, 315.—Plegamiento caledoniano, 316.—Períodos Carbonífero y Pérmico, 317.—Plegamiento herciniano, 318.—Clima de la Era Primaria, 318.—Distribución de los continentes y mares al final de la Era Primaria, 319.—Distribución de los terrenos primarios en España, 319.

ERA SECUNDARIA O MESOZOICA, 320.—Período Triásico, 320.—Período Jurásico, 321.—Período Cretácico, 323.—Clima de la Era Secundaria, 326.—Distribución de los continentes y mares al final de la Era Secundaria, 326. Distribución de los terrenos Secundarios en España, 327.

ERA TERCIARIA O CENOZOICA, 327.—Período Eoceno, 328.—Período Oligoceno, 329.—Período Mioceno, 330.—Período Plioceno, 330.—Plegamiento alpino, 331.—Clima de la Era Terciaria, 331.—Distribución de los continentes y mares al final de la Era Terciaria, 331.—Distribución de los terrenos Terciarios en España, 332.

ERA CUATERNARIA O ANTROPOZOICA, 332.—Clima de la Era Cuaternaria, 333.—Flora y fauna de la Era Cuaternaria, 334.—Razas humanas fósiles, 337.—Prehistoria, 340.

Índice alfabético, 349.



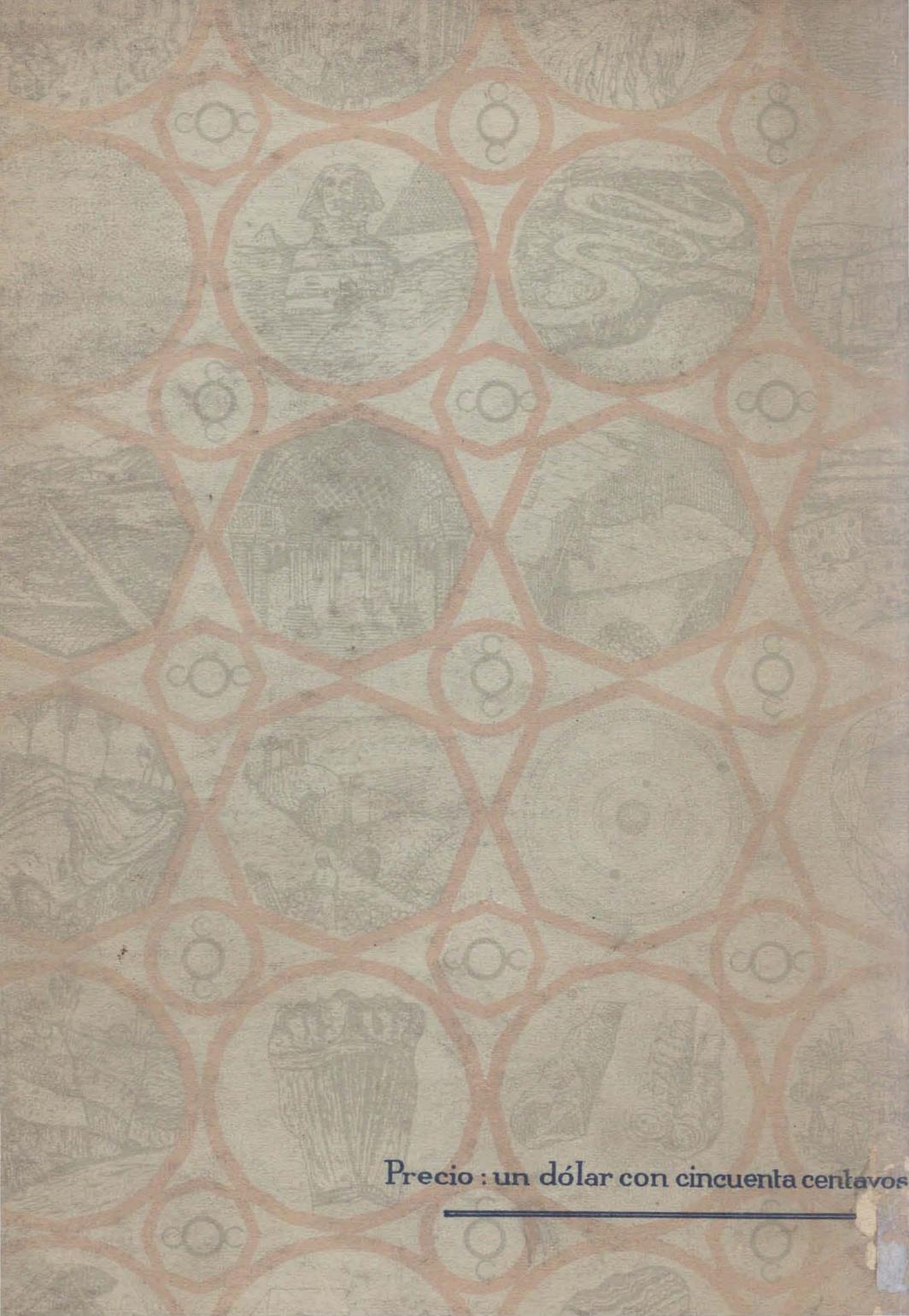
OBRAS DIDÁCTICAS DEL MISMO AUTOR

Elementos de Anatomía y Fisiología , duodécima edición, con 298 figuras intercaladas en el texto, precio . . .	16 pts.
Elementos de Higiene , duodécima edición, con 157 figuras en el texto, precio.	10 »
Nociones de Anatomía, Fisiología e Higiene , décima edición con 260 figuras: obra propia para los alumnos de Escuelas Normales, Seminarios, etc., precio.	12 »
Geología , séptima edición, con 459 figuras intercaladas en el texto, precio.	16 »
Botánica , séptima edición, con 618 figuras intercaladas en el texto, precio.	14 »
Zoología , séptima edición, con 865 figuras intercaladas en el texto, precio.	14 »
Estas tres últimas obras constituyen un completo <i>Curso elemental de Historia Natural</i> , ilustrado con más de 1.900 figuras.	
Nociones de Historia Natural , sexta edición, con 1.217 figuras intercaladas en el texto, obra propia para las Escuelas Normales, Seminarios, etc.	15 »
Lecciones de Anatomía, Fisiología e Higiene , acomodadas al Cuestionario oficial del año 1927; 3. ^a edición; 254 figuras, precio.	16 »
Lecciones de Historia Natural , acomodadas al Cuestionario oficial del año 1927; tercera edición; 501 figuras, precio.	14 »
Curso cíclico de Ciencias Físico-Naturales , (acomodado al Cuestionario Oficial publicado en la «Gaceta» del 1.º de octubre de 1934).	
PRIMER AÑO, con 180 páginas y 118 figuras, precio. . .	6 »
SEGUNDO AÑO, 176 páginas y 133 figuras, precio. . . .	6 »
TERCER AÑO, 150 páginas y 105 figuras, precio. . . .	6 »

Biología (con la colaboración del Doctor E. Rioja, Catedrático de Historia Natural del Instituto de San Isidro); 454 páginas; 687 figuras; precio	30 ptas.
Elementos de Biología general y especial (con la colaboración del Dr. E. Rioja). Libro más extenso que el anterior y que por contener también la Botánica y la Zoología descriptivas, interesa a todos los que tengan que estudiar la Biología completa; 665 páginas; 1.368 figuras; precio. . .	32 »
Prácticas elementales de Biología (con la colaboración del Profesor Dr. E. Rioja); 182 páginas; 236 figuras; precio.	12 »
Prácticas elementales de Anatomía y Fisiología (con la colaboración del Profesor Dr. E. Rioja); 128 figuras; precio	8 »
Elementos de Geología (con la colaboración del Profesor Dr. Fernández Navarro, autor del Cuestionario oficial de dicha asignatura); 624 páginas; 487 figuras; precio. . .	32 »
Prácticas de Mineralogía y Geología (con la colaboración del Profesor J. Royo Gómez, encargado de los cursos prácticos de Mineralogía y Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales), 298 páginas; 418 figuras; 60 sólidos cristalográficos desarrollados; precio	15 »
Clave mineralógica (con la colaboración del Dr. J. Royo); 80 páginas; 20 figuras; 12 sólidos desarrollados; precio. .	3 »

Estos precios no pueden ser aumentados en ninguna librería, y el comprador debe reclamar contra todo aumento.

De venta en las principales librerías de España y América.



Precio : un dólar con cincuenta centavos
