

J. MACPHERSON

# GEOLOGÍA

*Manuales.*

XIV

*Soler.*

1.<sup>50</sup> Pts

# MANUALES SOLER

## BIBLIOTECA



BIBLIOTECA ÚTIL Y ECONÓMICA  
•• DE CONOCIMIENTOS ENCICLOPÉDICOS ••

Sucesores de Manuel Soler - Editores  
BARCELONA

## MANUALES - SOLER

Estos Manuales abarcan las diversas ramas de las **Artes, Ciencias é Industrias modernas**, así como sus aplicaciones prácticas, constituyendo la Biblioteca más interesante que se haya publicado en España. Su confección ha sido confiada á personas doctas y autores de reconocida fama.

### TOMOS PUBLICADOS

QUÍMICA GENERAL.—HISTORIA NATURAL.—FÍSICA.—GEOMETRÍA GENERAL.—QUÍMICA ORGÁNICA.—LA GUERRA MODERNA.—MINERALOGÍA.—CIENCIA POLÍTICA.—ECONOMÍA POLÍTICA.—ARMAS DE GUERRA.—HONGOS COMESTIBLES Y VENENOSOS.—LA IGNORANCIA DEL DERECHO.—EL SUFRAGIO.—GEOLOGÍA.—PÓLVORAS Y EXPLOSIVOS.—ARMAS DE CAZA.—LA GUINEA ESPAÑOLA.—METEOROLOGÍA.—ANÁLISIS QUÍMICO.—ABONOS INDUSTRIALES.—UNIDADES.—QUÍMICA BIOLÓGICA.—BASES PARA UN NUEVO DERECHO PENAL.—FUERZAS Y MOTORES.—GUSANOS PARÁSITOS EN EL HOMBRE.—FABRICACIÓN DEL PAN.—AIRE ATMOSFÉRICO.—HIDROLOGÍA MÉDICA.—HISTORIA DE LA CIVILIZACIÓN ESPAÑOLA.—LAS EPIDEMIAS.—CRISTALOGRAFÍA.—ARTIFICIOS DE FUEGO Y GUERRA.—AGRONOMÍA.—LAS PROVINCIAS DE ESPAÑA.—FORMULARIO QUÍMICO-INDUSTRIAL.—VALOR SOCIAL DE LEYES Y AUTORIDADES.—CANALES DE RIEGO.

ARTE DE ESTUDIAR

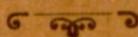
DE VENTA EN TODAS LAS LIBRERÍAS

Sucesores de **MANUEL SOLER** - Editores  
Apartado en Correos, 89. — BARCELONA

CASA EDITORIAL DE

SUCESORES DE MANUEL SOLER

Apartado en Correos, 89



Publicación de **OBRAS CIENTÍFICAS Y LITERARIAS.**  
Pídase el **CATÁLOGO GENERAL.**

---

---

OBRA PRÁCTICA

AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

NOVÍSIMO TRATADO TEÓRICO-PRÁCTICO

EL MÁS COMPLETO QUE SE HA PUBLICADO EN EUROPA,  
REDACTADO SEGÚN LAS OBRAS MÁS EMINENTES DE AGRÓNOMOS  
ESPAÑOLES Y EXTRANJEROS

por

**D. JOAQUÍN RIBERA**

Ingeniero

*Ilustrada con más de 5,000 grabados en negro y colores*

---

DECLARADA DE ENSEÑAN-  
ZA Y CONSULTA SEGÚN  
R. O. DEL MINISTERIO  
DE LA GOBERNACIÓN

---

Esta obra consta de cien cuadernos y la ilustran más de 5,000 grabados en negro y colores. Forma cinco voluminosos tomos, cuatro de texto y un atlas.

Su precio es:

Por cuadernos. . . . .	100 ptas.
Encuadernación económica.	110 »
Lujosamente encuadernada.	125 »

**SE FACILITA A PLAZOS MENSUALES**



BIBLIOTECA DE AUTORES  
NACIONALES Y EXTRANJEROS

Sucesores de Manuel Soler

EDITORES • Apartado en Correos, 89  
BARCELONA

DERECHO CONSUECUDINARIO

Y ECONOMÍA POPULAR DE ESPAÑA

por D. JOAQUÍN COSTA y otros autores

[ Dos volúmenes tamaño  $22 \times 14$  cm., de 393 y 467 páginas respectivamente. En rústica, 13 ptas. Encuadernación lujosa, 16 ptas.

ARMAS AUTOMÁTICAS:

PISTOLAS, FUSILES Y AMETRALLADORAS

por J. GÉNOVA é I.

Comandante de Infantería

[ Un tomo tamaño  $14 \times 22$  cm., de 372 páginas, con 208 grabados intercalados en el texto y 7 grandes láminas. En rústica, 6 pesetas. Encuadernada, 8 ptas.

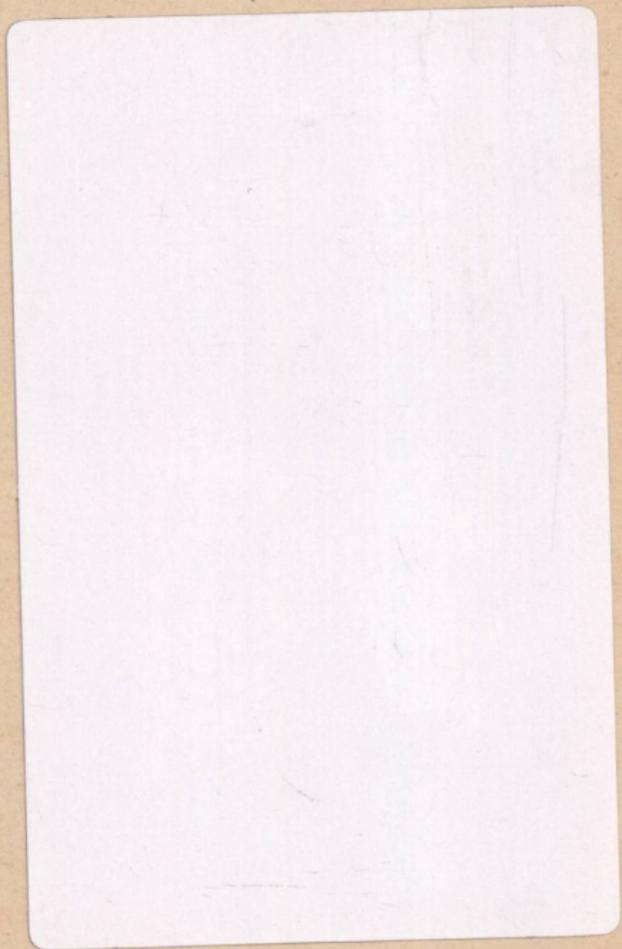
— EN PREPARACIÓN —

ANIMALES PARÁSITOS EN EL HOMBRE

por Mr. NEVEU-LEMAIRE

[ Edición española, por el Dr. de Buen. Constituirá un tomo, tamaño como los anteriores, con numerosos grabados.





**BIBLIOTECA**

CLODOALDO LOZANO LOPEZ

Sección *Ciencias* ..... Volumen N.º *49.* -

Número de volumen en el índice *1756.* -



R. 19233.5

ANT

XIX

575

GEOLÓGIA

---



MANUALES SOLER

---

XIV

# GEOLOGÍA

POR

JOSE MACPHERSON

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES



BARCELONA

---

MANUEL SOLER, EDITOR

---

ES PROPIEDAD

—

Derechos de traducción  
reservados

---



## INTRODUCCION

---

Al escribir este pequeño MANUAL DE GEOLOGÍA no es mi ánimo presentar un libro elemental de esta rama del saber en que puedan estudiarse sus fundamentos: mi ánimo es meramente presentar á la vista del lector uno como resumen de aquellas cuestiones que se agitan en el seno de la Geología enunciándolas, no demostrándolas ni discutiéndolas, pues es pequeño el espacio de que en libro de esta naturaleza se puede disponer, y si en la mente del lector se llega á sentir curiosidad por conocer la razón en que algunos asertos tienen su fundamento, libros y manuales hay de sobra en que esto puede conseguirse, y sobre todo en el gran libro de la naturaleza, abierto siempre y de incomparable elocuencia, puede el lector encontrar la clave para desterrar las dudas y satisfacer los deseos que en su mente puedan originarse.

El método que sigo es el siguiente: situó el globo que habitamos en el lugar que le corresponde en el concierto del Universo.

Paso después á su estudio, dividiendo éste en sus dos modalidades de tierra sólida y de su envoltente acuoso y gaseoso. Expongo primero sus rasgos generales y materiales que lo constituyen, y paso después á estudiar las tres grandes manifestaciones de sus actividades propias en los tres Capítulos del Vulcanismo, Seismología y Orogenia. Trato después del envoltente acuoso y gaseoso, y hago ver cómo estos agentes son los escultores de sus formas en su trabajo de constante nivelación. Hecha ver la acción recíproca de ambas modalidades, paso á hacer una brevísima reseña de su desenvolvimiento histórico y cómo por un proceso evolutivo pasamos desde las nieblas que difuminan el pasado período astral á la época en que el hombre lo llena con sus grandes luchas y creaciones.

NOTA.—Muchos de los grabados que ilustran el texto proceden de la *Historia de la Tierra* del malogrado Neumayer; otros son de otras procedencias; los de estructura de rocas los he sacado directamente de preparaciones de rocas de diversas localidades.

---



# MANUAL DE GEOLOGÍA

POR

J. MACPHERSON

---

## CAPÍTULO PRIMERO

Cuántas veces, al contemplar la esplendidez de un cielo puro y estrellado, habráse iniciado en el pensamiento el deseo de conocer la esencia de esos astros de que tan lejos estamos y para cuyo conocimiento todo medio directo de comunicación nos falta, y, sin embargo, en la tierra que pisamos tenemos una muestra cuya historia nos repite la vida de esos astros que tan enigmáticos nos parecen.

En la historia de esta tierra nuestra, que se conoce con el nombre de geología, puede seguirse en sus rasgos más principales todo el proceso evolutivo que en su sucesivo desarrollo parece el patrimonio común de todos los astros del Universo. Antes, sin embargo, de proceder al estudio de la tierra que habitamos, conviene hacer resaltar el lugar que ocupamos en el conjunto del Universo.

Escaso será el número de personas que no habrán tenido ocasión de fijarse en aquella zona blanquecina que en ciertas noches claras brilla en la bóveda celeste y que ha servido á la mitología antigua de tema para muchas de sus creaciones y que es conocida más vulgarmente con el nombre de Vía Láctea. Del conocimiento que poseemos de los astros, se deduce que esta zona luminosa es simplemente el sitio hacia donde el conjunto de astros que observamos adquiere su mayor espesor, pues cuando se aplican los más poderosos telescopios á esa región del cielo, resulta que esas masas blanquecinas acaban por resolverse en innumerables estrellas, y todo lo conocido induce á creer que el conjunto de astros que nos son visibles, forma una inmensa agrupación ó sistema de forma elipsoidal y que ocupa una incalculable extensión en el espacio.

Como resultado de los trabajos recientes de análisis espectral combinado con los de los movimientos propios de las estrellas, se va viendo que mientras aquellos astros en estado gaseoso ó en estado mixto se hallan siempre relegados á la región de la Vía Láctea y sus movimientos propios indican que se hallan á la mayor distancia de nosotros; las estrellas cuya temperatura es inferior y análoga á la de nuestro Sol, se encuentran, por el contrario, ocupando la región central del sistema, cual si la condensación en el sistema hubiese comenzado por su parte más céntrica y estuviéramos, por lo tanto, nosotros en la región más antigua.

Asombra sólo el contemplar la magnitud de los tamaños y las distancias que separan estos astros entre sí, y como consecuencia las dimensiones que

ocupa en el espacio este sistema que á todas luces no es el único que puebla sus inconmensurables distancias. Cuando se dirigen los más poderosos instrumentos hacia aquella región del cielo más libre de estrellas, ó sea la región polar de la Vía Láctea, se observan numerosas nubecillas que parecen ser sistemas análogos al nuestro y que, sin embargo, se hallan á distancia tal, que no pueden resolverse con los medios que poseemos.

Las dimensiones de este grupo estelar de que formamos parte, son verdaderamente portentosas y capaces de anonadar la fantasía más rica que pueda imaginarse.

Sabido es que la distancia de un objeto inaccesible se mide por el desplazamiento aparente que el objeto experimenta cuando se le observa desde los extremos de un espacio ó base conocida, desplazamiento cuyo ángulo se llama paralaje.

Pues bien, ciertas estrellas que aparecen fijas en la bóveda celeste, cuando se mide su posición relativa desde los extremos de una base lo suficientemente grande, que para este caso son los extremos de la órbita terrestre, ó sea el mayor diámetro de la curva que la tierra describe alrededor del sol, en el curso del año se observa que experimentan un pequeño cambio en su posición relativa, pero suficiente para conseguir el objeto de que se trata.

De esta manera se ha podido medir la distancia que nos separa de aquellos astros que más cerca se encuentran de nosotros, y los resultados son verdaderamente asombrosos.

Sabido es que la luz se propaga con una velocidad que llega á 300,000 kilómetros por segundo, veloci-

dad comparada con la cual todos los movimientos que conocemos en nuestra vida usual son realmente insignificantes; pues la bala de cañón que nos asombra con sus 600 metros de velocidad inicial por segundo, y la de un tren expreso con velocidad peligrosa de 100 kilómetros por hora, que escasamente llega á 28 metros por segundo, son bien exiguas por cierto cuando se comparan á esa rapidez de propagación.

Pues bien, este agente con su rapidez de propagación tarda ocho minutos en llegar desde el sol hasta nosotros, ó sea en recorrer los ciento cincuenta millones de kilómetros que de nuestro astro radiante nos separan.

Es decir, que un fenómeno cualquiera que tenga lugar en la superficie solar, tienen que pasar ocho minutos antes de que nos apercibamos de ello. Sin embargo, estas distancias son realmente insignificantes comparadas con las que separan á los soles ó estrellas entre sí.

La estrella que está más próxima á nosotros, que es la llamada el  $\alpha$  del Centauro, se halla sin embargo á distancia tal, que su luz necesita cuatro años para llegar á nosotros, ó sea para recorrer las 275,000 veces la distancia que nos separa del sol. Esta distancia es aún insignificante, pues hay estrellas cuya paralaje está medida, como es la 1830 Groombridge, cuya luz necesita 72 años para llegarnos y darnos cuenta de lo que en ella ha pasado; y después de estas estrellas más próximas sigue el inmenso número cuya paralaje es inapreciable para nuestros sentidos é instrumentos, y en que habrá que calcular el tiempo que la luz emplee en recorrer esas inmen-

sas distancias por centenares y aun tal vez por millares de años.

Para formarse una idea de las dimensiones positivas de nuestro grupo estelar, basta considerar que si del  $\alpha$  del Centauro nos separan 40 trillones de kilómetros y 800 del 1830 Groombridge, cuántos no nos separarán de aquellas estrellas y nebulosas que parecen hallarse en los confines de la Vía Láctea, y aun de aquellos otros sistemas que parecen estar fuera del nuestro.

Considerado en su conjunto el grupo estelar de que formamos parte, vamos á investigar aquella estrella que más cerca tenemos y fijar nuestra atención en el sol que nos alumbrá y vivifica.

Se verá que este astro es en un todo semejante á otros muchos que en el espacio brillan y sólo la distancia lo hace distinto para nosotros.

Por las cualidades de su espectro se llega á conocer que no se asemeja ni á los astros en estado gaseoso ni á aquellos en que rigen las más altas temperaturas, tales como  $\epsilon$  de la constelación de Argo; ni á otros que por su espectro bandeado indican una temperatura relativamente baja de las que Antares de la constelación del Escorpión es su representante, sino que ocupa un lugar intermedio con arreglo á la temperatura que en él rige. Alrededor de esta estrella giran una serie de cuerpos no luminosos que son conocidos con el nombre de planetas, y de los cuales somos uno ni de los más grandes ni de los más chicos.

Acerca del origen de este sistema desde fines del siglo XVIII, Kant, el famoso filósofo alemán por su lado, y el célebre matemático francés Laplace por el

suyo, enunciaron una teoría que el adelanto del conocimiento en la última mitad del siglo XIX no ha hecho más que confirmar en sus puntos capitales.

Tal es la teoría llamada de la nebulosa. Suponen estos filósofos que en el origen de nuestro sistema, tanto la masa solar como la planetaria formaban una inmensa nebulosa, á semejanza de aquellas que hoy día se observan en los confines de la Vía Láctea que se extendía hasta más allá de la órbita del último de los planetas.

Conforme el enfriamiento avanzaba y la energía se disipaba en el espacio, se formaban anillos alrededor de la masa gaseosa principal que acababan por desprenderse de ella y formaban un sistema semejante al principal, de que á la vez se desprendieron anillos de menor tamaño que con el tiempo constituyeron los satélites que hoy día acompañan á muchos de los cuerpos planetarios.

Estos pequeños sistemas, después de pasar por una fase estelar más ó menos larga con arreglo á su masa, sufrían las consecuencias del enfriamiento, y por último, pasaban al estado sólido y no luminosos *per se* que hoy observamos en los planetas que recorren las diversas partes de la esfera celeste, que sólo nos devuelven la luz que el sol les envía.

Mientras esto ha sucedido en los extremos de la nebulosa, la parte central aun no ha perdido su energía, sino que conserva todavía la bastante para irradiar su luz en el espacio y ser el centro de nuestra vida y actividad.

Este astro, en el momento actual, es un cuerpo dotado de una actividad extraordinaria. Su volumen es de 1.279,000 veces mayor que la tierra; pero, en

cambio, su densidad es solamente de 0'253, tomando la de la tierra como unidad, pero como nuestra densidad es de 5'5 con relación al agua, resulta que la del sol es próximamente de 1'39, ó sea semejante á la de las maderas más densas que se encuentran en la tierra. Los recientes trabajos de espectroscopia demuestran que el sol está formado por una capa externa en donde se verifica la serie de reacciones más portentosas que puede imaginarse. Esta capa está constituida por substancias incandescentes que, á juzgar por el espectro continuo que emiten, deben de estar en estado líquido ó bien sólido. Esta superficie es variable en extremo en su constitución y está sujeta á roturas ó perforaciones de importancia, algunas de dimensiones colosales, á través de las cuales diez cuerpos como nuestra tierra penetrarían sin dificultad. Estas roturas á través de la fotosfera dejan ver el núcleo interior de poder lumínico muy inferior al de la fotosfera, pero de alta temperatura. Estas roturas, conocidas con el nombre de manchas solares, persisten á veces durante días y días, y han servido para determinar la rotación del sol sobre su eje.

En otros puntos la actividad parece concentrarse en las llamadas faculas y dar lugar á colosales desprendimientos de hidrógeno luminoso de color rojo rosáceo, que vistas desde la tierra en los eclipses totales de este astro se las conoce con el nombre de protuberancias.

Esta fotosfera, á su vez, está envuelta por una atmósfera de vapores densos, entre los que se encuentran gran número de cuerpos de los que son usuales en nuestra tierra, tales como el hierro, el

calcio, el sodio, etc., etc., siendo esta atmósfera conocida con el nombre de cromoesfera, difundándose esta capa de vapores en una atmósfera aún más extensa, ó sea la corona solar que es el adorno principal de los eclipses totales de sol, en que cubierto el disco solar irradia en su derredor la atmósfera en todo su esplendor.

La cantidad de energía que en forma de calor y luz irradia del sol es verdaderamente portentosa; es, según los cálculos de Thompson, de 100,000 caballos de vapor por cada metro cuadrado de su superficie, de la cual naturalmente sólo una mínima parte es la que llega á la tierra; pues un disco del diámetro terrestre á la distancia que está del sol sólo intercepta un  $\frac{2}{1000000000}$  de la esfera celeste á esa distancia.

El cortejo de planetas que acompañan al sol y que giran en elipses tomándolo como uno de sus focos son ocho, de los cuales cuatro y los más próximos al sol son de dimensiones relativamente pequeñas, y entre los cuales está la tierra; mientras que los otros cuatro son exteriores, de gran tamaño y á distancia considerable.

Entre ambos se encuentra un enjambre de pequeños cuerpos ó asteroides de los que se han descubierto hasta más de 300.

De los planetas interiores el mayor es la tierra, la cual se encuentra á 150 millones de kilómetros del sol y describe su órbita, como todos sabemos, en el espacio de un año.

A la tierra sigue como más próximo al sol el planeta Venus, cuyo volumen es casi el de la tierra ó sea 0.97, y su densidad también bastante semejante á la terrestre ó 0.8, siendo su distancia 0.73 de la

terrestre. A este planeta, y ya muy próximo al sol, sigue Mercurio, el cual está á solo un tercio de la distancia de nuestro sol y describe su órbita en poco más de 87 días, el cual es también de muy pequeño volumen, pues es solo de 0'05 de la tierra; pero su densidad, por el contrario, es mayor que la de ésta, pues es de 1'173.

A la tierra, y ya á vez y media la distancia más allá del sol, sigue el pequeño planeta Marte, acompañado, así como la tierra lo es del suyo, ó sea la luna, de dos satélites. Siguen después los asteroides á distancias variables y de pequeñísimo volumen y se llega á Júpiter, el coloso del sistema, pues su volumen es 1,279 veces más grande que la tierra, siendo su densidad sólo de 0'242. Este cuerpo se halla del sol á cinco veces y media la distancia del sol á la tierra, y su revolución alrededor del astro dura cerca de doce años de los nuestros, estando acompañado por cuatro satélites.

Desde este planeta van los cuerpos disminuyendo cada vez más en su volumen, aunque todavía el interesante Saturno con su anillo y sus ocho satélites tiene 719 veces el volumen de la tierra y la menor densidad de todos los planetas, pues es sólo de 0'128. Dura su revolución más de 29 años, y su distancia del sol supera en 9 y media veces la nuestra.

A este interesante planeta, y ya muy lejos de nosotros, siguen los llamados Urano y Neptuno, de 69 y 55 veces nuestro volumen, y cuya distancia al sol es respectivamente de 19 y 30 veces la nuestra; y considerando que esta distancia es de 150 millones de kilómetros, resulta para Neptuno la colosal cifra de 4,500 millones de kilómetros para su distancia del

astro radiante, no siendo por consiguiente de extrañar que tarde 164 años en dar su vuelta al sol.

Se ve, pues, que nuestra tierra ocupa un lugar bien modesto en la economía del Universo, planeta de un astro que no se distingue, por cierto, por ningún carácter distintivo de los innumerables que pueblan el espacio y que ocupa aun entre su cortejo de planetas un lugar bien modesto, pues ni por sus dimensiones ni por su distancia al astro radiante, muestra tener ningún carácter que lo distinga, pues ni aun ocupa siquiera un lugar intermedio entre ellos.

---

## CAPÍTULO II

### Descripción é historia evolutiva de la tierra, ó sea Geología propiamente dicha

Situada la tierra en el lugar que le corresponde en la economía del Universo, procederemos á su descripción.

La tierra es una esfera ligeramente aplastada en sus polos, y se llama eje del mundo la línea ideal alrededor de la cual la tierra describe su movimiento de rotación diurna y que pasa por ambos polos; mientras que ecuador se llama al gran círculo trazado á igual distancia de ambos polos.

El diámetro ecuatorial es de 12.756,792 metros y el polar de 12.713,098 metros, siendo la diferencia entre ambos diámetros de 43,694, ó sean poco más de 43  $\frac{1}{2}$  kilómetros, cuya semisuma es el valor del aplastamiento.

El volumen de este esferoide es de 1.083,260 millones de kilómetros cúbicos, siendo la densidad de la tierra cinco veces y media mayor que la del agua. Se puede con estos datos venir en conocimiento del peso total del planeta.

Aunque la tierra, considerada en su conjunto, es un esferoide casi perfecto, no puede considerarse como un cuerpo que no tenga desigualdades en su

superficie, sino que, por el contrario, éstas nos parecen en extremo considerables; pero dadas las dimensiones del planeta, son infinitamente pequeñas comparadas con él, pues suponiendo sus desigualdades extremas en 16 ó 17 kilómetros con relación á sus dimensiones, no llegan siquiera á la importancia que tienen las asperezas que presenta la superficie de una naranja.

La materia constitutiva de la tierra se halla en sus tres distintos estados, ó sea la sólida, que forma la parte más importante del planeta; la líquida, ó el agua que acumulándose en las depresiones de su superficie forma sus mares y océanos, y la masa gaseosa que nos envuelve y que constituye la atmósfera en que vivimos y nos agitamos. Para facilitar el estudio y comprensión de los fenómenos propios del planeta, vamos á estudiar estos tres estados de la materia por separado.

Primeramente estudiaremos el globo en su parte sólida, y veremos los materiales que lo constituyen y las actividades propias de que se halla dotado, y después procederemos al estudio y acciones recíprocas, tanto del envoltente líquido como del gaseoso, y veremos de qué manera son éstos, no sólo los grandes escultores de la superficie del planeta, sino también sus grandes niveladores, y como si no fuera por las actividades propias de la masa sólida, estos agentes acabarían por nivelar todas las asperezas de la superficie del planeta y obliterar todas esas diferencias que constituyen nuestras montañas y accidentan nuestro paisaje y hacen el más bello adorno de la superficie terrestre.

De los materiales que forman la tierra.—Aun-

que el número de cuerpos simples que se han llegado á descubrir en la tierra y que la química estudia en sus detalles, alcanza hoy día la cifra de más de 80, no pasan de 13 ó 14 los que fundamentalmente forman la parte de la tierra que conocemos.

Son éstos el oxígeno y el ázoe, de los cuales una parte forman el aire que respiramos. El hidrógeno, que en su mayor parte se encuentra en combinación con el oxígeno formando el agua. Siguen á éstos los dos cuerpos más curiosos que conocemos, el carbono y el silicio, siendo el uno el factor más importante de la serie animal y el otro el que forma la mayor parte del reino mineral. Como elementos mineralizadores, también desempeñan un papel de verdadera importancia el azufre y el cloro; viniendo después el gran grupo de metales que empezando por el hierro y el aluminio y siguiendo por la serie alcalino-terrosa del calcio y el magnesio, termina en los metales alcalinos sodio y potasio.

Además de estos cuerpos se presentan otros como elementos accesorios, pero que se encuentran algunos de ellos con relativa abundancia; unas veces se acumulan en sitios determinados y otras se hallan diseminados con gran profusión por todas partes, pero en pequeñísimas cantidades.

A esta serie pertenecen el fluor, el bromo, el iodo, el boro, el fósforo y el arsénico como elementos mineralizadores de la serie metálica, de los cuales pueden mencionarse el cobre la plata, el plomo y el zinc. El estaño, el mercurio, el antimonio, el manganeso, el níquel, el cobalto y el bismuto y los metales alcalino-terrosos estroncio y bario y el oro, que no se une á metaloide alguno, á excepción del rarísimo telurio.

Estos elementos se combinan entre sí y dan lugar á toda la serie de compuestos que conocemos como constituyentes del globo que habitamos y cuyo estudio es una de las ramas más importante de la Historia natural llamada Mineralogía. Sin embargo, para el conocimiento de los más importantes materiales constitutivos de la corteza terrestre, no necesitamos estudiar en sus detalles todas aquellas modalidades que tienen lugar entre estos cuerpos, sino limitarnos á un ligero conocimiento de aquellas combinaciones que representan un papel más importante en la economía del globo terrestre.

Para formarse una idea de lo que son estas combinaciones, hay que recordar dos propiedades inherentes á la materia.

Una de ellas es la conocida en química bajo el nombre de la ley de las proporciones definidas. Es decir, que los cuerpos se combinan entre sí en proporciones fijas é invariables; así, por ejemplo, 16 partes en peso de oxígeno se unen á 2 de hidrógeno para formar el agua, y á 40 de calcio ó á 46 de sodio para formar los óxidos de estos metales y los mismos 2 de hidrógeno á 32 de azufre para formar el hidrógeno sulfurado y los 32 de azufre á los 40 de calcio y los 46 de sodio para formar los sulfuros de estos metales.

La otra propiedad inherente á la materia, es el que tanto los cuerpos simples como sus combinaciones definidas, al pasar al estado sólido no toman la forma llamada amorfa, sino que afectan formas regulares ó cristalinas que obedecen en todos los casos menos uno á ciertas leyes de simetría y cuyas caras ó facetas cortan los ejes del cristal desde su intersección bajo relaciones sencillas, es decir, que to-

mando un número arbitrario para una faceta determinada, las otras cortarán los ejes en múltiplos ó submúltiplos de aquéllos, y siempre en relaciones sumamente sencillas, relaciones que en cristalografía se llaman los parámetros del cristal.

Con objeto de formarse una cierta representación de los hechos, vamos á suponer á la materia sometida á tres sistemas de fuerzas atractivas y á considerar los seis casos que se presentan.

Tomando el caso más sencillo, ó sea el de tres fuerzas rectangulares entre sí y que se modifiquen simétricamente, cada una de ellas, se tendrá el primer sistema de la cristalografía, ó sea el sistema cúbico.

En efecto, si suponemos á estas fuerzas de igual valor, resultará un sólido de ocho caras, ó sea el octaedro; si, por el contrario, una sola de estas fuerzas prevalece y las otras quedan anuladas, resultarán seis planos que cortarán los ejes ó líneas de fuerza á distancia determinada y serán paralelos á los otros dos, resultando por su intersección la forma cúbica; suponiendo el caso de que dos de las fuerzas prevalezcan con idéntico valor y la tercera quede anulada, llegaremos al bien conocido cuerpo llamado rombododecaedro; y así sucesivamente, variando en números racionales el valor de los parámetros, se llegan á generar toda la serie de cuerpos que constituyen el primer sistema.

Fáltame tocar un solo caso: cuando las modificaciones simétricas sólo se verifican en la mitad de los ejes, en cuyo caso resultan las formas hemihédricas, cuyo mejor ejemplo en el caso de igual valor en las fuerzas es el hexaedro ó sólido piramidal de cuatro caras.

Supongamos ahora el caso de tres fuerzas rectangulares, pero en las que las condiciones de simetría sólo son comunes á dos de las fuerzas. Bajo estas condiciones resultarán prismas y pirámides de base cuadrada, pero que podrán oscilar desde prismas muy alargados á tablas cuadradas de muy escaso espesor. Este es el segundo sistema de la cristalografía, ó sea el llamado del prisma recto de base rectangular. En el tercer sistema de la cristalografía se consideran igualmente tres fuerzas rectangulares, pero en las que las modificaciones simétricas sólo son necesarias para cada una de las tres fuerzas en presencia; en este caso, también resultan formas prismáticas y piramidales igualmente alargadas ó aplastadas, pero que en este caso puede esto tener lugar en la dirección de cualquiera de las tres fuerzas, y resultando siempre formas de base rómbica. El cuarto sistema puede representarse por fuerzas rectangulares, pero en uno de los planos pueden suponerse tres fuerzas solicitantes que se cortan bajo ángulos de 60 grados, de donde resultan formas hexagonales, tanto prismáticas como piramidales, y como en este sistema son las hemihedrias muy frecuentes, resultan formas romboidales que tienen un gran interés.

De la noción de las fuerzas rectangulares llegamos al caso de sólo dos de ellas rectangulares y la tercera inclinada, y cuyas modificaciones simétricas sólo pueden tener lugar para una de las fuerzas rectangulares.

En este sistema resultan también formas prismáticas y piramidales irregulares, pero en donde todavía existe un plano de simetría.

Por último, en el sexto sistema, las fuerzas pueden considerarse como no rectangulares, y en las cuales no hay simetría precisa, bajo cuyas condiciones resultan cuerpos cristalinos en que no existe simetría alguna, de donde se generan formas prismáticas y piramidales, pero en extremo irregulares.

Como todos los cuerpos minerales que conocemos obedecen á uno de estos sistemas, claro está que al estudiar los componentes de las rocas que forman la corteza terrestre, nos son estas propiedades de inmensa utilidad para distinguir los diversos componentes. Como además sucede que la luz, al propagarse á través de los cuerpos cristalinos, lo hace como si la densidad del medio en que la propagación se verifica variase con arreglo á las diferencias de estas líneas de fuerza, resultan una serie de condiciones fijas y permanentes para cada elemento cristalino que nos permite diferenciarlos con facilidad suma los unos de los otros.

---

## CAPÍTULO III

### De los minerales constitutivos de la corteza terrestre

Cuando se estudia la corteza exterior de nuestro globo, no puede menos de llamar la atención que, á pesar del número de minerales que en la Mineralogía se estudian, el de los que realmente forman la parte más importante del globo que nos es conocida, se halle limitado á un cortísimo número.

Como ya he indicado, dos cuerpos de propiedades extraordinarias se dividen entre sí lo que mejor conocemos del planeta, que son el silicio y el carbono; este último tiene su reino en lo orgánico, y podemos por el momento prescindir de él. El otro, por el contrario, permea la superficie del globo.

Combínase este cuerpo con el oxígeno y forma el llamado ácido silíceo, de todos bien conocido con el nombre de cuarzo ó cristal de roca, y este cuerpo combinándose á su vez á los óxidos de aluminio, de hierro, de magnesio, de cal, y á los de los metales alcalinos, forma una serie de compuestos que entre sí se reparten casi toda la serie de rocas conocidas.

Como minerales preponderantes en la composición de estas rocas, vamos á estudiar someramente el grupo de los feldespatos, el de las micas, el de los

piroxenos y el de los anfíboles; después haremos mención de aquellos relativamente accidentales, como son el peridoto, la nefelina, el granate, la clorita, el epidoto y la turmalina, haciendo un resumen de aquellos minerales debidos á la disolución y alteración por las aguas y los agentes atmosféricos, de los elementos primeramente mencionados y que forman una serie de materiales á veces de gran importancia, como son los carbonatos de cal y magnesia, el sulfato de cal y los cloruros de sodio y de potasio.

**Grupo de los feldespatos.** — Este grupo de minerales constituye una serie de formas muy análogas y de propiedades comunes, y que desempeñan un papel muy importante en la constitución de las rocas. Químicamente existen tres feldespatos distintos, que son: el potásico, el sódico y el cálcico; pero en la naturaleza rara vez se presentan en estado de pureza, sino en forma de mezclas isomorfas.

La fórmula del feldespato potásico es  $K^2O \cdot Al^{22}O^3 \cdot 6SiO^2$ .

Cristaliza en el quinto sistema ó clinorómbico, y es conocido con el nombre de orthosa y sanidino. Sus cristales oscilan desde limpios y diáfanos, á blancos, lechosos ó rojizos.

La variedad sódica que cristaliza en el sexto sistema ó triclínico, tiene por fórmula  $Na^2O \cdot Al^{20}O^3 \cdot 6SiO^2$ , y es casi siempre de colores blanquecinos y rara vez constituye grandes masas en las rocas.

La anhortita, ó sea el feldespato cálcico, también cristaliza en el sexto sistema, y su fórmula es algo distinta de las dos anteriores, ó sea  $CaO \cdot Al^{20}O^3 \cdot 2SiO^2$ , y es relativamente rara su presencia en grandes ma-

sas en las rocas. En general, como he dicho, rara vez se presentan estos tres tipos de feldespato puros, sino en forma de mezclas que constituyen especies bastante bien definidas.

Las mezclas de las dos últimas, ó sean las de la albita y la anhortita, forman una serie de mezclas de gran importancia que cristalizan todas en el sexto sistema ó triclinico, y son conocidas bajo el nombre general de plagioclasa, y de las cuales existen dos que tienen una gran importancia. Estas son la oligoclasa, formada por la unión de una parte de anhortita con 1'5—3 de albita, y la labradorita, formada á su vez por una de albita y 2—6 de anhortita.

Estos últimos feldespatos tienen la tendencia en las rocas de asociarse y soldarse unos cristales á otros, según ciertas direcciones del cristal, y forman vistas en la luz polarizada una serie de individuos de distinta orientación y que se llaman maclas ó de estructura polisintética.

Puede decirse que la inmensa masa de las rocas cristalinas que conocemos están formadas por la orthosa y estas dos últimas variedades de feldespato.

**Grupo de las micas.** — En este grupo vamos sólo á considerar las dos variedades más importantes, que son: la variedad potásica y la magnésiana. Algo semejante á lo que sucede con los feldespatos sucede también en el grupo de las micas; dos fórmulas tenemos:  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  para la potásica y  $(Mg \cdot Fe) O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  para la magnésiana; pero que rara vez llegan á realizarse en la naturaleza, sino que siempre son mezclas isomorfas de ambas especies.

Cuando predomina la potásica, es la mica de la variedad llamada muscovita, de color generalmente

amarillo muy claro, casi blanco, y que llega hasta color pardo rojizo.

En la variedad magnesiána la coloración es mucho más intensa y oscila desde el pardo rojizo hasta el casi negro, escasamente translúcido, aun en hojas muy delgadas.

Estos minerales cristalizan todos en el quinto sistema ó clinorómbico; pero sus formas remedan en gran manera á las hexagonales.

Una propiedad de estos cuerpos, que los distingue de todos los minerales, es la facilidad de fenderse en el sentido de la cara básica y que en mineralogía se llama exfoliación, y formar hojas á veces de considerable tamaño, en extremo delgadas y de una flexibilidad en extremo pronunciada.

**Grupo de los piroxenos.**—Esta agrupación mineralógica es de gran importancia.

Se divide en dos tipos, uno de ellos rómbico, ó sea del tercer sistema, y el otro monoclinico.

Constituyen al primero mezclas isomorfas de silicatos de magnesia y hierro. Cuando es el de magnesia el único ó el predominante, entonces el mineral toma el nombre de enstatita, mineral blanco y translúcido y aun hyalino y caracterizado, como toda la especie, por una exfoliación de brillo nacarado, muy marcada y característica. Cuando aumenta el silicato de hierro en la composición, se conoce el mineral con el nombre de broncita, y conforme la cantidad relativa de hierro va en aumento, pasa á la variedad hypers-thene, distinguiéndose estos minerales, aun á simple vista, por el brillo bronceado y aun cobrizo que el último, por ejemplo, tiene en las caras de exfoliación.

Esta variedad de piroxenos rómbicos, aunque abundantes en la naturaleza y formando el elemento fundamental de muchas rocas, no guarda proporción, sin embargo, con el desarrollo que los piroxenos monoclinicos adquieren.

Los piroxenos monoclinicos son también mezclas isomorfas de silicatos de cal y magnesia con silicatos de cal y hierro, y según la cantidad del de hierro que entre en su composición, así la especie variará desde las incoloras y verdes diópsidas á las bronceadas dialogas ó á las negras augitas.

Estos minerales forman cuerpos prismáticos, cuyas caras forman ángulos de 87 y 93 grados, y según las cuales se producen los planos de exfoliación. Su densidad es desde 3 á 3'5, y oscila desde el mínimo en la diópsida pobres en hierro á un máximo en las augitas.

**Grupo de los anfíboles.** — Para el objeto que nos ocupa, basta con hacer una ligera reseña de los tres minerales que más abundantemente se hallan representados en las rocas que forman la corteza terrestre, que son: la tremolita, la actinota y la hornblenda.

Todos ellos son mezclas isomorfas de silicatos análogos á los piroxenos monoclinicos, pero algo más ricos en magnesia y hierro.

La tremolita es casi incolora, y la actinota de colores verdes generalmente claros, mientras que la hornblenda oscila en sus colores desde el verde botella oscuro al pardo castaño subido; todos estos minerales son fibrosos, sobre todo los dos primeros, debido al predominio de planos de exfoliación que se cruzan bajo ángulos de 124 grados, y que siguen á semejanza de los piroxenos las caras del prisma.

**Acido silíceo ó cuarzo.** — Además del importante papel que la sílice desempeña en la formación de los silicatos, se presenta también en estado libre, tanto en forma de cuarzo, unas veces en cristales definidos del cuarto sistema, y otros en formas compactas. Además se presenta en varias formas especiales, por ejemplo, en la forma hidratada de ópalo, ó en la de calcedonia, que es una mezcla de sílice amorfa y cristalina, y además en las variadas formas de ágatas, sílex, jaspes, etc.

Descritos aquellos minerales que mayor desarrollo alcanzan en las rocas que componen la corteza terrestre, vamos á parar la atención sobre aquellos más ó menos accidentales, pero que, sin embargo, en ocasiones forman masas de consideración.

De éstos, uno de los más importantes es el peridoto ó silicato de magnesia y hierro, que no sólo forma masas rocosas de importancia, sino que acompaña á gran número de rocas volcánicas.

Este mineral cristaliza en el tercer sistema y forma prismas apuntados de color verde aceituna y amarillo de aceite oscuro. Su densidad es grande y oscila de 3'3 á 3'6 y se altera con mucha facilidad. El granate es un mineral de color rojo que cristaliza en el primer sistema, generalmente en la forma del rombododecaedro, y que químicamente es un silicato de alúmina y hierro. Su presencia es bastante general, sobre todo en las llamadas pizarras cristalinas.

La nefelina es un silicato de alúmina y soda. Este mineral cristaliza en el sistema hexagonal, es incoloro ó blanco lechoso, y su densidad es 2'6 y es fácilmente atacable por los ácidos.

Este mineral, aunque relativamente raro, forma, sin embargo, parte integrante de muchas rocas volcánicas y cristalinas.

El grupo de las cloritas es también de relativa importancia; está formado por silicatos hidratados de alúmina, magnesia y hierro mal definidos, forma hojuelas hexagonales y agregados fibro-radiados de colores verdes.

Este mineral, con frecuencia, es un producto de alteración de las rocas y se halla á menudo diseminado por todas partes; pero otras, sobre todo en ciertas pizarras, forma parte integrante de las mismas.

El epidoto es una mezcla isomorfa de dos silicatos, uno de alúmina y cal, y otro de hierro y cal.

Su color es verde pistacho á amarillo limón y cristaliza en el sistema monoclinico. Este mineral es también un producto de la alteración de otros minerales y se halla repartido en algunos parajes con relativa abundancia.

La turmalina es un boro-silicato de alúmina y hierro, y de cal, magnesia y sodio, que cristaliza en el sistema hexagonal, en forma de prismas alargados, de brillo diamantino y de densidad 3. Este mineral, muy curioso por sus propiedades ópticas, se presenta con relativa frecuencia y llega á desempeñar un papel de cierta importancia en la constitución de ciertas rocas filonianas.

Réstame sólo mencionar, para concluir la revista de los principales minerales constitutivos de la corteza terrestre, aquellos minerales, sin duda alguna, consecuencia de la lexiviación y alteración de los materiales primitivos que han pasado en disolución á las aguas y por diversos procesos han vuelto á

cristalizar: tales son, los carbonatos de cal y de magnesia, el sulfato de cal ó yeso y el cloruro de sodio, y los innumerables minerales de hierro que por todas partes se encuentran, y que al tratar de las rocas que forman la corteza terrestre en el Capítulo siguiente, mencionaremos las principales condiciones de su formación.

---

## CAPÍTULO IV

### Asociaciones de minerales ó rocas de la corteza terrestre ó Petrografía

Las rocas que forman la corteza terrestre forman dos grandes agrupaciones, una que es consecuencia de un arreglo molecular interior de la masa, y la otra que es efecto de la trituración y alteración de la primera por los agentes exteriores.

La primera forma la gran agrupación de las rocas llamadas cristalinas, y la otra, hecha á expensas de la primera, las sedimentarias, cuyas ruinas representan.

Las rocas cristalinas, bajo el punto de vista petrográfico, constituyen la parte de mayor interés. Este grupo de rocas forma dos agrupaciones; en una de ellas quedan comprendidas todas aquellas rocas macizas que no muestran trazas de estratificación, que ocupan posiciones anormales, y en el otro todas aquellas masas pétreas que muestran señales de estratificación y que por su ubicuidad como base de todo terreno sedimentario en todos los ámbitos del globo, se imponen como una gran agrupación petrográfica.

Las rocas macizas forman un conjunto en extremo complejo, y en todas ellas se ven indicios de ser

diferenciaciones de un magma que por enfriamiento ha ido paulatinamente tomando un estado de equilibrio más ó menos definido, según las condiciones en que la diferenciación se ha ido verificando.

Para facilitar el estudio de estos materiales, pueden dividirse en dos grandes divisiones paralelas entre sí, que á su vez se dividen en otras dos. Son éstas las rocas antiguas y las modernas, no porque haya una diferencia esencial entre ellas, sino por ciertos caracteres en la conservación y yacimiento de sus materiales.

Estas dos agrupaciones se dividen á su vez en otras que son las que pueden llamarse las rocas ácidas en que entra más del sesenta por ciento de ácido silíceo en su composición, y las básicas, en que descende la cantidad de esta substancia por debajo de 60 y llega en algunos casos raros hasta sólo el cuarenta por ciento del total de la roca.

Antes, sin embargo, de proceder al estudio particular de los diversos tipos de roca, vamos á parar brevemente la atención sobre el estudio microscópico de las mismas y de ciertas generalidades de su estructura que de este estudio se desprenden.

**Estudio microscópico de las rocas y generalidades.**—Mucho se ha discutido y trabajado acerca de la composición, estructura y manera de generarse de las rocas, pero hasta la última mitad del siglo XIX bien incompletos fueron los datos positivos que acerca de la estructura de las rocas se tuvieron.

Hacia la mitad del siglo se empezó á aplicar el microscopio al estudio de los materiales pétreos.

Conforme el estudio avanzaba, se iba viendo que el poderoso instrumento iba revelando caracteres

y propiedades que vertían inmensa luz tanto sobre su clasificación como sobre las condiciones de su génesis, pues se han llegado á conocer modalidades peculiares de las rocas que han esclarecido tanto ciertos puntos oscuros de su constitución como de su génesis.

Consiste este método en la producción de láminas delgadas de la roca lo suficientemente delgadas para que transparenten suficientemente para permitir su examen en el microscopio.

Para conseguir esto se desgaja una lasca pequeña como de un centímetro en cuadro de cualquier roca, y en una lámina de cristal y esmeril con agua se frota hasta conseguir una cara plana, se le bruñe algo en otra lámina de cristal con esmeril fino ó patea, y cuando está lo suficientemente plana, se la hace adherir á una lámina de cristal con bálsamo del Canadá, teniendo cuidado de calentar éste lo suficiente para que al enfriarse adquiera cierta dureza y no se adhiera el esmeril. Se sigue frotando en el esmeril grueso hasta conseguir la transparencia. Aquí conviene advertir que el grado de transparencia ha de variar según lo que queramos ver. Claro que si queremos determinar simplemente los elementos mineralógicos, mientras más tenue se consiga la preparación, mayor facilidad tendremos; pero si queremos estudiar ciertos detalles de estructura, no conviene llegar á grado tal de tenuidad; por lo tanto, la lámina debe de quedar comprendida entre una veinteava parte de milímetro y una centava.

Conseguido el grado de tenuidad que se desee, hay que proceder á trasladar la lámina á un porta-objeto. Para esto se calienta un porta-objeto con

bálsamo del Canadá hasta que éste al enfriarse se solidifique, y entonces se calienta el cristal que tiene la preparación, que al calentarse ésta queda desprendida, y entonces con cuidado se la deja caer sobre el porta-objeto.

Cuando está cubierto con el bálsamo se pone un cubre-objeto encima, se comprime ligeramente para expulsar las burbujas de aire que pueden estar apriionadas y se deja enfriar, y ya está lista para la observación.

El microscopio que se emplee no es necesario que sea de los de grandes poderes, pero sí de buen fabricante, y el modelo para petrografiar y los objetivos de Carlos Zeiss de Jena no tienen rival. Para el trabajo corriente con aumento de 20 á 100 diámetros, es suficiente, y sólo cuando se van á investigar inclusiones de otros minerales ó de líquidos, se necesitan aumentos de quinientos diámetros por ejemplo.

Otra parte indispensable al estudio de las rocas en el microscopio, es el aparato de luz polarizada, que, como ya he indicado, es una poderosa ayuda en la investigación de minerales.

Para darse cuenta de este poderoso instrumento, conviene representarse de alguna manera el cómo esta ayuda puede conseguirse.

A todos nos es familiar el dicho de que el sonido se debe á ondulaciones en el aire y que las notas musicales dependen del número de vibraciones que por segundo tienen lugar.

Algo parecido á esto sucede con la luz, con la diferencia de que la manera de propagarse es distinta á la del sonido y á que el número de vibraciones en el segundo sea infinitamente mayor.

Pues de idéntica manera como el número de éstas nos produce en el oído los efectos del sonido, en el ojo se producen los distintos colores.

Así como la onda sonora se propaga en el sentido longitudinal, es decir que la pulsación es sucesiva y en el sentido en que nos llega en la luz es transversal.

Para representarse esta manera de propagarse la luz, todos hemos visto la ondulación en un estanque cuando se tira una piedra en él. Si suponemos una serie de estanques superpuestos y una piedra que caiga en la vertical y los perfore sin romperlos; la serie de ondulaciones que se produzcan sucesivamente al herirlos la piedra, será una serie de ondulaciones que serán transversales al camino recorrido por la piedra en la vertical; camino que puede considerarse como el sentido de la propagación de la luz. De esta manera, aunque grosera, podemos representarnos la ondulación lumínica.

Como en todo movimiento vibratorio la velocidad depende de la densidad del medio en que la vibración se verifica, se explica el porqué al introducir un bastón en un estanque nos parece como si estuviera quebrado; fenómeno que se llama refracción. En este caso, como la densidad del medio varía entre el aire y el agua, y siendo mayor la del agua, el haz luminoso se aproximará á la vertical y nos aparece desviado de su primitiva posición.

Fenómeno semejante se producirá si observamos un objeto cualquiera á través de un cristal que no sea de caras paralelas.

Si empleamos un prisma, entonces resultará lo siguiente:

Los colores que llegan á nuestra retina dependen, como los sonidos, del número de vibraciones que se efectúan en un tiempo determinado. Al atravesar el prisma de cristal de mayor densidad que el aire, unas ondulaciones más rápidas que las otras serán más aproximadas de la vertical que las menos rápidas, y como por las condiciones del prisma en la emergencia no puede restablecerse el paralelismo, emergerán como un haz de luz coloreado con los colores fundamentales del arco iris, cada cual con su distinto módulo de vibración, de lo que resulta que la luz blanca en nuestro cerebro es el resultado de la sensación simultánea de un cierto número de distintas vibraciones.

Ya indiqué, al hablar de los cuerpos cristalinos, que la densidad del medio en que la luz se propaga no es la misma en todas las direcciones del cristal, sino que ésta variaba según las diferencias de los ejes cristalográficos. Claro está que en este caso la onda luminosa no puede propagarse como se propaga en un medio homogéneo.

Entonces sucede, á semejanza de lo que tiene lugar en todos los movimientos, que el luminoso tendrá que descomponerse en dos componentes. Es decir, que el rayo luminoso se partirá en dos haces rectangulares, que se propagarán con distintas velocidades en el cristal. Estos dos haces vibrarán cada uno en un plano en donde la densidad sea homogénea. Esta propiedad de descomponerse la luz es común á todos los cuerpos no isotropos ó que no obedecen á una ley de simetría perfecta, y es lo que se llama doble refracción ó birefringencia.

Si consideramos, por ejemplo, el carbonato de cal

ó espato de Islandia, tendremos un cuerpo que cristaliza en el cuarto sistema, ó sea en el prisma hexagonal. Un haz de luz que penetre paralelamente al eje vertical, claro está que vibrará como en un cuerpo homogéneo en la sección básica del mismo en que la simetría es la misma en todas direcciones, pero en cualquiera otra dirección claro está que no será la misma, y entonces tendrá que descomponerse en dos haces rectangulares, uno que vibrará en el plano de la sección básica y cuya velocidad de propagación será constante, pues en todas las direcciones de este plano la densidad será la misma, y otro haz que vibrará en un plano rectangular que pase por el haz incidente y el eje principal del cristal y cuya velocidad será variable como la densidad que es variado para cada incidencia. El primero se llama el rayo ordinario, y el otro el extraordinario.

Por un método de construcción muy ingenioso, cortando en ciertas direcciones un prisma de espato de Islandia, se consigue hacer que el rayo ordinario se elimine y quedarse solo con el extraordinario.

Este aparato se llama un prisma de nicol, y colocado uno en la parte inferior de la preparación en el microscopio, que es el que se llama el polarizador, y el otro en la parte superior, llamado el analizador, es el aparato que nos sirve para la investigación de los cuerpos mineralógicos en el microscopio.

Claro está que cuando los dos nicoles tengan sus secciones paralelas, el rayo extraordinario del uno penetrará en el otro como tal y emergerá con su misma intensidad; pero si ponemos las dos secciones cruzadas, entonces el rayo extraordinario del polarizador vibrará en el plano del rayo ordinario en el

analizador, cuyos caracteres tomará y será eliminado y tendremos completa oscuridad, ó sea extinción total de la luz.

Cuando tengamos, pues, un microscopio provisto de su polarizador y analizador y sus secciones están cruzadas, é introduzcamos una lámina delgada de un mineral que cristalice en el primer sistema ó cúbico, se observará que, aunque lo hagamos girar en redondo en el eje del microscopio, la intensidad de la luz no cambia. Pero si introducimos, por ejemplo, un mineral de cualquiera de los otros sistemas cortado al acaso, se observará que en ciertas posiciones la luz no cambia, pero que moviéndola, va la luz apareciendo hasta llegar á un máximo á los 45 grados de la posición primitiva, para desde allí volver á disminuir hasta quedar otra vez en la oscuridad á los 90 grados, y así sucesivamente.

La explicación de esto es bien sencilla: cuando el rayo extraordinario del polarizador penetra en la lámina de manera que su vibración sea paralela á uno de los ejes del cristal en que la densidad es la misma, en esa dirección el rayo no experimenta alteración alguna y todo sigue como estaba; pero si el rayo no penetra paralelamente, entonces se divide en dos haces que tendrán distinta velocidad.

Estos dos rayos, á su vez, al penetrar en el analizador se dividirán en cuatro rayos, dos ordinarios, que serán eliminados, y dos extraordinarios, que se superpondrán, y la luz reaparecerá en el microscopio.

Y ahora debo de hacer mención de un fenómeno de gran belleza y de gran ayuda en la investigación microscópica, cual es la variedad de colores que al

hacer esta operación los diversos minerales presentan.

Como los dos rayos, al superponerse en el analizador, son rayos que vienen con distinta velocidad ó en distinta fase, no pueden ir al unísono, sino que ciertas ondas se destruyen y sólo nos llegan las que no han sido destruídas; si, por ejemplo, se destruyen las radiaciones azules y verdes, los rojos y amarillos serán los colores que veremos, y si son estos los azules y verdes, serán las predominantes.

Hecha esta ligera indicación, vamos á ver lo que sucederá cuando pongamos en el microscopio láminas delgadas de cualquiera de los sistemas cristalinos. Si se someten láminas del segundo y cuarto sistemas cortadas normalmente al eje vertical, se observará que en todas las posiciones que las coloquemos en el campo del microscopio, permanecen oscuras como los cuerpos del primer sistema, como debe de suceder, pues en ese plano se encuentran los ejes simétricos del cristal.

Si, por el contrario, sometemos una lámina cortada paralelamente al eje vertical, entonces se observará que el campo del microscopio se iluminará, salvo en el caso en que la sección del analizador coincida con el eje vertical.

En el caso del tercer sistema, ó sea el del prisma recto de base rómbica, se verá que las secciones normales al eje vertical presentan los mismos caracteres que las secciones paralelas al eje vertical de los sistemas segundo y cuarto, é igual carácter en las paralelas, pues en este sistema se carece de plano alguno en que los ejes sean perfectamente simétricos y, por lo tanto, en ambas secciones se observan los

mismos fenómenos de extinción cuando las secciones del analizador coinciden con los ejes y líneas generales del cristal y de luz en las demás posiciones.

En las secciones de cristales del quinto sistema ó monoclinicos, sólo aquellas que son paralelas al eje de simetría presentan este carácter; en las demás son estas líneas arbitrarias, carácter que es común á todas las secciones del sexto sistema. Se ve, pues, que por este poderoso medio pueden distinguirse en el microscopio todos los sistemas cristalinos entre sí y ayudándose de las cualidades propias de los minerales, llegar á conocer cada especie mineralógica en particular.

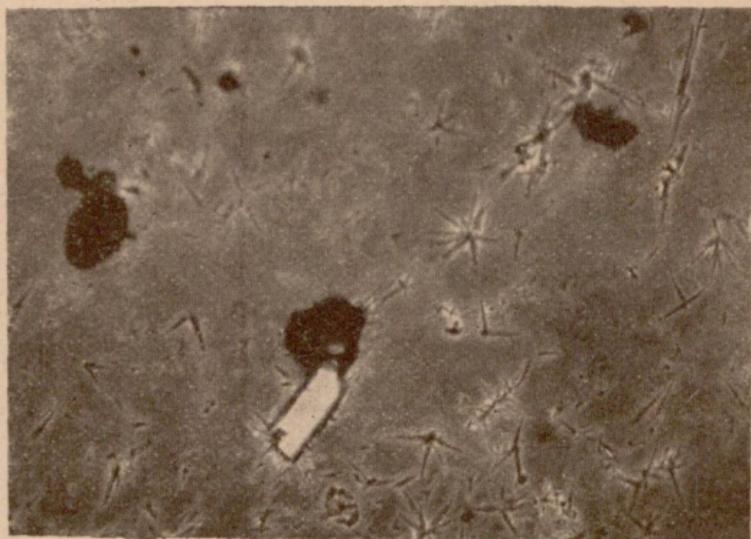
En las rocas macizas ó cristalinas, vulgarmente llamadas eruptivas, se han reconocido siempre dos grupos, uno en que los elementos cristalinos se reconocían á simple vista, y otro compacto en que no podía reconocerse á simple vista elemento alguno.

Hasta que se aplicó el microscopio á la investigación de las rocas, se hicieron prodigios de adivinanza para el estudio y clasificación de estos materiales; pero puede decirse que un conocimiento positivo del asunto no se ha tenido hasta que se vió la estructura íntima de estos materiales.

Con el microscopio se ha visto que la estructura de las rocas se agrupan en ocho ó nueve maneras de ser, que casi puede decirse abrazan el total de las rocas que forman la corteza terrestre. Es una de ellas la que es propia de los vidrios, tales como las obsidianas y pechsteins de las regiones volcánicas, que presentan una estructura homogénea sin acción alguna sobre la luz polarizada y donde se desarrollan rudimentos y cristalitos, tanto del grupo de los fel-

despatos como de los piroxenos. (Véase lámina 1.<sup>a</sup>)

Abundando la sustancia vítrea, pero ya con un gran desarrollo de cristales, tanto de feldespato como de mica y piroxeno, y que forman á guisa de corrientes, sirviendo los mismos elementos de mayor tamaño como de obstáculo al movimiento, se forma la llamada estructura fluidal. (Véase lám. 2.)



LÁM. 1.<sup>a</sup>—Estructura vítrea con comienzo de cristalización —(Pechslein de Arrau)

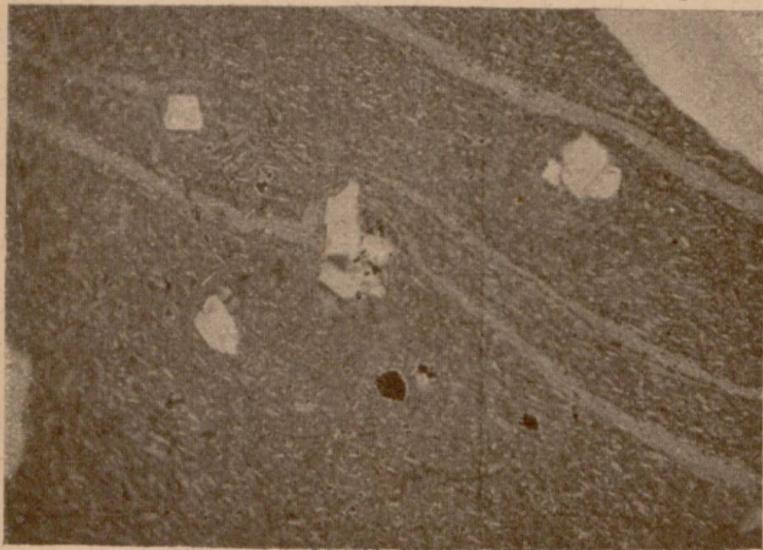
Ya con residuo ó sin residuo vítreo se presenta la estructura micro-cristalina, en que con ayuda del microscopio pueden reconocerse los diversos elementos cristalinos perfectamente diferenciados. (Véase lámina 3.)

Una estructura íntimamente unida á ésta y que se presenta en general cuando la sílice está en exceso, es la formada por elementos cristalinos en general

mal definidos y como fundidos los unos en los otros y de muy pequeño tamaño, y que se conoce con el nombre de estructura cripto-cristalina.

Aumenta el tamaño de los cristales y llegamos á la roca eminentemente cristalina, cuyo tipo más perfecto es el granito.

En esta estructura los elementos cristalinos tienen,

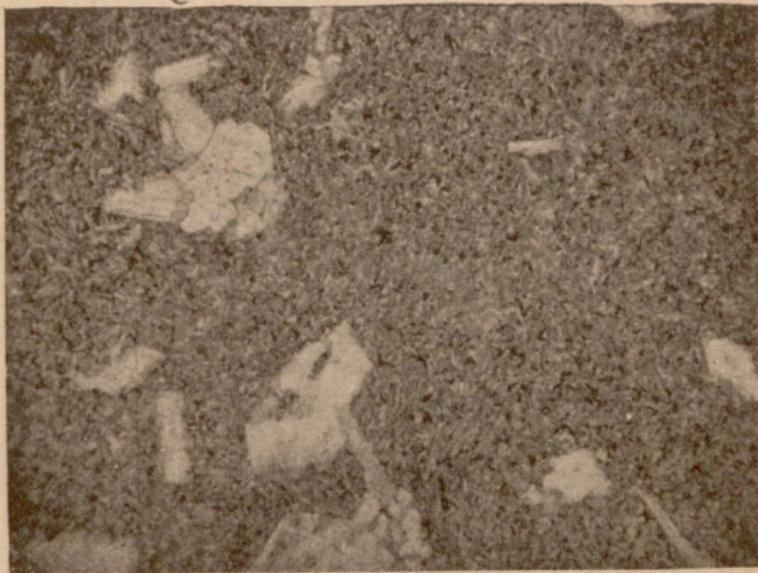


LÁM. 2.<sup>a</sup>—Estructura fluidal.—Pechslein traquitoideo  
(Illinik, Hungría)

puede decirse, igual valor y tamaño, y la roca en toda su extensión presenta el mismo carácter. (Véase lámina 4.)

Otra estructura igualmente cristalina, pero que se diferencia en que los elementos suelen estar alargados en un sentido más que en el otro, es el llamado oftico, que es propio de ciertas diabasas dioritas y doloritas. (Véase lám. 5.)

Desde estos dos tipos de rocas cristalinas descienden dos tipos, uno formado por una íntima unión del cuarzo y el feldespatos, que se compenetran de una manera muy especial y que es común á gran número de rocas graníticas y porfíricas y que se llama granofírica. (Véase lám. 6.) El otro tipo está también



LÁM. 3.<sup>a</sup>—Estructura microcristalina en la base de una ofita. — (Provincia de Cádiz)

relacionado, por un lado, con los granitos y, por otro, con las rocas básicas.

Tal es la estructura verdaderamente porfírica, constituida por grandes elementos cristalinos apriados en un magma que puede ser ó granofírico, ó cripto-cristalino ó micro-cristalino. (Véase lám. 7.)

Réstame sólo mencionar la estructura serpentínica, que es un efecto secundario de la alteración de

ciertos minerales, como es el peridoto y algunos piroxenos y aun anfíboles, estructura que se encuentra á veces en grandes masas en diversos lugares de la tierra (Véase lám. 8); y cuya estructura de malla es en extremo característica.

Estudio de las rocas antiguas ácidas. — Rocas graníticas. — Constituyen estas rocas, por su can-



LÁM. 4.<sup>a</sup>—Estructura granítica.—Granito.—(Francia)

tividad, la parte más importante de lo que conocemos de la superficie del planeta, tanto por la extensión superficial que ocupan, como por encontrarse siempre en lo más profundo de todas las formaciones, lo que hace suponer que por debajo de gran extensión de terrenos sedimentarios y aun cristalinos forman estas rocas una como cáscara del planeta. Constituyen, pues, los granitos una agrupación de gran interés

en la economía del globo terrestre. Divídense estas rocas en tres grandes agrupaciones.

Los granitos propiamente dichos, los granofiros y los pórfidos cuarzosos y feldespáticos, y, por último, las sienitas, que ya se dan la mano con el grupo básico, formando los primeros la parte más importante del conjunto.



LÁM. 5.<sup>a</sup>—Estructura ofítica.—Ofita.—(Provincia de Cádiz)

El granito es una roca eminentemente cristalina, compuesta de cuarzo, feldespato, orthosa predominante y alguna plagioclasa y mica en sus dos variedades blanca y negra. El cuarzo en el granito forma placas homogéneas que traban entre sí los otros elementos de la roca. Estas placas, observadas en la luz polarizada, son perfectamente homogéneas, lo

que se demuestra por la igualdad de coloración en toda la placa en la luz polarizada y por la simultaneidad de extinción entre los nicoles cruzados, á diferencia de otro estado del cuarzo en que la placa forma un verdadero mosaico entre los nicoles cruzados y que se conoce con el nombre de cuarzo granulítico.

La gran masa de granitos es la en que predomina



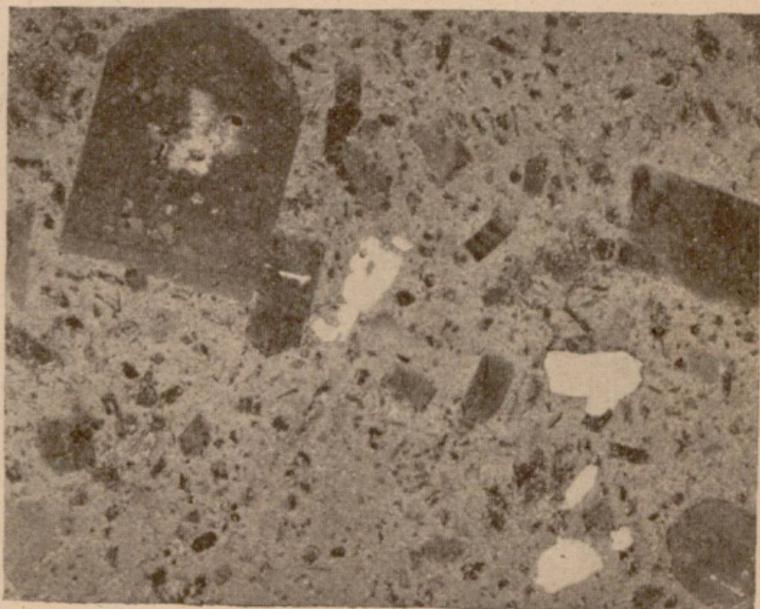
LAM. 6.<sup>a</sup>—Estructura granofírica.—Granofiro  
(Provincia de Sevilla)

la mica blanca ó muscovita, la que forma cristales á veces de gran tamaño.

El feldespato se distingue á simple vista por las caras de fractura plana ó exfoliación que presenta, que lo diferencia de la fractura conchoidal del cuarzo, cuando el color rojizo del primero no lo diferenciara suficientemente del segundo.

La variedad de granito en que domina la mica negra ó biolita es también muy abundante y se le distingue con el nombre de granitita.

Esta variedad es muy abundante en España; y forma ella exclusivamente gran parte de nuestras sierras centrales. Su estructura es igual á la variedad muscovítica, pues la sola diferencia que en al-



LAM. 7.<sup>a</sup>—Estructura porfírica.—Pórfido.—(Vosgos)

gunos casos las distingue, es algún mayor predominio de plagioclase en su composición á expensas de la orthosa que disminuye.

El carácter más curioso de todas estas rocas, es la propiedad del cuarzo de estar en algunos puntos literalmente lleno de inclusiones líquidas, la mayor parte de agua que al enfriarse han dejado una pequeña burbuja de materia gaseosa que está dotada

de un movimiento oscilatorio sumamente curioso.

Las dimensiones de estas burbujas son muy pequeñas; oscilan desde casi invisibles con aumento de 1,000 diámetros á dimensiones considerables y



LÁM. 8.<sup>a</sup>— Estructura serpentínica. — Serpentina  
(Serranía de Ronda)

son de un gran interés teórico por las consideraciones á que se prestan.

Con frecuencia, además de la burbuja gaseosa, se perciben pequeños cubos de cloruro de sodio, y en ocasiones en vez de agua se ve que están rellenas por ácido carbónico líquido.

Algunas veces la mica es reemplazada en totali-

dad ó en parte por anfíbol, en general de color verde botella, y cuando llega la mica á desaparecer, se observa que también el cuarzo tiene igual tendencia, y por último, después de pasar por la variedad de granitos anfibólicos, llega la roca á formar un tipo especial formado solamente por anfíbol, orthosa y plagioclasa, que se designa con el nombre de sienita.

En esta roca se observa que mientras el granito normal tiene el 70 por 100 de sílice, en ésta descende á sólo el 60 por 100 y llega por consiguiente al límite de las rocas ácidas.

Excusado me parece indicar que, además de estas grandes variedades de rocas graníticas, existen otras según los minerales que en ellas puedan predominar.

Una de las más importantes es el granito turmalinífero, en cuya variedad reemplaza á la mica en totalidad ó en parte la turmalina.

Esta variedad de granito se limita á algunos granitos filonianos, ó á los contactos anormales con otras formaciones.

En muchos granitos comienza á presentarse como mero accidente la estructura granofírica; estructura que, como ya he indicado, es efecto de una íntima trabazón entre el cuarzo que comienza á perder su carácter granítico y á pasar á la variedad granulítica. En esta estructura la mica tiende á alterarse convertida en substancias cloríticas y ferruginosas, y como resultado de esta estructura existe un tipo de roca que se ha conocido con el nombre de pegmatita; roca blanca lechosa, formada exclusivamente por feldespato y vetas de cuarzo. Conforme esta estructura se acentúa, va pasando la roca á una masa ho-

mogénea en la que sólo se descubren gránulos de cuarzo y algún que otro cristal de feldespato ó sea los llamados pórfidos cuarcíferos, cuyo término final es una masa cripto ó micro-cristalina que empasta como elementos esenciales á veces de gran tamaño cristales de feldespato; mica más ó menos alterada; anfíbol y gránulos de cuarzo, en general redondeados y carcomidos como muestra la lámina 9, y cuando estos gránulos de cuarzo llegan á desaparecer se designa la roca con el nombre de pórfidos feldespáticos, cuyo resultado es consecuencia de la mayor ó menor cantidad de ácido silíceo que entre en la composición de la roca.

**Rocas antiguas básicas.** — Hecha esta breve reseña de los principales caracteres de las rocas, del tipo ácido antiguo, vamos á pasar rápidamente la vista por los que constituyen la gran agrupación básica que, si no forman en la superficie terrestre la predominante cantidad de las ácidas, desempeñan, sin embargo, un importantísimo papel.

En este grupo de rocas hay que considerar tres tipos, según el elemento ferro-magnesiano que en ellas domine.

En uno domina el anfíbol; en otro el piroxeno y en otro el olivino. Este grupo, como en todas las cosas de la naturaleza, claro es que no constituye un conjunto perfectamente definido y aparte del anterior, sino que por las dioritas cuarzíferas, rocas formadas por anfíbol, alguna mica feldespato, plagioclasa, generalmente oligoclasa y alguna orthosa, se relaciona íntimamente con el grupo granítico. En efecto, entre un granito anfibólico pobre en arthosa y una diorita cuarzífera rica en arthosa, la diferen-

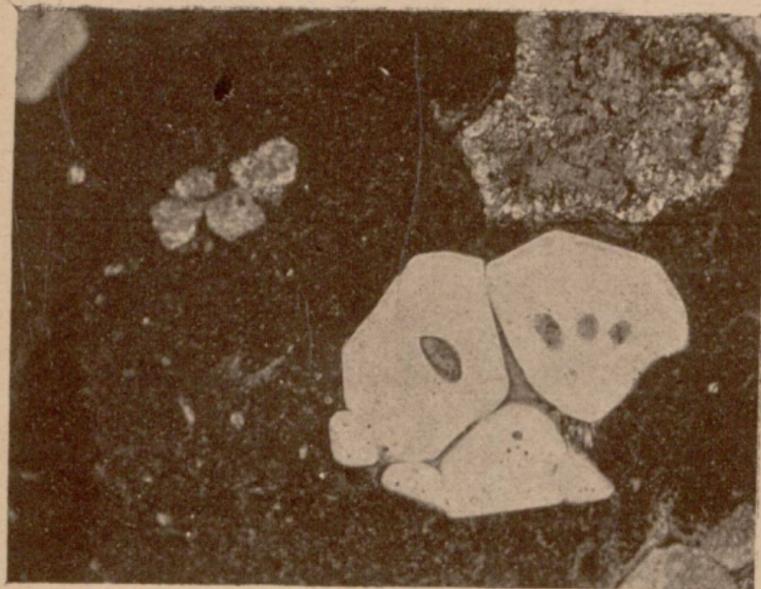
cia, tanto en estructura como en composición, puede llegar á ser nula. Por otro lado, cuando el cuarzo desaparece y la diorita llega á ser un agregado cristalino de anfíbol y plagioclasa y á presentar restos de piroxeno y entrar dentro de lo que se ha llamado epidioritas ó dioritas cuyo anfíbol procede de fenómenos epigénicos del piroxeno, la unión con las diabasas es evidente, pudiéndose considerar esta roca como el lazo de unión que une al grupo básico con el de las rocas ácidas.

La diabasa es, sin disputa, el tipo que mejor caracteriza el grupo de rocas básicas antiguas, tanto por su frecuencia y por las masas considerables que forma, como por sus relaciones con los demás grupos.

Forma esta roca un agregado cristalino que se distingue del granito por la tendencia en el feldespato á formar individuos alargados, forma á que también, con frecuencia, se somete el piroxeno y que constituye una estructura muy característica, que se le distingue con el nombre de ofítica. Sus elementos cristalinos suelen estar bien conservados, pero con frecuencia sufren alteraciones profundas; sobre todo el piroxeno se altera, se convierte en productos cloríticos y magnetita que se desparraman por la roca ó sufre la anfíbolización y entonces la roca se da la mano con las dioritas como he indicado. Estas alteraciones claro está que mientras más antigua la roca, más probabilidades hay de que tengan lugar, así que en el grupo de rocas relativamente reciente de este grupo ó sea el llamado de las ofitas, tanto en la región meridional de la Península como en la región pirenaica es donde, por ejemplo, se encuentran los tipos mejor conservados de estas rocas.

Otro grupo también cristalino é íntimamente relacionado á las diabasas, es el de los gabros ó eufotidas, grupo de rocas formado por feldespato, labrador y dialaga, que forma algunas masas de importancia, sobre todo en la Península Italiana.

Relacionado á este grupo se halla otra roca en que



LÁM. 9.<sup>a</sup>—Corrosión del cuarzo en los pórfidos cuarzosos  
Pórfido.— (Provincia de Huelva)

el elemento ferro-magnésiano es la enstatita é hypersthene y que con los nombres de norita é hyperita se presentan, aunque como rocas relativamente raras.

Así como en las rocas ácidas existe lo que puede llamarse la degradación porfídica, de la misma manera existe también en las rocas básicas.

En efecto, tanto en dioritas y diabasas existen

tipos en que se forman elementos cristalinos grandes tanto del elemento ferro-magnesiano como del feldespato que quedan aprisionados en una base compacta á la simple vista y que se han distinguido con los nombres de porfiritas anfibólicas y porfiritas piroxénicas y micáceas.

Examinada esta base con el microscopio, se ve que la estructura granofírica tan común y frecuente en el granito no existe, y en su lugar la estructura criptocristalina y sobre todo la microcristalina es la predominante.

Existe un grupo de rocas de que hay dos tipos, uno básico y otro ácido, en que acompañando al feldespato se presenta la nefelina; serie de rocas raras y de las cuales las sienitas eleolíticas y foyaitas se relacionan al grupo ácido y las teschenitas con sus bellos cristales de anfíbol y piroxeno al grupo básico.

Réstame sólo mencionar el grupo de rocas olivínicas; en este grupo el feldespato no existe ó, si existe, es en cantidad perfectamente insignificante.

Son estas rocas perfectamente cristalinas, formadas por una íntima mezcla de olivino, enstatita y piroxeno, con alguna magnetita y varios tipos de los espinelas.

Estas rocas se alteran con frecuencia hasta el punto de que raros son los puntos de la tierra en que se conservan incolumes, pues en general sufren alteraciones tan profundas que completamente pierden su carácter distintivo y se convierten en serpentinatas.

Esta alteración se manifiesta por una malla que se va gradualmente formando á través del olivino y que

se va extendiendo á todos los demás elementos de la roca, que acaba por quedar en completo suplantada por esta malla formada de silicatos magnesianos y ferríferos hidratados, cuya roca, conocida con el nombre de serpentina, constituye una de las rocas de ornamentación más hermosa que poseemos.

**Grupo de las rocas cristalinas estratiformes.**— Este grupo, que forma el basamento sobre que se han depositado todos los terrenos sedimentarios ó detríticos del globo, forma, puede decirse, el lazo de unión entre lo eminentemente cristalino y eruptivo y lo ya francamente sedimentario. Entre los primeros gneis granitoideos y los granitos, la diferencia que los separa es sólo de forma; pues sólo la estratificación, ó mejor dicho, el arreglo bandeado de sus materiales constituyentes, es lo que los distingue y entre las últimas pizarras de la serie y los sedimentos más antiguos, la línea divisoria es difícil de trazar.

En efecto, como formando la base de esta serie de rocas, se encuentran rocas conocidas con el nombre de gneiss.

Estas rocas están formadas por los mismos elementos del granito, es decir, feldespato, orthosa, alguna plagioclasa y mica, tanto de la variedad llamada muscovita como de la biotita. Su sola distinción, como he dicho, reside en el arreglo de estos elementos; pues así como en el granito la orientación de los distintos elementos es en todas direcciones, en estas rocas, por el contrario, los diversos elementos tienden á orientarse paralelamente entre sí y á la horizontal, formando una serie de bandas paralelas y membranas sumamente características.

Después de estos gneisses de compacidad suma,

disminuye algún tanto el feldespato y aumenta la mica, y toma la roca el nombre de gneiss micáceo. Conforme esto sucede, estas rocas se cargan de diversos minerales, por ejemplo, de granate, de cordierita y otros. Como intercaladas entre estas rocas, se observan con frecuencia lechos y lentejones de rocas anfibólicas y piroxénicas de varia composición y grandes masas de calizas cristalinas llenas también de minerales. Intercalados también entre este complejo de rocas, se observan también lechos de verdaderas rocas granitoideas sin orientación fija en sus materiales, pero en lechos estratiformes y también muy ricas en minerales, conocidas con el nombre de granulitas. Esta parte del sistema pasa por su parte superior á las micacitas.

En estas rocas el feldespato disminuye y llega por completo á desaparecer, y sólo quedan como elementos constituyentes el cuarzo y ambas variedades de mica.

Forman estos minerales membranas separadas por lentejas de cuarzo que poseen un marcado paralelismo y entre los que se encuentran con frecuencia gran cantidad de minerales, tales como el granate, la turmalina, el epidoto, etc.

Constituye este tramo un espesor bastante considerable, que con frecuencia alterna también con rocas anfibólicas, y por su parte superior pasa á las pizarras simplemente micáceas y cloríticas que se funden ya con las verdaderas filitas y termina la serie de rocas cristalinas hacia los terrenos francamente sedimentarios con la misma incertidumbre con que se separan de aquellos materiales que son eminentemente eruptivos.

**Rocas cristalinas modernas ó volcánicas.**—El grupo de rocas volcánicas forma un conjunto muy semejante al antiguo, pues forma á su vez las mismas dos grandes divisiones que aquélla, ó sea el de las rocas ácidas y el de las básicas.

El equivalente de las rocas graníticas está representado en las modernas por las liparitas, nevaditas y traquitas, unidas al básico á semejanza de lo que sucede en el anterior por las dioritas cuarzosas y dioritas, en ésta por el gran grupo de las andesitas.

Las rocas básicas, á su vez, forman la serie de basaltos, que espacios tan considerables ocupan en todos los parajes de la tierra, y para hacer la semejanza más completa también existe otro grupo análogo á las sienitas eleolíticas y teschenitas que están representadas en las volcánicas por las fonolitas y tefritas, rocas ricas también en nefelina y otros minerales.

**Rocas ácidas y traquitas.**—Las liparitas son rocas ácidas cuyo contenido en sílice alcanza hasta el 78 por 100, cantidad que las asimila tanto á los granitos como á muchos pórfidos cuarzosos.

El carácter distintivo que las separa del granito es, sin embargo, la rareza con que se presenta la estructura granítica; es decir, de rocas formadas por individuos igualmente desarrollados en todos sentidos y formando un conjunto completamente cristalino. La estructura de estas rocas es la llamada traquitoidea, y se asemeja más bien á la que es propia de algunas rocas porfídicas, y cuando la estructura es cristalina, se aproxima á la que afecta más bien la forma que hemos designado con el nombre de ofítica, que la granítica, en que los elementos tienen la tendencia á

cristalizar, formando cristales alargados en un sentido determinado.

Otra diferencia muy importante que las distingue es el predominio de la sustancia vítrea en su masa, que con frecuencia afecta la forma esferulítica (véase lám. 10), mientras el vidrio es una verdadera excepción, ó si acaso está representado por la materia foliática en algunos pórfidos en la serie antigua; en las rocas volcánicas ácidas desempeña un papel muy importante, pues no sólo se encuentra como materia accidental en muchas liparitas y traquitas, sino que forma masas considerables que son conocidas con el nombre de obsidianas, piedra pómez, etc.

Las liparitas forman agregados de cristales de sanidina, ó sea la variedad de feldespato orthosa-vítreo, á veces en gran desarrollo, mica, beotita y anfíbol, y abundantes gránulos de cuarzo muy semejantes en su apariencia á los cuarzos corroídos de ciertos pórfidos, pero que se distinguen por la parsimonia de las inclusiones líquidas y por la abundancia de las gaseosas. Estos elementos forman una serie desde la roca granuda en extremo rara, como son algunas de Nueva Zelanda; y de las nevaditas de la América del Norte, á las liparitas vítreas italianas. En éstas los diversos elementos se hallan empotrados en una masa vítrea; bien de estructura felsilica ó propiamente vítrea, sin traza de cristalización ó afectando la forma esferulítica.

Así como la liparita es el equivalente de las rocas graníticas, la traquita es el equivalente de la sienita por la sílice que contiene, que oscila de 62 á 64 por 100, y por los caracteres distintivos de su composición. Está esta roca constituida por grandes cristales

de sanidina, abundante plagioclasa, biotita y anfíbol, generalmente en su variedad pardo rojizo, encontrándose también con bastante frecuencia cristales de augita. Todos estos elementos forman unas veces agregados cristalinos, y otros están envueltos por un



LÁM. 10.—Estructura esperulítica.— (Hungria)

magma de colores claros, grises y amarillos y en extremo áspero y rugoso, cuya estructura varía desde la micro-cristalina con tendencia á la estructura fluidal al vidrio que sólo presenta indicios de sustancia cristalizada en su masa. El cuarzo casi ha desaparecido por completo, aunque algunas veces se presenta como producto secundario. Los minerales accesorios

son frecuentes, tales como la apatita, el hierro magnético, etc.

Las traquitas se presentan en forma de filones, masas y corrientes en numerosos parajes volcánicos.

Así como los granitos y las sienitas se relacionan con el grupo porfídico, de idéntica manera las liparitas y las traquitas pierden sus elementos y la base aumenta, pero con la diferencia, como ya hemos indicado, de ser la sustancia vítrea la predominante.

Divídense estas rocas en tres grupos, el de las retinitas traquíticas, el de las perlitas y el de las obsidianas y las piedras pómez.

Las retinitas traquíticas se distinguen por tener numerosas inclusiones de sanidina, cuarzo, hornblenda, augita y magnetita, envueltos en un magma más ó menos vítreo y parecen corresponder al gran grupo de pórfidos más ó menos compactos de la serie antigua.

Las perlitas se distinguen de las retinitas traquíticas por el desarrollo de la textura perlítica. Esta textura parece ser un efecto de retractación en el vidrio, y da lugar á la formación de concreciones esféricas, separadas entre sí por superficies de separación. Que esta textura es posterior á la consolidación de la roca, lo atestigua el que todas las innumerables inclusiones en el magma participan de ella. Es de notar que las perlitas contienen siempre sobre poco más ó menos 76 por 100 de sílice, lo que parece indicar que la textura perlítica sólo se desarrolla en las liparitas ó en las traquitas cuarzíferas.

La obsidiana es un vidrio rico en sílice que oscila entre 60 y 70 por 100, y parece ser el término final de la serie liparítica y traquítica.

Con frecuencia su color es negro y se asemeja al vidrio de botella, pero otras veces es de colores rojizos y pardos, y alguna vez casi incolora.

La obsidiana se hace porfídica por la presencia de inclusiones, tanto de sanidina como de otros minerales, y dentro de su masa se observan todos los comienzos de la cristalización, como son las triquitas, los belonitos y todos esos productos que observamos, tanto en los vidrios naturales como artificiales.

\* **Rocas volcánicas básicas.** — En representación del grupo de las dioritas cuarzíferas y de las dioritas sin cuarzo y de ciertas diabasas, está la serie de las andesitas.

Estas rocas forman un conjunto muy interesante del que pueden distinguirse dos agrupaciones: las andesitas cuarzosas y las andesitas sin cuarzo.

Las cuarzosas, equivalentes á las dioritas cuarzosas, están formadas por plagiocasa en gran desarrollo, anfíbol en general, de color verde y gránulos y cristales hexagonales de cuarzo, minerales á los cuales se asocia generalmente la biotita y algunas veces la augita.

El feldespato se presenta casi siempre en individuos alargados y vítreo, análogamente á lo que se observa en la sanidina, á diferencia de la orthosa.

Estos cristales en la luz polarizada muestran la estructura polisintética, común á todos los feldespatos del sexto sistema. La estructura de la base es generalmente porfiroidea, no siendo raro encontrar restos de masa vítrea.

Las andesitas sin cuarzo ó andesitas propiamente dichas, forman tres grandes agrupaciones que se dividen según el elemento ferro-magnesiano predomi-

nante, pues como regla general, tanto los anfíboles como las micas y las augitas se hallan representadas en mayor ó menor cantidad en todas ellas.

La estructura es idéntica á la que es propia de las andesitas cuarzíferas.

En estas andesitas, sobre todo en la variedad augítica, este mineral es reemplazado á veces por un piroxeno del sistema rómbico, tales como la enstatita y la hipersthene.

Es de notar también que la base vítrea se presenta en mayor cantidad que en las cuarzíferas y todo hace ya ver el paso á los basaltos.

Sin embargo, la no presencia del olivino y la frecuencia de la estructura zonar en los feldespatos de las andenitas, son suficientes para separar un grupo de rocas del otro.

En representación de las rocas nefelínicas de la serie antigua, cuyos tipos principales son las sienitas, eleolíticas y las teschenitas, se presentan entre las volcánicas, las fonolitas, y las tephritas.

Son las fonolitas rocas compactas de color gris verdoso que, cuando se les golpea con el martillo, son en extremo sonoras, de ahí su nombre.

Están formadas por feldespato, sanidina y nefelina asociadas al anfíbol y á la augita y esporádicamente á la biolita.

En algunas variedades á la nefelina acompaña la leucita y además una porción de minerales, tales como la apatita, la magnetita y otros, siempre más ó menos esporádicamente.

La estructura es generalmente porfiroidea, estando la masa vítrea representada con escasez.

Las tefritas son rocas en que entra la nefelina en

su composición, asociada á feldespatos plagioclásicos y se corresponden en cierta manera con las teschenitas de la serie antigua. A semejanza de lo que se observa en las fonolitas, también se asocia á este tipo de rocas la leucita.

Las plagioclasas tienen el mismo tipo que en las andesitas, y, aunque rara, se presenta alguna vez la sanidina.

Como elemento ferro-magnesiano la augita es el más predominante, aunque el anfíbol y la mica son frecuentes también. La estructura de estas rocas es generalmente gránulo-microlítica, pero en algunas tefritas se encuentra bastante base vítrea en su composición. En muchas de estas rocas, la leucita forma una parte muy importante, y entonces forman los leucitófiros, no siendo raro que las plagioclasas desaparezcan por completo.

Los basaltos son quizás de todas las rocas volcánicas los que mayor superficie ocupan, y son quizás las rocas más interesantes de todo el grupo volcánico. Distingue á todas estas rocas la presencia del olivino, unas veces en gránulos muy pequeños, pero otras en trozos de considerable tamaño, cual si estas rocas procedieran de lugares dondé las rocas peridotíticas fueran relativamente frecuentes.

Se dividen estas rocas en dos agrupaciones: en una quedan comprendidos los basaltos feldespáticos y en otra los nefelínicos.

Los feldespáticos, á su vez se dividen en aquellos francamente cristalinos, llamados doloritas, y los más ó menos compactos ó porfiroides, ó sean los basaltos feldespáticos simplemente.

Los basaltos, tanto en las doloritas como en los

basaltos afaníticos, no presentan ninguna distinción en su estructura; salvo el tamaño de los elementos constituyentes que los distingue.

En general forma la roca un agregado granudo cristalino de cristales y trozos irregulares de augita, de color amarillo claro ó violeta, trozos y cristales de olivino, con frecuencia serpentizado y el todo trabado por innumerables cristales de todos tamaños de feldespato, plagioclasa y trocillos y cristalitos de piroxeno, entre cuyos elementos es frecuente observar mayor ó menor residuo de sustancia vítrea, en general de colores oscuros. (Véase lám. 11.) Además y como elementos accidentales existe gran cantidad de magnetita y apatito.

En el grupo de basaltos nefelínicos, la nefelina forma cristales hexagonales y prismas rectangulares, pero aún con mayor frecuencia forma como una base sin contorno cristalino que traba todos los elementos entre sí. Esta sustancia es atacable por el ácido hidroclicó, así que los basaltos de este tipo se distinguen fácilmente de los feldespáticos.

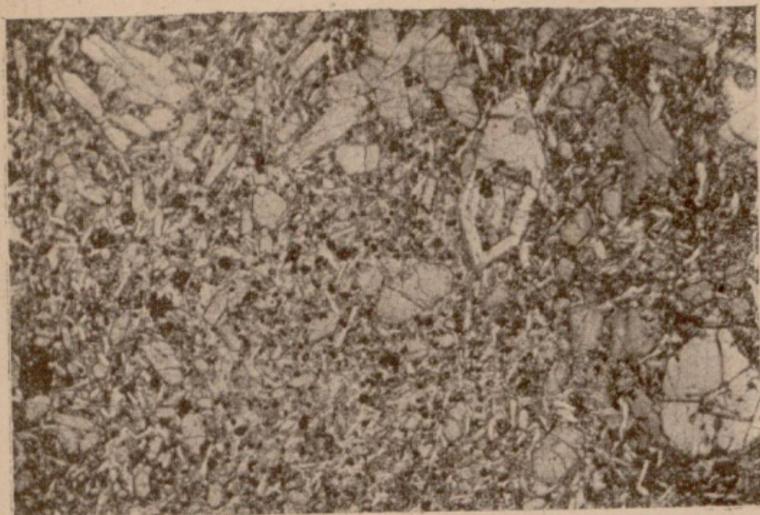
Con la nefelina desaparece la plagioclasa casi por completo; por lo demás, los mismos elementos se encuentran en unos basaltos, como en otros la augita, la hornblenda, de colores pardo rojizos, la mica y el olivino con los mismos caracteres.

A más de esta variedad existe un tipo de basalto leucítico en que, además de la nefelina, entra la leucita en su composición.

Este tipo de roca, aunque frecuente en algunas regiones de Italia y en el Rhin, es sin embargo relativamente raro.

Así como las rocas volcánicas ácidas tienen un

término extremo representado por las obsidianas, perlitas y piedra pómez, los basaltos tienen también, como término extremo de la serie, vidrios que se distinguen de los anteriores por contener sólo el 50 por 100 de sílice, á diferencia de las obsidianas en



LÁM. 11.—Tipo de basalto.— Cristales y trozos de pirosceno. Cristal de òlivino y microlitos de feldspato y hierro magnético.— (Alemania)

que llega esta substancia á 60 ó 70 por 100 de la totalidad de la roca.

Grupo de rocas sedimentarias por trituración y descomposición de las preexistentes.— Al estudiar los fenómenos que se producen por la acción de los agentes atmosféricos sobre los diversos materiales que forman la corteza terrestre, veremos que éstos dan lugar á dos distintos procesos; uno de verdadera descomposición de la roca y otro simplemente de trituración.

El de descomposición es en general debido á la acción que las aguas cargadas de ácido carbónico producen sobre los feldspatos, produciéndose según la temperatura reacciones muy diferentes, pero cuyo resultado es la descomposición de los feldspatos y la completa desintegración de la roca.

Concretándonos á las rocas graníticas, pues en último resultado lo que se dice de éstas con ligeras variantes es aplicable á las demás, resulta que en presencia del ácido carbónico del agua se forman carbonatos alcalinos y de cal que pasan en disolución á las aguas y como elementos sólidos de la roca quedan silicatos de alúmina, hojuelas de mica que no se han alterado y el cuarzo. Estos elementos que han perdido la cohesión, son á su vez triturados y desparramados por los agentes atmosféricos.

Los silicatos de alúmina en estado de división tenuísima y el cuarzo van también gradualmente triturándose al ser acarreados por las aguas á los arroyos y á los ríos, y de éstos al mar en donde al fin encuentran su reposo.

Aquí las corrientes producen una verdadera selección, pues los elementos más tenues, como son los silicatos de alúmina y las hojuelas de mica, continúan en suspensión por grandes distancias; mientras que los cuarzos en estado ya de gran trituración, se depositan en forma de arenas, y cuando el tiempo con todas sus contingencias y la presión de sedimentos sucesivos pasan por ellas, dan lugar á la formación de las areniscas y á las compactas cuarcitas que, como veremos más adelante, constituyen una parte importante de la superficie terrestre.

Los silicatos de alúmina llegan también por fin á

depositarse, formando primeramente las arcillas ó los barros que todos conocemos, y secas y comprimidas por depósitos sucesivos, llegan á constituir las pizarras y filadíos que veremos desempeñar tan importante papel.

Si la trituración de la roca no ha sido completa, pueden ser acarreados trozos de tamaño considerable de la misma á los ríos y arroyos, y venir á depositarse mezclados con elementos más menudos y á formar las rocas que conocemos con los nombres de conglomerados y pudingas. Cuando son arrastrados granos relativamente pequeños, por ejemplo, con arcillas y llegan á aguas no muy agitadas, la selección puede no hacerse y depositarse todo mezclado y dar lugar á la formación de las rocas llamadas grau-wackas.

De los elementos que pasan en disolución á las aguas, el que mayor importancia tiene es el carbonato de cal.

Esta sustancia la emplea para la construcción de sus conchas y carapaces la gran mayoría de los seres que llenan los mares y que fijan otra vez esta sustancia al estado sólido, y que al perder la vida desciende al fondo del mar y allí se acumula y da lugar á la formación de los inmensos lechos de caliza, que hoy día tan importante papel representan en la economía del globo terrestre. Aunque no es dudoso que no es este el único procedimiento que la naturaleza emplea para la producción de las rocas calcáreas, pues las calizas cristalinas asociadas al gneiss que he descrito, no es de suponer que hayan tenido este origen, sí es cierto que la mayor parte de las calizas llamadas sedimentarias deben su génesis á este procedimiento.

Réstame sólo mencionar el sulfato de cal, que se encuentra en estado de disolución en el mar en unión de otros sulfatos y cloruros, como son los de sodio y de magnesio, y que en ciertas formaciones los veremos desempeñar, sobre todo el sulfato de cal ó yeso, un importante papel; pues todo indica que al desecarse lagunas de agua salobre, el sulfato de cal se ha depositado mezclándose con arcillas y acentuándose esta desecación le ha tocado su vez á los cloruros de sodio y de potasio, formando lentes de importancia en diversos lugares de la tierra.

---

## CAPÍTULO V

### Del estudio del globo en su conjunto y de sus actividades propias

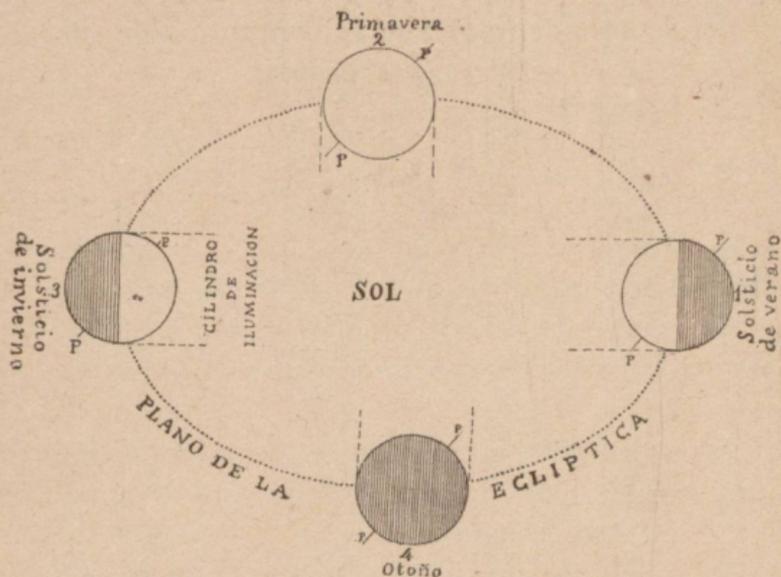
La tierra es un esferoide de revolución cuyo centro de gravedad describe una curva plana al rededor del sol, mientras que el esferoide está animado de un movimiento de rotación al rededor de un eje de rotación fijo, cuya duración es de 24 horas y constituye el día.

La órbita terrestre llamada eclíptica tiene la forma de una elipse, uno de cuyos focos está ocupado por el sol. Pero esta elipse está muy próxima á un círculo, pues en la actualidad su excentricidad ó, es decir, la relación entre los dos focos y el eje mayor, no es sino de próximamente un  $\frac{1}{60}$  y las distancias si se toma el eje mayor como unidad el menor es de 0'99986.

Y como la media distancia del sol resulta de 150 millones de kilómetros, la diferencia entre la distancia mínima ó perihelio y la máxima ó afelio es de 5 millones de kilómetros.

El eje de rotación de la tierra no coincide con la perpendicular á la eclíptica, sino que forma un ángulo de 23° 27' sobre esta que se llama la oblicuidad

de la eclíptica. De aquí resulta una consecuencia de la mayor importancia, como por la distancia á que se halla el sol los rayos solares pueden considerarse como si vinieran del infinito, es decir, paralelos el haz luminoso y calorífico que llega á la tierra en la forma de un cilindro de iluminación que divide á la



tierra en dos partes iguales, pero que son variables en el curso del año para las distintas partes de la tierra, y de ahí la razón del cambio de estaciones. El adjunto diagrama (Lám. 12) dará idea de las distintas fases del fenómeno.

Cuando el globo está en la parte de su órbita I, estará el polo Norte fuera del círculo de iluminación, y estaremos en invierno en este hemisferio; cuando esté en la posición II en que el plano del ecuador terrestre intersecta el plano de la eclíptica estaremos en primavera, y cuando esté en III en

que el polo Norte está dentro del círculo de iluminación, entonces estaremos en verano en este hemisferio y en invierno en el opuesto, volviendo en el otoño á intersectar el plano del ecuador al plano de la eclíptica, estando ambos hemisferios igualmente iluminados.

Como ya he indicado, la tierra es un esferoide aplastado en sus polos y, por consecuencia, existe una protuberancia en la región ecuatorial.

Como resultado de la perturbación que esta protuberancia ejerce en las atracciones, tanto solar como lunar sobre la tierra, resulta que el plano de intersección de la eclíptica con el ecuador terrestre avanza todos los años hacia occidente  $62''$ , lo que da por resultado que la eclíptica cambie de posición relativa en un período de 21,000 años, de modo que el perihelio que en el año 1250 tuvo lugar en el solsticio de invierno en nuestro hemisferio á los 10,500 años, coincidirá con el solsticio de verano en nuestro hemisferio. Además de este cambio, la excentricidad es variable, y así como en la actualidad es sólo de  $\frac{1}{60}$ , puede en ciertas condiciones llegar á ser de  $\frac{1}{115}$ , lo que llegará á ocasionar diferencias muy considerables entre la distancia del perihelio y del afelio.

Según como coincidan ó no coincidan estas máximas y mínimas con el perihelio ó el afelio en cualquiera de los hemisferios, podrán resultar consecuencias muy notables que pueden dar razón de fenómenos muy oscuros de que tendré ocasión de hablar.

El aplastamiento polar de la tierra es un  $\frac{1}{294}$ , y las

consecuencias que de esto hecho se desprenden son de importancia.

Laplace sometió al cálculo el problema en el supuesto de la fluidez primitiva del planeta, y dedujo para el aplastamiento los dos límites  $\frac{1}{231}$  y  $\frac{1}{578}$  refiriéndose el primero al caso de una homogeneidad completa en toda su masa, y el segundo para el caso en que toda la masa terrestre estuviera concentrada en su centro; se ve, pues, que el valor obtenido por la medición directa se halla comprendido entre los dos como era de suponer, y todo conduce á la creencia de que la tierra ha pasado en un período ya remoto por un estado de fluidez. La densidad de la tierra también afirma este aserto.

Diversos medios se han empleado para conocer ésta: el primero empleado ha sido la desviación que una montaña aislada ha ejercido sobre la dirección de la plomada. El segundo está basado sobre la diferencia en las oscilaciones de un péndulo á diversas altitudes, y el tercero el de la balanza de torsión que consiste en comparar la gravedad terrestre con la atracción que grandes bolas metálicas dispuestas en forma de péndulos horizontales ejercen sobre bolas más pequeñas de diversas sustancias.

Por estos métodos, y sobre todo por el último, se ha llegado á deducir que la densidad de la tierra es próximamente de 5'5. Como la densidad del mar es próximamente de 1, y como el casi total de las rocas que conocemos oscila entre 2 y 3, resulta que el valor 5'5 exige que la densidad del centro sea superior á esta cifra, lo que no sólo hace ver que la densidad en la tierra se halla repartida por orden

ascendente como el supuesto de un globo primitivamente líquido supone, sino que hace verosímil la creencia de que el hierro cuya densidad es de 7'6 desempeña un papel importante en el interior del globo.

Es además un hecho que confirma la suposición de un estado de fluidez interior la repartición del calor con la profundidad en la tierra.

Es fenómeno conocido en meteorología, que la temperatura de la superficie terrestre en cualquier lugar está expuesta á todas las vicisitudes atmosféricas; conforme penetramos en ella, estas vicisitudes van siendo cada vez menos pronunciadas, y cuando se llega á cierto límite llegan éstas á anularse por completo, y á una distancia variable que puede ser de 20-30 metros, se llega á una temperatura que es la media del lugar de que se trata.

Desde este punto la temperatura crece y crece en proporciones relativamente constantes.

Aunque las profundidades á que se ha llegado desde la superficie terrestre son verdaderamente insignificantes comparadas al radio terrestre, pues no han llegado á distancias siquiera de kilómetro y medio, se ha podido deducir que la temperatura crece con la profundidad á razón de un grado por cada 33 metros.

Manténgase esta progresión constante ó lléguese á cierta profundidad á un límite en que no crezca, de cualquier manera el hecho irrefragable es que la temperatura crece con la profundidad, como debe suceder con un cuerpo que haya estado á alta temperatura y no haya acabado de enfriarse.

Cuando se examina bien un globo ó un planisferio

en que estén señaladas la distribución de las masas continentales y los mares, lo primero que salta á la vista es el mayor predominio de la masa acuosa sobre la continental.

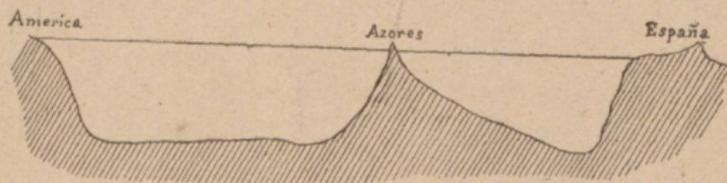
En efecto, mientras la superficie total del globo es de unos 510 millones de kilómetros cuadrados, la parte ocupada por los mares alcanza la cifra de 365 millones de kilómetros cuadrados, mientras que la tierra emergida sólo ocupa 146 millones de kilómetros, y aun más notable resulta esta repartición si se tiene en cuenta que de estos 146 millones de kilómetros cuadrados, 101 pertenecen al hemisferio Norte y sólo 44 al Austral.

Es también hecho curioso y significativo que las tres masas continentales, pues la Australia puede considerarse como prolongación del continente asiático y la Europa del Africano, de la misma manera como la América del Sur es continuación de la del Norte; terminan en punta hacia el Sur y la desviación hacia el Este de la parte meridional de los continentes, separados por la gran depresión mediterránea que entre el golfo de Méjico y el Pacífico casi segmenta las dos Américas y que en nuestro continente forma la región mediterránea, que por la depresión del mar Rojo continúa á los estrechos de la Sonda y mares del sur de China, que separan el continente Asiático de su apéndice el Australiano. Otro detalle digno también de tenerse en cuenta, es que mientras la región polar del Norte parece estar ocupada por el mar, la región del polo Sur, por el contrario, indica que forma una masa continental.

Una de las mayores diferencias que entre las depresiones oceánicas y las masas continentales existe,

es el que á pesar de las variaciones topográficas que presentan los continentes en sus variados montes y valles, su altitud media es relativamente pequeña; pues ésta es probablemente de sólo 600 metros sobre el nivel del mar.

El mar, por el contrario, forma una depresión considerable, pues si bien es cierto que su máxima depresión de 8,500 metros no supera á la mayor altura del Himalaya, 8,840 metros, el valor de la depresión media es infinitamente superior y alcanza unos 4,000 metros en su profundidad media, es decir, que si se



dejaran los continentes rasos y al nivel de los mares, todo lo que sobresale de su superficie podría desaparecer en esos abismos, para rellenar los cuales necesitaríamos catorce veces más de la que en el momento actual sobre su nivel sobresale.

La forma de las masas continentales y las depresiones oceánicas, presentan particularidades muy notables, una de ellas es la rapidez con que la superficie terrestre desciende á las profundidades abisales en la mayoría, ó mejor dicho, en la totalidad de los casos, y si fuera posible prescindir del elemento acuoso, los continentes aparecerían como grandes mesetas de abruptas paredes que sobresaldrían de las profundidades abisales.

El adjunto croquis (Lám. 13), puede dar idea de la

manera de ser entre el fondo de los mares y las masas continentales.

Este croquis á través del Atlántico, entre Sandy-Hook y las costas de Portugal, da la idea de la forma que afecta el fondo del Océano y la manera abrupta como se levantan las masas continentales:

Otro de los hechos que conviene mencionar es la manera como predominan en la forma de las masas continentales y de sus islas, los arrumbamientos de SO. á NE. y los de NO. á SE.

En efecto, basta fijar la atención sobre un globo terráqueo para ver lo frecuente de esos dos arrumbamientos y la escasez relativa de los que se ajustan á las direcciones: Norte-Sur y Este-Oeste.

En las costas del Pacífico de la América del Norte, predominan los de NO. á SE., mientras en las asiáticas los de SO. á NE., y en las costas europeas y americanas del Atlántico predominan en ambos los del SO. á NE., y los del NO. á SE. tanto en la América del Sur como en las costas del África, y en el extremo meridional de América vuelven á regir los rumbos SO. á NE., mientras que en Asia, en las Indias orientales y Australia dominan los de NO. á SE.

Otro hecho muy notable de la fisiografía del planeta, es la posición de las grandes cordilleras con relación á las depresiones oceánicas.

Se observa casi invariablemente que en frente de una depresión oceánica se desarrolla una cordillera de montañas.

El ejemplo más notable de este aserto se tiene en la gran cordillera de los Andes y en su prolongación de las Montañas Rocosas en la América del Norte, que hacen cara á la gran depresión del Océano Pa-

cífico. Análogamente los Alleganies y los Organos del Brasil forman el otro borde de América que mira al Océano Atlántico. En nuestra Europa tenemos los Alpes Escandinavos, las montañas de Escocia, de la meseta central francesa y de nuestra Península bordeando en cierta manera el Atlántico, mientras que rodeando la depresión mediterránea se levantan los Alpes y las montañas de la península de los Balkanes y el Asia Menor por un lado y las grandes montañas africanas del gran Atlas.

El Himalaya hace frente al Océano Índico, mientras que las cordilleras del África oriental bordean también las costas de este mar, como las montañas de Camarones y del África occidental miran al otro extremo del continente hacia la depresión del Atlántico.

Otro hecho también de una gran importancia, es que como regla general el flanco más abrupto de una cordillera es el que hace cara á la depresión. Innumerables serían los ejemplos que podrían citarse, pero me limitaré á unos cuantos.

Los Andes, por ejemplo, bajan con mucha mayor rapidez del lado que mira al Pacífico que el que se pierde en el continente americano.

Igual fenómeno se observa en los Alpes que descienden de una manera mucho más abrupta por la cara de Lombardía, la Cerdeña y el Véneto que hacia la Europa central.

Los gigantescos Himalayas en Asia también obedecen á esta ley, pues los escarpes meridionales descienden con gran rapidez al valle del Ganges, mientras que por el Norte estas montañas se funden con las altas mesetas del Thibet, y otros muchos

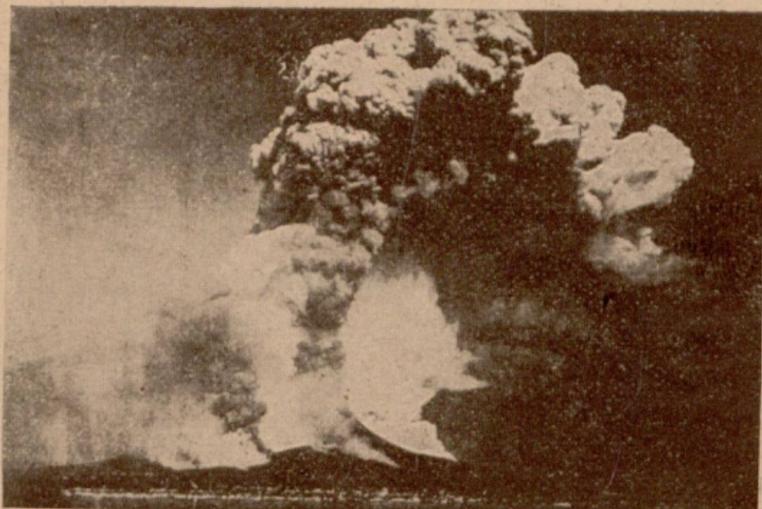
ejemplos que pudieran citarse en todos los lugares de la tierra.

**Vulcanismo.** — De todos los fenómenos naturales que al hombre le es dado contemplar, ninguno ejerce un dominio más avasallador sobre su fantasía como los fenómenos volcánicos, pues no sólo por su magnitud y magnificencia, sino por los efectos desastrosos que sobre el mismo hombre y sus efectos ejerce, éste los ha considerado —y con razón— como una de las mayores manifestaciones de la actividad interna del planeta.

El volcán es sencillamente una grieta ó abertura que se establece en la corteza terrestre y que la pone en comunicación con la profundidad; y por ella salen gases y vapores á muy alta temperatura que arrastran inmensa masa de materiales en estado de división más ó menos grande y á alta temperatura también, y á las que acompañan ó siguen rocas en estado de fusión llamadas lavas, que en forma de corrientes más ó menos extensas se desparraman en diferentes direcciones, formando todo este cortejo de fenómenos el llamado vulcanismo. (Véase lámina 14.)

Formada la grieta que pone en comunicación la superficie terrestre con la profundidad, comienzan las erupciones gaseosas y la emisión de materiales sólidos; suben éstos á considerable altura hasta que la acción retardatriz de la gravedad los hace descender y van cayendo á mayor ó menor distancia del orificio de salida llamado cráter; el montón de detritus que se va paulatinamente acumulando alrededor del orificio va aumentando en volumen, mientras la erupción dura y constituye el llamado cono volcánico.

Conforme la erupción gaseosa se va desarrollando, la lava sube por el cráter arriba, y bien rebosa por éste y se desparrama por los flancos del cono, ó encontrando un punto de menor resistencia en los flancos del mismo por ahí rompe y se derrama en ardiente corriente por los flancos del volcán y los



LÁM. 14.—Erupción del Vesubio en 1872

campos vecinos; hasta que acabando el paroxismo la presión en el cráter falta, la corriente de lava cesa de correr y acaba por solidificarse.

Acabada la erupción queda el volcán como inerte, ó bien sigue con manifestaciones de menor cuantía durante un período más ó menos largo, hasta que acumulándose nuevo esfuerzo vuelve otra vez á la serie de manifestaciones ya descritas. Estos intervalos son en extremo variables, desde los del volcán Stromboli en el mar Tyrreno y el Sanga, en los An-

des, que con intervalos de minutos hace una manifestación explosiva hasta, por ejemplo, el Pico de Tenerife, cuyos intervalos de reposo hay que medirlos por centurias.

Las manifestaciones volcánicas no parecen ser patrimonio exclusivo de nuestro tiempo, sino que parecen haber tenido lugar en épocas remotas de la edad del mundo; pues muchas diabasas y pórfidos de la época primaria, vienen acompañados de fenómenos que sólo pueden explicarse como debidos á fenómenos volcánicos y explosivos, y aún más expresivamente se ve esto en los fenómenos volcánicos de la región de los Andes, anterior en gran parte á la época terciaria.

Sin embargo, desde este período es cuando las pruebas de su existencia quedan de una manera tan fehaciente y grandiosa, que no pueden dejar lugar á la duda.

Los volcanes no están repartidos al acaso por la superficie de la tierra, sino que tienden á alinearse en grandes alineamientos ó agruparse en grandes regiones definidas. (Véase lám. 15.) Uno de los grupos más importantes es el de los Andes. En toda la extensión de esta cordillera, desde el Cabo de Hornos al seno Mejicano, sobresalen quizás los volcanes más importantes de la tierra, algunos de los cuales alcanzan alturas de 6,000 á 7,000 metros.

Sigue á éstos la serie de volcanes mejicanos, y por las costas del Pacífico de la América del Norte, bien por volcanes ya apagados ó en actividad, se extiende la línea por las islas Aleutinas al Continente asiático. Desde aquí, por el Japón y las islas Filipinas, se extiende á las islas de las Indias Orientales y



por varias bocas, unas en actividad y otras inactivas, en la India, Persia, Asia Menor y las costas africanas, y la Arabia enlaza con la serie de volcanes del mar Egeo y de Italia.

Además de estas dos grandes series de volcanes que describen grandes círculos en la superficie del globo, existen otros grupos, tales como el muy importante de Islandia, el de Nueva Zelandia, el de las Azores é islas del Pacífico, y otros varios repartidos por diversas regiones del globo.

Para dar una idea general de los volcanes, vamos á parar brevemente la atención en algunos de los tipos de volcanes más conocidos y que abarcan las principales diferencias que distinguen á estos montes.

Ninguno ha sido no solamente más estudiado, pero que mayor interés haya inspirado, como el Vesubio. Esta montaña, situada en los alrededores de Nápoles, alcanza 1,000 metros sobre el mar, y en la época romana con anterioridad al 79 después de Cristo, formaba un volcán apagado en que casi se había perdido la tradición de cuando había estado en erupción. Hacia la fecha mencionada, cuando más descuidados estaban los habitantes de su base, hizo explosión, redujo á polvo parte de su antiguo cono y sepultó bajo sus escombros las dos ciudades de Herculano y Pompeya, y costó la vida á gran número de habitantes. Desde esta época hasta el siglo XIII estuvo esta montaña en erupción cada cien años próximamente.

Durante tres siglos queda el volcán inactivo, y en 1631 se produce otra erupción de extraordinaria violencia; siguen desde entonces éstas á no muy largos intervalos, y hacia la mitad del siglo XIX parece otra

vez el volcán como adormecido; pero desde 1872 vuelve la actividad, si bien á diferencia de las épocas anteriores, el volcán parece haber entrado en un período en que en vez de erupciones paroxismales está en una fase de actividad constante y relativamente tranquila. Del anterior resumen se deduce que, conforme el período de reposo ha sido mayor, así han sido la importancia de las erupciones que le han seguido, como la del año 79 y 1631 atestiguan. El Etna, montaña elevada á 3,200 metros en las costas orientales de la isla de Sicilia, ha sido, por el contrario, desde los tiempos más remotos una montaña cuyas erupciones han tenido lugar en períodos bastante regulares.

Otro volcán de la región italiana en extremo interesante es el Stromboli. Esta montaña, de 925 metros de altura, situada en el mar, á corta distancia de las costas de Calabria, posee cerca de su cumbre un cráter de 725 metros de diámetro, cuyo fondo se halla ocupado por hirviente lava que cada dos minutos sube unos seis metros, en el cráter se desprenden de ella enormes burbujas de gases que arrastran y proyectan afuera gran cantidad de escorias y de piedras para enseguida volver á bajar á su nivel primitivo.

Esta regularidad hace siglos que la montaña la posee, y sólo hacia fines del XIX se le ha visto adquirir un aumento de actividad. De los volcanes de América, la mayor parte parecen estar en períodos de inacción, pues las últimas erupciones de muchos de ellos datan de la época de la Conquista; sin embargo, las erupciones de algunos, como son el Coto-paxi y el Sangay, han sido formidables; el Sangay

es quizás el volcán de mayor actividad que se conoce, pues en tiempo normal se cuentan hasta 262 explosiones por hora.

El Consequina, en la América central, hizo explosión en 1835 y proyectó en el aire tal cantidad de escorias y piedras, que se calcula que arrojó una cantidad de materiales que pasaba de 50 kilómetros cúbicos, materiales que las corrientes atmosféricas desparramaron en una extensión de más de 4 millones de kilómetros cuadrados, quedando reducida la montaña de 2,000 metros á sólo 1,168 metros de altura, y quedando cubierto el país en 40 kilómetros á la redonda por un espesor de detritus de más de cinco metros. Explosión, si no tan considerable, digna también de mención, fué la de Krakatoa en época reciente, cuyo polvo en las altas regiones de la atmósfera tal interés produjo en los años de 1884 y 1885.

Una región volcánica de gran interés es la Islandia. Esta isla, situada cerca del círculo polar entre la América y Europa, tiene más de 100,000 kilómetros cuadrados y 470 metros de altura media sobre el mar, de donde resulta un volumen de 47,000 kilómetros, todo ello de rocas y detritus volcánicos, y aunque la mayor parte son de basaltos y de tobas de la época terciaria, todavía lo que corresponde á la época actual ocupa una cuarta parte de la total superficie de la isla. Sin hacer mención de las numerosas erupciones que han tenido lugar en las diferentes bocas volcánicas que se elevan en la isla, como es el Hecla, el Kaila Laki y otros, debo de mencionar la famosa erupción de lava de 1783 que, á través de una grieta de 20 kilómetros de largo, salió y

se desparramó por el país, cubriendo una superficie de 900 kilómetros cuadrados en un espesor de 30 metros, lo que da un volumen de lava salido de la profundidad, de 27 kilómetros cúbicos, que sin duda es la mayor emisión de rocas volcánicas durante el período histórico.

Réstame hablar del grupo volcánico de las islas Sandwich, en el Pacífico septentrional. Esta región volcánica es notable por la fluidez de sus lavas y por la ausencia casi absoluta de fenómenos de proyección. La isla de Hawai está exclusivamente formada por lavas. En ella existen varias cimas, entre ellas dos gemelas, Manua Kea y Manua Loa, ambas de más de 4,000 metros de altura. Durante la época actual, la actividad volcánica se divide entre la cumbre del Manua Loa y un cráter lateral llamado la caldera de Kilauea, que se abre á los 1,230 metros de altura.

La caldera de Kilauea forma una cavidad elíptica de cerca de cinco kilómetros de largo por trece de circuito. Sus paredes miden 150 metros, y en su fondo se abre otra depresión también de paredes verticales y en cuyo centro se encuentra un lago de lava que oscila en su nivel, lanza escorias á pequeña altura, sube, baja y desaparece para al poco tiempo reaparecer; el cráter oscila á lo mejor, se hunde parcialmente, y cuando se cree que el lago de lava ha desaparecido, vuelve otra vez á aparecer, mientras que el cráter de la cumbre de Manua Loa unas veces por la boca y otras por grietas en sus flancos, arroja cantidades de lava verdaderamente extraordinarias, sin mostrar ninguno de los caracteres explosivos que son el distintivo de los demás volcanes, siendo

éstos relativamente insignificantes, mientras que la fluidez de la lava es extraordinaria.

El volumen de la isla, formado exclusivamente por la lava, alcanza unos 11 mil kilómetros cúbicos, lo que serviría para cubrir á España de una capa de lava de más de 20 metros de espesor. Estas emisiones de lava en la actualidad nos pueden dar razón de esas ingentes masas de basaltos que en la América del Norte y otros sitios se observan y que hicieron erupción durante la época terciaria. Sin embargo ¿qué son estas masas de rocas volcánicas que tan colosales nos parecen cuando se las compara al volumen de la tierra? ¿qué son 1 millón de kilómetros cúbicos, aun suponiendo que los hubiera, que no los hay, en los 1.083,260 millones del volumen total de la tierra? ¿qué es la millonésima parte de una cosa con relación al todo?

Fijándose en el anterior relato, se desprende que en las erupciones volcánicas hay que considerar tres factores principales.

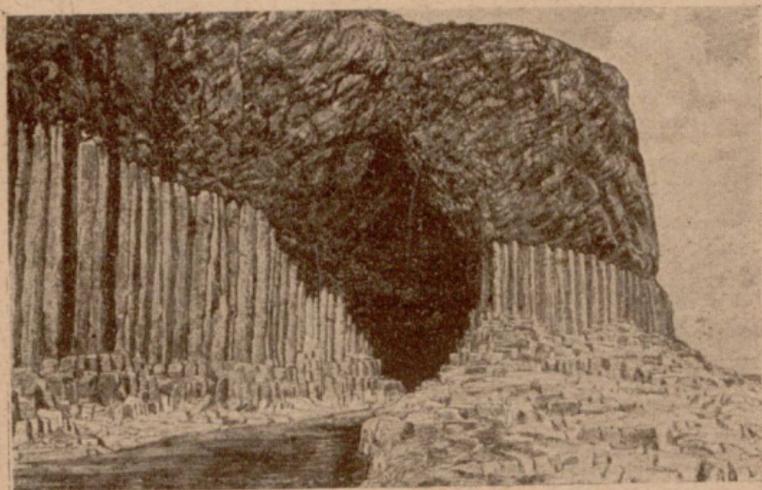
En primer lugar, las rocas en estado de fusión, ó sean las lavas.

En segundo, toda la serie de productos gaseosos que son, puede decirse, la causa eficiente de los fenómenos explosivos; y en tercero, la materia sólida que forma la chimenea volcánica y lugares adyacentes que, efecto de las explosiones, puede ser reducida á polvo y á fragmentos.

Al ocuparnos de las propiedades de las rocas, hemos visto las diversas clases de rocas volcánicas que ahora hemos englobado bajo el nombre general de lavas.

Ahora sólo indicaremos que estas rocas, según las

condiciones bajo las cuales el enfriamiento tenga lugar, adquirirán formas distintas, si, por ejemplo, el enfriamiento es relativamente lento en masas considerables y bajo presión resultara la forma compacta y en otros casos la columnar que da lugar á formaciones de gran belleza y tan conocidas como son la Gruta de Fingal en Staffa y los Organos de Espaly en



LÁM. 16.—Basalto.—Columnar en la Cueva de Fingal  
(Isla de Staffa )

Francia (véase lám. 16), y si por el contrario el enfriamiento se verifica á la simple presión atmosférica y la lava está cargada de productos gaseosos en disolución, entonces toma formas escoriáceas y aventadas sumamente características. (Véase lám. 17.) Excusado me parece decir que entre estos dos tipos se encontrarán representadas toda una serie de formas intermediarias.

De los productos gaseosos el que papel más importante desempeña es el agua; éste es, puede de-

cirse, el agente motor de todas las explosiones, y hay que considerarla en dos condiciones: una de ellas á alta temperatura, y que es la propiamente volcánica, y otra en que, como sucede á veces en el Cotopaxi, se acumula el agua de lluvia en el fondo del cráter, y en el momento del paroxismo se une á las materias terrosas y en forma de barros y fangos, á



LÁM. 17.— Manera de solidificarse la lava en la superficie ( Vesubio )

mayor ó menor temperatura, corre por los flancos del cono volcánico y asola las comarcas vecinas.

Cuando la erupción toca á su término, del cráter y de las grietas y conos advenedizos de los flancos del volcán y de las lavas siguen desprendiéndose vapores llamados fumarolas y que ya se desprenden en condiciones que permiten proceder á su estudio; estas fumarolas se dividen en dos clases, unas en que domina el vapor de agua y otros gases, entre ellos el hidrógeno libre, y otras secas; en las secas los pro-

ductos dominantes son el cloruro de sodio, el cloruro de hierro y el cloruro de amonio y el azufre; y conforme va la actividad volcánica decreciendo llegan estas fumarolas á pasar á la calidad de solfataras y mofetas en que por último sólo se desprenden gases estables á baja temperatura, como son el ácido carbónico y los hidrógenos carburados y sulfurados.

A estas últimas manifestaciones de la actividad volcánica hay que añadir algunos otros fenómenos, unos á lo menos en parte indudablemente unidos, y otros que quizás tengan escasa conexión con los fenómenos volcánicos. Me refiero á las aguas termales, los geysers y las salsas ó volcanes de fango.

Las aguas termales se encuentran repartidas por todos los ámbitos del globo, algunas en indudable conexión con fenómenos volcánicos, pero otras por completo separadas de ningún fenómeno de esta naturaleza, y, con efecto, basta considerar que si por la constitución del terreno se establece una grieta por donde las aguas desciendan lo suficiente en profundidad para llegar á un grado geotérmico suficiente, si por otra grieta se establece un sifón que llega á la superficie, podrá salir de la tierra con una temperatura considerable, sin conexión alguna con fenómeno volcánico.

Los geysers son aguas termales, pero que afectan la forma de chorros ascendentes y á temperatura superior á la ebullición del agua, y que bajo esas condiciones trae disueltas gran número de sustancias minerales. Estos manantiales se hallan siempre en parajes volcánicos, y los más notables son los de Islandia, los del Yellow-stone Park de la América del Norte y los de Nueva Zelandia.

En general el geyser está formado por un pequeño estanque redondo de agua pura y azulada, rodeado de un pequeño cono de materiales silíceos y calcáreos. Periódicamente este pequeño estanque lanza á la atmósfera una columna de agua y de vapor con formidable estallido para volverse á llenar el depósito y volverse á repetir la emisión en un período generalmente más ó menos regular. Mucho se ha discutido acerca de las causas de estas explosiones, pero la explicación que parece dar razón de todos los fenómenos es la siguiente: si se supone un orificio lleno de agua, por ejemplo, cuya temperatura va creciendo con la profundidad, resultará el siguiente caso: el agua es sabido que entra en ebullición á diferente temperatura, según á la presión á que se halle.

Tyndall observó las temperaturas en el gran geyser de Islandia y vió que en una profundidad de 22'50 metros la temperatura crecía desde 85'5 á los 3 metros de la superficie á 126 en el fondo. A los 3 metros la temperatura de la ebullición es de 107 y á los 11 metros de 121, y como á los 15 metros la temperatura del agua era de 121'8, resulta que es suficiente el que en ese lugar la columna de agua sea elevada ó tenga un movimiento ascendente de sólo 2 metros para que el agua á los 121'8 llegue á un paraje en que la temperatura de la ebullición sea de sólo 121, y entonces instantáneamente se reducirá al estado de vapor y arrastrará consigo á la columna de agua superior y producirá el fenómeno que acabamos de describir.

Las salsas ó macalubas es otro fenómeno de apariencia volcánica y que, sin embargo, en numerosos

casos puede no tener conexión alguna con estos fenómenos.

Son estos los llamados volcanes de fango, caracterizados por un cono generalmente pequeño, de finísimo barro, y en la parte central, á guisa de cráter, un charquito de agua salobre á la temperatura generalmente normal y de donde se desprenden numerosas burbujas gaseosas, en general de ácido carbónico, de hidrógeno sulfurado y de hidrocarburos.

Estos llamados volcanes tienen lugar en terrenos de diversa índole y siempre donde pueda establecerse una acción química entre los elementos en presencia.

Por ejemplo, en la región andaluza de las provincias de Sevilla y Cádiz, son frecuentes estas manifestaciones, y, sin embargo, no existe fenómeno realmente volcánico en todas las cercanías con que pueda relacionarse.

En los terrenos en que estos volcanes se manifiestan, lo que existe sí es grandes depósito de yeso, de cloruro de sodio, como los numerosos manantiales atestiguan, y abundantes restos vegetales encerrados entre los yesos y arcillas. En estas condiciones no es de extrañar que las aguas disuelvan el sulfato de cal, y éste, en presencia de la substancia orgánica, se descomponga y dé lugar á la generación, tanto del ácido carbónico como del hidrógeno sulfurado, y estos gases, al llegar á la presión atmosférica, se desprenden de las aguas que los contienen y arrastran los barros que van amontonando en los orificios de salida y dan lugar á la formación del cono.

**Temblores de tierra ó seismología.** — Un fenómeno relacionado en parte con las erupciones volcá-

nicas y que en aquellas regiones en donde mayor desarrollo adquieren estos fenómenos es donde se desarrollan con mayor frecuencia y en donde adquieren caracteres más formidables, son los temblores de tierra ó terremotos.

El terremoto es un fenómeno del que se observa en la tierra toda una serie: desde el movimiento microseísmico que necesita los aparatos más delicados y perfectos para poder apreciarlo, hasta el famoso terremoto de Riobamba en la América del Sur que, según cuentan, lanzó los cadáveres de las sepulturas á cien metros de altura, existen todos los géneros que pueden imaginarse.

Un temblor de tierra es el tránsito por la superficie terrestre de una onda ó serie de ondas más ó menos completas, según sean de compresión ó de distorsión en cualquiera dirección, desde la vertical hacia arriba á la horizontal ó en cualquier azimut y que viene á través de la corteza terrestre desde una profundidad que puede ser variable.

La distancia de la superficie en que el foco oscilante se encuentra, ha sido objeto de numerosas investigaciones, unas sencillamente por el cálculo y otras por experiencias de un alto interés. De estos estudios se desprende que esta profundidad es relativamente pequeña.

En gran número de temblores, la profundidad del foco vibrante no pasa de 20 á 30 kilómetros, y sólo en algunos casos raros se ha llegado á profundidades de 50 á 60 kilómetros. En cambio, el terremoto de Ischia y el de la Calabria en 1857, no parecen haber tenido sus centros á mayor profundidad de 11 kilómetros.

El sitio de la superficie que está sobre el centro se llama el epicentro y es naturalmente en donde las vibraciones son de mayor intensidad. Desde ese punto el valor de éstas disminuye, unas veces en círculos concéntricos, pero otras veces — y según las formas internas del terreno — en elipses más ó menos regulares. El temblor de tierra de 28 de Octubre de 1891 en el Japón, que costó la vida á 7,000 personas y lastimó á 100,000, destruyendo tres ciudades populosas en el espacio de un minuto, abarcó una extensión considerable de 153,900 kilómetros, de los cuales correspondieron á la región epicéntrica 41,500 kilómetros cuadrados, habiéndose sentido hacia el SO. del epicentro á 800 kilómetros de distancia y solamente á 500 en la región opuesta, ó sea hacia el NE. La extensión que estos movimientos ocupan es en extremo variable, pues desde el que es sensible en sólo una región relativamente pequeña hasta el que abarca una extensión tan enorme como el famoso de Lisboa, en 1755, que se sintió en casi toda la Europa occidental y aun en parte de América, los hay de todas las dimensiones.

La clase de movimiento vibratorio tiene también una gran influencia en los efectos producidos, pues la onda vertical del epicentro á la casi horizontal, á cierta distancia los efectos tienen que variar. Además, por los efectos producidos en algunos edificios y monumentos, resulta que en algunos casos raros se producen movimientos de torsión. La velocidad de las ondas séismicas es variable y varía según la calidad de los terrenos por donde atraviesa. Los números obtenidos varían bastante, pues limitándonos á aquellas regiones en que el movimiento de los relojes

debe de considerarse más próximo á la verdad, resulta que mientras en el temblor de la Alemania del Norte de 1848 se obtuvieron velocidades de 600 á 800 metros por segundo, en el reciente de Charleston, en los Estados Unidos, de 31 de Agosto de 1886, se obtuvieron valores de más de 5,000 metros por segundo, en un movimiento séismico que alcanzó 1,600 kilómetros de radio y cuya profundidad se calcula en 29 kilómetros. Las ondas séismicas, cuando atraviesan el mar en grandes extensiones, producen efectos muy notables. En esos casos se produce una onda de traslación que, sin elevar el agua de una manera apreciable, ocasiona á los barcos que la encuentran, sacudidas muy sensibles, y al llegar á la vecindad de las costas se producen esos efectos desastrosos de todos conocidos.

Generalmente, el mar comienza por retirarse de la costa, dejando á veces en seco los puertos y bahías, retirada que dura desde algunos minutos á media hora ó más. La vuelta del mar se verifica en forma de una onda de 10, 20 y 30 metros de altura, que precipitándose sobre la orilla, todo lo avasalla y se lo lleva por delante. En la memoria de todo el mundo está la inmensa ola que acompañó la erupción de Krakatoa, y que en la isla de Java causó la muerte de 40,000 personas.

En tierra, las ondas séismicas producen efectos muy curiosos; fórmanse en el terreno grietas y fracturas en extremo notables, y á veces se traducen en la superficie por verdaderos cambios de nivel en lugares vecinos. Tal sucedió en el terremoto de Agram en 1880, que al volverse á hacer los trabajos geodésicos algún tiempo después, se vió que existían

diferencias de más de dos metros y medio entre lugares muy próximos entre sí.

En los recientes terremotos de 1898 y 99 en Grecia y de 1896 en el Japón, se han notado también movimientos en extremo curiosos. En Grecia, no sólo se formaron grietas cuyos bordes han quedado á distintos niveles, sino que una carretera no sólo al ser atravesada por una rotura quedó una parte más baja que la otra, sino que el terreno se había movido lateralmente y uno de los trozos no estaba en la prolongación del otro.

En el temblor de tierra que tuvo lugar en el Japón se formaron dos grietas próximamente paralelas á ambos lados de una cordillera llamada Mahiru, y en estas grietas que tenían la una más de 15 kilómetros de longitud y la otra más de 20 kilómetros que la parte de terreno exterior á la montaña, había por ambos lados descendido hasta más de dos y tres metros, quedando la montaña más elevada con relación al llano en esa cantidad.

Como más adelante se verá, claro es que estos movimientos permanentes en la vertical no creo deban considerarse como resultado simplemente del movimiento vibratorio, sino que son más bien una coincidencia y obedecen á movimientos de descenso en la profundidad que acompañaron y produjeron el movimiento séismico y que en la superficie se traducen por estas dislocaciones permanentes.

Los efectos que las vibraciones séismicas producen en la superficie terrestre son en extremo variadas. Unas veces por los efectos directos de la misma vibración y otras como consecuencia del hundimiento de cavidades y cavernas interiores y cuyo

equilibrio la vibración rompe, pueden dar lugar á fenómenos verdaderamente sorprendentes. En el siglo XIV se sabe que el pueblo de Olot' en Cataluña, desapareció víctima de un terremoto, y con posterioridad se ha visto que, con efecto, el pueblo se hundió y que los techos de las antiguas habitaciones se hallan al nivel del suelo del pueblo actual. Algo análogo á esto debió de suceder en el famoso terremoto de Lisboa, de que ya he hecho mención.

Inmenso gentío se refugió en el muelle á orillas del Tajo, huyendo de los edificios que se desplomaban, y de repente el suelo faltó y toda la muchedumbre allí refugiada desapareció.

De los efectos de las vibraciones verticales en la región del epicentro, ya he hablado y hecho mención de los cadáveres de Riobamba que fueron lanzados del otro lado del río sobre una colina de más de 100 metros de altura.

En Chile, en el Fuerte San Carlos, un mástil metido diez metros en tierra y sujeto por zunchos de hierro, fué arrancado de cuajo y lanzado al aire.

La duración de los temblores es generalmente corta; unos cuantos segundos bastan para destruir un pueblo, pero con frecuencia sucede que se repiten á cortos intervalos, y lo que no destruyó el primero, el segundo ó el tercero se encargan de rematar.

Otras veces sucede que iniciado un gran temblor de tierra, queda aquella región por un espacio de tiempo más ó menos largo sujeta á la repetición del fenómeno, como sucedió en los temblores de Andalucía de Diciembre de 1884, que por más de un año quedó esa región sujeta á movimientos sísmicos de importancia, cual si el equilibrio en la profundidad

hubiera tardado un tiempo considerable en restablecerse.

Las regiones sujetas á temblores de tierra son en primer término las volcánicas, tales como la región de los Andes, el Japón y la región italiana, y en segundo aquellas comarcas dislocadas que en el siguiente capítulo estudiaremos, como son la región de los Alpes, los Pirineos y nuestra región meridional ó andaluza. En esa región parecen existir tres focos independientes en las tres depresiones que separan los diversos trozos de la cadena litoral de Andalucía, como es la región Murciana, la región de Almería y la región comprendida entre la Sierra Nevada y la Serranía de Ronda, que con frecuencia vibran con cierta independencia unos temblores de otros. Es decir, que suele vibrar la región murciana sin que se afecte la de Almería, ó ésta sin que participe la región malagueña.

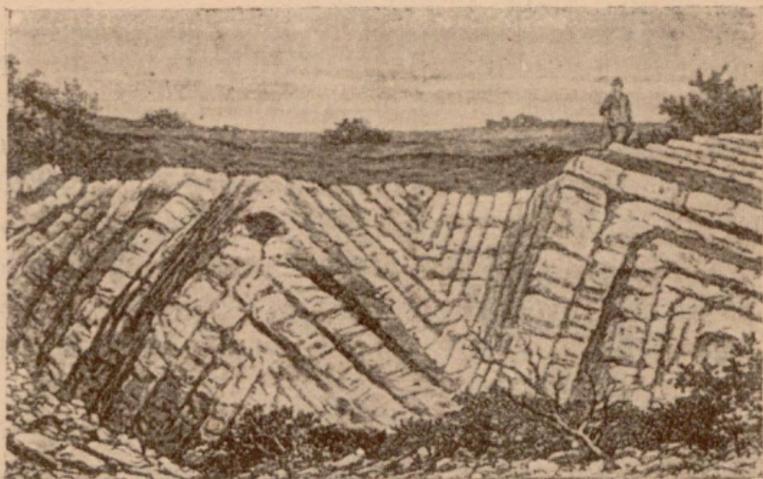
De la actividad interna del planeta; formación de montañas ú orogenia. — Al ocuparme del grupo de rocas detríticas que dije forma el gran grupo sedimentario, indiqué que arrastrados los diversos elementos por los ríos y arroyos, iban á parar al mar y allí acaban, según las condiciones de éste y su naturaleza propia, por depositarse y que naturalmente tomaban la posición horizontal y cuando cambiaba la naturaleza del sedimento, formaban lechos de distinta naturaleza que se llaman estratos.

Con efecto, la mayor parte de la superficie de la tierra está formada por rocas estratificadas.

Pero lo primero que llama la atención del geólogo, es que mientras en unos parajes de la tierra estos lechos conservan su posición primitiva ó se hallan

sólo ligeramente desviadas de la horizontal, en otros, por el contrario, se hallan éstos, no sólo desviados de la horizontal, sino levantados y torcidos de una manera extraordinaria, fenómeno que se acentúa, como regla general, mientras más antiguos los depósitos son.

Estudiando ciertos parajes, observamos no sólo

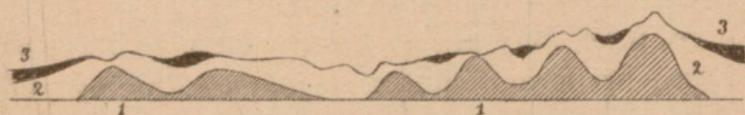


LAM. 18.—Ejemplo de plegamiento en los estratos

que los lechos se hallan levantados, sino plegados (véase lám. 18) sobre sí mismos; unas veces en pliegues de pequeño radio y otras de una amplitud extraordinaria; mientras que otras veces estos pliegues se hallan tumbados los unos sobre los otros y superpuestos y rotos en toda serie de contorsiones. Se observa además que lechos que indudablemente han sido depositados en el fondo del mar ocupan grandes alturas en la superficie terrestre, unas veces haciendo todo género de contorsiones, y otras sin haber perdido su horizontalidad primitiva.

En los adjuntos cortes (láms. 19 y 20) puede adquirirse una idea de las formas que estos pliegues afectan.

Otras veces se ven los estratos de los diversos terrenos como rajados por extensiones enormes, ob-



LÁM. 19. — Corte de las montañas del Jura desde el lago de Ginebra á Chaux de Dambief, según Choffat.  
1 Triásico.—2 Jurásico y cretáceo.—3 Terciario.

servándose que mientras una parte ha permanecido inmóvil con relación al fragmento vecino, la otra ha descendido en la vertical por mayor ó menor distancia, y la continuidad de los estratos ha quedado interrumpida.

Estos movimientos que en numerosos casos son



LAM. 20.—Doble pliegue tumbados en sentido inverso.  
Ejemplo de pliegamiento en los Alpes, según Heim

relativamente pequeños y puede seguirse el recorrido de los dos segmentos, en otros es éste tan considerable que hay sólo que deducirlo, pues el recorrido puede llegar á centenares de metros. Estos fenómenos de hundimiento son los que en geología tienen el nombre de fallas; y es de notar, no porque se excluyan, sino por la mayor frecuencia con que

este género de dislocaciones se observan en aquellos parajes cuyos estratos han permanecido en la horizontal desde remoto tiempo, ó bien en aquellos que aunque plegados los antiguos sedimentos, los recientes conservan su horizontalidad primitiva, aunque se encuentren á considerable altura.

Se ve, pues, que la corteza terrestre se halla como fendida y arrugada, cual si su espacio superficial se hubiera ido gradualmente haciéndose menor. Mucho se ha discutido acerca de estos fenómenos entre los geólogos; numerosas explicaciones se han dado que el tiempo ha ido encontrando deficientes, pero como en todos los problemas del Universo, se va llegando á soluciones que se van aproximando más y más á la verdad.

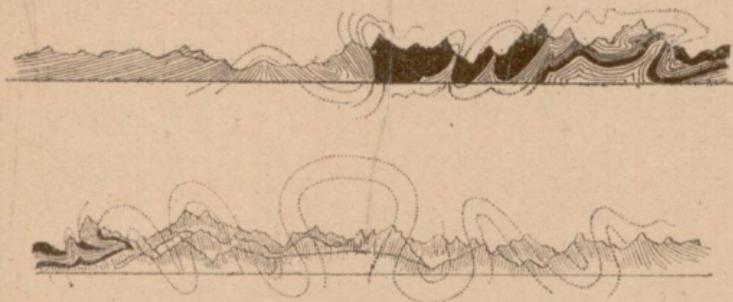
En los lugares donde estas dislocaciones se encuentran más pronunciadas, es naturalmente en las regiones montañosas, tanto por haberse exagerado allí las fuerzas de compresión, como por la mayor facilidad que sus desniveles prestan para hacer estos fenómenos visibles.

En general, lo que caracteriza una zona montañosa es el enorme espesor de los terrenos sedimentarios que la forman. Estos depósitos presentan generalmente la propiedad de ir perdiendo en espesor conforme nos vamos alejando de la zona montañosa, es decir, que cortados transversalmente afectan la forma lenticular. Al mismo tiempo se ve, por la calidad de estos depósitos, que su sedimentación se ha hecho en mares relativamente de poco fondo.

Esto sólo puede tener lugar cuando un terreno experimenta debajo del nivel del mar un hundimiento lento que permita que los depósitos se vayan lenta-

mente acumulando sin que el fondo del mar aumente ni disminuya, pues lo que gana por un lado lo pierde por otro por el relleno, pudiendo quedar el fondo siempre al mismo nivel; así resultan, por ejemplo, en las Montañas Appalachians de los Estados Unidos, acumulaciones de depósitos de más de 12,000 metros de espesor.

Este fenómeno, precursor de todas las grandes

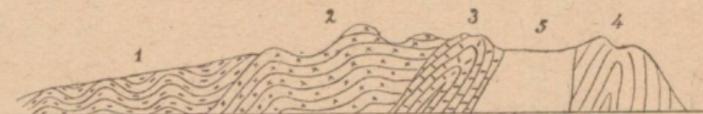


LÁM. 21.—Corte general de los Alpes

cordilleras, se ha manifestado siempre como el preludio de la zona montañosa que va á levantarse.

Estas zonas de hundimiento, generalmente de formas alargadas, ocupan siempre posiciones más ó menos próximas é intermedias, por un lado á aquellos espacios de estratos horizontales ó plegados en tiempos muy remotos que forman los llanos continentales y por otro á las grandes depresiones de los mares, como puede en cierta manera comprobarse recordando la distribución de cordilleras con relación á los mares que hemos citado en el comienzo de este capítulo. Dura este proceso un tiempo indeterminado; alcanza el hundimiento un límite, y entonces, ó bien cesa en totalidad ó sigue, pero la primitiva zona de hundimiento comienza á

comprimirse, y los terrenos que se habían depositado en la horizontal comienzan á sentir los efectos de la compresión y á plegarse para ocupar menor espacio; sigue este proceso durante algún tiempo; aquellos terrenos que están más cerca acaban por salir fuera del mar, y aquí ya comienza, como veremos en el capítulo siguiente, la atmósfera y el mismo mar su trabajo de escultura, y al cabo de algún tiempo, quizás de larga duración, la lucha de las fuerzas internas y de las externas que tienden á obli-



LAM. 22.— Corte desde el Guadalquivir al Mediterráneo á través de la serranía de Ronda.—1 Terciario.—2 Secundario.—3 Paleozoico.—4 Arcaico.  
5 Eruptivo

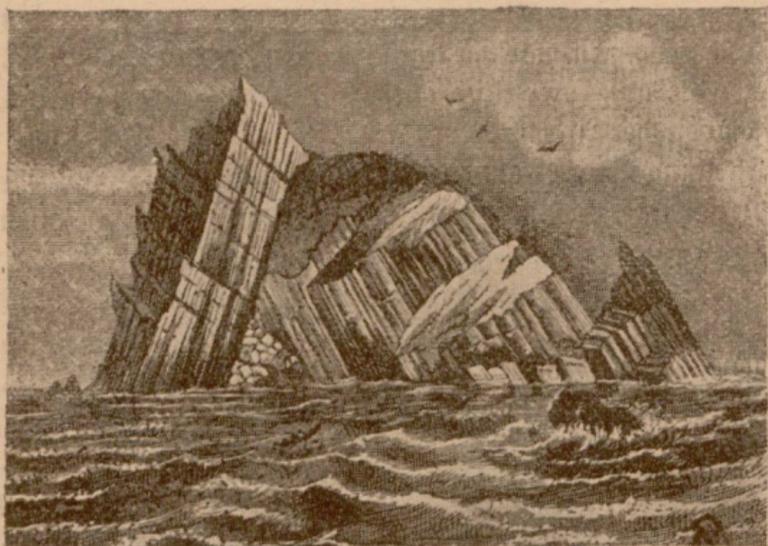
terar la obra llegan á constituir una inmensa cordillera del espacio que los geólogos distinguen con el nombre de una geosynclinal.

Si la compresión no ha sido de muy grande intensidad, resultan cordilleras de la clase del Jura francés y suizo, y de las sierras del valle del Guadalquivir en Andalucía; de cuya estructura los adjuntos cortes pueden dar una idea. (Véase láms. 19 y 22.)

Estos tipos de montañas son, puede decirse, relativamente frecuentes, y por su sencillez se distinguen de aquellos que, como los Alpes, son expresión de la complejidad más exagerada.

En estas montañas, como regla general, las cosas no han pasado con la sencillez que hemos supuesto, sino que son, puede decirse, el cruce de dos ó más

geosynclinales de épocas distintas, lo que da lugar á los fenómenos que se llaman discordancia de estratificación, ó sea á la deposición de un sedimento sobre otro ya previamente dislocado. (Véase lám. 23.) Estos cruces dan lugar á una complicación extraordinaria, y sobre todo cuando los fenómenos de com-



LÁM. 23.—Ejemplo de discordancia de estratificación entre el devoniano y el siluriano.—(Sybil Heat Inglaterra)

presión se exageran, como sucede en la cordillera alpina, se llega á complicaciones casi indescifrables; en esos casos la inyección de rocas eruptivas viene á dar aún mayor complicación á la ya compleja estructura. (Véase lám. 21.)

En todas las grandes cordilleras, como son los Alpes, el Pirineo y el Himalaya en la parte central, afloran á la superficie naturalmente los terrenos más profundos, y en esos casos salen á luz las rocas más

profundamente situadas que conocemos de la costra exterior del globo; y como estas rocas por haber sido ya comprimidas en edades anteriores, han formado parte de geosynclinales anteriores, resultan formas de estructura de una complicación extraordinaria, de la que el adjunto corte puede dar una idea.

Como regla general puede decirse que en estas grandes cordilleras resulta que el lado que mira á la depresión, bien oceánica ó mediterránea, es mucho más abrupto y áspero que el que se apoya contra el llano continental.

Por ejemplo, en los Alpes, mientras los diversos terrenos se desarrollan en complicadísimos pliegues hacia los llanos y los antiguos restos montañosos de Francia y Alemania hacia los llanos de Lombardía y el Véneto, la cordillera verdaderamente se desploma y las rocas más profundamente situadas desaparecen en estos llanos bajo depósitos recientes.

Análogo fenómeno se observa en gran número de cadenas de montañas, y, sin ir más lejos, en nuestra Sierra Nevada, y sobre todo en la Serranía de Ronda, tenemos ejemplos de ese fenómeno.

Cuando se va desde el fondo del valle del Guadalquivir hacia estas cumbres, llama la atención del geólogo el ver la serie de pliegues que los terrenos, desde los más recientes á los más antiguos, describen y cómo en la vertiente mediterránea las rocas más profundamente situadas se despeñan hacia el mar y en aquella vertiente los terrenos modernos quedan con escasa representación, como si el equivalente de depósitos de la vertiente opuesta hubiera desaparecido y estuvieran hoy día sepultados bajo el nivel del mar.

Pero donde esto llega, puede decirse, á un máximo de exageración es en la Península Italiana. Conocido es de todo el mundo que la Italia está atravesada en toda su longitud por una extensa cadena de montañas llamada el Apenino. Del estudio de estas montañas se deduce que esta cordillera está sólo formada á semejanza de nuestras montañas del valle del Guadalquivir por los terrenos más recientes, y que las rocas antiguas que corresponden á nuestras cumbres de Sierra Nevada y la Serranía de Ronda se hallan sólo en la costa y en las islas que afloran en el mar Tyrreno, y sólo en el extremo de Calabria y de la isla de Sicilia puede reconstituirse la antigua cordillera, cual si sólo el Apenino quedara en pie de esa inmensa ruina que constituye la Península Italiana. Otro género de hundimiento que caracteriza á las cordilleras, es la de su parte central; dislocación que es propia generalmente de cordilleras antiguas.

En esta clase de dislocaciones las rocas centrales de la cordillera parecen jugar el papel de bóveda á que le faltara la clave. El ejemplo mejor estudiado de esta clase de dislocaciones se encuentra en los Vosgos y la Selva Negra en Alemania; ambas montañas formadas por las idénticas rocas, mientras su parte central constituída por rocas profundas ocupan el llano y por él corre el valle del Rhin en la actualidad que constituye una de las curiosidades topográficas más interesantes de la Europa actual. Otro género de dislocación de que ya tuve ocasión de hablar son las llamadas fallas.

Claro es que en estos hundimientos, esta es la dislocación predominante, quedando una parte del terreno relativamente como inmóvil, mientras la otra,

por una serie de movimientos escalonados, va descendiendo de nivel hasta llegar al grado de equilibrio que le corresponda.

En otros casos estos movimientos pueden originarse durante el período de compresión máxima, y entonces dan por resultado fenómenos de verdadero escurrimiento; tales son las superposiciones que se efectúan de rocas más profundamente situadas sobre otras más recientes. Esto parece ser el resultado de roturas más ó menos oblicuas con el horizonte, siendo parte del terreno lateralmente empujado sobre el que tiene al lado. De todos los ejemplos de este género de dislocación que han sido estudiados, ninguno se presenta de una manera más clara y terminante, como las superposiciones de las rocas gnéissicas de Escocia sobre rocas de edad evidentemente más reciente. La traducción literal de la palabra empleada en inglés para expresar este género de dislocación (*thrust plane*), es plano de empuje. Otra serie de manifestaciones que aún vienen á complicar más este tan complicado fenómeno de la formación de las montañas, son las volcánicas. Por ejemplo, en los Andes, además de los efectos debidos á la compresión, vienen á complicar más su estructura numerosas manifestaciones volcánicas, algunas, como se ha visto, de colosal importancia. Idéntico fenómeno se observa en las montañas del Cáucaso y en las del norte de Persia que bordean la costa meridional del mar Caspio y en numerosos otros sitios; sin hablar de la Península Italiana, en cuya zona de hundimiento hemos visto levantarse los volcanes que hemos descrito.

Réstame ahora hablar de la estructura que es propia de las masas continentales.

Fijando la atención primeramente en la región de la América del Norte, vemos que el espacio comprendido entre el Océano Atlántico y el Pacífico se halla ocupado por dos cadenas montañosas, una que mira al Atlántico y otra que lo hace al Pacífico. Las que miran al Atlántico son las montañas llamadas Apalachians, que se extienden todo á lo largo de la costa del Atlántico. Las que lo hacen al Pacífico, que son continuación de los Andes, se distinguen con los nombres de Sierra Nevada y de Montañas Rocosas, cordillera que tiene una anchura considerable. Entre ambas se encuentra la extensa zona de terrenos relativamente llanos, cuyos estratos se hallan casi horizontales y á veces levantados á considerable altura sobre el nivel del mar, pero entonces profundamente socavados por las aguas. En toda esta zona los terrenos antiguos que forman el substrátum sobre que se han depositado los más recientes, se hallan plegados y comprimidos en todo género de pliegues, pero los que se encuentran superpuestos, por el contrario, se hallan casi horizontales. Tanto en la zona del llano como en la de las montañas, se observa un género de dislocación muy interesante y que se extiende con frecuencia á la región del llano; y que parece en cierta manera patrimonio de aquellas regiones de la tierra en que ya los plegamientos que vemos predominantes en la generalidad de las cordilleras no pueden tener lugar, probablemente por la rigidez del subsuelo ya previamente plegado, y entonces los movimientos en la vertical más ó menos inclinados al horizonte se hacen predominantes.

Entonces, en los terrenos más superficiales se manifiesta una curvatura más ó menos pronunciada,

más inclinada de un lado que de otro y que se conoce con el nombre de pliegue monoclinial, que en último término se manifiesta como una falla de las que puede haber un número de ellas más ó menos paralelas é inclinadas todas, por lo general, hacia un punto determinado del horizonte. En este caso, los diferen-



LÁM. 24.—Pliegue monoclinial en el terreno cretáceo de Sepúlveda —(Provincia de Segovia)

tes segmentos forman una serie de eslabones sumamente curiosos.

Esta estructura es también común en nuestra meseta central española, y aunque no con la claridad que se presenta en el continente americano, se la descubre por ejemplo en muchos de los detalles de la Cordillera Carpetana, y el croquis adjunto (lám. 24) tomado en las cercanías de Sepúlveda, en la provincia de Segovia, da idea de uno de estos plie-

gues monoclinales tan frecuentes en ciertas mesetas.

En otros llanos continentales, como son la planicie de Rusia y ciertas regiones de Siberia, todos los terrenos se hallan en la horizontal y al mismo tiempo se encuentran á poca altura relativamente sobre el nivel del mar; siendo al parecer las dislocaciones que surcan esas regiones verdaderamente insignificantes.

De lo expuesto se deduce que las montañas que surcan y adornan con sus hermosos paisajes la superficie terrestre, pueden agruparse en cinco grandes grupos, de los que no creo sea necesario insistir se han de presentar con frecuencia mezclados entre sí. Al primer tipo pertenecen las montañas volcánicas; á este tipo lo caracteriza el hecho de ser una montaña sola y no tener conexión aparente con el terreno que la rodea.

En otro grupo hay que considerar todas las montañas que son el resultado del plegamiento de un verdadero geosinclinal, en las cuales hay que distinguir aquellas en que las rocas que la forman no han experimentado compresiones exageradas y son el resultado de un solo geosinclinal; y aquellas que han experimentado compresiones extraordinarias y en las cuales se ven trazas de dos ó más geosinclinales.

En el tercero entran las montañas con las dislocaciones por falla; que son, puede decirse, patrimonio de las mesetas y llanos continentales, pero que se extienden también en ciertos casos á las montañas por plegamiento.

En el cuarto grupo pueden comprenderse todas aquellas montañas que deben su relieve á la intrusión

de rocas eruptivas, pero que no han roto á la superficie, como sucede en las montañas volcánicas, sino que han formado grandes masas dentro de la roca exterior y que sólo con el tiempo la erosión ha puesto al descubierto.

A este tipo de montañas, cuando la erupción no sale á la superficie sino que queda en cierta manera oculta en el interior de la montaña, los geólogos americanos han dado el nombre de localitos.

Muchas de las montañas centrales de nuestra Pe-



LÁM. 25.—Erosiones en estratos horizontales elevados á gran altura en la región del Colorado. (América del Norte.)

nínsula, como son las sierras de Gredos y Guadarrama, pertenecen en cierta manera á montañas de intrusión.

El último tipo parece que es debido á terrenos que están horizontales ó poco desviados de esta dirección y que se hallan sin embargo á considerable altura sobre el mar y en donde las erosiones producen mon-

tañas de un carácter muy especial, y cuyo tipo más perfecto son los famosos Cañones de la región del Colorado en la América del Norte y en el Africa meridional. (Véase lám. 25.)

Otra serie de hechos de un gran interés y que se hallan ligados á la generación de montañas, son los fenómenos que se distinguen con el nombre de dinamismo metamorfismo.

Consisten estos fenómenos en que rocas que á una cierta distancia se hallan en lo que puede llamarse su estado normal, es decir, que forman arcillas, pizarras ó calizas en aquellos sitios que han sufrido grandes compresiones se alteran y á veces de una manera en extremo profunda hasta el punto de perder la roca sus caracteres primitivos y poderse confundir, no con rocas detríticas, sino con algunos de los materiales de la serie estrato-cristalina.

Este fenómeno que en algunos sitios es general y abarca enormes extensiones, en otros es relativamente local, y en esos casos se halla en relación con los fenómenos que acompañan á la erupción, tanto de rocas cristalinas antiguas como de rocas modernas.

Por ejemplo, en las pizarras arcillosas no sólo se hacen más laminares, sino que se generan diversos minerales, tales como la mica, la clorita, el granate, la chiastolita y otros.

En las calizas se hace la roca cristalina y también se generan en su masa diversos minerales, cual si la energía que no se gastara en la compresión se hubiera empleado en avivar afinidades dormidas y volvieran otra vez á generarse materiales que recuerdan á rocas formadas en períodos anteriores de la vida del planeta.

Estos fenómenos de metamorfismo tienen á veces una gran importancia y prestan un carácter muy especial á ciertas comarcas montañosas.

En dependencia íntima también con las grandes dislocaciones de la corteza, existe el fenómeno de los filones metalíferos.

Son estos sencillamente grietas que se han formado en la corteza y por la cual, bien por disolución en aguas ó por otros medios, se han ido paulatinamente relleno de diversas sustancias, unas útiles, que son generalmente los metales, y otros diversos minerales, tales como los carbonatos de cal, sulfato de barita y otras sustancias que se conocen con el nombre de gangas. Estos filones metalíferos que así se llaman, alcanzan á veces una gran profundidad, y todo parece indicar que proceden de emanaciones metalíferas procedentes de considerables profundidades.

Otras veces los depósitos metalíferos ocupan posiciones de contacto con ciertas rocas eruptivas y algunas veces parecen ser debidas á la alteración de éstas y concentración á ciertas distancias de ciertos minerales ó metales que en ellas se encontraban diseminados.

Hecho este ligero resumen de los caracteres que distinguen las principales modalidades de la corteza terrestre, que son las montañas, los llanos y mesetas continentales y las grandes depresiones del mar, vamos á parar brevemente la atención sobre aquellos datos que nos puedan dar alguna luz sobre la razón de ser de estas diferencias y qué relación guardan entre sí.

En el capítulo primero hemos echado una ojeada

sobre la relación que nuestra tierra tiene con el resto del universo de que forma parte, y hemos visto que todo conduce lógicamente á la deducción que el globo terrestre ha pasado por una fase estelar.

También hemos visto que conforme descendemos en la vertical en la corteza terrestre, la temperatura aumenta á razón de un grado por cada 30 metros; razón que nos llevaría á temperaturas verdaderamente inverosímiles si este aumento fuera constante; pero considérese como se considere el asunto, el hecho positivo es que la temperatura aumenta hasta un límite que nos es desconocido.

De estas premisas y de las manifestaciones volcánicas y eruptivas, la mayoría de los geólogos han deducido que el globo que habitamos se halla constituido por un globo en estado de fusión y envuelto por una corteza de muy escaso espesor.

Esta teoría, que daba razón de muchos hechos, durante un largo período prevaleció por completo en la opinión de la mayoría de los geólogos.

Sin embargo, esta sencilla teoría presenta obstáculos invencibles; sometido el problema al cálculo, se ha visto que la estabilidad de un globo en esas condiciones sometido á las fuerzas atractivas del sol y de la luna, es perfectamente imposible y que, por lo tanto, las condiciones del globo tienen que ser tales que si no se halla en estado de completa solidez hasta el centro, su corteza tiene que tener un espesor tan considerable que para dar razón de los fenómenos de que tratamos, sería equivalente á si fuera perfectamente sólido el globo que habitamos.

Claro está que esto deja intacta la cuestión de temperatura, la cual todo lleva á considerar como de

elevación considerable, y esto da razón más que suficiente para explicar todos los fenómenos que en la tierra observamos; prescindiendo pues del estado interno del globo que habitamos, pero ateniéndonos sí á los rumbos que el análisis matemático indica, vamos á estudiar las condiciones en que los accidentes del globo se generan como consecuencia de las actividades internas del planeta.

Si el globo que habitamos ha estado y está á alta temperatura, claro es que si la conductibilidad de los materiales que forman la corteza no es cero, el globo en el espacio tiene que perder calor, y si esto es así el diámetro tiene necesariamente que disminuir. Sir W. Thompson ha sometido el fenómeno al cálculo, y según las leyes del enfriamiento de los cuerpos sólidos que se enfrían desde la superficie, deduce que éste no debe de haber avanzado más allá de los 300 kilómetros con dirección al centro; y que desde allí la temperatura debe de permanecer constante, ó sea estar á la temperatura inicial.

Esto lleva consigo el que la corteza terrestre se divida en tres zonas, una que pierde calor y se contrae, que es la más inmediata al núcleo caliente, y otra que permanece á temperatura relativamente constante y que no se contrae, pero que tiene que adaptarse por su propia gravedad sobre la parte interna que sufre la contracción; entre ambos tiene que existir una zona en que la tensión sea nula.

Cuál es el módulo de esta contracción es difícil de deducir. Heim, tomando la región alpina por tipo y calculando que la zona ha perdido 120 kilómetros de anchura por la compresión y suponiendo que el conjunto de montañas situadas en el meridiano me-

dio de los Alpes representen, por ejemplo, dos veces el valor de estos últimos, deduce que la pérdida total de la superficie sería de 0'009, lo que disminuiría el radio terrestre en 57 kilómetros.

Sea este guarismo exagerado ó no lo sea, el hecho es que el diámetro terrestre parece haber disminuído desde los comienzos de la vida terrestre de una cantidad apreciable.

Cuando observamos los materiales constituyentes de la corteza terrestre en su parte más superficial, vemos que la densidad no digamos de las rocas estratificadas y detríticas, sino la del granito y los gneises, no pasan por ejemplo de 2'6 á 2'8 con relación al agua. Si nos fijamos en la densidad de aquellos materiales que parecen venir de la mayor profundidad, tales como los basaltos y rocas análogas, veremos que no pasa su densidad de 3'1 á 3'2, y si tenemos en cuenta que la densidad de la tierra es de 5'5, se verá que no deben de venir estas rocas de ninguna gran profundidad, sino que en cierta manera son lo que puede considerarse como materiales superficiales.

Otro hecho también de importancia que hay que tener en cuenta para darse idea de estos fenómenos, es la poca profundidad de las ondas séismicas, de las cuales las más profundas no pueden situarse nunca á más de sesenta kilómetros de la superficie.

Se ve, pues, que todos los fenómenos que conocemos con relación á la tierra, son lo que puede considerarse como manifestaciones superficiales, y que en ningún caso hay hecho alguno más que el del enfriamiento que pueda situarse á mayor profundidad de cincuenta á sesenta kilómetros de la superficie, y

esto con relación al radio terrestre es solo una  $\frac{1}{600}$  parte de la totalidad; ó sea, si tomamos un globo de 4m200 de diámetro, todo lo que en la tierra observamos puede pasar en el primer centímetro de su costra exterior.

Por consiguiente, el problema de la formación de montañas y del relieve de su superficie queda limitado al estudio de cómo se adapta la costra exterior del planeta sobre el nivel de tensión nula que desciende y en un espesor que como máximo no creo puede suponérsele más de 100 kilómetros; pues la posición del nivel de tensión nula, creo en mi juicio que faltan datos para poder situarlo con firmeza. La corteza desciende, pues, por su propia gravedad y al descender para adaptarse á un espacio de menores dimensiones, claro es que el esfuerzo tiene que dividirse en dos fuerzas componentes; una en el sentido de la vertical y que hará descender los distintos fragmentos y otra en la horizontal que los comprimirá hasta el grado necesario; manera de considerar el fenómeno que da razón del por qué las montañas se encuentran siempre en la vecindad de las grandes depresiones.

Las masas continentales, por el contrario, parecen espacios de relativa estabilidad, bien por haber sido ya plegadas y comprimidas en la sucesión del tiempo; el resultado es que en estos espacios los movimientos quedan limitados á la vertical. Las cordilleras, por el contrario, son partes flexibles de la corteza, pero que á fuerza de plegarse y de romperse, con el tiempo llegan á soldarse á las masas continentales. Todo esto desde luego indica una falta de homogeneidad en la corteza del globo que habitamos; falta de

homogeneidad que hay que tener en cuenta al considerar los detalles de su superficie.

Otro fenómeno íntimamente ligado á las montañas, como hemos visto, son las manifestaciones volcánicas. Estas montañas ocupan siempre líneas de fractura en la superficie terrestre, como hemos visto en Italia, en los Andes, en el Cáucaso y en otros sitios, y todo induce á sospechar, dada su relativa proximidad, que el agua del mar juega un papel muy importante en la generación de estos fenómenos. Si nos fijamos en la Península italiana, por ejemplo, y consideramos las enormes fracturas que deben surcarla en la vecindad y en el mismo fondo del mar Tirreno, es lógico suponer el que las filtraciones marítimas lleguen á cierta profundidad en que la temperatura sea elevada, pues suponiendo el grado geotérmico conocido á los 30 kilómetros, se puede llegar á los 1,000 grados. Pero como antes de llegar á esa temperatura el agua puede dar lugar á cambios moleculares de importancia y elevaciones de temperatura consiguientes; y como además resulta que en el proceso de adaptación la parte que desciende restituye una parte de la energía que por la teoría mecánica del calor puede en cierta manera calcularse, resulta que hay fuerza más que suficiente para dar razón en el proceso de adaptación al concentrarse en un solo punto de todos los fenómenos volcánicos que mayor espanto nos producen.

Hay otro fenómeno que tener en cuenta al considerar estos fenómenos, y es que las rocas á cierta profundidad pueden estar sólidas á una alta temperatura, efecto de la presión que sobre ellas ejerce la parte de corteza que sobre ellas gravita, pero en el

proceso de adaptación puede esta presión disminuir en ciertos parajes, y entonces éstas al cambiar de nivel pueden pasar al estado líquido; fenómeno que hay que tener en cuenta al dar una explicación de esta serie de manifestaciones.

Los temblores de tierra son también fenómenos íntimamente ligados á las manifestaciones volcánicas y á la formación de montañas. Las causas de ellos pueden ser distintas; claro que una caverna que se hunda á cierta profundidad mansamente disuelta por las aguas, puede dar lugar á un temblor de tierra, pero los que aquí consideramos son aquellos ligados á los fenómenos orogénicos y volcánicos.

De estos últimos, claro está que explosiones de agua á alta temperatura reducida al estado de vapor en cavidades interiores pueden, al faltar la presión, dar razón de numerosos temblores de tierra; pero hay otros ligados á las fuerzas orogénicas en que la rotura de una capa en la profundidad por efecto de tensiones superiores á su fuerza de cohesión pueda también dar razón de numerosos temblores de tierra que se observan en regiones completamente separadas de toda manifestación volcánica.

Resumiendo, pues, lo expuesto puede decirse en breves palabras que las montañas y fenómenos que las acompañan son la consecuencia del enfriamiento secular de nuestro globo y de su necesaria disminución de volumen. Disminuye el diámetro terrestre; la corteza no es homogénea y la contracción tiene que ejercerse sobre las partes más flexibles.

Tiene, sin embargo, que seguir á la zona de tensión nula en su descenso; llega un límite cuando el ajuste no cabe hacerse y entonces la componente

horizontal estruja aquellas partes más frágiles de la corteza que parecen ser los geosynclinales de los bordes de las masas continentales. Paulatinamente va la cordillera levantándose y aumentando el espacio continental; llega á un límite en que la corteza ha disminuído de volumen lo suficiente para que la adaptación prosiga, y entonces suele suceder que la cordillera acentúa sus desniveles del lado de la depresión, y cuando esto llega á acentuarse sucede lo que se observa, por ejemplo, en la Península italiana, que parte de la misma cordillera sigue el hundimiento de la depresión principal, y en esos casos acontece que á sus caracteres propios se unen los fenómenos volcánicos y se acentúan los séismicos, formando todo ello un solo fenómeno en dependencia íntima del enfriamiento secular de nuestro globo.

---

## CAPÍTULO VI

### Del envoltente líquido y gaseoso

Como he tenido ocasión de indicar, la tierra se halla envuelta por un envoltente líquido que cubre las dos terceras partes de su superficie y por otro gaseoso que envuelve la tierra en su totalidad y se extiende hasta considerable altura y que es la atmósfera que respiramos y donde nos agitamos.

La acción de estos dos envoltentes sobre la tierra que habitamos es capital, pues no sólo son la cuna donde la actividad solar engendra el total de la vida orgánica, sino que son los grandes modeladores y escultores de sus formas y contrarrestan las asperezas que resultarían de la actividad interna del planeta.

Para darnos una idea de la manera de obrar de estos agentes, vamos á parar brevemente la atención en la manera como el astro radiante tiene de obrar sobre ambos; ciencia que se conoce con el nombre de Meteorología.

Al comienzo del capítulo anterior, hice ver el cilindro luminoso y calorífico que del sol nos viene; según la posición que la tierra ocupa en su órbita, así estarán más ó menos iluminadas unas regiones que otras y estarán bajo el dominio de las estaciones.

El calor que nos llega del sol, aunque sólo una mínima parte de lo que este astro irradia, es, cuando se le compara á nuestras medidas usuales, verdaderamente enorme.

Crova, por una serie de experiencias, deduce que en los límites de la atmósfera cada centímetro cuadrado recibe por minuto  $\frac{2}{1000}$  de caloría. De lo que puede calcularse que la cantidad total de energía que á nuestra tierra llega en la superficie del gran círculo de iluminación solar, es como mínimo de 200 trillones de caballos de vapor por segundo.

De esta cantidad puede decirse que del 40 al 60 por 100 lo absorbe la atmósfera; pero aunque una cierta cantidad se pierda para la tierra, otra muy importante se emplea en su calentamiento, haciendo la atmósfera en cierta manera el papel de regulador y de almacén del calor.

Del calor que llega á la superficie del suelo, su empleo varía mucho según la constitución de éste, pues lo que llega á la superficie acuosa, claro es que se ha de emplear de manera distinta de lo que llega á las masas continentales.

En el mar, una parte se empleará en elevar la temperatura, pero otra en reducir el agua al estado de vapor, y como el calor que absorbe este líquido al evaporarse es considerable, claro es que la temperatura del mar no alcanzará nunca el grado á que se llegará en la tierra firme. Sentada esta diferencia, vamos á ver de rápida manera cómo el calor se reparte en la superficie del globo.

Si consideramos el cilindro de iluminación que nos llega del sol, veremos que existe en la tierra una línea llamada el Ecuador, que en los equinoccios recibe

los rayos solares de medio día perfectamente verticales; mientras que en los solsticios de verano y de invierno sólo se separa de esta línea de 22'30 grados al Norte unas veces, y otras al Sur del mismo.

Es decir, que existe una banda alrededor del Ecuador que mide 45 grados, en que cuando menos una vez en el curso del año en los extremos y dos veces en los otros parajes, el sol se halla vertical á las doce del día. Estos límites extremos se llaman los trópicos.

Excusado es decir que en esta banda es donde se siente el mayor calor en la superficie de la tierra. En el Ecuador, en los dos solsticios de verano y de invierno, el sol al mediodía está siempre, cuando más bajo, á 67'30 grados sobre el horizonte; mientras que en los trópicos si en el solsticio de verano del hemisferio Norte (que es del que nos ocupamos) está en la vertical, en el de invierno está á sólo 45 grados, y ya la diferencia es apreciable. Conforme se avanza en latitud, va el sol en el solsticio de invierno descendiendo hasta el punto que á los 67'30 grados de latitud Norte el sol á las doce del día es sólo rasante con el horizonte y desde allí (prescindiendo del diámetro solar y de la refracción atmosférica) hasta el Polo es invisible, mientras que en el solsticio de verano el sol, aunque elevado solamente de 22'30 grados sobre el horizonte, no baja en el curso de las 24 horas por debajo de él; fenómeno que se repite en el hemisferio Sur, pero en sentido inverso.

Bajo estas condiciones, vemos que la temperatura debe pasar por un máximo en el Ecuador y por un mínimo en la región polar. Pero el desigual caldeoamiento de la región marítima y la terrestre hace que esto varíe algún tanto. La tierra en el verano se cal-

dea inmensamente más que el mar; pero, por el contrario, en el invierno el enfriamiento es mucho más considerable en los continentes. En cualquier mapa de isotermas puede verse la manera cómo la temperatura se reparte en el curso del año; pero esta repartición varía bastante, como puede verse desde el verano al invierno. En el invierno, vemos que la zona ecuatorial permanece á una temperatura bastante elevada, pero pasados los trópicos las masas continentales se enfrían considerablemente hasta el punto de existir dos mínimos de frío, uno sobre el norte del continente asiático y otro sobre el americano. En el verano, las temperaturas se regularizan en el Norte, y el máximo de calor se halla sobre los continentes, especialmente sobre la región tropical africana y la asiática. Aun viene á complicar más esta desigual repartición del calor el decrecimiento de éste con la altitud. Conforme nos elevamos en la atmósfera, nos vamos aproximando al frío de los espacios interplanetarios, pues la atmósfera va absorbiendo cada vez menor cantidad de calor solar, hasta el punto de que, por ejemplo Suiza, que posee una temperatura media de 10 grados á los 360 metros sobre el nivel del mar, á los 2,000 metros es esta sólo de cero grados y de -10 á los 3,600 metros.

Esta desigualdad en la manera de repartirse la temperatura lleva consigo todas las contingencias que distinguen los diversos climas de la tierra.

En la región ecuatorial, el aire en contacto tanto con la superficie del mar como con la caldeada tierra, se calienta, su peso específico disminuyese, carga de vapor acuoso y tiende á subir, y la presión atmosférica disminuye. Para llenar el vacío que nece-

sariamente tiene que producirse, el aire de las zonas vecinas acude á restablecer el equilibrio en forma de los llamados vientos alíseos del NE., en el hemisferio Norte, y del SE. en el Sur.

El aire que asciende en la zona ecuatorial forma una corriente ascendente que se derrama á ambos lados del Ecuador, y más allá de los trópicos va paulatinamente descendiendo á la tierra é incorporándose otra vez á la corriente alísea; y conforme esto sucede, la presión barométrica crece hasta más allá de los trópicos y tenemos una zona de baja presión en la región ecuatorial entre dos zonas de alta presión en los trópicos.

Efecto del desigual caldeamiento de la tierra y del mar, resulta por ejemplo en el invierno, que el aire frío de las zonas continentales tiende á hacerse más denso, mientras que el que se halla en contacto con el mar á mayor temperatura no sufre esta condensación. De ahí resulta que la presión atmosférica pasa por un máximo de densidad en las masas continentales, á semejanza de lo observado en los trópicos, que se llaman anticiclones y por un mínimo en los Océanos á semejanza del Ecuador y que se llaman ciclones.

Estos llamados ciclones y anticiclones son la clave de todos los climas de la tierra. En el ciclón el aire en su centro es ascendente y afluye hacia las regiones anticiclónicas desde la región superior, mientras que de la inferior el aire camina á restablecer el equilibrio, y efecto de la rotación terrestre afecta la forma de espiral contrario al movimiento de las manillas del reloj en nuestro hemisferio y con ellas en el opuesto.

En los anticiclones el movimiento es inverso: el

aire desciende en su centro y afluye de él en la superficie en rotación inversa á incorporarse á las regiones ciclónicas, constituyéndose así una rotación completa del aire, aunque en extremo complicada.

De estos anticiclones, el más importante en el invierno es el que ocupa la región oriental del continente asiático, ó sea gran parte de Siberia y la Tartaria, y otro que ocupa la América del Norte, aunque más intermitente y que se funde con frecuencia con el que ocupa la región al Norte del trópico en el Océano Atlántico.

Los mínimos de presión se encuentran en el Océano, uno en el Atlántico, en las vecindades de Islandia, y otro en el Pacífico, al Sur del Estrecho de Behring.

Estos mínimos permanentes de los océanos son, puede decirse, los laboratorios donde se elaboran los ciclones que traen los malos tiempos á nuestras latitudes.

Desde la zona de máxima presión al Norte de los trópicos, el aire se incorpora como corriente del Oeste y Sudoeste á estas zonas de mínima presión, y cargadas de vapor dan la fuerza motriz necesaria para la formación de esas grandes perturbaciones de la atmósfera.

En el verano la repartición es en cierta manera inversa, pues aunque los mínimos permanentes en los Océanos aunque atenuados, persisten los máximos de presión continentales desaparecen y en su lugar se forman grandes y extensas zonas de mínima presión barométrica en las zonas continentales que más caldeadas se hallan.

El mínimo principal se extiende desde el conti-

nente africano al sur de Asia por la Arabia, la Persia y el Indostán hasta la China meridional. Hacia este mínimo afluye el aire del Océano Índico y se forman los bien conocidos monzones del SO.

El agua que se evapora en la superficie del mar se disuelve en la masa atmosférica, y cuando ésta se enfría, se condensa en las nubes que enturbian nuestra atmósfera, y cuando la condensación es muy rápida y considerable, en las lluvias que fecundan nuestra tierra, y en las nieves del invierno, y en las que blanquean nuestras montañas, almacenes perennes de fecundidad para nuestros valles.

La repartición de la lluvia es muy irregular en la superficie de la tierra; en la región ecuatorial es ésta casi perenne y casi constantemente la precipitación de agua tiene lugar; conforme nos aproximamos á los trópicos va ésta haciéndose más irregular, y sólo durante la época en que el sol está cerca del cenit, es cuando éstas llegan al máximo para desde allí disminuir, viniendo á la época del mínimo cuando más apartado se halla el sol del cenit. Pasados los trópicos llegamos á la zona anticiclónica, que ya he dicho existe al Norte y Sur de ellos, y aquí naturalmente la precipitación llega á un mínimo, y cuando esta zona se extiende por las masas continentales, se llega á lo que se conoce con el nombre de la zona desértica, en donde la precipitación de lluvia es no sólo escasa, sino en extremo irregular.

Estas zonas son dependientes de la configuración de los continentes; así, por ejemplo, en el continente africano y parte del asiático tiene un desarrollo considerable, y de todo el mundo son conocidos los desiertos de Sahara y de la Arabia; mientras que en la

América del Norte tiene la zona desértica muy escaso desarrollo. En el hemisferio austral, dada la terminación en punta de los continentes, tiene esta zona escaso desarrollo, y sólo en Australia llega á tener alguna importancia.

Pasada esta zona se entra en la región de las lluvias variables; lluvias que se van haciendo más y más regulares mientras más al Norte se camina y nos apartamos del anticiclón tropical. Desde aquí las lluvias quedan en la dependencia de la trayectoria de los ciclones, cuyo estudio nos llevaría demasiado lejos. La precipitación del agua, bien en forma de lluvia ó de nieve, es un factor de primer orden en geología, pues de ella dependen en muy gran manera las formas continentales.

Prescindiendo de la cantidad de lluvia que cae directamente en el mar, de donde procede, se calcula que se reparte sobre la superficie de los continentes hasta 122,500 kilómetros cúbicos de agua en el curso del año. Pero esta cantidad es en extremo variable de unos lugares á otros; mientras que en ciertas regiones ecuatoriales mide el agua precipitada hasta más de dos metros y en algunos puntos de las estribaciones del Himalaya, cerca del Brahamapoutra, alcanza el agua caída alturas hasta de quince metros; en otros sitios de la zona desértica no llega á uno ó dos decímetros la lluvia caída en el curso del año.

En nuestras latitudes, una lluvia de 600 á 700 milímetros se considera abundante, y la misma irregularidad que se observa en las grandes regiones se repite en cada caso particular.

En España, por ejemplo, mientras la lluvia caída

alcanza en algunas comarcas de Galicia más de dos metros, como en la zona tropical, en algunos parajes de Castilla se contentan con sólo tres decímetros de agua. Bajo el punto de vista geológico, la manera como el agua cae es también de importancia, pues de que caiga repartida en lluvias mansas y tranquilas á que caiga en chaparrones aturbonados de escasa duración pero de gran volumen, va una gran diferencia, que se pondrá de manifiesto tanto en la manera como el régimen de desagüe se verificará, como en la calidad de las erosiones. Hecha esta ligera reseña de los principales caracteres climatológicos de la tierra, vamos á parar brevemente la atención sobre su influjo sobre la región de los mares.

El primer fenómeno que la circulación del aire ejerce sobre el mar, y que es de capital importancia para ciertos parajes de la tierra, son las corrientes.

En la zona ecuatorial, efecto de las corrientes aliseas del NE. y del SE., el agua se encuentra empujada hacia la región ecuatorial y allí forma, por ejemplo en el Atlántico, una ancha corriente que se mueve paralelamente al Ecuador, desde el Este al Oeste. Al llegar á las costas de la América del Sur, se bifurca, una parte vuelve al hemisferio Sur, y la otra, costeano las costas del Norte de la América del Sur, penetra en el Seno Mejicano; allí sigue su temperatura creciendo, y encontrándose cerrado el paso, vuelve sobre sí misma, y saliendo por entre la Florida y la isla de Cuba penetra en el Atlántico con el nombre de corriente del Golfo, y subiendo al NE. llega á las costas de la Europa Occidental por frente de las Islas Británicas y allí se bifurca en dos ramas; una vuelve al Sur costeano las costas de España y

la otra sigue al Norte, y pasando al norte de Escocia llega á las costas de la Península escandinava y, por último, se pierde en las regiones polares. Esta corriente de agua caliente tiene una influencia enorme sobre el clima de la región occidental de Europa y hace, por ejemplo, que mientras la temperatura media de Irlanda es de 11 á 12 grados á los 50 grados de latitud, en el Labrador en la misma latitud es esta de  $-3^{\circ}0$ . En el Pacífico se establece una circulación análoga; la corriente ecuatorial sufre una bifurcación análoga en las costas de Asia y una parte sube al NE. con el nombre de corriente del Kirusiu, y girando sobre sí misma al Sur del Estrecho de Behring y de las costas Norte de la América del Norte, se dirige al Sur, templando también el clima de la América Occidental y se incorpora por último á la corriente ecuatorial.

La temperatura del mar es muy variable; naturalmente el máximo se encuentra en la región ecuatorial y en algunos puntos del Seno Mejicano, y en mares cerrados como el mar Rojo, llega y aun supera los 30 grados. Desde allí decrece la temperatura de la superficie, aunque sujeta siempre á las variaciones que las corrientes introducen hasta las regiones polares, á donde llega á temperaturas de 2 ó 3 grados bajo cero, llegando entonces á pasar al estado de hielo, que en los mares polares llega á formar un casquete permanente que ha hecho hasta el presente impenetrables esas regiones. La repartición de la temperatura con la profundidad es muy interesante, y como el agua, como todos los cuerpos, adquiere mayor densidad con la disminución de la temperatura, el agua de las regiones polares adquiere un máximo

de densidad, y por esa razón descende, y sucede que aun en la región ecuatorial, en las zonas de gran profundidad, el agua se halla á muy baja temperatura y escasamente pasa de 1 á 2 grados. Por consiguiente, la temperatura del mar decrece con la profundidad; y se da un caso muy curioso: el de los mares cerrados por ejemplo por un estrecho, como pasa con el Mediterráneo, que comunica con el Océano por el estrecho de Gibraltar, cuya mayor profundidad es de unos 800 metros. Pues bien, á pesar que el Mediterráneo llega á profundidades de 2 á 3,000 metros, resulta que en su fondo no baja nunca la temperatura de lo que corresponde al Océano Atlántico á los 800 metros en la latitud de Gibraltar.

**La vida en el mar y sus depósitos.** — El agua del mar, como todos sabemos, no es pura, sino que contiene en disolución gran cantidad de sales.

Entre ellas la más importante es el cloruro de sodio, del que hay 27 partes en 1,000 de agua y sólo de 8 á 10 de las restantes sales, como sulfato de cal, cloruro de magnesio, etc. Su densidad es próximamente de 1'028, oscilando desde 1'029 en el Mediterráneo á 1'014 en el mar Negro.

La vida en el mar se divide en cuatro grandes agrupaciones. En una de ellas se agrupan toda la serie de animales inferiores, tales como moluscos, políperos, etc., que viven generalmente en la vecindad de las costas y están limitados á profundidades relativamente pequeñas; la de los peces y animales nadadores, que se extienden á grandes profundidades, por todo el ámbito de los Océanos; en tercer lugar los animales inferiores, como los foraminíferos, radiolarios, diatomeas y otros organismos; tanto animales

como vegetales que viven en la superficie del mar, y, por último, los organismos que viven en la profundidad de los mares.

Uno de los caracteres que más distinguen á la fauna abysal es su uniformidad y su semejanza á la fauna de las regiones polares, lo que fácilmente se comprende, pues como la composición del mar varía poco y su temperatura es uniformemente baja á cierta profundidad, resulta que los seres tienen una identidad de medio donde vivir casi absoluto, lo que contrasta con los mares de pequeña profundidad que varían, no sólo con la latitud, sino con la dirección de las corrientes.

Por su importancia como elemento constructor en muchas formaciones, vamos á parar brevemente la atención en los políperos ó corales. Estos organismos viven en colonias. Los pólipos, individualmente, están constituídos por un saco ó cavidad estomacal que se abre al exterior por una boca provista de tentáculos; la cavidad está dividida en compartimientos, y tiene el animal la propiedad de construir por sus secreciones un aparato calcáreo que presta al edificio una gran solidez. Los pólipos se asocian en gran número, como he dicho, formando colonias ó sea un pólipo múltiple formado por la asociación de individuos de la misma especie. En estas asociaciones, la boca, los tentáculos y el estómago quedan distintos, pero el mismo tejido los reúne á todos y los mismos fluidos circulan libremente por toda la colonia. Estos seres son muy sensibles á la temperatura, y su vida está limitada entre el límite de 26 grados y de 20 grados. Además, más abajo de una profundidad de 37 metros, dejan de vivir; necesitan

también aguas muy claras, pues ni en la desembocadura de los ríos ni en playas pueden prosperar. Forman á cierta distancia de las costas, extensas barreras ó arrecifes. En el Pacífico, donde se encuentran innumerables islas, sucede con frecuencia que forman arrecifes circulares de un alto interés.

Obsérvanse islas unas veces bastante elevadas sobre el nivel del mar, rodeadas de un arrecife en todo su circuito á cierta distancia de sus costas; otras veces la cumbre de la isla desaparece por completo, y entonces la formación coralina queda reducida á una isla ó anillo circular ocupada por una laguna en el centro; cuando esto sucede, se observa que el arrecife de políperos se extiende á una profundidad considerable, y como estos seres únicamente pueden desarrollarse á sólo 37 metros de la superficie, resulta que para que esto suceda tiene el terreno que haber ido gradualmente descendiendo bajo el nivel del mar, para permitir que los políperos fueran ascendiendo, mientras éste descendía para mantenerse al mismo nivel; siendo una de las pruebas más fehacientes de esos movimientos en la vertical que hemos considerado al tratar de las causas generadoras de las montañas.

Esta fuerza constructora de los organismos marinos no se limita á los políperos.

Todos los moluscos, todos los foraminíferos, etc., tienen la facultad de separar del medio ambiente el necesario carbonato de cal para formar su carapaceo, y como la vida de estos seres es relativamente corta, resulta que sus conchas y carapaces caen al fondo de los mares y allí contribuyen á formar esos grandes sedimentos calcáreos que hoy día observamos formando nuestras montañas.

El agua que cae sobre la tierra no sólo se distingue por su acción dinámica directa, rompiendo y triturando materiales, sino que obra también químicamente alterando y descomponiendo las rocas. El agua, al descender de las nubes, se carga primeramente de oxígeno y de ácido carbónico.

Sabido es que el aire que respiramos contiene una parte importante de este gas. Los vegetales, bajo la acción solar, tienen la propiedad de descomponer el ácido carbónico de la atmósfera y fijar el carbono. Este proceso de integración los seres animales se encargan de desintegrar á su vez. Se alimentan de los vegetales, oxidan éstos y vuelve otra vez el ácido carbónico á la atmósfera, en donde el agua se carga de él.

El agua cargada de oxígeno y ácido carbónico tiene la facultad de descomponer las rocas. En las rocas calcáreas sucede que si es cierto que el carbonato de cal es insoluble en el agua, el bicarbonato de cal no lo es á cierta presión, y por consiguiente el agua tiene la tendencia, cuando lleva disuelto ácido carbónico, de disolver las calizas como bicarbonatos.

Además, en las rocas silicatadas, como granitos, gneises, basaltos y diabasas, los silicatos no sólo á cierta temperatura y presión sino á las ordinarias, tienden también á alterarse por la acción del ácido carbónico de las aguas y del oxígeno, resultando oxidaciones, disoluciones é hidrataciones de inmensa importancia, como atestiguan el grado de descomposición en que las rocas se hallan en la superficie de la tierra y á veces hasta una considerable profundidad.

En los países tropicales en que la lluvia es muy abundante y al mismo tiempo el calor intenso y, por

consiguiente, la evaporación relativamente rápida, las rocas suelen descomponerse con gran rapidez, y en la India resulta una formación llamada laterita formada de una arcilla roja que es el resultado de la alteración de rocas basálticas y que cubre grandes extensiones de terreno y con un espesor que oscila entre 10 y 60 metros. Fenómeno semejante se observa en la América del Sur.

**Fenómenos de erosión.** — Las erosiones en la superficie terrestre se agrupan en las efectuadas por cuatro medios distintos. En primer lugar, la acción del mar; en segundo, la del aire y la temperatura; en tercero, la acción de las aguas meteóricas, y en cuarto, la acción de la nieve y de los hielos.

El mar es un agente de demolición en extremo potente, sobre todo durante las tempestades y en las costas batidas por la fuerza de las olas; la tendencia del mar, como todos los agentes de erosión, es á la nivelación.

Numerosos ejemplos pueden citarse en todos los lugares de la tierra de los destrozos causados por el batir de las olas en el mar. Sin salir de nuestra Península, quien quiera que haya visto los farallones del Cabo Ortegal y los acantilados de la costa cantábrica, se habrá llenado de asombro al contemplar las ruinas que por todas partes se ven. De manera más tranquila, pero no menos profunda, se pueden ver destrozos en la Isla Gaditana que, gracias á la muralla que la defiende contra el batir de las olas y que constantemente hay que estar reconstruyendo, se ha salvado de la nivelación el trozo que aun queda de la Isla Gaditana sobre que se encuentra edificada la población de Cádiz. Señalados estos ejem-

plos, vamos á ver la acción de los otros agentes niveladores que por su ubicuidad son los grandes factores del modelado de la superficie terrestre.

El aire, cuando se pone en movimiento por la acción de los vientos, es un agente que produce efectos muy notables; por ejemplo, arrastra las arenas de las playas y haciéndolas penetrar tierra adentro forma las llamadas dunas.

En la costa de Francia y en la zona comprendida entre el Adour y el Garona, los vientos del oeste que soplan con gran intensidad en esa región han formado una extensa comarca formada por dunas que se ha conocido con el nombre de las Landas.

Estas zonas, gracias á la actividad francesa, se han podido reclamar, y el extenso desierto de arena que antes lo caracterizaba se ha convertido en extensos pinares.

En la Península se observa también en algunos sitios la formación de dunas. En la entrada del estrecho de Gibraltar existen algunas dunas que tienen la propiedad, como sucede en el cabo de Trafalgar, de ser las arenas de la playa arrastradas por el viento, y trepando por el promontorio arriba que este cabo forma se desparraman en extensos montículos que el aire transporta de un lado para otro en la parte elevada de la meseta que constituye el promontorio.

Todavía se exageran estas formaciones en las regiones desérticas, y las movibles montañas de arena del desierto de Sahara son bien conocidas por las descripciones de los viajeros. Los efectos mecánicos que la arena en movimiento produce son notables, pues pulimentan y corroen las rocas de una manera

que á veces se creen efectos producidos por las aguas.

Las erosiones atmosféricas, como ya he dicho, son el principal factor en el rēlieve terrestre.

Naturalmente, esto está en razón de la diferencia y disposición de los materiales sobre que ésta se

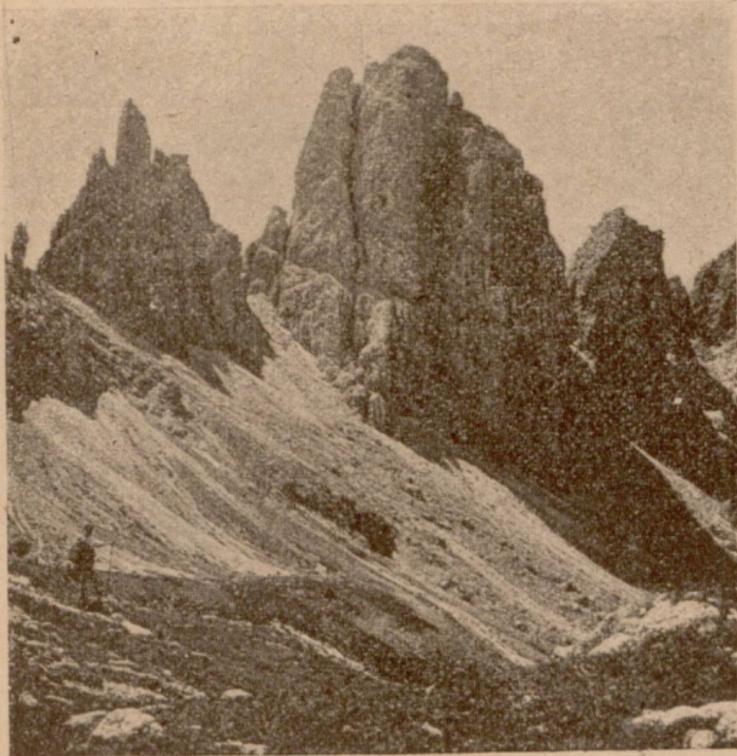


LÁM. 26.—Formas de erosión en calizas horizontales  
(Torcal de Antequera)

ejerce. Claro que en un llano cerca del mar, en que el agua lleva escasa caída, los efectos tienen que ser distintos de los que tienen lugar en parajes elevados, desde donde el agua desciende con grandes velocidades; así éstas se acentúan en las zonas montañosas.

De la misma manera el trabajo de erosión tiene que ser distinto, conforme se ejerza sobre materiales duros que cuando lo hace sobre materiales blandos.

De la propia manera, la misma roca, por ejemplo una caliza que se halle en estado horizontal ó vertical, las formas que resultan tienen que ser eminentemente distintas; por ejemplo, en los adjuntos dibujos (véase lám. 26) puede verse los efectos de la erosión en las calizas horizontales del Torcal de An-



LÁM. 27.—Formas de erosión en las calizas magnesianas del Tirol

tequera, en donde se ven los estratos superpuestos formando una sucesión de mesas, separadas por innumerables callejones.

Como naturalmente la gravedad tiende á mante-

ner unos estratos sobre otros, y no á romperlos por la línea de menor resistencia que la estratificación ofrece, se explica esa tendencia á mantenerse unos estratos sobre otros y dar por resultado esa sucesión de mesas, que á cualquiera llama la atención cuando



LÁM. 28 — Formas por la erosión en el granito  
(Siete Picos. Sierra de Guadarrama)

se sube á la parte más elevada del Torcal de Antequera.

Comparando ese dibujo con el próximo, no puede menos de llamar la atención el ver las elegantes agujas que las dolomias verticales del Tirol toman como resultado del desgaste (véase lám. 27).

En otros materiales las formas que resultan por la erosión son características; el granito, por ejemplo, es una roca que como no tiene estratificación, resulta que los agentes atmosféricos la corroen por

igual, y de ahí resulta la tendencia en esta roca á tomar las formas redondeadas y macizas.

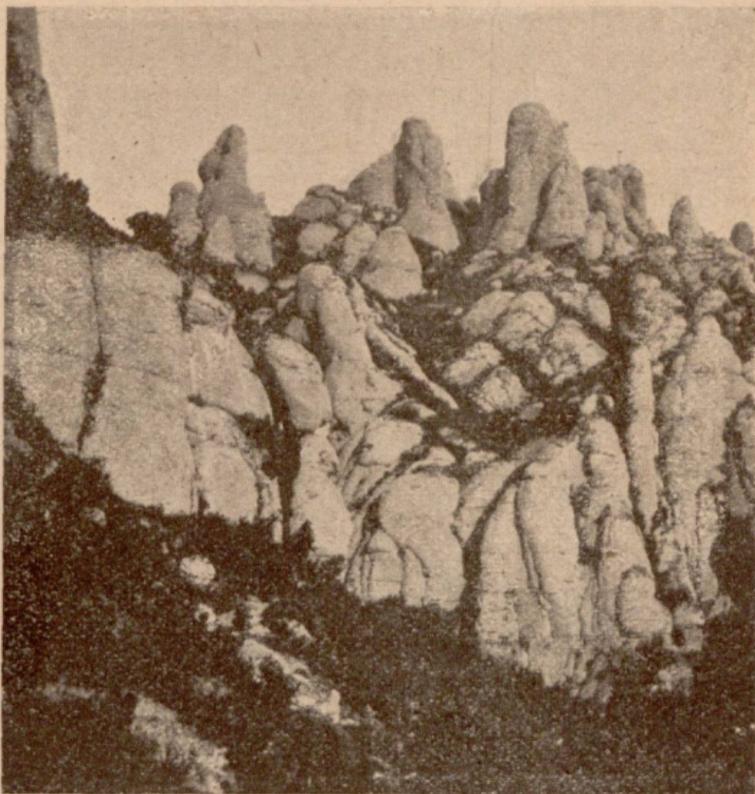
Uno de los casos particulares de su erosión es la tendencia, que tiene á tomar la forma de las llama-



LÁM. 29.— Formas de erosión en el gneiss.— (Río Cambrones. Sierra de Guadarrama)

das piedras caballeras. Son estas piedras inmensas moles graníticas redondas ó elipsoidales, que superpuestas las unas sobre las otras ocupan á veces grandes extensiones, como todos los viajeros habrán te-

nido ocasión de ver al atravesar la cordillera del Guadarrama por la línea de Ávila, sobre todo antes

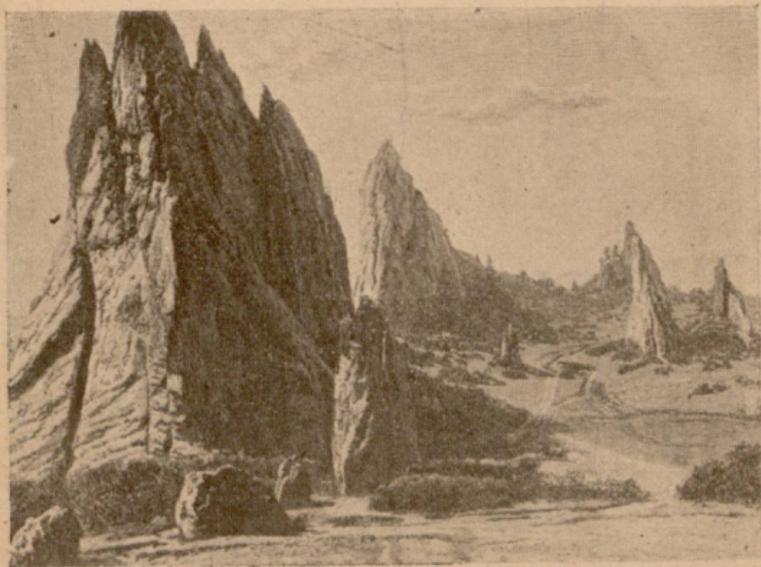


LÁM. 30.— Formas de erosión de conglomerados horizontales. (Montserrat, Cataluña)

de llegar á esta antigua capital, y en los alrededores del Escorial.

Las montañas formadas por esta roca son siempre de formas robustas y redondeadas; como ejemplo de ellas puede verse en la lámina adjunta la montaña granítica de los Siete Picos, cuyas redondeadas laderas contrastan vivamente con las descarnadas cumbres. (Véase lám. 28.)

El gneiss, cuya composición, como se ha visto, es la misma que la del granito, muestra en la erosión tener diferencias muy notables y resultan formas muy distintas. En la lámina 29 adjunta pueden verse los efectos de la erosión en el gneiss del río Cambrón, en el Real sitio de San Ildefonso.



LÁM. 31.—Formas de erosión en areniscas verticales (Garden of the Gods, América del Norte).

Las areniscas, conglomerados duros y cuarcitas toman también formas muy agrias por la erosión, pero naturalmente variando éstas conforme estas rocas formen lechos horizontales ó estén más ó menos elevados ó en la vertical. En los casos en que estas rocas están en la horizontal resultan formas abruptas y muy agrias, como sucede por ejemplo en el Montserrat (véase lám. 30); otras veces adquieren formas planas en las cumbres; y resultan las

mesas y cabezos, tan frecuentes por ejemplo en el Sur de África. Cuando por el contrario se hallan verticales afectan formas generalmente en extremo agudas, como el adjunto croquis indica, tomado del sitio llamado Jardín de los Dioses en la América del Norte. (Véase lám. 31.) Los materiales blandos afectan formas redondeadas y poco pronunciadas, á no



LÁM. 32.—Erosiones en los pórfidos atravesados por diabasas (Chorro Grande, San Ildefonso. — Sierra de Guadarrama)

ser que vengan intercalados entre otros más duros, en cuyo caso tienden á acentuar las asperezas de los más duros por ser las erosiones más fáciles en los materiales blandos que en los duros y faltando el firme á éstos viene la gravedad á asentar las erosiones y á desgajar y romper lo que queda en el aire.

Otra forma que las erosiones ejercen sobre ciertos

materiales duros y no estratificados, tales como los pórfidos y otras rocas, es la frecuencia con que estos materiales están atravesados por líneas de fractura generalmente paralelas por largos trechos y que se cruzan en diversos sentidos, formando sistemas de fractura que se llaman sistemas de diaclasas. Rocas atravesadas por estos planos de fractura afectan formas muy especiales de las que puede dar una idea la lámina 31, tomada á orillas del chorro grande en San Ildefonso. Otro fenómeno que produce la erosión en las rocas duras en el fondo de los arroyos, son las llamadas marmitas de Gigantes. Las piedras que arrastra el agua cuando encuentran algún entorpecimiento forman con el agua remolinos que gradualmente van perforando la roca y con el constante trabajo resultan á veces agujeros de más de un metro de diámetro y dos y aun más de profundidad, y que se les conoce con ese nombre.

Otro de los agentes de erosión y de que tendré ocasión de volver á ocuparme de él en la geología histórica, es la nieve y los hielos que resultan, tanto en las regiones elevadas como en la zona polar.

La nieve que cae en nuestras campiñas en el invierno dura unos días y enseguida desaparece, y sólo ya en las regiones de las altas latitudes permanece ésta sobre la tierra durante un largo período.

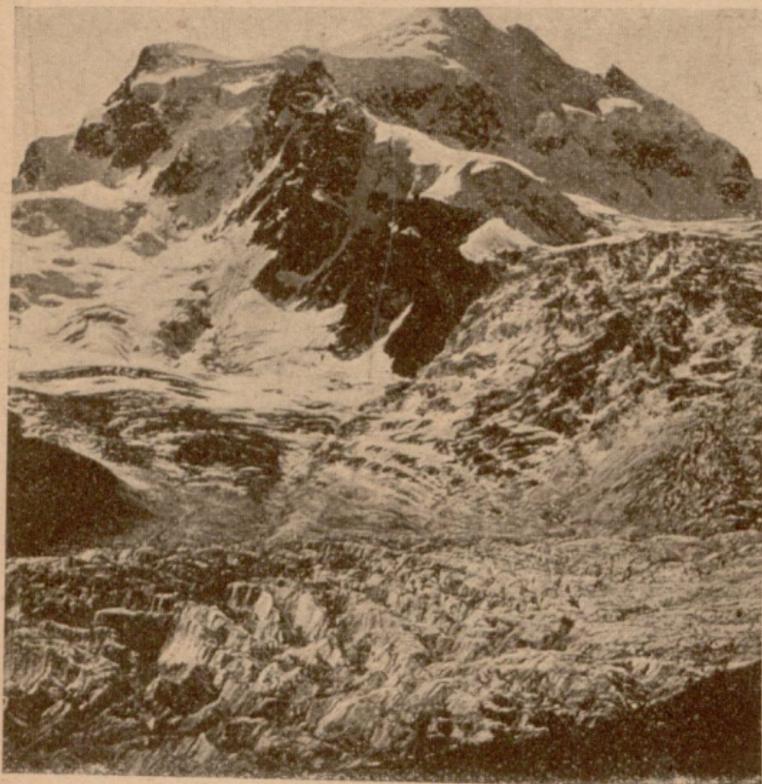
Pero en las altas montañas la nieve que cae no encuentra en ciertas alturas el calor suficiente para fundirse en el verano, y bajo esas condiciones se acumula la de un año sobre otro y se está en lo que se llama la región de las nieves perpetuas. Esta zona en nuestras latitudes se halla encima de los 3,000 metros; pero conforme nos elevamos en latitud, va

esta altura descendiendo, y en ciertos parajes de Groenlandia y Spitzbergen, el deshielo sólo se verifica en el verano en ciertos parajes de la costa, y eso de una manera bastante imperfecta.

Conforme marchamos hacia el Ecuador, el fenómeno es inverso; allí la zona de las nieves permanentes se halla á más de los 5,000 metros de altura. Si tomamos por ejemplo la región alpina de la Europa central, que es donde estos fenómenos presentan mayor desarrollo y en donde han sido más prolijamente estudiados, veremos que la nieve que cae en sus altas cumbres permanece formando una capa de considerable espesor. Esta crecería al infinito si no fuera por la propiedad que el agua tiene en el estado sólido de poseer una cierta viscosidad, de lo cual resulta que conforme la carga va siendo suficiente, la nieve de las regiones superiores va descendiendo, aunque de una manera en extremo lenta, á las inferiores.

Conforme esto sucede va la nieve llegando á regiones más bajas en que la temperatura es algo más elevada, y bajo la acción de los rayos solares durante el día una parte de ella se funde, para volver á congelarse con el enfriamiento nocturno, de lo que resulta que la nieve se convierte en un cuerpo granujiento formado por pequeños trocitos de hielo. Sigue el proceso del descenso, cada vez bajo carga más considerable, y por último esos trozos de hielo que forman campos extensísimos en la región alta de las montañas y que se les conoce con el nombre de campos de «nieve» se funden entre sí y forman masas de hielo que en forma de ríos sólidos penetran por los valles abajo, hasta llegar á un punto en que la acción solar

y la temperatura compensan lo que llega de las regiones superiores, y el río de hielo ó glaciár concluye siendo el total de agua fundida origen de un río que sigue su curso por el valle abajo (las adjuntas tres



LÁM. 33.—Pico de Morterash en la Engadina suiza, mostrando la nieve perpetua en las cumbres, los campos de nieve abajo, y el comienzo del glaciár.

láminas 33, 34 y 35 pueden dar una idea del fenómeno).

En los Alpes, el final de los glaciares se encuentra á veces á niveles relativamente bajos, no siendo raro que desciendan hasta los 1,000 metros sobre el nivel

del mar, en donde ya la vegetación es lozana y contrasta con la presencia entre ella de los hielos de las regiones polares.

En otras regiones los glaciares bajan aún á alturas mucho menores, y en las montañas de Noruega hay algunos que descienden casi al nivel del mar. En la



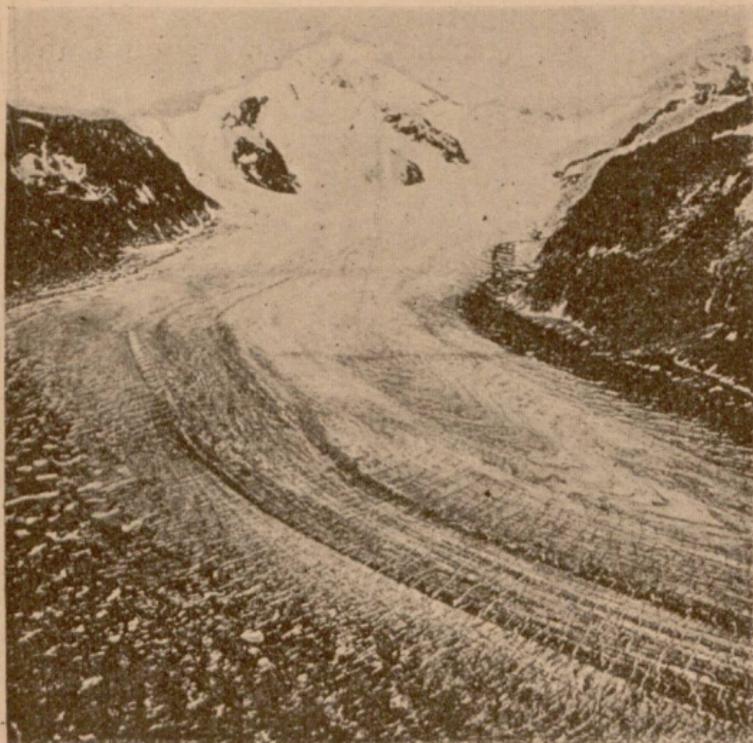
LÁM. 34. — Manera como termina el glaciar del Ródano. — (Suiza)

Tierra del Fuego, todavía por encima de los 58 grados de latitud, en el monte Sarmiento, como puede verse en la lámina número 36, bajan los glaciares hasta el nivel del mar.

El hielo no es sólo un agente de erosión de gran potencia, sino que además es un agente de transporte extraordinario; no sólo pulimenta la roca por donde pasa, sino que todo lo que se desprende de las rocas vecinas á través de las cuales se abre paso,

llega á transportarlo hasta el final de su carrera.

Esto da lugar al depósito que se forma en el límite del glaciar; depósito formado por todo el limo y todas las rocas que el glaciar ha recogido en su carrera



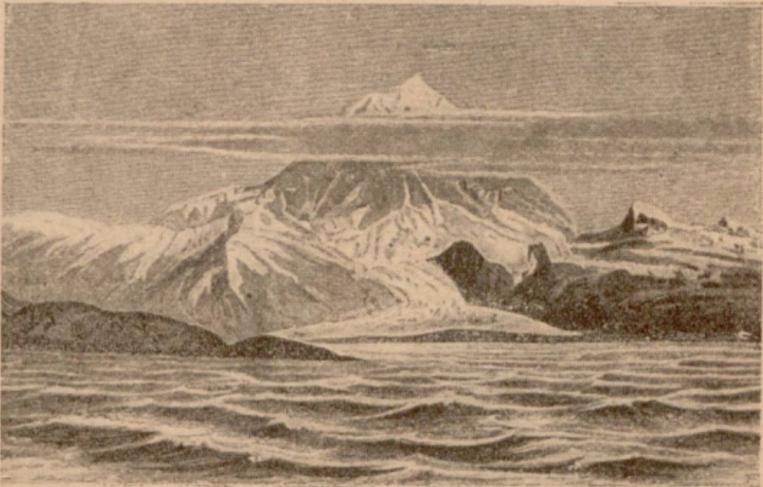
LÁM. 35.— *La Mer de glace* (valle de Chamounix, Saboya) mostrando la morrena central

desde las altas regiones hasta donde su fusión concluye.

Estas inmensas aglomeraciones de cantos angulosos y de limo, toman el nombre de morrenas, y como el régimen de los glaciares es variable, pues la nieve que cae en las alturas no es la misma de un año

para otro y aun en un período de años, resulta que el límite del glaciar unas veces avanza y deja sus detritus más abajo en el valle y otras retrocede y los deja más arriba, y el resultado es que los depósitos morrénicos ocupan á veces una extensión considerable.

Además de las morrenas terminales que acabamos



LÁM. 36.— Glaciar del Monte Sarmiento, que se vierte en el mar á los 55° de lat. Sur.—(Tierra del Fuego)

de describir, existen otras dos clases de morrenas.

En los valles superiores resulta que de las laderas de las montañas ruedan cantos y detritus que se acumulan en los bordes del glaciar, y éstas se llaman morrenas laterales que caminan lentamente valle abajo con la masa del glaciar. Vienen á juntarse más abajo el glaciar de dos valles laterales y en este nuevo valle caminan los dos glaciares reunidos en uno solo. En este caso sucede que de las cuatro mo-

rrenas laterales, dos siguen como morrenas laterales, pero las otras se juntan en la parte central y continúan valle abajo en el centro de la masa de hielo y se conoce con el nombre de morrena central.

El hielo, en su descenso, se amolda á todas las desigualdades del terreno, y aunque es un cuerpo de gran viscosidad, sin embargo se resquebraja y rompe en multitud de grietas que dificultan en gran manera el poder caminar sobre el glaciar y constituye uno de los grandes peligros en las ascensiones alpinas, pues algunas de estas grietas miden muchos metros de profundidad.

La progresión del glaciar es muy variable; en ciertos casos no pasa de cinco centímetros en las 24 horas, pero otras veces pasa de 1'25 en las 24 horas, y por término medio puede tomarse como 30 centímetros la progresión en el curso de las 24 horas; progresión que naturalmente es mayor en verano que en invierno.

Las dimensiones de los glaciares á veces son muy considerables; en los Alpes, el mayor de todos es el glaciar de Aletsch, que mide 27 kilómetros de longitud, pero en el Himalaya hay alguno que mide más de 100 kilómetros de longitud. En las regiones polares ó árticas, los hielos cubren el terreno, tanto en grandes extensiones del mar como en la tierra firme, y el interior de Groenlandia forma una inmensa coraza de hielo que cubre ese inmenso territorio con una capa por igual que no permite ver nada del suelo, formando el hielo mesetas elevadas de profundidad ignorada, pero que se elevan á más de 2,000 metros de altura sobre el mar.

De los cursos de agua en la superficie terres-

tre, y de las aguas subterráneas. — El agua que cae sobre la tierra se divide en tres partes, una que se evapora y vuelve á la atmósfera, otra que penetra en el suelo y es absorbida por él para volver cuando encuentra una ocasión propicia á la superficie en forma de fuentes y manantiales, y otra que corre por la superficie terrestre, y, según el caudal y la pendiente por donde corre, se la distingue con el nombre de torrentes, arroyos y de ríos que van á parar al mar el mayor número de veces, pero otras á grandes depresiones en el terreno, que son los lagos.

Estos depósitos de agua, unas veces no tienen desagüe, y se compensa lo que en ellos se vierte con la evaporación y las filtraciones; pero otras se establece un desagüe, como sucede con los grandes lagos del Africa oriental, por donde corre el Nilo, y con los grandes lagos de la América del Norte, cuyo desagüe se efectúa por el río San Lorenzo.

El régimen de torrentes en las altas cumbres montañosas que no llegan á la región de las nieves perpetuas, en las grandes lluvias son corrientes impetuosas que todo se lo llevan por delante, pero en momentos de sequía quedan generalmente secos ó con escaso régimen y sólo conforme se desciende cuando las fuentes perennes van aumentando su caudal, no se llega á arroyos permanentes. Estos arroyos se van juntando; los que llegan de valles laterales al valle principal, y de allí reciben otros afluentes hasta llegar á reunir un caudal bastante grande para hacer un curso de agua que merezca el nombre de río; y conforme salen de los parajes elevados y llegan á los llanos, entonces la corriente se regulariza, el río se

ensancha y llega á constituir, según su caudal, esas grandes vías de comunicación, como son los grandes ríos de América, como el Amazonas, el Misisipí, el Río de la Plata; y en Asia y Africa el Nilo, el Yanksi-kiang y otros, y aun en nuestro pequeño continente el Rhin y el Danubio.

Estas corrientes de agua son dependientes tanto del tamaño de la cuenca á que sirven de desagüe, como de la cantidad de lluvia que en ellas cae. En efecto, los grandes ríos son consecuencia, tanto del tamaño de la cuenca como de la abundancia de la lluvia. El Nilo, por ejemplo, si no fuera por las lluvias torrenciales de Abisinia y de la región ecuatorial, escaso sería su caudal.

El volumen de agua que los ríos del mundo anualmente vierten en el mar, se calcula que asciende á unos 23,000 kilómetros cúbicos, siendo el peso de cada kilómetro de 1,000 millones de toneladas.

Esta cantidad de agua que ha circulado por la superficie terrestre ha hecho un trabajo de escultura que se traduce por llevar disuelto cada kilómetro cúbico de agua, 182 toneladas de sales, de las cuales 104 corresponden á los carbonatos de cal y de magnesio, 17 á la sílice y 4 al cloruro de sodio, y llevando además cada kilómetro cúbico 80,000 toneladas de substancias sólidas en suspensión. Todas estas substancias disueltas y en suspensión que llevan los ríos, contribuyen y han contribuído en su casi totalidad para la formación de los diversos terrenos sedimentarios que al tratar en el capítulo siguiente de la historia de la tierra veremos que hoy día forman la mayor parte de la superficie terrestre.

Los sedimentos que los ríos arrastran son en su

mayor parte procedentes de las regiones superiores de las cuencas, sobre todo en las regiones montañosas. En la primera parte de su curso, el agua se precipita y arrastra no sólo los limos y las arenas, sino cantos y piedras de gran tamaño, que á veces en las avenidas acarrean estos materiales hasta gran distancia y paulatinamente van ensanchando y ahondando el cauce por donde corren.

Al llegar á la región del llano, entonces los ríos pierden velocidad en su corriente y van depositando alguna cantidad del limo que llevan en suspensión, y es su tendencia á que el nivel del lecho suba, y entonces las aguas se desparraman lateralmente hasta que se abren un nuevo cauce, y así sucesivamente en lugares abiertos van cubriendo una gran extensión de terreno con limos y piedrecillas que se conocen con el nombre de terrenos de aluvi6n; sedimentaci6n que aun acentúan las grandes avenidas en que, no cabiendo el agua en el cauce usual, desborda é inunda las campiñas vecinas. Esta subida del cauce de los ríos explica el por qué en ciertas comarcas las inundaciones van siendo cada vez más frecuentes y más peligrosas; pues como una poblaci6n una vez establecida á orillas de un río no le conviene estar cambiando de situaci6n, hace todo lo posible para evitar que el río abandone su lecho, levantando diques, etc., en sus orillas, resultando casos como los del Po en el norte de Italia, que corre el río en muchos sitios á un nivel superior al de la campiña.

La manera que los ríos tienen de verterse en el mar es digna de llamar la atenci6n; cuando un río llega al mar en un valle amplio y llano, como sucede al Nilo y al Misissipi en el seno mejicano, el río

pierde naturalmente su velocidad paulatinamente y va depositando gran cantidad de limos y rellenando más y más el valle, y el agua se divide en diversos canales y va gradualmente uniéndose al agua del mar, formando un depósito de limo y arena que lleva el nombre de delta, debido á los dos canales principales del Nilo que forman una figura semejante á la letra  $\Delta$  del alfabeto de los griegos, que fueron los que le dieron el nombre. Casi todos los ríos que se vierten sin obstáculo tienen deltas de mayor ó menor importancia; los que tienen un obstáculo en su salida, como le pasa en la actualidad al río Guadalquivir, no tienen delta. Este río, que quizás en época remota, quizás histórica, tuvo su delta en la actual isla mayor y parte del Coto de Oñana, al cambiar su curso en el transcurso de los siglos llegó á los terrenos duros de Sanlúcar de Barrameda, y allí, después de abrir un ancho cauce, penetra en el mar chocando contra las rocas de la barra, y de ahí resulta que los sedimentos de que viene cargado, en vez de depositarse á la salida, como en casi todos los ríos sucede, van á hacerlo sobre la derecha, en los bajos fondos del Coto de Oñana, aumentando gradualmente por allí la tierra firme, que no puede crecer en las proximidades de Sanlúcar de Barrameda.

Cuando se vierte en el mar en un terreno relativamente encallejonado, como pasa con el Tajo en Lisboa, forma lo que se llama un estuario, en donde el río y el mar se juntan y forman una barra, en general de arena, llevándose el mar una considerable cantidad de sedimentos, pero claro es que al fin el estuario se rellena y entonces comienza á su vez la formación del delta. Otras veces, cuando son terrenos monta-

ñosos los que forman la costa y la comarca está sujeta á un movimiento de descenso, entonces sucede que los valles descienden bajo el nivel del mar, el mar penetra en ellos, y entonces los ríos que de las alturas bajan se vierten en el mar, pero dentro de sus antiguos alvéolos, los que van gradualmente rellenando.

Este fenómeno es frecuente en algunas comarcas; por ejemplo, en Noruega se les conoce con el nombre de Fjords, y en nuestra Península las rías gallegas de tan pintorescos paisajes son ejemplares de este proceso.

Cualquiera que haya viajado, por ejemplo, por la Ría de Vigo, no habrá dejado de notar, cómo su fondo en las cercanías de Redondela se va rellenando, mientras que en la ciudad de Vigo atracan los vapores casi junto á la costa.

Todos los sedimentos que los ríos y arroyos vierten en el mar se depositan según su tamaño ó su estado de división, en derredor de la costa, formando un cinturón que oscila en su anchura entre 100 y 300 kilómetros, y sólo ya como rareza se encuentran depósitos terrígenos á distancias que exceden de 500 kilómetros.

Los depósitos de un cierto grosor las olas los mueven de un lado para otro y forman las arenas y piedras que conocemos en nuestras playas y los llamados cordones litorales; pero la arcilla y los sedimentos finos, esos se mantienen gran tiempo en suspensión á impulso de las olas y de las mareas; pero la ola es solamente un fenómeno relativamente superficial, y cuando el sedimento va descendiendo por debajo de ese nivel que en las más grandes tempes-

tades sólo penetran 200 á 300 metros de la superficie, van paulatinamente cayendo al fondo, y á veces, como hemos visto, á considerable distancia.

A veces, como sucede con el Mediterráneo, cuya máxima anchura no pasa de 700 kilómetros, los depósitos terrígenos lo cubren en toda su extensión.

Pero en los océanos los espacios que separan á las masas continentales, como por ejemplo sucede en el Pacífico, que los hay sin tierra de 7,000 kilómetros, y aun en el Atlántico, que se atraviesan zonas de 4,000 kilómetros sin encontrar tierra; en estos lugares los depósitos terrígenos no llegan. Pero los recientes trabajos de dragado en la profundidad del mar verificados por el *Challenger* y otros barcos, han hecho ver que hay depósitos en su fondo; unos, y los más abundantes, debidos á la deposición de los organismos que viven en la superficie del mar, y que al morir descienden á sus abismos. Estos depósitos son siempre de escaso espesor y necesitan inmensos períodos de tiempo para su acumulación.

Aun sin embargo esta manera de depositarse es rápida en comparación de lo que sucede en ciertos parajes del mar, de aguas muy profundas.

A ciertas profundidades parece ser que, efecto de las presiones, los carapaces silíceos y calcáreos sufren una cierta disolución, de modo que esta manera de sedimentación desaparece y en su lugar se encuentra un barro rojo con nódulos de óxido de hierro y manganeso, depósito que parece tener muy escaso espesor, pues la draga ha recogido dientes de escualos (tiburones de especies que han desaparecido y que florecieron en la época terciaria). Es decir, que objetos que cayeron al fondo del mar en aquella re-

mota época, desde entonces acá el barro acumulado no ha sido suficiente para cubrirlos, y permite que una draga á esa profundidad pueda recogerlos.

Vamos á parar ahora brevemente la atención sobre aquella parte del agua llovediza que es absorbida por la tierra, que es otro factor de importancia en la constitución de la corteza terrestre.

Del agua que cae en la superficie ya he dicho que una parte es absorbida por los terrenos permeables al agua y por aquellos que lo son menos por sus grietas y resquebrajaduras. Uno de los primeros efectos que el agua experimenta al penetrar por las capas más superficiales de la corteza, es ponerse en contacto con las substancias orgánicas en descomposición.

Cargada además como viene de oxígeno, es también oxidante, y al atravesar la substancia orgánica se carga aún más de lo que estaba de ácido carbónico.

Cuando penetra en este estado por rocas formadas por carbonato de cal, ya hemos visto que las disuelve, y uno de los efectos más visibles de esto es la formación de cuevas y cavernas en las rocas calizas, algunas de las cuales son verdaderamente notables por la complicación de sus galerías y amplias cámaras, así como por la extensión que ocupan.

En nuestra Península son numerosísimas, y sería prolijo enumerarlas; sólo citaré, por lo conocida, la de San Miguel, en el Peñón de Gibraltar, cuyo término es aún desconocido.

En estas cuevas el agua que por ellas filtra viene naturalmente cargada de bicarbonato de cal, que al contacto del aire pasa al estado de carbonato y cristaliza formando desde el techo esos bellos penachos

y canelones llamados estalactitas y que efectos tan sorprendentes producen; mientras que las gotas que caen al suelo de la caverna van abandonando el carbonato de cal que cristaliza también en capas superpuestas llamadas estalagmitas y que á veces crecen tanto que se juntan con las estalactitas que del techo descienden y forman columnas de esbeltez extraordinaria.

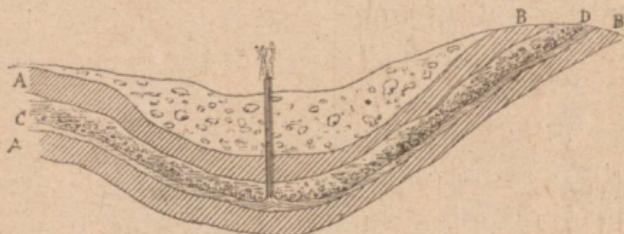
Las aguas subterráneas van cargándose de diversos minerales, al paso que circulan por las capas terrestres, y cuando llegan á un terreno impermeable sobre él se acumulan y por él corren formando lo que se llama una capa acuifera; y si este terreno se encuentra cortado y puesto al descubierto por cualquier accidente del terreno, entonces el agua sale á la superficie en forma de fuente ó manantial.

Si las substancias que lleva en disolución no pasan de cierto límite, el agua sirve para la bebida, y se llama potable; pero si éstas pasan de cierto límite, se la considera como agua mineral.

Si además sucede que por la disposición del terreno el agua desciende por debajo de la línea en que ya he dicho existe la temperatura media y penetra en la región en que la temperatura crece con la profundidad, puede llegar á un límite en que se calienta considerablemente, y si entonces se encuentra en condiciones para que se forme un sifón, volverá á la superficie con la temperatura que ha adquirido en la profundidad y entonces se le conoce con el nombre de agua termal.

Una propiedad de las capas acuíferas de que el hombre se aprovecha en regiones en que el agua escasea, es el hacer su sifón artificial.

Cuando existe una comarca rodeada, por ejemplo, de colinas formadas por rocas permeables como el adjunto esquema indica (lám. 37) y cubiertas por un terreno impermeable, existe una gran probabilidad de que perforando el terreno superior la capa acuífera por su presión hidrostática ascienda á la superficie en abundante y ascendente chorro, aguas que son conocidas con el nombre de pozos artesianos.



LÁM. 37.—Colinas formadas por rocas permeables

Fuera aparte de los que se han hecho en diversos países de Europa, los franceses en la región del Sahara argelino los han hecho en abundancia y han llevado la fertilidad á regiones que eran completamente desérticas.

Un fenómeno en la íntima dependencia de las aguas que circulan por la corteza terrestre, son las fuentes incrustantes.

Las aguas que vienen cargadas de bicarbonato de cal, cuando afluyen á la superficie, como ya he indicado, pasan los bicarbonatos al estado de carbonatos, el ácido carbónico se desprende y el carbonato insoluble se precipita y forma una capa de esta substancia que envuelve todos los objetos por donde pasa, y cubre á veces grandes extensiones de terreno con una piedra algo porosa que se distingue con el nombre de toba.

Otra formación de cierta importancia debida á las aguas meteóricas son los depósitos de turba que ocupan en ciertos parajes grandes extensiones.

La formación de la turba se produce en lugares pantanosos y en que la temperatura media del lugar no sea superior á 8 ó 10 grados, y exista en el aire un grado de humedad bastante pronunciado.

En estos parajes crecen musgos en extraordinaria abundancia y generaciones se van sobreponiendo á generaciones, y los que van quedando debajo van sufriendo una alteración en su constitución y pasan á una substancia carbonosa negra ó rojiza que en muchas comarcas puesta á secar se emplea como combustible.

Estos depósitos cubren á veces grandes extensiones de terreno, por ejemplo, en Irlanda y Alemania.

En Irlanda hay turberas cuyo combustible tiene hasta 13 metros de espesor y superficialmente ocupan extensiones de más de un millón de hectáreas.

En nuestra Península, en las regiones montañosas, suele haberla también, pero en general ocupando siempre pequeñas extensiones.

---

## CAPITULO VII

### Geología Histórica

Venimos á uno de los capítulos de la Geología de mayor interés. En este capítulo vamos brevemente á parar la atención sobre aquellos jalones principales de la historia de la tierra y ver de qué manera ha ido ésta paulatinamente evolucionando hasta llegar al estado actual, diferenciándose cada vez más y más hasta llegar en el momento presente á la última expresión de su desenvolvimiento en que el hombre toma posesión y aprovecha todas las fuerzas naturales en beneficio propio.

**Epoca Arcaica y Paleozoica.** — Los materiales más profundamente situados que ya he dicho se encuentran en la superficie terrestre, son los gneises y micacitas. Estas rocas, cuya formación es eminentemente distinta á todas las que veremos en las edades sucesivas, señalan una diferencia de origen evidente. Todas las demás rocas se verá son productos análogos á los que actualmente se forman, é indican un estado del globo semejante al actual; pero en estas la diferencia es esencial. Mucho se ha discutido entre los geólogos acerca de su origen y muy distintas han sido las hipótesis que se han hecho acerca de lo que estas rocas representan en la vida del globo terrestre.

Sin embargo, datos por todos lados vienen á converger hacia un punto que justifica el considerar que estas rocas representan el momento en que la fase estelar de la tierra ha concluido y en que el agua reducida al estado de vapor comienza á condensarse y á caer sobre la aun cálida tierra.

En este caso es probable que en la superficie de la tierra hubiera gran predominio de carburos metálicos, únicos productos posibles á altas temperaturas y que en presencia del agua se descompusieran en óxidos metálicos é hidrocarburos; y como el agua iba cada vez condensándose más y más y empezando á formar los incipientes mares, iban esos óxidos depositándose en mares de una actividad química portentosa y formándose esa serie de rocas eminentemente cristalinas, pero estratificadas y en las cuales parece reconocerse un cierto orden cual si correspondieran á tres distintos períodos de la vida del planeta.

Fórmanse en la base rocas gnéisicas de aspecto granitoideo y de una gran uniformidad y espesor; á estas rocas siguen gneises también, pero mucho más micáceos y fisiles, y que se distinguen por la cantidad de rocas de distinta clase que los acompaña y por la abundancia de minerales que entran en su composición.

A este complejo de rocas sigue otra serie de relativa monotonía, representada por micacitas que son gneises en que falta el feldespato constituidas por mica y cuarzo. Estas rocas, á su vez, se funden en pizarras micáceas y filadios y pasan á confundirse con las rocas ya francamente sedimentarias. Como se ve, las rocas estrato-cristalinas parecen ser el lazo de unión entre el estado que siguió á la fase es-

telar y el que inmediatamente precedió á un estado semejante al actual.

En varios parajes de la tierra se observa que en la vecindad de ciertos macizos formados por rocas arcaicas, se encuentran gruesos bancos de conglomerados que sirven de base á una serie de pizarras de un inmenso espesor; pizarras que suelen terminar en unas regiones por cuarcitas y areniscas, y constituyen una serie perfectamente definida y que forma la base de toda la serie francamente sedimentaria. Esta serie ha recibido el nombre de período cambriano.

En las primeras pizarras los restos de la vida son verdaderamente exiguos y sólo trazas de lombrices y el problemático género *Oldhamia* se encuentran como representantes de la vida en la base de las pizarras cambrianas.

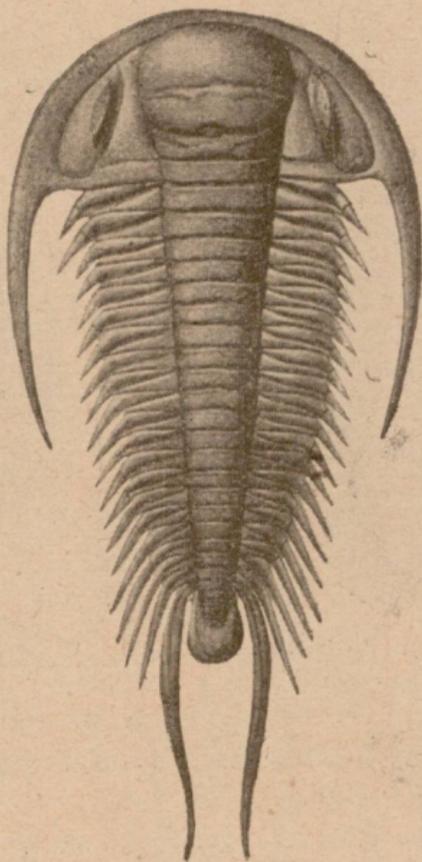
Hacia la parte superior la cosa cambia, y ya allí hacen su aparición algunas especies de crustáceos y de moluscos.

De éstos, el género *paradoxides* entre los crustáceos (véase lám. 38) es el más característico y de entre los moluscos las *lingulas*, y aunque todavía la vida está escasamente representada, ya se ve que no era tan escasa como al comenzar el período.

La fauna que corresponde á este período se llama la fauna primordial.

A estas rocas sigue otro gran espesor de pizarras, conglomerados, calizas y algunas cuarcitas en casi todas las distintas regiones de la tierra, variando su composición según los distintos lugares. Ya en estas rocas la vida toma un vuelo sorprendente, y aunque casi todos sus representantes han desaparecido del mundo actual, ya sin embargo la evolución había hecho pasos de gigante.

El género trilobites representado por los paradoxides en el período anterior, toma un vuelo enorme y puede decirse que el período siluriano, como este

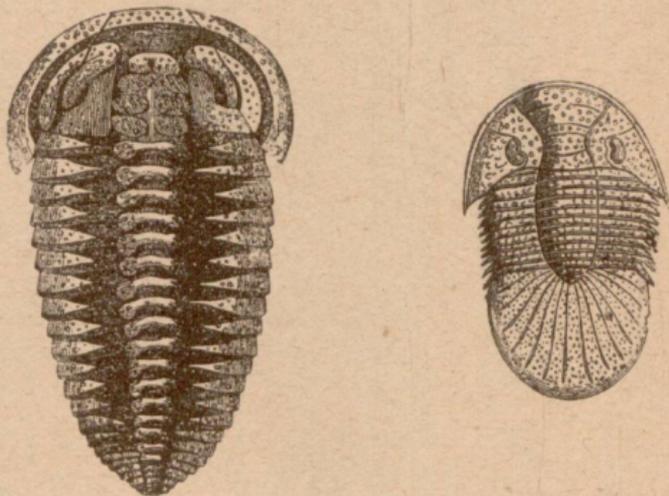


LÁM. 33.—Trilobite del período cambriano  
(Paradoxides)

período se llama, es el reino de los trilobites. De este género se desarrollan numerosas especies, de las que como muestra en la lámina 39 pueden verse dos de los más importantes.

El desarrollo de los demás seres sigue el mismo

rumbo; los moluscos lo adquieren grande y hacen su aparición numerosas especies. También aparecen por primera vez el género cefalópodo, unos rectos llamados orthoceras, y otros enroscados llamados goniátiles; estos seres, en vez de desaparecer en este período, se dan la mano con otros análogos que



LÁM. 39.—Trilobites de la época siluriana

veremos dar carácter á la época secundaria y cuyos últimos representantes viven todavía en los náutilus y calamares actuales.

Este período pasa á otro que se conoce con el nombre de devoniano.

Durante este período la vida sigue su desarrollo y empiezan á abundar los peces en aquellos mares, que en el período anterior dejan escasísimos restos.

Los trilobites desaparecen en el mayor número de especies y persisten aún los goniátiles con gran número de especies. Los moluscos siguen aumentando y los demás animales inferiores.

Los depósitos son semejantes pizarras en gran cantidad y variedades; areniscas que unas veces pasan á cuarcitas y otras quedan en forma de areniscas; calizas en algunos lugares muy potentes; alcanzando el sistema grandes espesores en algunos parajes, aunque no tan considerables como los depósitos del período anterior.

En la Península, salvo en la región cántabro-pirenaica, el desarrollo de las rocas devonianas es relativamente escaso, cuando se compara al espacio ocupado por la formación siluriana. El color rojo de algunas areniscas de esta formación y alguna de sus pizarras es muy característica, predominando los rojos oscuros casi amaranto.

Un hecho que indica el largo período que estas divisiones implican es que, por ejemplo, en contados sitios es donde la sucesión regular de los estratos se observa, sino que se ve que cuando por ejemplo los estratos devonianos se depositaron, los silurianos habían sido ya previamente dislocados; esto se llama en geología, como he dicho, discordancia de estratificación.

Llegamos al último período de la gran época paleozoica, pudiendo decirse que este período cierra el mundo antiguo; á este período, de inmensa importancia para el hombre, se le designa con el nombre de permo-carbonífero.

En este período la vida vegetal adquiere un desarrollo portentoso, y la tierra se halla cubierta de numerosas especies arborescentes, entre ellas helechos gigantes, coníferas, calamitas y licopodiáceas de las tribus de lepidodendros y sigillarias; la lámina 40 da una idea de esa extraña vegetación.

Además, en este período sigue el desarrollo de los animales inferiores y comienzan á manifestarse los reptiles, que tan inmenso desarrollo van á tener en la época siguiente.

Los depósitos de este período se dividen en dos



LÁM. 40.—Tipo de vegetación de la época carbonífera

clases, unos de mares profundos y otros costeros y litorales. Los primeros forman grandes depósitos de calizas en unos sitios y de pizarras en otros depósitos que ocupan en general la base de la formación. A la caliza se le distingue con el nombre de caliza de montaña, de la que los Picos de Europa en la provincia de Santander forman un bello ejemplar, y las pizarras con el nombre de Pizarras de Posydonomia Becheri por la abundancia con que este fósil se presenta en ellas. Estos depósitos en muchos sitios forman la base de la formación sobre que la hulla se ha depositado. La hulla parece ser un depósito costero

en el borde de grandes bosques de un desarrollo extraordinario y que sucesivas inundaciones llevaban los detritus al mar, donde se iba gradualmente formando el terreno hullero.

Consiste éste en capas de conglomerados y areniscas y capas de arcilla; á este depósito sucede generalmente la hulla que, cubierta á su vez por nuevos depósitos de areniscas y arcillas, se repite por un grande espesor, cual si simultáneamente que esto sucedía el terreno experimentase un lento descenso que permitía la acumulación de estos materiales; espesor que en algunos sitios es verdaderamente extraordinario; en Inglaterra, el espesor del terreno hullero oscila entre 1,700 metros á 3,600 metros. El carbón es el resultado de la oxidación del hidrógeno de la fibra vegetal y la destilación de los hidrocarburos, que va haciendo que cada vez vaya siendo el depósito más y más rico en carbono, y llegando á veces á pasar la substancia vegetal como pasa en la antracita á casi carbono puro, deduciendo la ceniza y pequeñas trazas de hidrocarburos.

Concluye el período con los depósitos pérmicos, que indican un estado inestable en la corteza y en que la exuberante vida del período carbonífero parece como restringirse; tienen lugar en todo el globo grandes cambios en la repartición de los mares y todo indica un período de actividad de las energías internas en el globo de grande trascendencia, que, como más adelante veremos, son las precursoras de la época que se llama secundaria.

Antes de pasar á hacer un rápido resumen de los principales caracteres de esa época, vamos á parar brevemente la atención sobre la parte que ha cabido

á la Península en las vicisitudes de la época paleozoica. Ya dije que en los albores de la época paleozoica se formaron en la Península abundantes depósitos de gruesos conglomerados en ciertos sitios, sobre todo en los límites de Galicia, Asturias y León, y en el SO. de la Mancha y Extremadura. Estos depósitos indican tierra firme de donde procedían los cantos, bien por el batir de las olas ó por acarreos de arroyos y torrentes.

Con efecto, obsérvanse tres núcleos en España: uno en el NO., en la región galaica; otro en la parte central, y otro en la meridional. Estos núcleos, formados de rocas estrato-cristalinas, parecen haber estado emergidos desde remoto tiempo en una extensión de que nos es difícil el poder juzgar en la actualidad; lo único que se percibe es que cuando el cambriano empezó á depositarse, estas rocas estaban plegadas en una serie de pliegues orientados de SO. á NE.

Los conglomerados cambrianos desaparecen bajo un espeso manto de pizarras con señales evidentes en algunos parajes de emanaciones volcánicas submarinas. Sobre las pizarras cambrianas siguen depositándose las cuarcitas y calizas, y á éstas sigue toda la serie de pizarras y calizas silurianas.

Esta sucesión de estratos indica que en nuestra Península se formó un gran geosinclinal que persistió todo el período cambriano y siluriano, y aun parte del devoniano, aunque estos depósitos, salvo en la región del Norte y en parte de la región occidental, se encuentra sólo á retazos, cual si el mar se hubiera ido paulatinamente retirando de lo que hoy forma la actual meseta central.

Durante el período carbonífero, salvo en el Norte,

el mar se limita al extremo SO. de la Península y se deposita en discordancia sobre los otros terrenos, y penetrando por el actual valle del Guadalquivir, deja sus depósitos hasta bien adentro de la meseta central, como los depósitos de caliza de montaña de Bélmez y Espiel y de las cercanías de Fuente Ovejuna indican, depositándose en diversos sitios las numerosas cuencas carboníferas de esa parte de la Península.

Hacia el final de este período, los trastornos que la oscilación de los depósitos indican en el geosinclinal se acentúan, y durante su transcurso el geosinclinal se pliega en una serie de pliegues orientados de NO. á SE., aunque sufriendo á veces grandes inflexiones.

Acompañando á estos fenómenos de plegamiento penetran á través de los estratos, ingentes masas graníticas que se extienden en grandes manchas orientadas de NO. á SE., desde el norte de Galicia al valle del Guadalquivir.

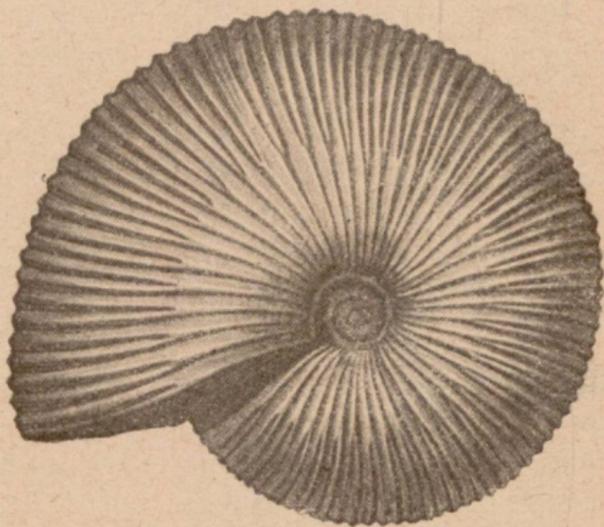
Estas inmensas intrusiones son acompañadas ó tal vez seguidas de erupciones en grande escala de pórfidos y diabasas.

Como resultado de este movimiento de plegamiento, resulta el relieve de la Península cambiado y echados, puede decirse, los cimientos de su forma actual.

Resulta de todo ello que al acabar la época primaria ó paleozoica, en el actual occidente de la Península existía una gran cordillera orientada de NO. á SE., limitada por el Sur por el valle del Guadalquivir, no siendo posible asignarle límite en aquella época por el NO.

Esta cordillera veremos que permanece desempeñando un importante papel durante toda la época secundaria y aun terciaria, y que para asemejarla á trastornos análogos en otras partes de Europa se designa con el nombre de cordillera Herciniana.

Hecho este rápido resumen de los principales fe-

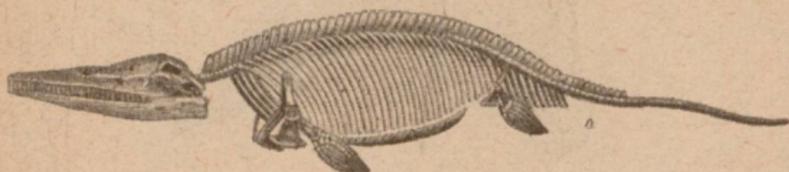


LÁM. 41.—Amonites.—Cefalópodos predominantes en la época secundaria

nómenos geológicos que han dado su relieve á la Península, pasemos á ver los rasgos distintivos de la época que le sigue en la sucesión del tiempo.

**Época secundaria.** — Al llegar á este período, el carácter del mundo antiguo ha cambiado, de la fauna y la flora los caracteres distintivos se han perdido. Los trilobites han desaparecido; los cefalópodos, representados por los goniatites y orhtoceras, desaparecen, y en su lugar hacen su aparición otras especies, tales como los ceratites y amonites, que adquieren durante esta época un desarrollo verda-

deramente extraordinario; y así como la época anterior puede clasificarse como el reinado de los trilobites, en esta los amonitos (lám. 41) adquieren un inmenso desarrollo; y todo el carácter de la fauna y de la flora, por más que subsisten formas iguales á las primitivas, va teniendo un carácter cada vez de mayor complicación ó perfección si se quiere. Los reptiles, que al final de la época anterior comienzan á dibujarse, adquieren en esta época un desarrollo colosal y llegan á generarse formas de estos seres



LÁM. 42.—Ichthyosauo.— Saurio gigantesco del periodo jurásico

verdaderamente colosales, de los cuales los ictiosauros y los plesiosauros son los más importantes (lámina 42). También desde el comienzo de esta época comienza el desarrollo de las aves íntimamente unidas en un principio á los reptiles; pues los restos del pterodactilo (lám. 43), es más un reptil con alas que un pájaro. Se ve, pues, que la evolución orgánica va paulatinamente efectuándose en esta época.

Esta interesante época se divide á su vez en tres períodos, uno de ellos el triásico, está caracterizado por depósitos, salvo en contadas regiones de poco fondo, cual si después del esfuerzo de adaptación del final de la época anterior, el mundo hubiera temido un momento de relativo reposo.

Están los depósitos de este primer período repre-

sentados en el mayor número de sitios por areniscas de colores rojizos y llamada la arenisca abigarrada; á este depósito siguen lechos de caliza conchífera, y el todo está con frecuencia terminado por depósitos de arcillas, yesos, depósitos de sal gema y algunos lechos de caliza, serie de depósitos que se han sedi-



LÁM. 43.—Pterodactylo.—Saurio alado del período jurásico

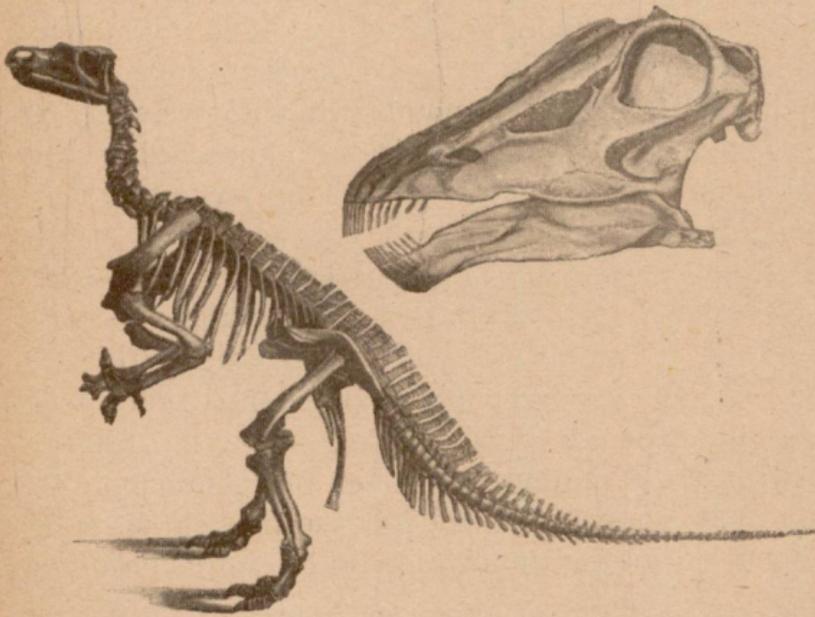
mentado probablemente en lagunas más ó menos salobres.

A estos depósitos siguen los depósitos del período jurásico. Depósitos en que ya vuelven los depósitos de agua profunda á ser predominantes.

Entre los depósitos de este período se distinguen las grandes masas de calizas, unas veces en estado de pureza y otras veces acompañadas de arcillas, de donde resulta una roca llamada marga, muy característica de las formaciones relativamente recientes. Las calizas de este período se distinguen unas veces por su abundancia en restos de corales, y otras por ser una compacta masa de granillos redondos muy diminutos que recuerdan á las huevas de los peces, y de ahí el nombre de oolítica.

En algunos sitios es esta forma de caliza tan abundante, que al período jurásico se le ha querido distinguir con el nombre de período oolítico.

En el período cretáceo sigue la evolución de la vida; las formas inferiores siguen su progresivo desarrollo; los amonitos siguen dominando, y entre los vertebrados aun se acentúa el desarrollo de peces y



LÁM. 44.—Iguanodón.—Gran saurio del período cretáceo

reptiles (lám. 44), y éstos adquieren un predominio tan considerable como en el período anterior, y las aves que comienzan á iniciarse entonces, adquieren en éste un desenvolvimiento considerable, y las especies de ictiornis y hesperornis (lám. 45) son aves de gran talla, pero que poseen aún dientes semejantes á los que poseen los reptiles.

Los depósitos del período cretáceo son análogos á

los del jurásico; grandes bancos de caliza, unas veces compactas y otras pulverulentas. Esta forma de caliza es muy característica del período. Es un depósito de mar profundo, formado por innumerables carapaces de animales inferiores y se distingue con el nombre de creta, que es el que se ha tomado para distinguir al conjunto del período.

Un fenómeno de gran interés tuvo lugar hacia el final de este período, cual fué el avance del mar hacia el interior de las masas continentales, avance que se distingue con el nombre de transgresión de la creta, y que hizo que lugares que nunca habían sido invadidos por el mar jurásico y que formaban tierra firme, fueran cubiertos por las aguas hacia el final de la época secundaria. En nuestra Península esta época transcurre con relativa tranquilidad.

Al final del paleozoico ya dije que una gran cordillera parece haber ocupado una ancha faja que se extendía desde Galicia al actual valle del Guadalquivir. Esta cordillera, quizás un promontorio de tierras más importantes al NO., forma en la época secundaria lo más importante de la Península de entonces.

El mar triásico parecía penetrar algún tanto quizás al Oeste del actual Cabo de Peñas, y siguiendo la vertiente oriental de aquella cordillera trasponía la actual Carpeto-Vetónica que existía sólo como un apéndice de la Herciniana hacia la altura de la actual Peña Cebollera, y penetrando en los llanos de la actual Mancha se juntaba con el mar que cubría el actual valle del Guadalquivir. Sumergido este valle en totalidad, sólo quizás sobresalían algunas islas de los macizos antiguos que hoy día forma la

cadena litoral ó penibética. Hacia el mar triásico algunas entradas por las escabrosidades de la hoy llamada Sierra Morena, y entonces terminación de la Herciniana, y bordeando el actual Algarbe giraba



LÁM. 45.—Hesperornis.—Ave con dientes, del período cretáceo

la costa sobre sí misma á semejanza de lo que hoy sucede, y penetrando unas veces hacia el interior de Portugal y manteniéndose otras veces á cierta distancia de la actual costa, salía aproximadamente por el Sur de Oporto. El mar jurásico sigue aproximada-

mente los contornos del triásico, algún tanto más retirado de la cordillera Herciniana; y durante este período se ofrece un fenómeno de singular interés en la historia evolutiva de nuestra Península.

Tanto en el Este como en el Occidente de la citada cordillera, se encuentran una serie de depósitos de estuario de un gran interés, pues estos depósitos que parece venían á verterse en el mar jurásico, parecen venir desde el Norte cual si la cordillera Herciniana hubiera sido la prolongación de tierras al NO. y hubiera separado las aguas de esos dos grandes estuarios, cuyos depósitos hoy cubren una grandísima extensión en Portugal y en las provincias de Santander, Burgos y Logroño en España. Hacia el final del período cretáceo, la transgresión que ya he dicho se observa en casi todas partes adonde los depósitos cretáceos se hallan, se observa en España de una manera muy marcada. En la actual meseta central, por ejemplo, la creta penetra hacia el interior de la cordillera Carpeto-Vetónica en donde jamás ni el mar triásico ni el jurásico habían penetrado, y llega á dejar sus sedimentos hasta en el actual valle del Lozoya y diferentes sitios de las provincias de Madrid, Segovia y Ciudad Real, que parecen haber estado fuera del mar durante la mayor parte de la época secundaria.

Al concluir el período secundario experimenta la Península un cierto movimiento de intumescencia, que hace que el mar se retire en gran parte de su suelo, y al comenzar la época terciaria veremos que las variaciones en el régimen de la Península han sido de importancia.

**Epoca Terciaria.** — Esta época es para el hombre

de gran interés, pues ella prepara en la tierra el relieve actual y en la que le sigue viene él á entablar la lucha con las fuerzas naturales, y tras gigantesco esfuerzo llega á dominarlas poco á poco y á formar la civilización en que vivimos.

El terciario se divide también en tres períodos: el eoceno en la base, el mioceno en su parte media, y el plioceno que pone término á la serie.

La fauna y la flora de estos tres períodos se va aproximando cada vez más á las actuales formas. Persisten muchas de las inferiores, casi sin variación desde la época cambriana, pero van por otro lado complicándose cada vez más y más tanto las vegetales como las animales, y sumándose diferencias al pronto insignificantes va la vida acercándose á la actual. Desde el principio del eoceno, no sólo los marsupiales sino los placentales, van evolucionándose y en el mioceno llegan los mamíferos á adquirir un desarrollo extraordinario; y así como la época secundaria se puede considerar como el reinado de los grandes saurios ó reptiles, en la época terciaria es su característica el inmenso predominio de los grandes mamíferos, algunos de talla verdaderamente gigantesca.

En esta época viven los progenitores de los animales actuales; el hiparión relacionado al caballo actual, los ciervos, los antecesores de la raza canina y felina, los rumiantes, los precursores de los elefantes y, por último, los monos. Especies distintas de las actuales, pero que presentan una relación íntima con estas y en algunos casos se ha podido seguir la serie sin interrupción; por ejemplo, en el caso del caballo y otros análogos.

Caracterizan á esta época grandes trastornos en la corteza terrestre, trastornos de casi tanta ó mayor importancia como los que caracterizaron el final de la época paleozoica.

Fórmanse en este período las principales cadenas de montañas, tales como los Alpes, el Pirineo y el Himalaya; cambia el Mediterráneo de carácter; prodúcense los grandes hundimientos del mar Egeo; pero terminada esta época, vuelve la corteza á entrar en un período de relativa tranquilidad.

En esta época, y sobre todo en el mioceno, la actividad volcánica tiene un verdadero paroxismo y las erupciones de basalto y otras rocas adquieren un desarrollo colosal. El período eoceno, sobre todo en el mediodía de Europa y en la región Mediterránea de África y Asia, tiene un carácter muy especial, pues mientras en el Norte de Europa y en el centro sus depósitos son de mares poco profundos, en esta región Mediterránea adquieren un gran desarrollo; cual si en este período hubiera habido importantes hundimientos del fondo del mar, precursores de las grandes cordilleras que tomaron su relieve en el final y medio del terciario.

Entonces se formaron gruesos bancos de caliza constituídos en gran parte por carapaces de los foraminíferos llamados numulites, que dan carácter á esta formación y forma un gran contraste con los depósitos contemporáneos, por ejemplo, de la Europa central.

El mioceno ocupa en la superficie del mundo con sus depósitos una grande extensión, siendo de notar que los depósitos lacustres son muy frecuentes en toda Europa y América.

Por último, el plioceno forma depósitos de mucha menor importancia, y sólo en la región Mediterránea es donde adquiere en algunos sitios grandes espesores.

En nuestra Península tienen lugar durante esta época grandes trastornos que por completo cambian su faz. Al acabar el período cretáceo ya he indicado que sufre la Península una especie de intumescencia que hace que el mar se retire de su parte central y el mar eoceno queda limitado á la región del Pirineo y valle del Ebro, y á la zona meridional desde el reino de Valencia á los Algarbes.

Al final del eoceno ó tal vez antes, iníciase ó mejor dicho acentúase la cordillera Pirenaica, y el mar abandona casi el total de la Península.

Por el Sur también se acentúa la cordillera Bética, y las islas de rocas antiguas que formaban hasta entonces los núcleos de la actual cordillera litoral, quizás se unen entre sí y constituyen en aquella época un conjunto tal vez unida al Africa y separada de la Península por el estrecho mioceno que desde la protuberancia que forman los cabos de la Nao y San Antonio actuales se extendía por el actual valle del Guadalquivir á la provincia de Huelva, quedando ya limitado al fondo del valle este gran geosinclinal.

Durante el período mioceno, en la actual meseta central se forman grandes lagos á ambos lados de la cordillera Herciniana. Uno de ellos ocupa el valle del Ebro y parte de Cataluña. Otro Castilla la Vieja; mientras que otro gran lago se extiende al Sur separado de éste por parte de lo que iba á ser cordillera Carpeto-Vetónica, entonces un apéndice de la Herciniana, extendiéndose por las actuales provincias de

Cuenca, Madrid, Toledo, Albacete y Ciudad Real. Al occidente de la cordillera Herciniana y ya en Portugal fórmasse otra serie de lagos, si no tan importantes como los españoles, de bastante interés. Transcurrió el período mioceno en estas condiciones: una cordillera orientada de NO. á SE. y grandes lagos en sus vertientes á no muy considerable altura sobre el mar, el cual á excepción de algunos golfos en Cataluña y Valencia y en el estuario del Tajo, sólo ocupaba de la Península el estrecho del valle del Guadalquivir.

Concluye el período mioceno, y nuestra Península experimenta la serie de trastornos más violentos que ha experimentado desde el final de la época paleozoica.

La cordillera Herciniana, que ha sido la columna vertebral de la Península desde el final del paleozoico, pierde su carácter de gran divisoria y ésta se traslada á levante, y en la actualidad la gran divisoria entre el Mediterráneo y el Océano, aunque paralela en cierta manera, se hace por una serie de montañas unas veces y otras por una sucesión de planicias elevadas, verdaderos páramos y estepas de la España central.

Desde esta línea que se puede trazar desde la cordillera Cantábrica á Andalucía, el terreno baja de una manera abrupta hacia la depresión Mediterránea y con suave pendiente hacia el Océano. El resultado de esto fué que la cordillera Herciniana queda atravesada, cambiando por completo el régimen de las aguas. Los lagos desaparecen, y las aguas que vienen de la nueva divisoria segmentan y horadan la antigua cordillera cuyas ingentes ruinas constitu-

yen hoy día una de las regiones más ásperas y variada de España y Portugal.

Simultáneamente que esto tenía lugar, el mar iba abandonando paulatinamente la Península, que ya iba adquiriendo un relieve muy semejante al actual.

Conforme esto sucedía, la cordillera Bética sufría los últimos plegamientos del valle del Guadalquivir, y el mar abandonaba este gran geosinclinal, excepción de un pequeño golfo que penetraba por la desembocadura actual de este río, y á través de parte de las provincias de Cádiz y de Huelva penetrando quizás hasta las cercanías de Córdoba, en cuyo fondo se depositaron los últimos depósitos terciarios de este valle.

El mar sólo hace ya pequeñas entradas á lo largo de las costas en la provincia de Cádiz y en las costas mediterráneas y oceánicas; pudiéndose decir que al terminar este período y en el comienzo del que le sigue, ya toma la Península su relieve actual, y las diferencias que se notan hasta la fecha son ya insignificantes cuando se les compara á las de la época precedente.

**Epoca cuaternaria.** — Hemos llegado á la época cuaternaria, época de cuyas vicisitudes es testigo el hombre. Es esta época de pocos trastornos orogénicos, pero en cambio se manifiesta un fenómeno que quizás tenga precedente, pero que en este período es cuando se pone de manifiesto de una manera más evidente.

Consiste esto en un enfriamiento de consideración que el clima de las regiones septentrionales y de las latitudes medias de los continentes del hemisferio Norte experimentan.

Los vestigios que de este enfriamiento quedan, ponen de manifiesto que el casquete de hielos polares avanzó hasta latitudes en extremo bajas, y simultáneamente se exageran sobremanera los fenómenos glaciales en las montañas de las latitudes medias.

La Península Escandinava desaparece bajo un manto de hielo, á semejanza de lo que hoy día se observa en Groenlandia. Igual fenómeno se observa en Inglaterra y en el Norte de Alemania.

En Francia, los glaciares Alpinos descienden al llano y por el valle del Ródano vienen á dejar sus cantos erráticos hasta las cercanías de Lyon, mientras que los Alpes desaparecen bajo un manto de hielo á semejanza de como están hoy día sus altas cumbres.

Idéntico fenómeno se observa en el Pirineo, en donde los glaciares tan restringidos hoy día á las altas cumbres, descienden hasta los llanos de Argelés. En las montañas del Asia se observa un fenómeno algo semejante, y en el Himalaya bajaron los glaciares á mil metros por debajo de los actuales.

Igual fenómeno se observa en la América del Norte, y por su ubicuidad en todo el hemisferio, se deduce que es debido á un fenómeno general, cual si todo el planeta hubiera experimentado un enfriamiento considerable.

Diversas explicaciones se le ha buscado al fenómeno; pero la más satisfactoria, á mi juicio, es la siguiente. Como en el capítulo V tuve ocasión de indicar, el perihelio y afelio son variables para ambos hemisferios, y separados por intervalos de 10,500 años coincide unas veces el perihelio con el invierno

en el hemisferio Norte y otras en el Sur, y vice-versa.

Si además sucede para precisar los hechos que el afelio coincide con un máximo de excentricidad con el invierno en el hemisferio Norte, resultará que la distancia de la tierra al sol será de 14 millones de kilómetros mayor en el afelio que lo que es en la actualidad, y por lo tanto tendremos un invierno algo más largo (36 días) y más frío, mientras que el verano será más corto, pero más caliente por su mayor proximidad al sol.

Claro es que en el curso del año la suma ganada y perdida se compensarán y no hay razón para enfriamiento alguno.

Pero sucederá que en un invierno más frío y más largo la cantidad de agua que cae en las regiones medias, en vez de caer en forma de lluvia, lo hará en forma de nieve, y pueden llegar á ser las acumulaciones de nieve en tal cantidad, que no sea suficiente el calor del rápido aunque violento verano para fundir la nieve caída en el invierno.

Además, la nieve, aun bajo la acción directa del sol, mientras se está fundiendo no sube de cero grados en su temperatura. También es un hecho que los rayos solares que caen sobre la nieve se reflejan en gran parte al espacio y se pierden para la tierra.

La nieve también tiene la tendencia á enfriar el aire que sobre ella reposa, y si éste está cargado de vapor de agua se condensa y se forman nieblas que también tienden á interceptar los rayos solares. Por consiguiente, en estas condiciones puede resultar que tras un invierno largo y rudo con grandes precipitaciones de nieve, vengan veranos cortos y cuyo

mayor calor no sea suficiente para fundir la nieve caída en el invierno, de donde resultarían veranos húmedos y fríos por invertirse gran parte del calor en fundir la nieve caída en el invierno. Condiciones análogas á esto podrían explicar este fenómeno que ha sido siempre un enigma en geología. Este enfriamiento con varias oscilaciones dura un tiempo considerable, y paulatinamente va el fenómeno cesando y retirándose los hielos á mayor altura, y entonces tiene lugar la deposición de depósitos de aguas corrientes por la superficie de todo el hemisferio que se designan con el nombre de diluvium, y que son probablemente consecuencia de las inundaciones sucesivas que en largo transcurso acompañaron á la retirada de los hielos, fenómeno que tal vez duró por espacio de largo tiempo.

Durante este período se fueron paulatinamente abriéndose los valles actuales y fué tomando la tierra su facies actual. La flora y la fauna eran ya próximas á las actuales, y así como en épocas anteriores había que contar las especies que han sobrevivido, ahora hay que contar las que han desaparecido, y eso que muchas de ellas lo que han hecho es emigrar y restringirse á comarcas más septentrionales.

Sin embargo, algunas especies de las de aquella época han desaparecido, tales como el *ursus speleus*, el *elephas primigenius*, el *rhinoceros tichorinus* y otros que no creo necesario enumerar bastan para hacer ver que el proceso es idéntico á lo que venimos observando y que sólo la vecindad del período es lo que constituye la diferencia.

El hombre habita la tierra desde los albores de

esta época; en un principio, deja restos de un comienzo de civilización en sus hachas de pedernal y los restos muy escasos que se han encontrado indican seres de grandísima rudeza, y que tienen que luchar no sólo con los otros seres más fuertemente dotados que poblaban la tierra en aquel entonces, sino con la inclemencia del clima que la acción glacial pone de manifiesto. Hacia el final del período las condiciones van cambiando y con ellas la civilización va en aumento; ya el hombre fabrica ciertos objetos de su uso, tales como vasijas de barro, y en vez de las toscas hachas de pedernal lascado, usa la piedra pulimentada, y todo indica que va entrando en un estado, aunque rudo todavía, de mayor civilización, precursor de la época histórica en que aprende el uso de los metales y su extracción de los minerales y paulatinamente va su inteligencia creciendo y poniéndose en estado de llegar al período que conocemos con el nombre de histórico y en donde la geología histórica como tal deja de ser y entra en lo que se conoce con el nombre del estudio de las causas actuales.

Durante este período, nuestra Península ha sufrido relativamente pocos trastornos.

La época glacial parece haberse sentido con relativa intensidad en la Península. Todo indica que durante este período la acción glacial se extendía por gran parte de nuestras cordilleras.

Haciendo caso omiso del Pirineo y de la Cadena Cantábrica, la zona central correspondiente á la cordillera Carpeto-Vetónica debe de haber estado cubierta por los hielos en parte muy considerable.

En esta época quedaban como residuos de los

grandes lagos terciarios algunas lagunas de importancia al pie de la Cordillera. En los depósitos formados en uno de éstos se halla edificada la capital de la monarquía. Estas lagunas que se hallan á 600 ó 700 metros sobre el nivel del mar, recibían en aquel entonces los desagües de la Sierra, y esto explica en mi juicio el porqué, aunque se ven en estas montañas abundantes señales del paso de los hielos, sus morenas terminales se encuentran como perdidas.

Cuando se aproxima uno á la Cordillera, se ve que los depósitos que se formaron en aquellas lagunas son irregulares en extremo, y aunque se ven sedimentos que todo indica que han sido arrastrados por los hielos, sin embargo presentan una estratificación extraña á los depósitos terminales de los glaciares. Esto puede explicarse suponiendo que los glaciares se vertían en lagunas y que sus sedimentos se depositaban guardando cierta estratificación, presentando hoy día ese carácter que puede llamarse mixto.

Igual fenómeno se observa en Sierra Nevada, en que los depósitos de gruesos cantos de las colinas de la Alhambra presentan también un carácter dudoso, cual si fueran realmente restos glaciares que se depositaban en la gran laguna que durante el cuaternario parece haber ocupado la extensa vega de Granada. Confirma esto el que en Lanjarón existen restos glaciares á una altura que corresponde próximamente á la que tienen los depósitos de la Alhambra. Concluyen también en la Península los últimos restos del período glacial, y en el entretanto se han ido ensanchando y abriendo los valles y tomado la Península el relieve actual.

En el entretanto el hombre ha ido míseramente sosteniéndose, y los restos hallados en San Isidro en Madrid atestiguan que durante el tiempo en que las lagunas cuaternarias existían é importantes fenómenos glaciales se desarrollaban en la Sierra de Guadarrama, el hombre existía ya labrándose sus útiles de pedernal lascado.

Pasado este azaroso período, parece la Península haber entrado en otro de mayor amenidad, y conforme esto sucede, bien por invasiones de razas superiores ó por desarrollo de poblaciones autóctonas, el resultado es que el hombre de la piedra lascada tiene que ceder el campo á otros de raza evidentemente en mayor grado de civilización que la que aquélla tenía. Entonces se enseñorea de la Península la raza de los hombres que labran la piedra y hacen las hachas pulimentadas, que saben cocer el barro y dibujarlo ya groseramente y tienen una industria rudimentaria, pero que indica cierto grado de adelanto intelectual.

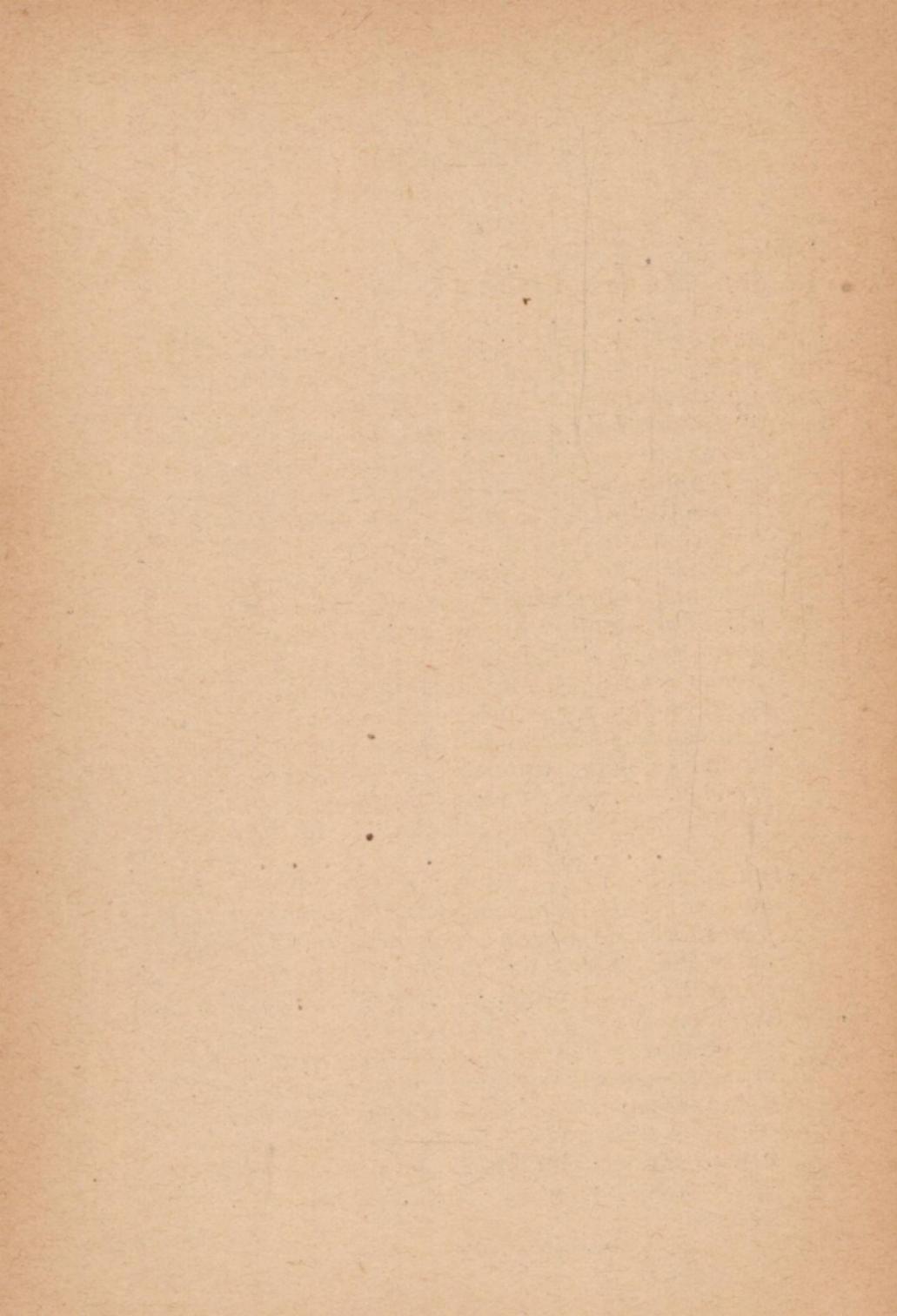
Aquí entramos ya en el período histórico; se establecen corrientes de emigración desde Asia y vienen razas más altamente evolucionadas á suplantar ó á fundirse con estas toscas razas de la edad de piedra y á echar los fundamentos de nuestra actual civilización.

FIN



# ÍNDICE

	Págs.
Introducción . . . . .	5
I.— Situación de la tierra en el concierto del universo. . . . .	7
II.— DESCRIPCIÓN É HISTORIA EVOLUTIVA DE LA TIERRA, Ó SEA GEOLOGÍA PROPIAMENTE DICHA.— De los materiales que forman la tierra . . . . .	17
III.— DE LOS MINERALES CONSTITUTIVOS DE LA CORTEZA TERRESTRE.— Grupo de los feldespatos.— Grupo de las micas.— Grupo de los piroxenos.— Grupo de los anfíboles.— Acido silíceo ó cuarzo, etc. . . . .	24
IV.— ASOCIACIONES DE MINERALES Ó ROCAS DE LA CORTEZA TERRESTRE Ó PETROGRAFÍA.— Estudio microscópico de las rocas y generalidades.— Estudio de las rocas antiguas ácidas.— Rocas graníticas.— Rocas antiguas básicas.— Grupo de las rocas cristalinas estratiformes.— Rocas cristalinas modernas ó volcánicas.— Rocas ácidas y traquitas.— Rocas volcánicas básicas.— Grupo de rocas sedimentarias por trituración y descomposición de las precedentes . . . . .	32
V.— DEL ESTUDIO DEL GLOBO EN SU CONJUNTO Y DE SUS ACTIVIDADES PROPIAS.— Vulcanismo.— Temblores de tierra ó seismología.— De la actividad interna del planeta; formación de montañas ú orogenia. . . . .	69
VI.— DEL ENVOLVENTE LÍQUIDO Y GASEOSO.— La vida en el mar y sus depósitos.— Fenómenos de erosión.— De los cursos de agua en la superficie terrestre, y de las aguas subterráneas. . . . .	120
VII.— GEOLOGÍA HISTÓRICA.— Epoca arcáica y paleozoica.— Epoca secundaria.— Epoca terciaria.— Epoca cuaternaria . . . . .	160



# MANUALES-SOLER

Estos Manuales, que abarcarán las diversas ramas del Arte, de las Ciencias y de sus aplicaciones prácticas, se publicarán periódicamente y sin interrupción.

Forman elegantes tomos del tamaño 11 × 16 cm. y de 150 ó más páginas con grabados y elegante encuadernación en tela, plancha especial.

## TOMOS PUBLICADOS Á 1'50 PTAS.

- I. — **Química General**, por el *Dr. Luanco*, Profesor de Química, miembro de varias Academias científicas, laureado en Francia, etc., etc. — Con grabados.
- II. — **Historia Natural**, por el *Dr. Odón de Buen*, profesor de dicha asignatura en la Universidad de Barcelona, laureado en Francia, publicista. — Con 143 grabados.
- III. — **Física**, por el *Dr. Lozano*, profesor de esta asignatura en la Universidad de Barcelona, Académico, laureado en Francia, etc. — Con 21 grabados.
- IV. — **Geometría General**, por el *Dr. Mundi*, profesor de la misma asignatura en la Universidad de Barcelona, laureado en Francia. — Con 96 grabados.
- V. — **Química orgánica**, por el *Dr. R. Carracido*, profesor en la Universidad de Madrid. — Con 21 grabados.
- VI. — **La guerra moderna**, por *D. Mariano Rubió y Bellvé*, comandante de Ingenieros, publicista, etc. — Con 44 grabados.
- VII. — **Mineralogía**, por el *Dr. S. Calderón*, profesor en la Universidad de Madrid. — Con 106 grabados.
- VIII. — **Ciencia Política**, por el *Dr. Adolfo Posada*, profesor de la Universidad de Oviedo.
- IX. — **Economía Política**, por el *Dr. José M. Piernas y Hurtado*, profesor de Hacienda Pública en la Universidad de Madrid, etc.
- X. — **Armas de Guerra**, por *D. J. Génova é Iturbe*, Comandante de Infantería, publicista. — Con 116 grabados.
- XI. — **Hongos comestibles y venenosos**, por el *Dr. D. Blas Lázaro é Ibiza*, profesor en la Universidad de Madrid. — Con grabados y 8 láminas en colores.
- XII. — **El Problema de la Ignorancia del Derecho**, por *D. Joaquín Costa*, abogado, académico de la de Ciencias Morales y Políticas.
- XIII. — **El Sufragio**, por el *Dr. D. Adolfo Posada*, profesor de Derecho político en la Universidad de Oviedo.
- XIV. — **Geología**, por *D. José Macpherson*, Doctor en Ciencias Naturales. — Con numerosos grabados.
- XV. — **Pólvora y Explosivos**, por *D. Carlos Banús*, Coronel Teniente Coronel de Ingenieros. — Con grabados.

# MANUALES EN PREPARACIÓN

---

Meteorología, por *D. Augusto Arcimis.*

El Arbitraje, por el *Dr. D. J. Fernández Prida.*

Guinea Española, por *D. Ricardo Beltrán Róspide.*

Algebra, por *D. José Echegaray.*

Fuerzas y Motores, por *D. M. Rubió y Bellvé.*

Cultivo de la Remolacha, por *D. Julio Otero.*

Aritmética, por el *Dr. D. Miguel Marzal.*

Armas de Caza, por *D. J. Génova.*

Historia de la Civilización Española, por *D. R. Altamira.*

Cultivo del Trigo, por *D. Julio Otero.*

Abonos, por *D. A. Maylín.*

Armaduras, por *D. Francisco Barado.*

Fotografía Práctica, por *D. José Baltá de Ceta.*

Psicología, por *D. L. Simarro Lacabra.*

Seguirán á estos **Manuales** otros de *Higiene General, Astronomía, Mecánica, Electricidad, Anatomía Humana, Entomología, Geografía Física, Agricultura, Análisis Químico, Química Biológica, Sociología, Higiene de los niños, Marina y Navegación, Derecho y Legislación, etc., etc.*, de cuya redacción serán encargados los más ilustres tratadistas de España y América, formando series diversas en que se desarrolle cada ciencia y sus aplicaciones en toda la intensidad necesaria.









# SUCESORES DE MANUEL SOLER

CASA EDITORIAL

Apartado en Correos, 89 - **BARCELONA**

---

OBRAS EN PREPARACIÓN

BACTERIOLOGÍA

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PLANTAS MEDICINALES

ANIMALES PARÁSITOS DEL HOMBRE

---

---

PRÓXIMO A PUBLICARSE

## TELÉFONOS Y LÍNEAS TELEFÓNICAS

por D. JOAQUÍN USUNÁRIZ

Teniente de Artillería

---

---

## LA VUELTA AL MUNDO

EN 80 DIAS

por Julio Verne

1.ª y 2.ª parte; dos tomos ilustrados con profusión de grabados

———— Tomo, 2 reales ————

---

---

## LA MANCHA EN EL ARMIÑO

Novela de costumbres españolas contemporáneas, por D. José Vancells Marqués, con prólogo y dos cartas de los Sres. D. Ramón Junque y D. Victor Balaguer

———— DOS TOMOS DE MÁS DE 1,100 PÁGINAS ————

En rústica, 5 ptas. — En tela, lomo piel, 7'50 ptas.



# MANUALES - SOLER

El éxito cada día más acentuado que sigue obteniendo la interesante **Biblioteca MANUALES-SOLER**, es una prueba evidéntísima de su importancia y utilidad. Se encuentran en esta popular colección de **MANUALES-SOLER** tomos de interés lo mismo para el erudito que para el obrero estudioso, y su adquisición es conveniente á todo el mundo.

## MANUALES PUBLICADOS

- 1.—**Química General**, por el Doctor Luanco. Ptas. 1'50
- 2.—**Historia Natural**, por el Doctor de Buen. Ptas. 1'50
- 3.—**Física**, por el Dr. Lozano. Ptas. 1'50
- 4.—**Geometría General**, por el Dr. Mundi. Ptas. 1'50
- 5.—**Química orgánica**, por el Doctor R. Carracido. Ptas. 1'50
- 6.—**La Guerra moderna**, por D. M. Rubió y Bellvé. Ptas. 1'50
- 7.—**Mineralogía**, por el Dr. S. Calderón. Ptas. 1'50
- 8.—**Ciencia Política**, por el Doctor D. Adolfo Posada. Ptas. 1'50
- 9.—**Economía Política**, por el Dr. D. José M.<sup>a</sup> Piernas y Hurtado. Ptas. 1'50
- 10.—**Armas de Guerra**, por Don J. Génova é Iturbe. Ptas. 1'50
- 11.—**Hongos comestibles y venenosos**, por el Dr. D. Blas Lazaro é Ibiza. Ptas. 1'50
- 12.—**La Ignorancia del Derecho**, por D. J. Costa. Ptas. 1'50
- 13.—**El Sufragio** (Doctrina y práctica en los pueblos modernos), por el Dr. D. Adolfo Posada. Ptas. 1'50
- 14.—**Geología**, por D. José Macpherson. Ptas. 1'50
- 15.—**Pólvoras y Explosivos**, por D. Carlos Banús y Comas. Ptas. 1'50
- 16.—**Armas de Caza**, por D. J. Génova é Iturbe. Ptas. 1'50
- 17.—**La Guinea Española**, por D. Ricardo Beltrán y Rózpide. Ptas. 1'50
- 18.—**Meteorología**, por D. Augusto Arcimis. Ptas. 1'50
- 19.—**Análisis Químico**, por D. José Casares. Ptas. 1'50
- 20.—**Abonos Industriales**, por Don Antonio Maylin. Ptas. 1'50
- 21.—**Unidades**, por D. Carlos Banús y Comas. Ptas. 1'50
- 22.—**Química Biológica**, por el Dr. D. José R. Carracido. Ptas. 1'50
- 23.—**Bases para un nuevo Derecho Penal**, por el Dr. D. Pedro Dorado Montero. Ptas. 1'50

- 24.—Fuerzas y Motores, por Don Mariano Rubió y Bellvé. Ptas. 1'50
- 25.—Gusanos parásitos en el hombre, por el Dr. D. Marcelo Rivas Mateos. Ptas. 1'50
- 26.—Fabricación del Pan, por D. Narciso Amorós. Ptas. 2
- 27.—Aire atmosférico, por D. Eugenio Mascarenas y Hernández. Ptas. 1'50
- 28.—Hidrología Médica, por el Dr. D. H. Rodríguez Pinilla. Ptas. 1'50
- 29.—Historia de la Civilización Española, por D. Rafael Altamira. Ptas. 2
- 30.—Las Epidemias, por D. Federico Montaldo. Ptas. 1'50
- 31.—Cristalografía, por el Doctor D. Lucas Fernandez Navarro. Ptas. 2
- 32.—Artificios de fuego de guerra, por D. José de Lossada y Canterac (Conde de Casa-Canterac). Ptas. 1'50
- 33.—Agronomía, por D. Aurelio López Vidaur. Ptas. 1'50
- 34.—Bases del Derecho mercantil, por D. Lorenzo Benito. Ptas. 1'50
- 35.—Antropometría, por D. Telesforo de Aranzadi. Ptas. 1'50
- 36.—Las Provincias de España, por D. M. H. Villaescusa. Ptas. 2'50
- 37.—Formulario Químico-Industrial, por D. Porfirio Trías y Planes. Ptas. 1'50
- 38.—Valor social de leyes y autoridades, por D. Pedro Dorado. Ptas. 1'50
- 39.—Canales de riego, por D. José Zulueta. Ptas. 2

Seguirán á estos **Manuales** otros de *Higiene General, Astronomía, Mecánica, Electricidad, Anatomía Humana, Entomología, Geografía Física, Agricultura, Análisis Químico, Sociología, Higiene de los niños, Marina y Navegación, Derecho y Legislación*, etc., etc., de cuya redacción serán encargados los más ilustres tratadistas de España y América, formando series diversas en que se desarrolle cada ciencia y sus aplicaciones en toda la intensidad necesaria.

## EN PRENSA

### PLANTAS MEDICINALES

por el Dr. D. Blas Lázaro é Ibiza.

### A. B. C. DEL INSTALADOR Y MONTADOR ELECTRICISTA

por D. Ricardo Yesares Blanco.

### GALLINERO PRÁCTICO

por D. Carlos de Torres.

