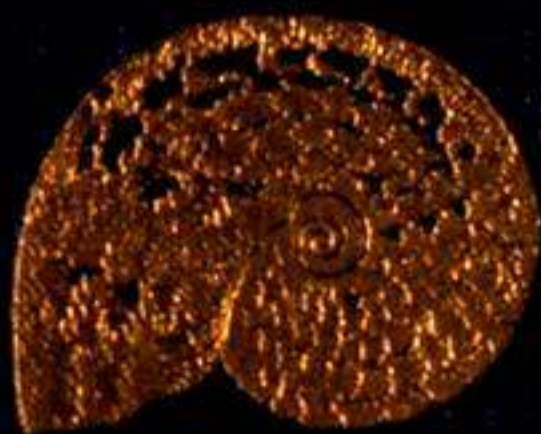


MIGUEL GUTIERREZ, S. J.

# GEOLOGIA







GEOLOGIA MODERNA



GEOLÓGIA MODERNA

6678

9HNatural  
56

98.5115

# GEOLOGIA MODERNA

POR EL

R. P. MIGUEL GUTIERREZ, S. J.

PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS



TIPOGRAFIA CATÓLICA CASALS  
LIBRERIA · CASA EDITORIAL · IMP. PONTIFICIA  
C. CASPE, 108-APARTADO 776-BARCELONA

Librería ENRIQUE PRIETO  
Preciados, 48-Madrid

6. 11. 1900

GEOLÓGIA

MODERNA

ES PROPIEDAD

R. SANKOUEL GOTTFRY & S.



Queda hecho el depó-  
sito que marca la ley



## PRÓLOGO

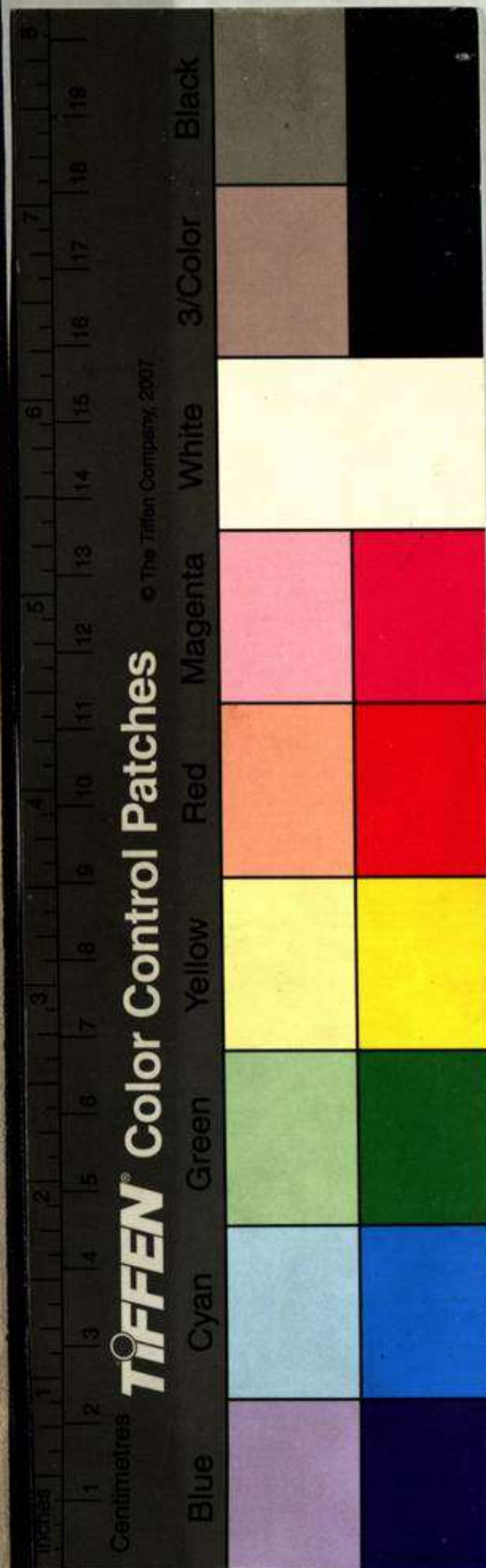
Hemos examinado no pocos textos de Geología con deseo de encontrar uno que pudiera servir de texto en esta Universidad Pontificia, mas todo en vano. Los que se estilan en la segunda enseñanza y aun en la superior, aunque excelentes por otros conceptos, o bien se presentan contaminados de errores filosóficos o bien tratan con poca extensión la Geología Histórica, parte la más interesante para el público escolar a que nos dirigimos.

Pronto me persuadí que el texto de Geología propio para Seminarios y Universidades Pontificias estaba por escribir y que éste no nos había de venir de científicos profanos, sino de los versados también en las ciencias sagradas.

Pero no son sólo los Seminarios los que necesitan una obra de este género. Todos los sacerdotes que acabaron ya su carrera, todo católico bien instruído, que ame y quiera habilitarse, como es razón, para defender su religión es necesario que tenga a su alcance un tratado conciso de esta ciencia, que ilumine con más precisión y brillantez que las demás las variadas cuestiones geológicas relacionadas con la filosofía y teología católicas. Si toda Geología es muy conveniente al erudito, ésta lo es particularmente al apologeta católico.

Es necesario que todos sepamos las dificultades que la seudo ciencia ha procurado levantar contra nuestros dogmas, y conozcamos los fundamentos vanos, en que se apoyan esas objeciones y la manera de saber responder a ellas, para no dar materia de escarnio a los enemigos viendo que para defender el dogma católico se acude a teorías extravagantes o anticuadas y se niegan a veces hechos y verdades plenamente demostradas, como por desgracia no es raro ver aun en escritos por otra parte muy importantes y autorizados.

Por eso enderezaremos todas las partes de esta obra principalmente a la Geología Histórica, tratando las otras de manera más breve y acomodada a la parte principal. Nos esforzaremos por poner nuestro texto a la altura de las teorías y descubrimientos más recientes, haciendo notar y procurando discernir las verdades ya plenamente demostradas de las que no pasan de la categoría de meras hipótesis o teorías. Y esperamos



en el Señor que con ello las verdades de nuestra Religión aparecerán más luminosas y creíbles, viendo cuán bien concuerdan con los hechos de las ciencias. Y por otra parte, se verá más claro cuán ligeramēte y sin fundamento se ha pretendido propalar objeciones y conflictos entre la revelación y la ciencia, pregonándolos como fruto del progreso científico contemporáneo, cuando no son sino engendro del sectarismo religioso, que por desgracia invade a veces el campo sereno de la ciencia.

En cuanto al método seguido en esta obra, será el que exigen de suyo las divisiones y orden lógico de esta ciencia. Después de exponer la definición, se indicarán brevemente las partes y divisiones, para luego desarrollarlas más extensamente. Hemos puesto especial cuidado en tratar cada una de las partes en orden a la parte más importante, que es la Geohistoria, como antes dijimos, para que queden asentados los principios fundamentales de esta ciencia, y el entendimiento vaya acostumbándose desde el principio a darse cuenta del método y raciocinio, de que se ha de valer, para estudiar la historia física de la Tierra.

Con este mismo fin hemos dedicado todo un capítulo, el 3º de la parte 3ª, sección 3ª, a desenvolver y explicar algunos de los principios geológicos, sobre que están basadas las conclusiones y verdades de esta ciencia; capítulo dirigido expresamente a desvanecer la impresión de algunos espíritus superficiales, que por ignorar los fundamentos científicos, no ven en la Geología más que un juego o tinglado de teorías, más o menos fundadas, pero que no pasan de la categoría de hipótesis.

Por fin, añadiremos una quinta parte, dedicada a estudiar, siquiera sea brevemente, las principales cuestiones filosófico-teológicas arriba mencionadas, y que se relacionan con la Geología, con el fin de armonizarlas con los descubrimientos y doctrinas de la verdadera ciencia geológica.

Claro está, que no podrá desarrollarse en clase durante el curso toda la materia contenida en la presente obra; sin embargo, juzgamos conveniente el haber abarcado toda esta materia, no para que se vea toda en clase, sino con el fin de que el discípulo la tenga reunida por completo en el libro de texto, y pueda acudir a él, siempre que ocurra ocasión de estudiar algunas de las cuestiones.

Con ese mismo fin, y para que el libro no resulte excesivamente voluminoso y caro, hemos puesto dos tipos de letra, poniendo en letra más menuda las cuestiones o asuntos más secundarios o de aplicación más elevada; y así el profesor, según el tiempo de que disponga, podrá desarrollar más o menos en clase los puntos o materias que crea conveniente.

A la benevolencia de nuestros comprofesores encomendamos nuestro humilde trabajo, lo mismo que a la de los discípulos y sacerdotes, cuya enseñanza completa en nuestros dogmas y en la manera de defenderlos, deseamos con todo nuestro corazón. Por muy pagados nos tendremos, si conseguimos nuestros deseos.

Universidad Pontificia de Comillas (Santander).—1925.

MIGUEL GUTIERREZ, S. J.



Terminada tenía el P. Miguel Gutiérrez la redacción de este libro y hacía los preparativos para su ilustración y publicación cuando le sorprendió la muerte a 15 de mayo de 1925.

Es indudable que entre sus muchos méritos de Geólogo, de verdadero especialista en la materia, figura en primera fila este su texto elaborado con verdadero cariño de profesor y científico para sus discípulos, y los que deseen adquirir sólidos principios en esta materia. El representa el fruto de su fina observación y continua investigación y estudio durante los largos años que empleó en la enseñanza de la Geología.

Por eso al publicar la prensa la noticia de la muerte del P. Miguel Gutiérrez y observar el estado en que quedaba este libro (v. *Ibérica*, 30-mayo-1925) hacía votos porque obra tan nueva y útil para la enseñanza no se malograra y viera pronto la luz pública. Que sus deseos eran verdaderos, al menos por parte de *Ibérica*, los ha mostrado esta revista facilitando sus clichés con galanura que agradecemos. Tampoco han faltado otros que de aquende y allende los mares manifestaron los mismos deseos. Los discípulos del P. Gutiérrez son hoy muchos y recuerdan con fruición sus magistrales prelecciones, siempre modernas, siempre intencionadas y deseaban verlas condensadas en un libro.

Todo esto nos ha impulsado a ultimar la publicación de esta obra, persuadidos de que bien merecía la pena correr en nuestras manos algún riesgo su mérito a trueque de proporcionar a todos, pero especialmente a la juventud hispano-americana, este texto modelo de lógica y claridad que nos enseña la dulce historia de cómo el mejor de los Arquitectos fabricó un inmenso Palacio, la tierra, para morada de sus mismos hijos y de la suma inmensa de maravillas que en él dispuso para su admiración, recreo y felicidad (1).

EMILIO MARTINEZ, S. J.

Oña-agosto-1927.



(1) Hemos creído conveniente alguna vez intercalar en el texto notas y cuadros sinópticos por nuestra propia cuenta y aparecerán suscritos con nuestras iniciales [E. M.].



## DISTRIBUCION DE LA PRIMERA PARTE

### FISIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN.—DEFINICIÓN.

NÚMS.

<b>CAP. I.—GEOMORFOLOGIA . . . . .</b>	}	<b>ART. 1.º—FORMA Y RELIEVE GENERAL DE NUESTRO GLOBO. . . . .</b>	5
		<b>ART. 2.º—RELIEVE GENERAL DE LOS CONTINENTES . . . . .</b>	12
		<b>ART. 3.º—RELIEVE SUBMARINO . . . . .</b>	16
<b>CAP. II.—GEOFISICA</b>	}	<b>ART. 1.º—DENSIDAD DE LA TIERRA . . . . .</b>	21
		<b>ART. 2.º—CALOR . . . . .</b>	22
		<b>ART. 3.º—PRESION ATMOSFERICA. . . . .</b>	27
		<b>ART. 4.º—CORRIENTES MARINAS . . . . .</b>	32
		<b>ART. 5.º—HUMEDAD, LLUVIA, CORRIENTES FLUVIALES . . . . .</b>	38
<b>CAP. III.—BIOFISICA.</b>	}	<b>ART. 1.º—FACTORES BIOGEOGRAFICOS CONTINENTALES . . . . .</b>	44
		<b>ART. 2.º—DISTRIBUCION DE LA VIDA EN LOS CONTINENTES. . . . .</b>	50
		<b>ART. 3.º—LA VIDA EN LOS MARES.</b>	
		I.—CONDICIONES BIOLÓGICAS DEL MEDIO MARINO . . . . .	54
		II.—DISTRIBUCION DE VIVIENTES MARINOS . . . . .	60

[E. M., S. J.]



# INTRODUCCIÓN

---

## HISTORIA NATURAL

---

**Historia Natural** es la ciencia que estudia los seres naturales. En este sentido *lato* comprende también la Uranografía, que se ocupa del estudio de los astros, y de la cual es una parte la Geología. Pero en el sentido *más propio*, generalmente admitido, la Historia Natural tiene por objeto el estudio de los seres naturales de la Tierra.

Seres *naturales* son aquellos, en cuya formación no ha intervenido la mano del hombre como causa principal: ej. una planta, una roca.

**División de los seres naturales.**—Todos los seres naturales de la Tierra se pueden reducir a dos grupos: unos, que tienen el atributo de la vida, cuyas propiedades más características son: nacer, crecer, multiplicarse y morir; como un animal o una planta: estos seres se llaman vivientes u orgánicos, por poseer materia organizada y viva. Otros seres terrestres hay, que carecen del atributo de la vida y propiamente no nacen, ni se desarrollan ni mueren: su existencia está puramente regulada por las fuerzas físico-químicas: estos seres reciben el nombre de inorgánicos o minerales: ej. un pedazo de granito, de caliza.

Los caracteres diferenciales entre los seres orgánicos e inorgánicos ya se han estudiado en la introducción de la Biología.

**División de la Historia Natural.**—En dos grandes ramas se divide la Historia Natural, correspondientes a los dos grupos de seres naturales, que acabamos de escribir: *Biología*, que estudia los seres orgánicos; y *Geología*, que se ocupa de los inorgánicos.

## GEOLOGIA

1. La palabra *Geología* trae su origen de dos griegas, γῆ, tierra y λόγος, discurso, tratado. Según su significación etimológica abarca, por lo tanto, todo lo que se refiere al estudio de la tierra: pero se ha convenido generalmente en dar a la palabra Geología una significación más estricta, aplicándola al estudio de los seres inorgánicos terrestres.

Según eso se puede definir la Geología diciendo, que es *la ciencia que tiene por objeto el estudio físico de la tierra*. Estudia, por consiguiente, la forma, constitución, origen y desarrollo de nuestro planeta.

### 2. Composición general de nuestro globo.

*Envolturas terrestres.* Considerado en su conjunto nuestro globo se compone de cuatro envolturas concéntricas, dispuestas por orden decreciente de densidades.

La exterior, llamada *atmósfera*, es gaseosa, formada por el aire, que es una mezcla de oxígeno y nitrógeno en la proporción de 21 y 79 %, respectivamente, con pequeñas cantidades de anhídrido carbónico y variables de vapor de agua. No se conoce a punto fijo el espesor o altura de esta envoltura gaseosa: generalmente se admite que pasa de un centenar de kilómetros. Los fenómenos, que interesan al geólogo, tienen lugar en las capas bajas, que son bien conocidas.

La segunda envoltura es líquida, formada por el agua, denominada por eso *hidrosfera*; no rodea por completo toda la tierra; sino que se amolda a las irregularidades de la tercera envoltura que es sólida, y se llama *litosfera*, por estar compuesta de materiales pétreos.

Debajo de la litosfera se encuentra la *endosfera*, que se cree incandescente, por lo menos la primera zona debajo de la litosfera, o zona del magna volcánico, llamada *pirosfera*. Sigue debajo de la pirosfera la zona central o núcleo, formado por materiales pesados, por lo que se le ha dado el nombre de *barisfera*.

Esta es la composición general de nuestro globo, o el objeto material de que se ha de ocupar la Geología.

**3. División de la Geología.**—En cuatro partes podemos dividir la Geología para su estudio: *Fisiografía*, que estudia la forma y condiciones físicas de la tierra: *Geodinámica*, que tiene por objeto el estudio de las fuerzas que actúan en la formación y modificación de la corteza y relieve de nuestro globo: *Geognosia*, que da a conocer los materiales, que componen su costra sólida o litosfera, y *Geohistoria*, que describe el desarrollo o historia física de la tierra, desde su origen hasta el estado en que actualmente se encuentra. Por fin, añadiremos una quinta parte, en que se tratarán algunas cuestiones anejas complementarias.

# PRIMERA PARTE

---

## FISIOGRAFIA

---



**4. División.**—En tres capítulos se puede dividir el estudio fisiográfico de nuestro planeta. Lo primero que se presenta a los ojos del observador es la forma y aspecto exterior de la tierra, con todas las modalidades de su variado relieve: esto constituye el objeto de la Geomorfología. En segundo lugar se pueden considerar las condiciones físicas, densidad, calor, luz, etc., de nuestro globo: de esto se ocupa la *Geofísica*. En tercer lugar se presentan a nuestra consideración las condiciones biológicas y distribución geográfica de los vivientes, que son el objeto de la *Biofísica*. Esta última rama está íntimamente relacionada con la *Geofísica*; pues la existencia y distribución de los vivientes depende casi exclusivamente de las condiciones físicas del medio biológico (1).

---

(1) Véase el cuadro de la página 8 [E. M.].



## CAPITULO I

# GEOMORFOLOGIA

## ARTICULO I

### FORMA Y RELIEVE GENERAL DE NUESTRO GLOBO

**5. Forma y dimensiones de la tierra.**—La tierra, como sabemos, es un planeta del sistema solar, de forma esférica, un poco achatada en los polos, y ensanchada en el ecuador. El radio ecuatorial alcanza unos 6.377,397 m. de longitud; y el polar 6.356,079; siendo el aplastamiento polar de unos 21,318 m. El radio medio es 6.371,000 m.

Esta forma esférica de nuestro globo es una consecuencia o efecto de su fluidez primitiva: pues es la forma que suelen tomar los fluidos pastosos, al imprimirles un movimiento de rotación.

**6. Aspecto exterior de nuestro globo.**—La superficie exterior de la tierra, vista en su conjunto, presenta a nuestros ojos, por una parte, una inmensa extensión de agua que llamamos mares; y por otra, grandes porciones sólidas salientes, que se denominan parte sólida o tierra firme, unidas con el mar en caprichoso enlace (Figs. 1 y 2).

**7. Repartición de tierras y mares.** Al echar una mirada so-



Fig. 1.—Aspecto exterior de nuestro globo  
El Antiguo Continente      El Casquete Polar Antártico      El Nuevo Continente  
Observados desde los espacios interplanetarios.



Fig. 2.—Caprichoso enlace de tierras y mares.—Bahía de Sydney

bre un mapa mundi lo primero que resalta a la vista, es la desigual distribución de tierras y mares. De los 510 millones de kilómetros cuadrados que tiene la superficie terrestre, 365 están ocupados por los mares: y sólo 145, por los continentes e islas: los océanos cubren algo más de las 7/10 partes de la superficie total.

Si nos fijamos ahora en la repartición de ambos elementos con relación a los dos hemisferios, austral y boreal, observaremos que los mares se hallan de preferencia en el hemisferio sur; y los continentes, en el hemisferio norte. Se puede trazar en la tierra un círculo máximo tal que deje en un hemisferio la mayor porción de tierras emergidas y en otro la mayor porción de mares contenibles en un hemisferio. Este se llama hemisferio marítimo y aquél continental. Los dos dan idea de la repartición de tierras y mares. Véanse los gráficos adjuntos; figs. 3 y 4.

**8. Forma de los continentes.** — Todos los continentes, a medida que avanzan hacia el mediodía, se van estrechando gradualmente, hasta terminar en punta, a una latitud austral relativamente pequeña. Este fenómeno aparece manifiesto sobre todo, en el gran continente americano, que termina en el cabo de Hornos, a  $56^\circ$  de latitud S.; y en el continente africano, cuya máxima latitud S. es  $34^\circ 51'$  en el Cabo de Buena Esperanza: Nueva Zelanda, extremo meridional de Oceanía, termina a los  $47^\circ$ .

Asimismo, casi todas las penínsulas tienen su punta mirando hacia el mediodía, como aparece en las penínsulas europeas y asiáticas.



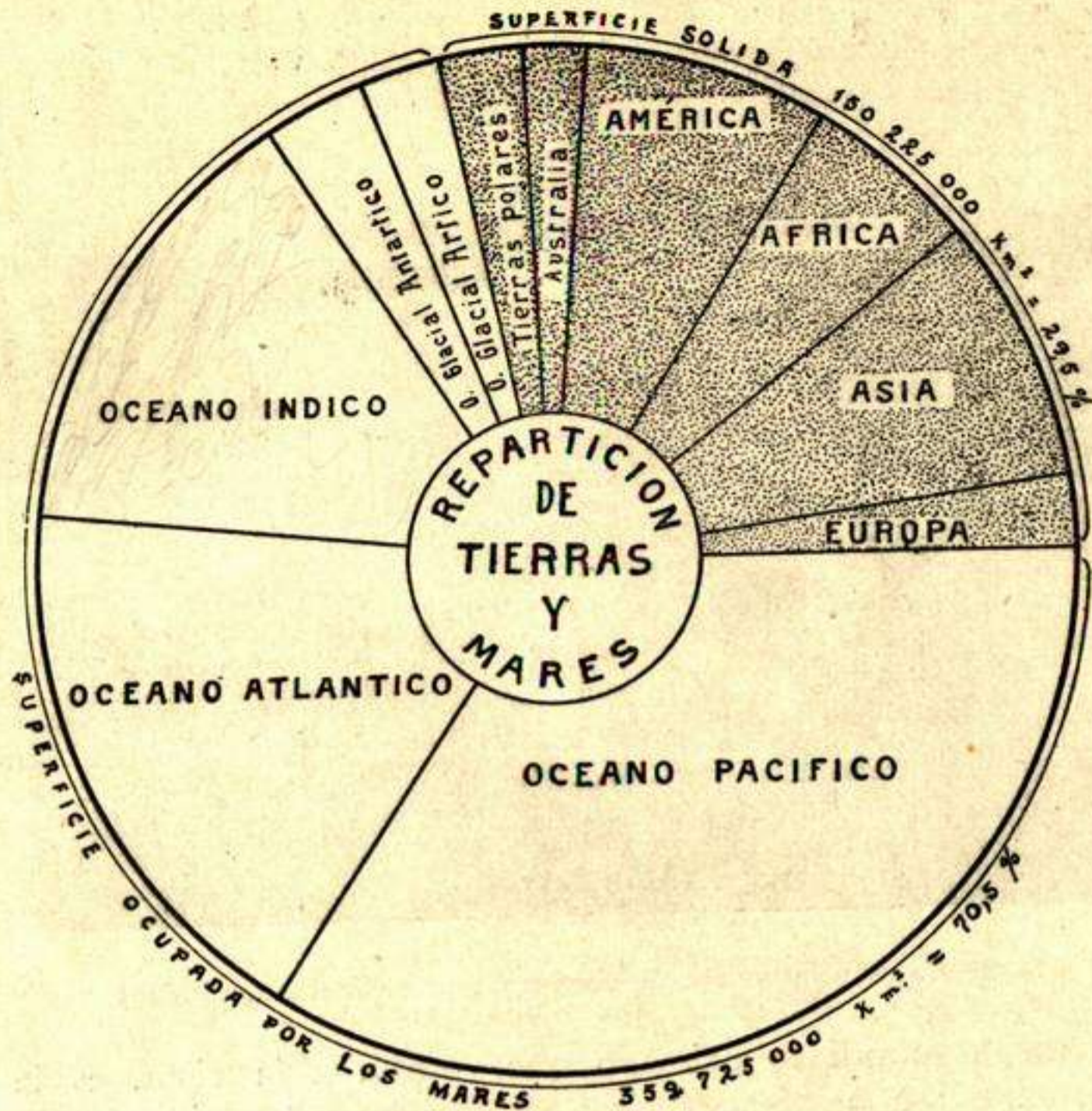


Fig. 3

**9. Tetraedro terrestre.**—Se ha comparado el relieve continental a un gran tetraedro, cuya base puede localizarse en el polo N. y su vértice en el S. Esta concepción, aunque tal vez no sea teóricamente muy fundada, pero en la práctica ayuda para coordinar la distribución de la tierra firme y dar razón de la forma general de los continentes (1).

En efecto: la región del polo Norte está ocupada por un mar bastante extenso y profundo; puede por consiguiente considerarse esa depresión como la base de la pirámide terrestre: al contrario en el polo Sur existen elevadas montañas; puede, pues, muy bien representar el vértice. Una de las aristas puede ser el largo continente americano; otra, corre desde Escandinavia, pasando por Europa central y las elevadas cordilleras de la

(1) Uno de los fundamentos de esta teoría estriba en que el tetraedro es el sólido regular, que, en igualdad de superficie, encierra menos volumen: por eso, al contraerse el núcleo central de la tierra, la costra sólida exterior, al acomodarse a esa disminución del núcleo, tiende a tomar la forma tetraédrica, ya que no puede disminuir la superficie. Experiencias hechas en balones y tubos cilíndricos de caucho, dan por resultado que éstos tienden también a tomar formas de sección triangular, al ser comprimidos.



## PROPORCIÓN DE TIERRAS Y MARES:

en el hemisferio marino

en toda la tierra

en el hemisferio continental

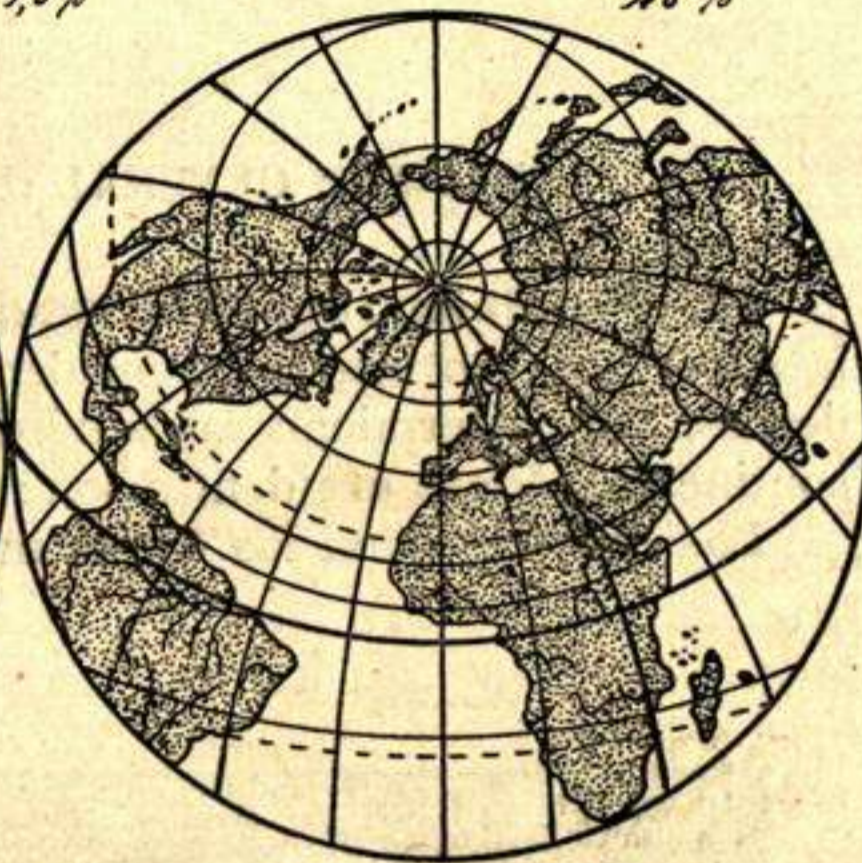
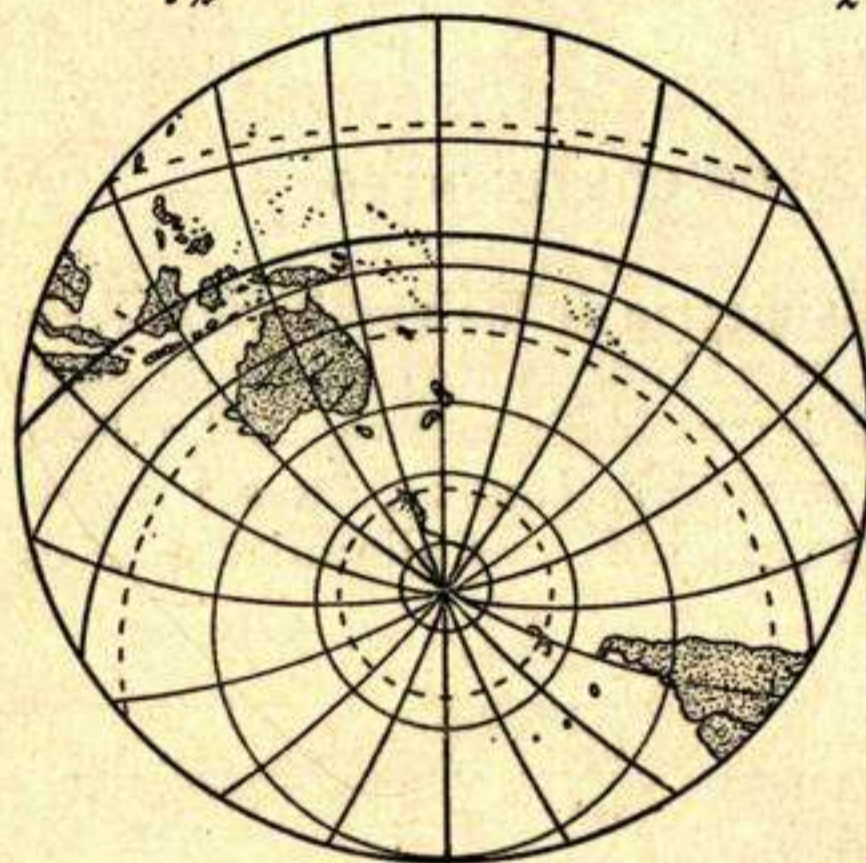
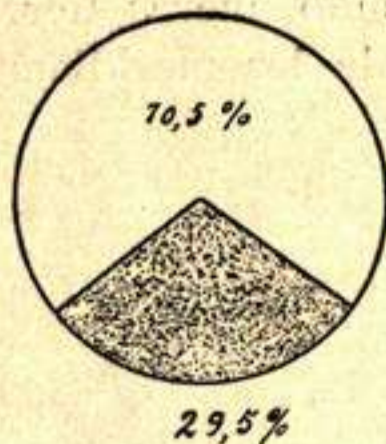
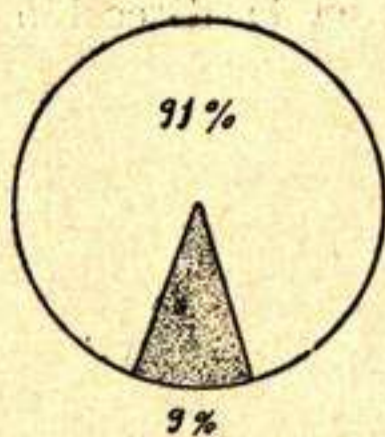


Fig. 4

## HEMISFERIO MARINO

La mayor porción de aguas que cabe en un hemisferio

## HEMISFERIO CONTINENTAL

La mayor porción de tierras que cabe en un hemisferio

costa oriental africana, hasta terminar en el Cabo de Buena Esperanza. La tercera arista empieza en el norte de Siberia, pasa por China y Australia y termina en Nueva Zelanda.

**10. Torsión del tetraedro terrestre.** —La parte meridional de las tres aristas se inclinan un poco hacia el oriente, fenómeno llamado *torsión* del tetraedro terrestre; como si la parte boreal hubiese sido desviada un poco hacia el oeste, en virtud del retardo, que su mayor masa causaba en la rotación.

También se observa que esas aristas se hallan como cortadas por una gran depresión en la dirección de los paralelos, que se puede denominar depresión mediterráneo-caspio-aralo-antillana, aludiendo a las regiones en que principalmente se manifiesta, que son el mar Mediterráneo, mar Caspio, lago Aral y región de las Antillas. Esa depresión es un efecto o consecuencia de la torsión del tetraedro terrestre.

**11. Valor científico de esta concepción.** —Esta concepción del tetraedro terrestre, si no se la da más alcance que servirse de ella, para coordinar bajo ciertos rasgos generales el relieve terrestre, se puede



admitir sin dificultad; mas, considerándola como de valor científico, ha perdido mucho de su importancia, toda vez que en las épocas geológicas, los continentes han ido ganando nuevas tierras más bien en la dirección de los paralelos, que en la de los meridianos.

ARTICULO II

RELIEVE GENERAL DE LOS CONTINENTES

**12. Montañas: cordilleras, disimetría de las vertientes.** — En la superficie continental se pueden considerar cuatro clases de accidentes, que determinan las variedades y modificaciones del relieve continental. Estos accidentes son: *montañas, llanuras, fosas y valles.*

Las *montañas* son las partes más salientes, que alineadas a veces

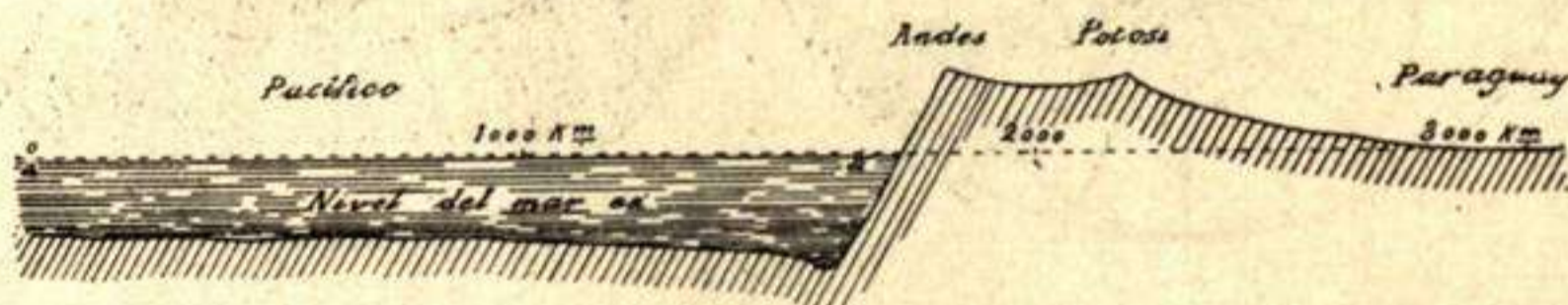


Fig. 5.—Disimetría de las vertientes en los Andes

en grandes extensiones, reciben el nombre de *cordilleras* o *cadena*s de montañas, como la de los Pirineos, Alpes, Himalaya, Andes, etc. Los Andes forman la cadena más larga que se conoce en el globo.

En general, una de las vertientes de las cordilleras suele ser más pendiente que la otra, *disimetría de las vertientes*, como sucede en los Andes, que bajan rápidamente hacia el Pacífico, mientras que por la región oriental van descendiendo suavemente a las llanuras del Brasil y la Argentina (fig. 5): lo mismo se observa en la Cordillera Cantábrica, de rápido descenso hacia el mar Cantábrico, y más suave hacia la meseta de Castilla.

**13. Llanuras, mesetas, sabanas.** — *Llanuras* son las partes más o menos horizontales, que apenas presentan fenómeno alguno orográfico de importancia. Algunas deben su origen al relleno de grandes extensiones con los materiales procedentes de la disgregación de las montañas vecinas; como sucede, por ejemplo, en las mesetas castellanas. Otras, como el desierto de Sahara, Arabia, etcétera que ocupan a veces enormes extensiones, parecen haber sido fondos de antiguos mares hoy desecados. *Mesetas* son llanuras, situadas a una altura bastante elevada sobre el nivel del mar; en



Fig. 6.—En plena sabana americana.

Arizona particularmente se presentan tersas y niveladas (fig. 6); en Sur América las llaman *sábanas*.

#### 14. Fosas continentales.

—En algunas localidades se encuentran considerables depresiones del terreno llamadas *fosas*, como sucede en los valles del bajo Jordán y mar Muerto, situados a un nivel bastante inferior al Mediterráneo. La superficie de las aguas del mar Muerto se halla a 394 metros bajo el nivel del Mediterráneo (figura 7). También el mar Caspio se halla a un nivel inferior. Es notable la gran fosa, que se encuentra entre

las cordilleras del Africa oriental, en la región de los grandes lagos, que se extiende hasta Abisinia: el lago Assal está a -170 metros (Abisinia). En América, el valle de la Muerte (Montañas Rocosas, EE. UU.) está a -20 m.; y el fondo del desierto del Colorado (California, Estados Unidos) a -100 m.

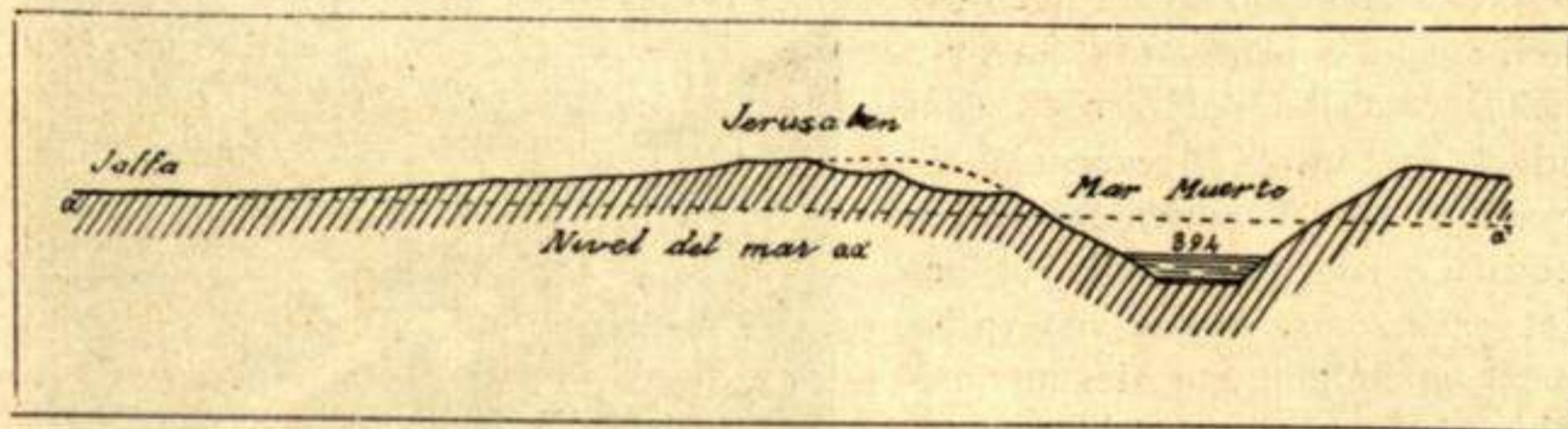


Fig. 7.—FOSAS CONTINENTALES: Emplazamiento de la fosa del mar Muerto con respecto al mar Mediterráneo.

**15. Valles.**—Los *valles* vienen a ser como grandes *surcos* o *cauces* abiertos entre las montañas, y a veces también en las llanuras. A dos grandes grupos se pueden reducir los *valles*, atendida su formación: valles *tectónicos*, y valles de *erosión*. Los valles *tectónicos* tienen su origen en la misma formación de las montañas, y se pueden llamar valles de origen *primitivo* (fig. 8); el más sencillo es el que forman dos montañas

paralelas; uno de los ejemplos más típicos de esta clase de valles es el del río Magdalena y del Cauca en Colombia (América del Sur), que teniendo como línea divisoria la cordillera Central de los Andes, corren entre ésta y la cordillera Oriental y Occidental, respectivamente.

Otros valles corresponden a pliegues sinclinales, como el de Lozoya en la sierra de Guadarrama, y el valle del río Segre en los Pirineos catalanes: por eso se les puede denominar valles *sinclinales*.

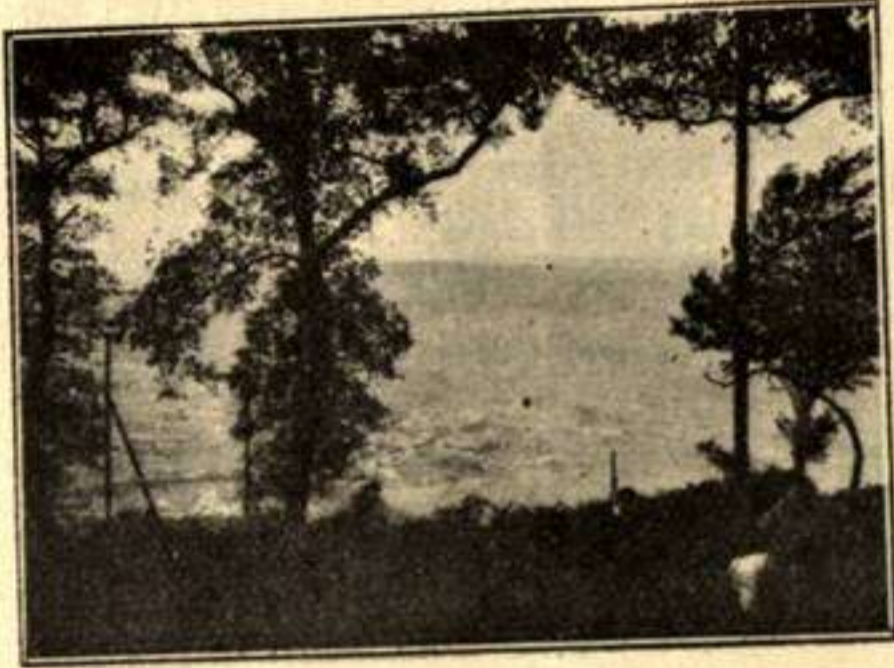


Fig. 8.—Valle de Orduña (Vizcaya).  
Valle tectónico.

También pueden llamarse valles *tectónicos*, los originados por una fractura o hendidura del terreno en forma de falla, como el valle del Guadalquivir y el del Genil, su afluente.

Los valles de *erosión* son formados por el desgaste y denudación producida por las aguas; por eso su formación es posterior a la formación tectónica y orogénica de la región, por lo cual se les puede denominar valles de origen *secundario*. (Fig. 9).

Los valles de *erosión* suponen en su origen alguna modificación primitiva del terreno: una fractura, un pliegue, etc. por donde empieza a correr el agua y a desarrollar su poder erosivo. La erosión depende de varios factores variables: inclinación o pendiente, mayor o menor cohesión del terreno, cantidad de aguas, frecuencia de crecidas, etc. También la erosión modifica con frecuencia los valles *primitivos*. Así se ven valles que ocupan el lugar de un anticlinal, desgastado por la erosión, como el pequeño valle de Fences por el que corre un arroyuelo, afluente del Oca (prov. de Burgos), y aun valles que atraviesan una montaña como los valles formados por el Duero y el Tajo, que se han abierto paso hacia el Atlántico a través del macizo arcáico lusitano; y el Ebro, que ha labrado su camino al Mediterráneo, atravesando la cadena costera catalana.



Fig. 9.— Valle de erosión.  
El Oca, cerca de su confluencia con el Ebro.

La intensidad de la erosión es proporcional a la pendiente del te-

rreno; pero esta pendiente se va reduciendo poco a poco por el mismo trabajo erosivo, que tiende a nivelar la pendiente o caída. Por eso los valles viejos o antiguos suelen ser más llanos que los jóvenes o recientes, donde la erosión no ha tenido tiempo de producir el desgaste o nivelación.

### ARTICULO III

## RELIEVE SUBMARINO

**16. Relieve submarino general.**—Se puede decir que en el fondo de los mares se continúa el mismo relieve de los continentes, aunque no tan accidentado, a causa de no haber obrado allí la erosión con tanta intensidad. Hay cordilleras, valles, llanuras, fosas y todos los demás accidentes geográficos que se encuentran en los continentes.

**17. Relieve pericontinental.**—Se observa en general que al pie de cordilleras de pendiente brusca, se encuentran grandes profundidades no muy lejos de la costa; como sucede en el mar Cantábrico (fig. 10), en el Pacífico al pie de los Andes (figura 5), etc. Asimismo la pendiente suave de una costa se continúa con la misma suave inclinación debajo de los mares, de modo que las grandes profundidades se encuentran bastante lejos de la costa, como sucede, por ejemplo, en la costa oriental de la América del Sur.

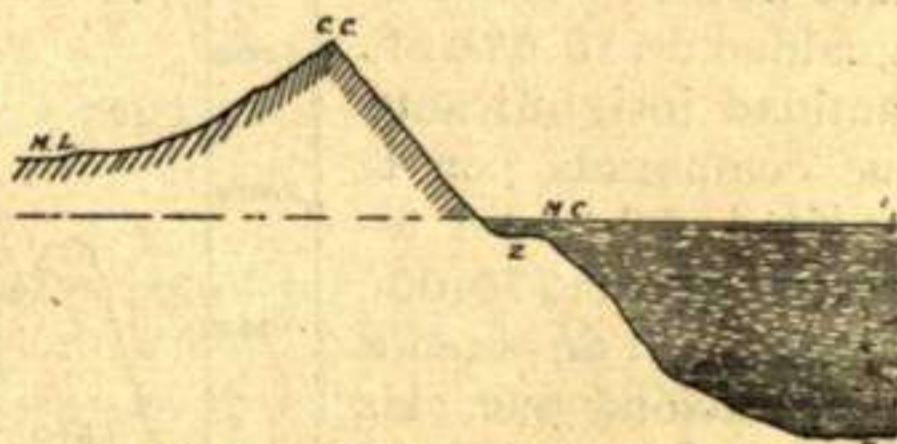


Fig. 10.—Relieve pericontinental. Corte de la Cordillera y mar Cantábricos. M. L. Meseta leonesa; C. C. Cordillera Cantábrica; M. C. Mar Cantábrico; Z. Zócalo Continental.

También es un hecho generalmente observado, que alrededor de los continentes hay una zona, más o menos ancha, según la mayor o menor pendiente de la región costera vecina, donde la profundidad es relativamente pequeña: es llamada esta banda, *zócalo* o *plataforma continental*: es formada por la acción denudadora de las olas

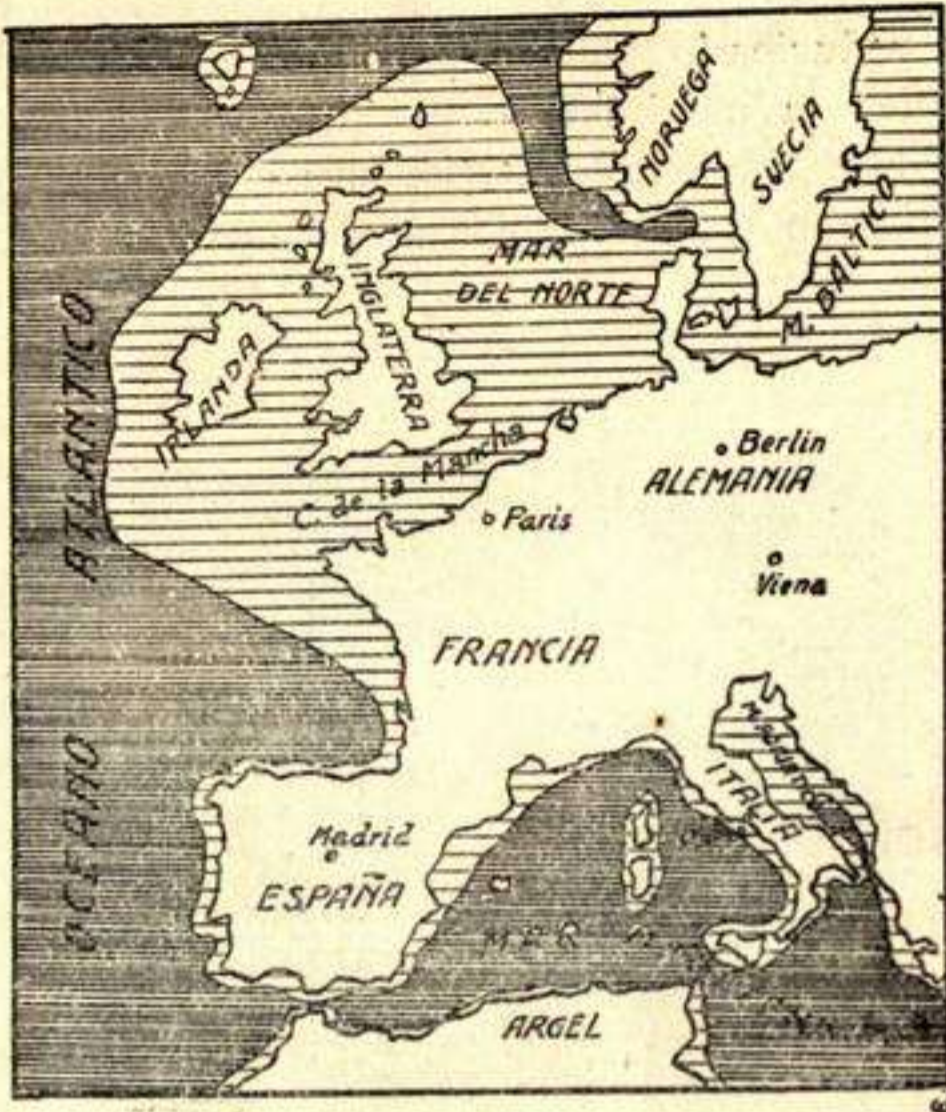


Fig. 11.—Zócalo o plataforma continental del Occidente de Europa, donde la profundidad es menor de 200 metros.

marinas sobre las costas. Al terminar esta plataforma, el nivel desciende más rápidamente. (Fig. 11).

**18. Fosas submarinas**

—Las mayores profundidades submarinas se han encontrado en el Oeste del Pacífico: 9.788 cerca de las islas Filipinas; 9.750 metros junto a las islas Tonga; 9.565 al Sur de la isla Guam (grupo de las Marianas). En el Atlántico, donde más ha bajado la sonda, ha sido junto a Puerto Rico, 8.526 m. En el Mediterráneo se encuentra la mayor profundidad de 4.400 m., entre Sicilia y Corfú. (Fig. 12).

**19. Desigualdad del relieve terrestre.**

Sumando la mayor profundidad marina 9.788 metros con la mayor elevación continental, 8.882 m. en el Himalaya, resulta en el relieve terrestre una desigualdad de 18.670 m., cantidad insignificante, que comparada con la longitud del radio terrestre, de 6.370.000 metros, es de menos significación que las arrugas de una naranja con relación a la magnitud de ésta. Aquí ya se deja entrever, cómo la formación de las montañas es un fenómeno de escasa magnitud e importancia con relación a la masa terrestre.

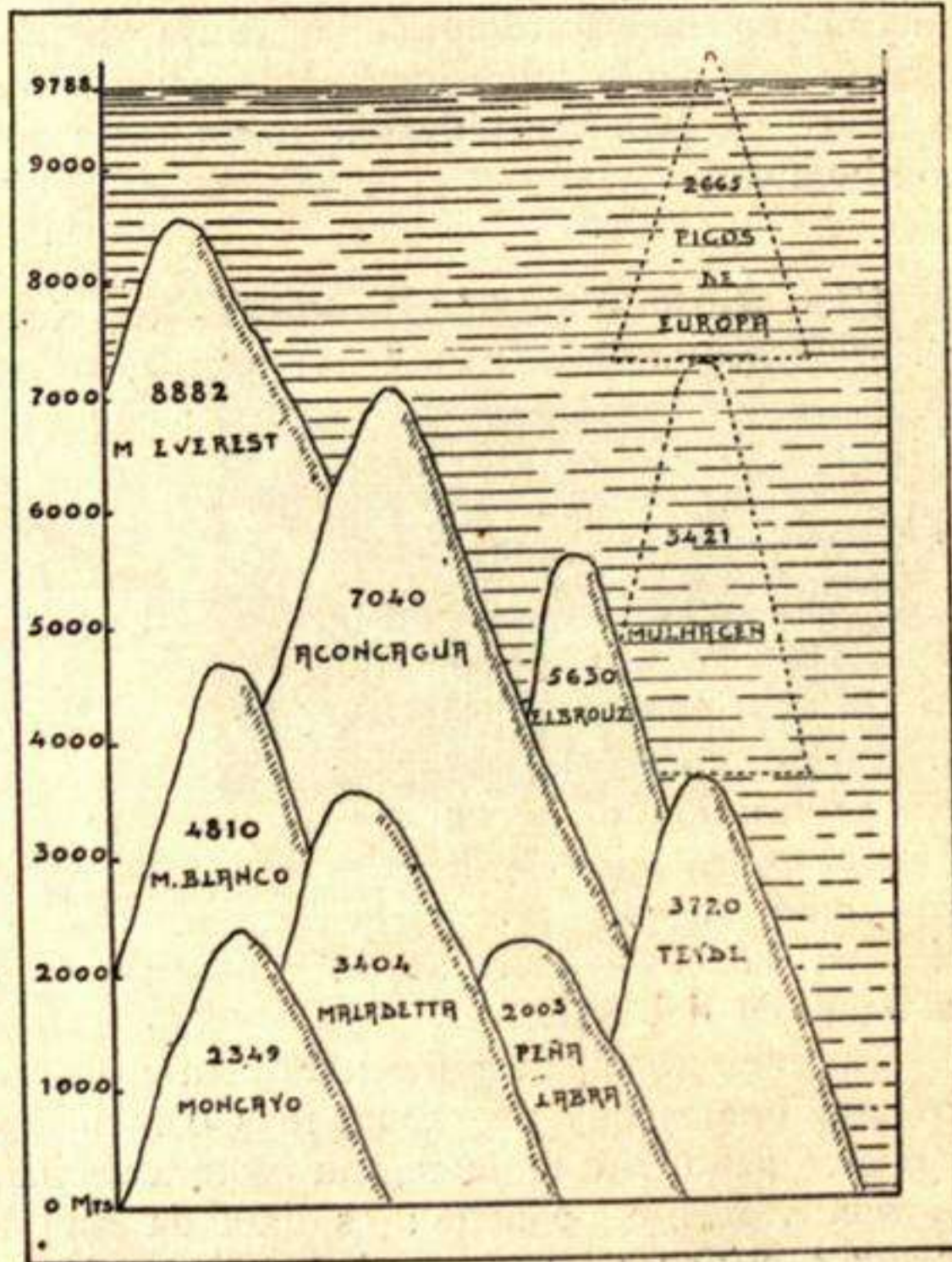


Fig. 12. — Alturas más interesantes de la tierra sumergidas en la profundidad mayor del Océano Pacífico para su comparación.

## CAPITULO II

---

## GEOFÍSICA

---

**20. Definición y división.**—La *Geofísica* o Física terrestre estudia, como se dijo arriba, las condiciones físicas de la tierra. Daremos algunas breves nociones sobre las principales: densidad, calor, luz, presión atmosférica, etc. La modificación y variación de algunas de esas condiciones, sobre todo del calor y presión atmosféricos, originan otros fenómenos dignos de estudiarse en Física terrestre; como los principales entre estos fenómenos, pueden estudiarse las corrientes atmosféricas y marinas y las lluvias y corrientes fluviales.

---

### ARTICULO I

### DENSIDAD

**21. Densidad de la tierra.**—Según los datos que nos suministra la Astronomía y la Física, la densidad media de la tierra, prescindiendo de la envoltura gaseosa, es próximamente de 5,5.

He aquí el procedimiento astronómico para determinarla. La aceleración que la Tierra comunica a la Luna es proporcional a la masa terrestre y está en razón inversa del cuadrado de la distancia a nuestro satélite. Ahora bien, conocemos por Astronomía esa aceleración, lo mismo que la distancia que nos separa de la Luna; podemos por consiguiente calcular la masa de la Tierra deduciéndola de la «constante de gravitación»; como por otra parte conocemos el volumen de ésta; y la densidad es la cantidad de materia en la unidad de volumen, tendremos la expresión



de la densidad  $\frac{m}{v}$  donde  $m$  representa la masa y  $v$  el volumen; expresión en que nos son conocidos ambos términos como arriba se dijo.

También se ha calculado la masa de nuestro globo por procedimientos físicos, los cuales se fundan en la intensidad de la gravedad terrestre, o sea la aceleración que comunica a los cuerpos en su caída. Citaremos el método de las *oscilaciones del péndulo*, que se suele encontrar en las obras de Física. El resultado coincide en términos generales con el obtenido por el método astronómico.

---

## ARTICULO II

### CALOR

**22. Zonas climatéricas.**—La única fuente de calor estimable en la superficie terrestre es el sol, cuyos rayos caen más o menos oblicuamente en las distintas regiones de la tierra, originando así las distintas zonas climatéricas terrestres. Según la temperatura se suele dividir la tierra en tres zonas: *zona tórrida* o ecuatorial, que abarca unos 23° a los dos lados del ecuador; *zona templada*, que comprende las regiones situadas entre los 23° y 66° de latitud en uno y otro hemisferio; y la *zona fría* o glacial, desde los 66° hasta los polos. Estas zonas suelen dividirse en otras inferiores intermedias llamadas *subzonas*. Como se ve, las zonas térmicas de la tierra dependen casi exclusivamente de la latitud.

Digo *casi* exclusivamente, porque además de la latitud, hay otros factores de importancia no despreciable, que determinan el grado térmico de un lugar, y son la altitud sobre el nivel del mar, las cercanías de la costa, la influencia de corrientes marinas, el régimen de vientos y lluvias y, no pocas veces para un punto dado, la intervención del hombre.

La temperatura va bajando progresivamente, a medida que se eleva uno sobre el nivel del mar (un grado por cada 160 metros); así vemos en la zona ecuatorial montañas cubiertas de nieves perpetuas, al pie de las cuales se encuentra temperatura tropical. La costa de Santander es más templada que la meseta de Castilla debido a la presencia del mar. Las costas gallegas son aún más templadas que las vascongadas merced a la influencia de la corriente del Golfo, que se deja sentir más en Galicia que en Vizcaya y Guipúzcoa.

**23. Líneas isotérmicas.**—Si se unen por líneas los puntos de la superficie terrestre, en que la temperatura media anual es igual, resultarán unas curvas más o menos onduladas, llamadas *isotermas*.



Si la superficie terrestre fuera uniforme en todas las regiones y latitudes las isotermas seguirían en toda la dirección de los paralelos terrestres. Pero como falta esa regularidad en la superficie terrestre, debido a las montañas, llanuras, mares, etc., la temperatura media se modifica según esos factores; de ahí la irregularidad consiguiente en la dirección de las isotermas. Estas se manifiestan más regulares en los océanos (Fig. 13).

Mirando el adjunto mapa, se observa desde luego que las isotermas de igual grado se alejan más del ecuador en el hemisferio Norte, que en el Sur; fenómeno debido en gran parte a la intensidad de las corrientes marinas frías, que vienen del polo Sur, por el mayor predominio de la superficie marina en ese hemisferio.

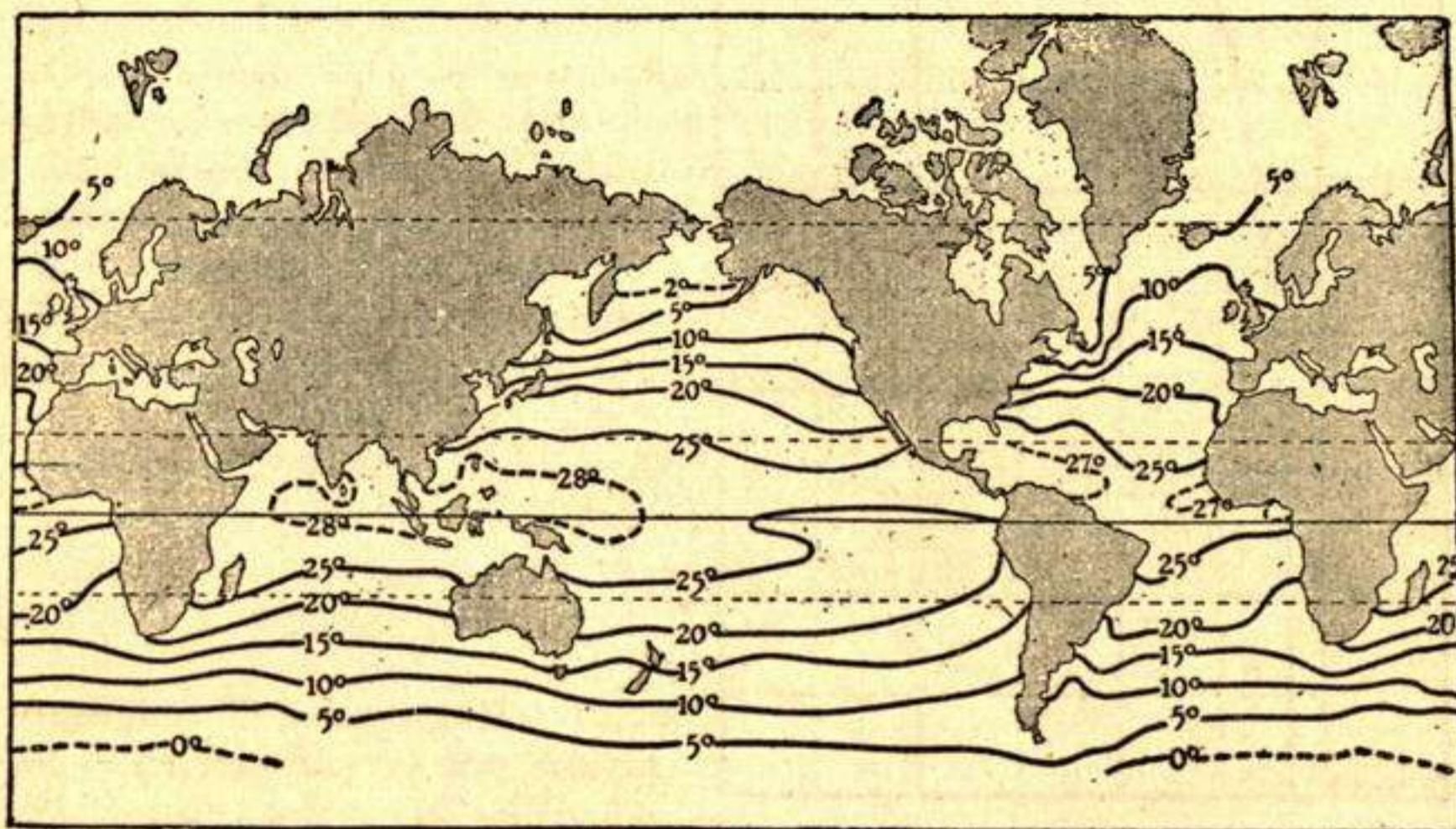


Fig. 13.—Líneas isotermas marinas que marcan la distribución de la temperatura media anual en la superficie de los océanos.

**24. Isoquímenas e isóteras.**—Uniendo, como antes lo hicimos para las temperaturas medias anuales, los puntos de igual temperatura media en invierno y verano, tendremos otra serie de curvas, llamadas *isoquímenas e isóteras*, respectivamente.

Estas curvas y las isotermas se cortan entre sí, con más o menos irregularidad. Esto es debido a diversos factores, que modifican las condiciones térmicas de una región, sobre todo al mayor o menor alejamiento del mar: pues las regiones del interior de los continentes tienen temperaturas más extremas en invierno y verano, que las litorales; por ser el mar un excelente moderador de la temperatura, a causa de la gran capacidad calorífica del agua. De aquí viene la división de los climas en *continentales, marítimos e intermedios*, según que sean más o menos extremadas las temperaturas en invierno y verano.

**25. Temperatura del mar.**—La temperatura de las grandes profundidades marinas se conservan casi invariable y próxima a  $0^{\circ}$ , en todas las épocas y latitudes. (Fig. 14). A partir de 450 m. de profundidad, ya dejan de sentirse las influencias de las variaciones exteriores. En cambio en la superficie, debido al desigual calentamiento, según las zonas o regiones, se observan notables variaciones

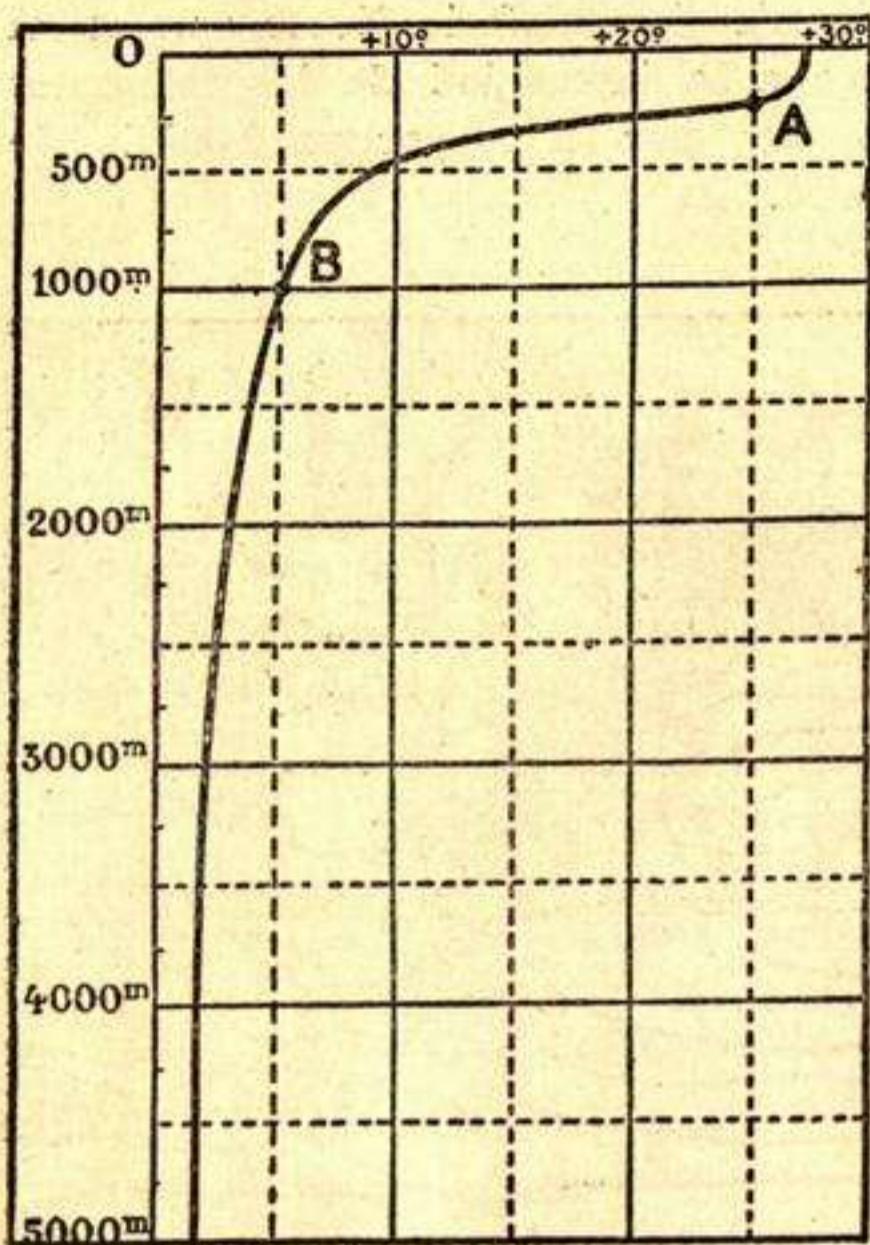


Fig. 14.—Temperatura del mar. Diagrama que expresa la ley de decrecimiento de la temperatura del mar a medida que la profundidad aumenta.

en la temperatura. En general, la temperatura media de la superficie marina, prescindiendo de variaciones estacionales, corresponde a las zonas climáticas o de latitud, señaladas en los continentes. Las menores corresponden a las regiones polares. Las mayores temperaturas que se han encontrado, pasan poco de  $30^{\circ}$ ; y pertenecen al mar Rojo, golfo Pérsico, de Bengala, al golfo de Méjico y a las costas de Guyana, etc. Como se ve se hallan al N. de la línea ecuatorial, lo mismo que sucede con las temperaturas máximas de los continentes.

**26. Regulación de la temperatura por la sal marina.**—

No dejaremos de notar la maravillosa influencia de la sal marina en la distribución y regulación del calor en las diversas capas de agua. Por la sal disuelta el agua

del mar tiene su mayor densidad a  $3^{\circ}$ ; al calentarse en la superficie, se produce evaporación, que hace concentrarse más la sal en las capas superficiales, cuya agua se hace por eso más pesada y desciende a las capas inferiores a llevar calor. En las capas profundas hay organismos encargados de tomar la sal para sus funciones orgánicas, con lo cual disminuye la densidad de aquella agua, que sube, y es reemplazada por agua más salina bajada de la superficie. De esta manera se originan en el mar las llamadas *corrientes marinas verticales* o *circulación difusa* (32; Fig. 15).

Otra consecuencia de la existencia de sal disuelta en el agua del mar es que su punto de congelación no es  $0^{\circ}$  sino  $-3^{\circ},6$ ; por eso en los grandes fondos puede bajar la temperatura de  $0^{\circ}$  sin helarse el agua.

## ARTICULO III

## PRESIÓN ATMOSFERICA

**27. Factores de la presión atmosférica.**—La presión atmosférica, o el peso del aire que se aprecia, como sabemos, por el barómetro, no es igual en todas las zonas y latitudes. Depende, en primer lugar, de la altura de la localidad sobre el nivel del mar, y disminuye gradualmente con la altitud. Pero no sólo influye la altura de un lugar en la presión barométrica, sino también otras causas; pues regiones de igual altura con frecuencia tienen diferente presión atmosférica. Entre esas causas que influyen en las variaciones barométricas, una muy principal es el desigual calentamiento del aire según las regiones.

**28. Isóbaras.**—Si se unen por una línea los puntos o zonas del globo de igual presión atmosférica en una época dada, resultan unas curvas cerradas llamadas *isóbaras*, análogas a las isotermas antes estudiadas.

Esas curvas cerradas circunscriben regiones, que se llaman de altas o bajas presiones, y la localidad o centro, donde la presión es mayor o menor, se llama *centro de alta o baja presión*.

Examinando las *isóbaras* trazadas en un mapa mundi, se observa que en general las bajas presiones corresponden a la zona ecuatorial, donde el calentamiento del aire es mayor; sigue luego otra zona de altas presiones a uno y otro lado de la zona ecuatorial, cuyo centro de alta presión en el Atlántico N. se encuentra en la región de las Azores. Acercándose más a los polos, viene otra región de bajas presiones.

Las curvas isobáricas son mucho más regulares en el hemisferio S. que en el N., por predominar en aquél los mares sobre los continentes.

Los centros de altas y bajas presiones no permanecen fijos en una región, sino que se trasladan de una región a otra según las estaciones y las alteraciones atmosféricas.

**29. Vientos. Graduante barométrico.**—Consecuencia inmediata de la desigual repartición de la presión barométrica, es la formación de corrientes atmosféricas o vientos. Naturalmente, siendo el aire un gas en estado libre muy movable, tan pronto como en una zona disminuya la presión, el aire de las regiones vecinas, para restablecer el equilibrio, tiende a moverse hacia donde la presión es menor, con más o menos fuerza, según la diferencia de presión o desnivel barométrico. Esta

diferencia o desnivel en la presión atmosférica se llama *graduante barométrico*, y de él depende, como dijimos, la velocidad y fuerza del viento.

**30. División de los vientos.**—Los vientos pueden ser *regulares e irregulares*, según que se ajusten a alguna regla o ley, o que no tengan ley alguna conocida.

Los regulares, a su vez, se dividen en *constantes y periódicos*: los constantes siempre soplan en la misma dirección: tales son los vientos alíseos, que soplan constantemente en la zona tropical. Son debidos al graduante barométrico, que continuamente se establece entre la zona de baja presión del ecuador y la alta presión de latitudes medias, a causa del gran recalentamiento que sufre la banda tropical. En las regiones polares los alíseos soplan de N. a S. en el hemisferio boreal, y de S. a N. en el austral; pero esa dirección se modifica a causa del movimiento rotatorio de la tierra, y cerca del ecuador soplan del NE. y SE. en los dos hemisferios respectivos.

Al mismo tiempo se establece otra corriente de sentido contrario en las regiones altas de la atmósfera, *contra-alíseos*, que va a llenar el vacío que dejan los alíseos en las altas latitudes.

Los vientos *periódicos* pueden ser *diurnos*, como las *brisas*, que por las mañanas soplan de tierra al mar, o de la llanura a las montañas, y viceversa por la tarde; o *estacionales* que soplan en dirección fija y determinada, pero variable según las estaciones. Tales son los *monzones* de los mares de India y China.

Los vientos *irregulares* no siguen ley alguna conocida; pues dependen de causas muy complejas, cuyo estudio está todavía muy atrasado (1).

**31. Tempestades y ciclones.**—A veces el desequilibrio atmosférico es muy grande y repentino, y produce vientos impetuosos, de efectos destructores. Así se originan las *tempestades* y los *ciclones*. Estos son corrientes atmosféricas violentas de movimiento giratorio, que a veces recorren grandes extensiones de la Tierra.

El movimiento y dirección que siguen los ciclones, depende en gran parte de la rotación terrestre.

---

(1) Los vientos por su dirección se nombran según el punto de donde soplan: así se dice viento Sur, Norte, Este, Oeste, con sus intermedios, formándose de este modo la *rosa de los vientos*.

---

## ARTICULO IV

## CORRIENTES MARINAS

32. Con las corrientes atmosféricas tienen gran analogía las corrientes marinas, tanto en lo tocante a sus causas, como en su naturaleza y modificaciones; por eso daremos aquí unas breves nociones de ellas.

**División de las corrientes marinas.**— Las corrientes marinas unas son horizontales, y otras, verticales. Sobre las verticales ya indicamos algo, al hablar de la temperatura de las aguas marinas, en función de las sales en ellas disueltas (26). No son propiamente corrientes definidas y limitadas, sino más bien es una circulación general de aguas de la superficie a la profundidad, y viceversa, por lo cual les cuadra mejor el nombre de *circulación difusa*, que no el de corrientes (Fig. 15).

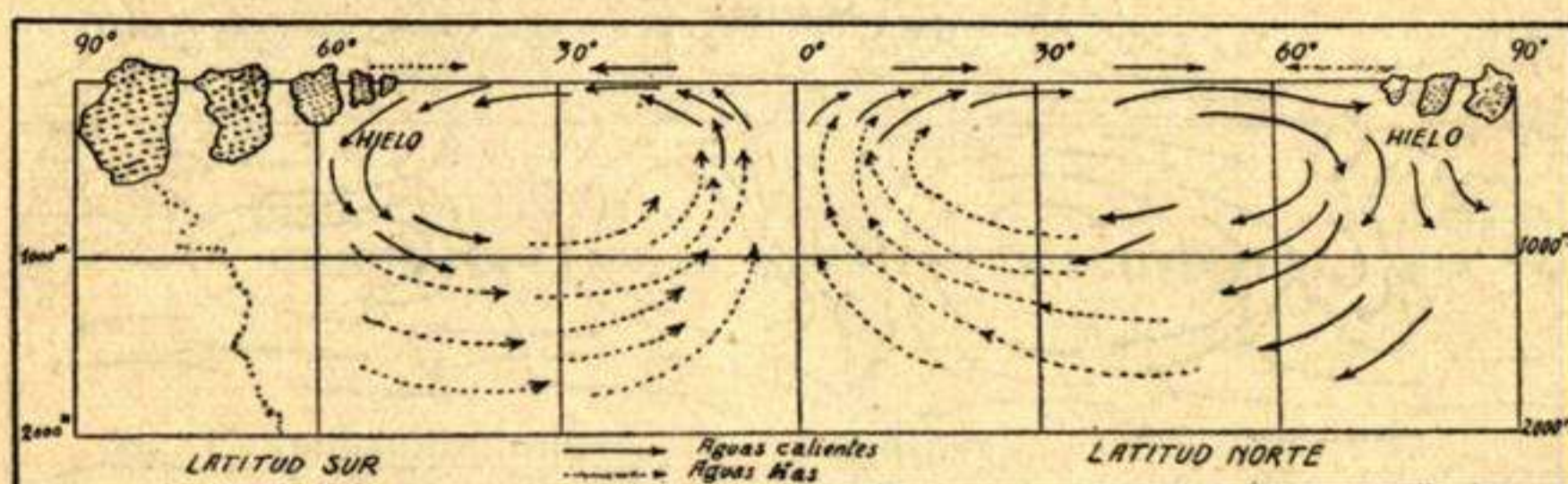


Fig. 15.—Corrientes marinas verticales. En la zona tórrida la corriente es ascendente; en la superficie, junto al ecuador ( $0^{\circ}$ ) se bifurca y sigue casi horizontal hasta encontrarse con las corrientes frías de los polos portadoras de icebergs; entonces se hace descendente, para confluír por el fondo a la zona ecuatorial.

Las corrientes horizontales unas caminan por la superficie; y otras, a cierta profundidad; las primeras son las más importantes y mejor conocidas; por eso nos limitaremos a dar de ellas una breve idea.

33. **Origen de las corrientes marinas.**— Los antiguos físicos explicaban las corrientes marinas por el mismo mecanismo de las corrientes atmosféricas. En la región ecuatorial las aguas se calientan considerablemente, se dilatan y tienden a rebasar sobre las más frías y pesadas de las regiones vecinas, originando verdaderas corrientes superficiales cálidas. Para restablecer el equilibrio tiene que afluir agua de las regiones frías, y así se establece el doble circuito de corrientes frías y cálidas.

Zoppritz, en cambio, atribuye al viento el papel principal en la formación de las corrientes; sobre todo a los vientos alíseos, constantes en la región del ecuador.

En realidad el fenómeno de las corrientes marinas es muy complejo, como dice Lapparent, y pueden influir en él muchas causas.

En la dirección de las corrientes marinas influye, además de la rotación terrestre, la configuración de los continentes, y aun a veces el relieve submarino.

**34. Principales corrientes marinas.**—Corrientes marinas se observan en todos los océanos; pero sólo mencionaremos la gran corriente del golfo o Gulf-Stream, que tiene gran influencia sobre el clima de Europa.

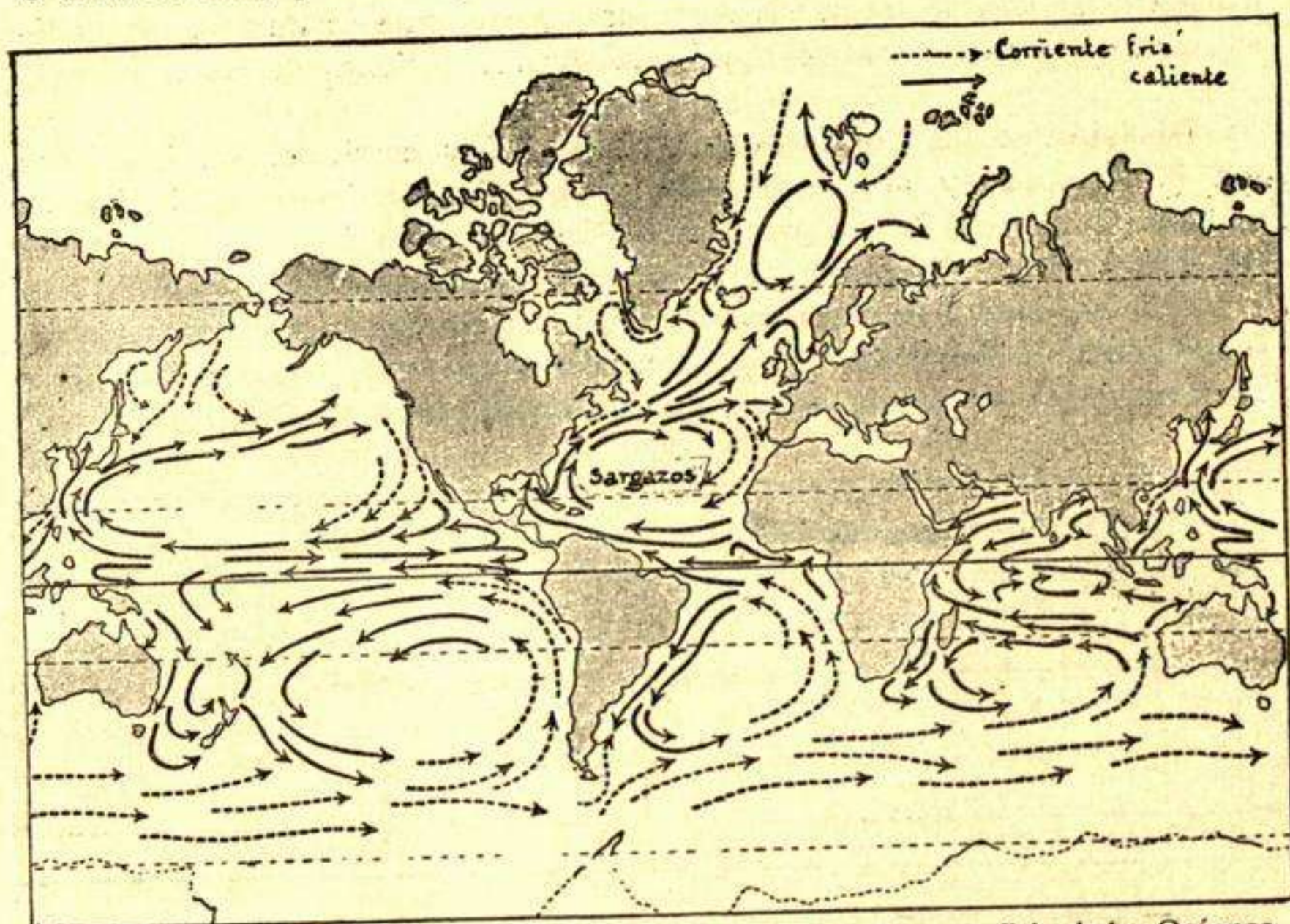


Fig. 16.—Corrientes marinas frías y calientes distribuidas por la superficie de los Océanos. Nótese la formación de circuitos cerrados que giran en sentido contrario en uno y otro hemisferio. Obsérvese la situación del Mar de los Sargazos.

Se origina en la zona ecuatorial del Atlántico, entre el golfo de Guinea y el Brasil; se dirige hacia el oeste y va a chocar contra el ángulo N. de las costas del Brasil, cuyo principal saliente es el cabo de S. Roque. Aquí se divide en dos ramas; una se dirige al S. bañando las costas del Brasil y la Argentina; pero la rama más importante toma la dirección NO. hacia el mar de las Antillas y golfo de Méjico. Obligada por la configuración del continente americano, se curva hacia el Este, pasa por el canal de la Florida y asciende bordeando la costa oriental de los Estados Unidos. Al llegar al banco de Terranova, cambia de dirección al choque con la corriente fría del Labrador y tuerce su rumbo hacia Europa, en cuyas costas occidentales se bifurca en dos ramas: una que va a las regiones polares; y otra que baja por las costas de Africa, recurvando hacia el Oeste, y vuelve a cerrar el circuito en la zona ecuatorial con el nombre de *contra corriente*. (Fig 16).

**35. Mar de Sargazos.**—En la zona del Atlántico N. que queda entre la corriente y contracorriente, se acumula enorme cantidad de algas marinas, principalmente sargazos, formando enormes praderas marinas, llamadas mar de Sargazos, muy peligrosas a veces para las embarcaciones (1).

**36. Otras corrientes marinas.**—También en el océano Pacífico y en el Indico se originan corrientes análogas a las del Atlántico. Baste mencionar la corriente del Japón en el Pacífico, y la de Malabar en el Indico, cuya dirección, lo mismo que la de las corrientes del Atlántico S. y otras, puede verse en el adjunto mapa. (Fig. 16).

**37. Otros movimientos de las aguas marinas.**—Además de las corrientes, tienen lugar en la superficie del mar otros movimientos, como las mareas, producidas por la atracción del sol y sobre todo de la luna; y las olas, que reconocen por causa los vientos. Más adelante trataremos sobre la importancia de su acción geodinámica.

---

#### ARTICULO V

### HUMEDAD. LLUVIAS. CORRIENTES FLUVIALES

**38. Evaporación: nubes, lluvias y nieves.**—Otro efecto inmediato del calor sobre las aguas, es la evaporación que provoca en su superficie libre. Este vapor de agua se difunde por la atmósfera hasta regiones más o menos elevadas, impregnándolas de humedad, en cantidad muy variable según las regiones (Fig. 17).

Cuando el estado de humedad de la atmósfera llega a su punto de saturación, el vapor de agua se condensa, ya en menudísimas gotas o globulitos, que flotan en la atmósfera, constituyendo las nubes; ya en gotas más o menos gruesas, que caen en la tierra formando la lluvia. La condensación en forma de lluvia tiene lugar, cuando por una causa especial, radiación, dilatación, etc., se produce un enfriamiento, que hace bajar el

---

(1) Obsérvese que este mar de los Sargazos o de Sargazo, ocupa el centro tranquilo de un círculo cuyo borde exterior está siempre en movimiento, siguiendo siempre una misma dirección. Es muy natural que en ese centro reposado prospere la vegetación y la vida. Si en un recipiente circular de poco fondo echamos pedacitos de hierbas, pajas, etc., y con una varilla imprimimos al conjunto un movimiento de rotación, veremos que las impurezas del agua quedan en el centro, mientras que las aguas de la periferia en movimiento las rechazan [E. M.].

punto de saturación; o cuando una capa de aire es transportada de una región a otra más fría. Si la condensación va acompañada de un gran enfriamiento rápido, se produce el granizo: si el enfriamiento es lento, se forma la nieve.

**39. Clasificación de las nubes.**—Según su forma y aspecto, las nubes se dividen en cuatro tipos fundamentales: *cirrus*, formados por agujas de hielo, en regiones muy elevadas (8 a 10.000 metros); ofrecen aspecto filamentososo, en bandas convergentes; se les conoce vulgarmente con el nombre de colas de gallo. *Cumulus*, de aspecto apelonado, como



Fig. 17.—Formación de las nubes. El Sol evapora el agua de los mares y este vapor de agua se difunde en la atmósfera y va a depositarse en sitios muy lejanos y bajo formas muy diversas.



Fig. 18.—«Mar de Nubes» en Montserrat. Las nieblas condensándose en el fondo de anchos valles cuya temperatura se enfría, ascienden por los flancos de las montañas embistiéndolas como embravecidas olas en busca de otras capas atmosféricas superiores más calientes.

grandes masas de algodón, brillantes por el lado del sol: son frecuentes en verano: nubes de verano. *Nimbus* o nubes de lluvia, de color denso y sombrío, sin forma determinada, que con frecuencia se resuelven en lluvia. *Stratus*: nubes más o menos altas, que forman como bandas o capas horizontales.

Claro está que estos tipos de nubes no se encuentran siempre netos y determinados, sino con frecuencia mezclados y con formas intermedias: así se presentan cirro-stratus, strato-cumulus, cumulo-nimbus, etc.

Un aspecto particular ofrecen las nubes cuando forman lo que se llama *Mar de Nubes*, espectáculo grandioso que justamente recrea a los expedicionarios que acuden a contemplarlo en valles anchos sometidos a determinados cambios de temperatura. España lo ofrece en Montserrat, Picos de Europa, etc. (Fig. 18).

**40. Clasificación de los climas según la humedad relativa (1).**—Según la mayor o menor humedad de la atmósfera y la mayor o menor

(1) La humedad se llama relativa con referencia al punto de saturación, que depende de la temperatura: por eso puede haber en una región mucha mayor humedad absoluta, o cantidad de vapor de agua, que en otra; y sin embargo, tener menor humedad relativa, si, por su mayor temperatura, está más lejos del punto de saturación.





Fig. 19.—Lago de Sanabria (Zamora) de origen glaciar, atravesado por el río Tera (1)  
(Cliché de «Vallisoletana»)

cantidad de nubes y precipitaciones atmosféricas, los climas pueden ser *húmedos*, *secos* o *intermedios*. Los climas húmedos en general suelen hallarse en las proximidades montañosas de los mares; así como los secos suelen ser propios de las llanuras continentales.

Cuando la sequedad del clima es extremada, se tiene el clima llamado *desértico*, por ser propio de los desiertos, en que apenas llueve. Al contrario, el extremo de humedad relativa da origen a los climas y cielos *brumosos*, que abundan en las regiones septentrionales del occidente de Europa.

**41. Corrientes fluviales.**—El agua que cae en la tierra en forma de lluvia, parte se evapora de nuevo, parte corre por la superficie formando corrientes más o menos grandes, y parte se filtra por el interior de la tierra y va a impregnar las capas del subsuelo y a llenar las oque-

(1) Tiene una extensión de 3,6 km. cuadrados. Su profundidad en varios puntos llega a 80 m. Su máxima largura 2.360 m. Pasa por una de las bellezas naturales de España. V. *Ibérica* 2-9 febrero 1924 [E. M.].

dades subterráneas, donde se forman a veces verdaderos depósitos o balsas de agua. Todas estas aguas subterráneas, forman verdaderas corrientes intratelúricas, que, cuando encuentran condiciones favorables, salen a la superficie, formando las *fuentes*. Las aguas que salen de las fuentes, van corriendo hacia las partes bajas o valles, donde se reúnen formando corrientes perennes más o menos considerables, llamadas *ríos*.

Los ríos siguen su curso por la pendiente de los valles, y van a desembocar directa o indirectamente en el mar, devolviéndole el agua, que le había quitado la evaporación, y cerrando la curva de su ciclo.

**42. Lagos.** - A veces los ríos encuentran en su paso depresiones más o menos profundas y extensas del terreno, y en ellas rebalsa el agua, for-



Fig. 20.—El lago Enol y los Urrieles, en el Parque Nacional de Covadonga. Lago cerrado a 1040 mts. sobre el nivel del mar (Cl. Ibérica).

mando lagos (Fig. 19). Cuando por la evaporación del agua, o por introducirse entre las grietas del terreno, o por ambas causas juntas, termina el río en el lago, se llama *lago cerrado*, como ocurre con el lago Asfaltites o mar Muerto en Palestina. En la mayor parte de los casos, el agua después de llenar la depresión lacustre, sigue su curso continuando la corriente fluvial, y se llaman entonces *lagos abiertos* (Figs. 19 y 20).



### CAPITULO III

---

## BIOFISICA

---

**43. Su importancia en la Geología: división.**—Dijimos en el n.º 4 que la Biofísica «estudia las condiciones biológicas y la distribución geográfica de los vivientes». Este estudio, como se ve, es de suma importancia para el geólogo, porque de la comparación con los vivientes actuales, podrá deducir consecuencias importantes para el estudio de las condiciones físico-biológicas de la tierra en las épocas pasadas, atendida la naturaleza y distribución de los fósiles en ellas encontrados.

Acomodadamente a nuestro propósito, dividiremos los vivientes en dos grandes grupos, según el medio vital: *continentales* y *marinos*. Y en cada grupo estudiaremos primero las condiciones biológicas del medio, y luego la distribución geográfica de los vivientes en su medio respectivo.

---

#### ARTICULO I

### FACTORES BIOGEOGRÁFICOS CONTINENTALES

**44. División.**—Los factores *bionómicos* o *biogeográficos* continentales actuales, unos dependen del suelo, otros del clima, otros de los medios de locomoción, y otros por fin de causas geológicas: de ahí su división en *edáficos*, *climatéricos*, *disyuntivos*, *dispersivos* y *geológicos*.

**45. Edáficos.** (ἔδαφος = suelo).—Se llaman así los que dependen del suelo o terreno. Estos principalmente afectan a las plantas, aunque no dejan de influir también sobre algunos animales. Así hay plantas *calcícolas*, *silicícolas*, *salícolas*, etc.

**46. Climatéricos.**—Estos son los más importantes; y dependen del calor, humedad, luz, etc. Así hay plantas y animales, que son propios de climas cálidos; otros de templados y fríos. Según la exigencia de humedad hay plantas *xerófilas e hidrófilas*, de clima seco y húmedo respectivamente; *tropófilas* son las que viven en clima seco y húmedo, como sucede en los trópicos.

La luz es de más influencia en las plantas que en los animales; pues es necesaria para que aquéllas asimilen el carbono bajo la acción de la clorofila. Sin embargo, hay plantas que necesitan menos luz para esta función; tales son en general, las criptógamas, que viven de preferencia en los parajes húmedos y sombríos.

**47. Disyuntivos.**—Estos son barreras ú obstáculos que separan una región de otra, e impiden la trasmigración y diseminación de las especies. Así se ven especies confinadas a ciertas regiones, como Madagascar, Australia, etc. Estas barreras son casi siempre montañas, desiertos o mares: y son más o menos absolutas, según los medios de dispersión.

**48. Dispersivos.**—Los factores dispersivos, o medios de dispersión, unos son intrínsecos al mismo animal, tal es la locomoción o facultad de trasladarse de un lugar a otro: claro está que cuanto más poderosos y eficaces sean los medios de locomoción, mayor podrá ser, *ceteris paribus*, el área de dispersión que ocupe una especie. Así las aves tienen más facilidad de trasladarse que los mamíferos: y éstos más que los reptiles: y éstos más que los anfibios. Lo mismo se podría decir de los invertebrados, entre los cuales, las especies voladoras, como muchos insectos, poseen mejores medios de dispersión.

Otros medios de dispersión son extrínsecos al animal o planta: tales son las corrientes, así fluviales como marinas: los vientos, otros animales, el hombre mismo.

**49. Geológicos.**—Para darse cuenta de la dispersión actual de muchos animales y plantas, es necesario tener en cuenta también algunos factores geológicos, como son: el cambio de tierras y mares en épocas anteriores; la formación o separación de alguna isla: el centro de creación o formación de un tipo de animales, etc.

Así, por ejemplo, la fauna del Africa meridional es muy diferente de la del África mediterránea: eso es debido a que hasta no hace mucho existía un brazo de mar entre las dos regiones, en el sitio del actual Sahara. Asimismo la isla de Madagascar ya debía estar separada del continente africano a principios de la era terciaria: pues no se encuentran en ella el grupo de los monos que pobló el Africa ya desde los tiempos eógenos: en cambio tiene muchos Lemúridos semejantes a los de la India. Las islas de Timor, Flores y Célebes tienen fauna australiana; y las de Sumatra, Java, Borneo y Bali, poseen fauna indochina: parece que su primitiva unión era con Australia e Indochina, respectivamente.

## ARTICULO II

## DISTRIBUCION DE LA VIDA EN LOS CONTINENTES

**50. División de los vivientes continentales.**—Los vivientes continentales pueden dividirse en *acuáticos*, que habitan las aguas dulces (ríos y lagos), y *terrestres o aéreos* que respiran el aire de la atmósfera.

## § 1º FAUNA ACUATICA

Los acuáticos pertenecen principalmente a los peces, moluscos y crustáceos y aun casi todos los anfibios: y por el aislamiento de los ríos y lagos, su distribución geográfica suele presentar notables particularidades.

Es muy verosímil que algunos de los vivientes de los lagos y ríos actuales sean restos de una fauna marina, que, al ir desecándose un mar interior, cuando se levantaban los continentes, quedaron aislados en ese lago, resto de antiguo mar; *fauna de reliquat*, como es costumbre llamarla. Así se observa que el lago Tanganika, en Africa, tiene formas vivientes marinas, y en particular una medusa (*Limnocida Tanganikae*); la fauna del mar Caspio es semejante a la del mar Negro; los lagos de Italia tienen una fauna parecida a la del Mediterráneo; el lago Baikal, en Siberia Oriental, aislado desde época remota, conserva especies de parentesco marino, como esponjas, una foca, algún poliqueto (Gusano anillado), etc.

## § 2º REGIONES BOTANICAS

**51.** Las regiones o zonas botánicas están limitadas en general por las zonas climáticas. Hay dos zonas polares, dos templadas y una tropical. En cada una de ellas se pueden distinguir dos variedades principales: *zona de los bosques y zona herbácea*.

La primera suele ser frecuente en las regiones montañosas. La zona herbácea puede tener el aspecto de *tundra*, que es un tapiz verde, principalmente de musgos, abundante en las regiones polares, sobre todo en la boreal; o el aspecto de *estepas*, que son regiones secas, escasas en vegetación; que degeneran en *desiertos*, cuando la vegetación es nula; o el aspecto de *praderas*, que son regiones cubiertas de fanerógamas herbáceas, principalmente gramíneas.

## § 3º REGIONES ZOOLOGICAS

**52.** Las regiones zoológicas terrestres, actualmente admitidas, están basadas sobre la distribución geográfica de los mamíferos, únicos que han sido estudiados algo detenidamente bajo este respecto.

Se pueden admitir con Trouessart cuatro regiones generales: 1ª la *región holártica*, que comprende América del Norte, Asia Septentrional, desde el macizo del Himalaya y toda Europa. Sus caracteres más bien son negativos, pues no se puede decir que ningún grupo de mamíferos es propio suyo. 2ª *Región etiópica*, que abarca todo el sur de Africa (desde el desierto de Sahara) e islas adyacentes, más la Arabia, India y las Islas de la Sonda, hasta Célebes y Lombok. El carácter más saliente de esta región es la presencia de los Lemúridos; por eso muchos zoólogos designan al conjunto de las tierras pertenecientes a esta región, con el nombre de *Lemuria*. 3ª *Región neotropical*, desde el norte de Méjico hasta el cabo de Hornos, caracterizada por el gran desarrollo de los mamíferos desdentados. 4ª *Región austral*. A ésta pertenece el continente australiano e islas de Oceanía, desde Célebes y Lombok hacia el este. Resalta en ella la gran abundancia y variedad de marsupiales y la existencia de monotremos, que son exclusivos de ella.

Algunos admiten, además, otras dos regiones polares: *ártica* y *antártica*, que albergan algunos mamíferos marinos como propios suyos; pero son de poca importancia.

**53. Fauna forestal, esteparia e insular.**—En cada una de esas regiones se pueden considerar tres tipos o facies de faunas, acomodados a las distintas condiciones biológicas: fauna *forestal* o de la región de los bosques; fauna *esteparia* o de las praderas, y fauna *insular*. En la fauna forestal abundan los mamíferos arborícolas, como los monos, arácnidos, etc. En la esteparia predominan los corredores (caballo), saltadores (liebres), minadores (topo).

*Fauna insular.*—Las islas para su estudio fáunico, se pueden dividir en dos grupos: islas desgajadas de un continente, que contienen en general la fauna del continente a que estaban unidas: como Japón, Ceilán, Córcega, etc., e islas formadas ya dentro del mar, y en este caso su fauna se compone de especies importadas, por ejemplo, la isla de los Galápagos, frente a las costas de la República del Ecuador, que sólo contiene especies llevadas allí por los navíos, como reptiles y algunas aves.

## ARTICULO III

## LA VIDA EN LOS MARES

**54.** Más importante que el estudio de los vivientes actuales de los continentes es para el geólogo el conocimiento de las condiciones biológicas y la distribución geográfica de los vivientes marinos; pues la mayor parte de los terrenos son de origen sedimentario marino.

## § 1º CONDICIONES BIOLÓGICAS DEL MEDIO MARINO

El medio marino tiene algunos factores biológicos propios suyos, que no se encuentran en los continentes: tales son la salinidad de las aguas y la profundidad. Otros factores, en cambio, son comunes a ambos medios biológicos, como la temperatura, luz, suelo o fondo, etc.



Fig. 21.—Distribución de la *salinidad* de los mares. Los núms. indican el tanto por mil de sales

**55. Salinidad.**—Salinidad es la cantidad de sales disueltas que contiene el agua de un mar. Estas sales son principalmente las siguientes:

ClNa	77,75 %	SO <sub>4</sub> Mg	4,73 %	SO <sub>4</sub> K <sub>2</sub>	2,46 %
ClMg	10,87 »	SO <sub>4</sub> Ca	3,60 »	CO <sub>2</sub> Ca	0,34 »

Esta salinidad varía algo en los distintos mares, aunque las proporciones se conservan sensiblemente invariables: en los mares cerrados, donde la evaporación es muy intensa y pequeño el aporte

de aguas dulces, la salinidad suele ser muy grande: así en el Mediterráneo llega a 3,8 ‰, en el mar Rojo asciende hasta algo más de 4 ‰. Por razones contrarias, en el Báltico apenas pasa de 1 ‰. Es el mar menos salado del globo. (Figs. 21 y 22).

Hay muchos animales marinos, que necesitan vivir en salinidad fija, y no sufren alteraciones sin sucumbir: se los llama *estenohalinos* (sensibles a la sal); tales son, por ejemplo, los radiolarios, equinodermos, cefalópodos, etc., que requieren una salinidad normal. En cambio, otros, *eurihalinos*, pueden soportar notables variaciones en la salinidad; tales son muchos peces, crustáceos y lamelibranquios.

### 56. Temperaturas.—De la misma manera, muchos animales

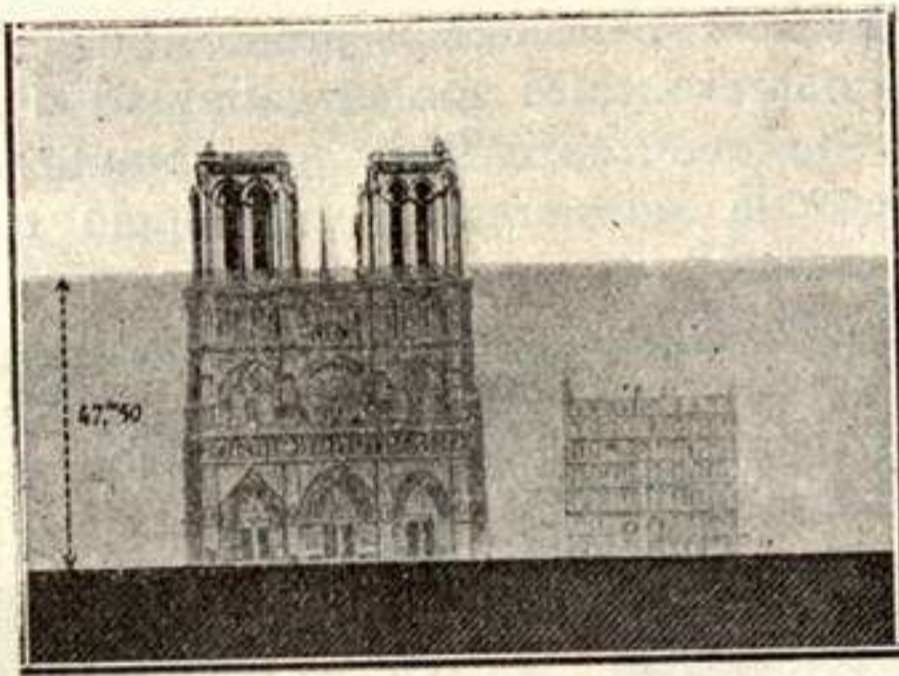


Fig. 22.—Extendida sobre toda la tierra la masa de sales que contienen los Océanos se formaría una capa de 47,50 m. de espesor. Los edificios de la figura representan Ntra. Sra. de París y un edificio moderno de 6 pisos (1).

marinos son muy sensibles a los cambios de temperatura, llamados por esta razón *estenotermos*; otros por el contrario, se acomodan fácilmente a temperaturas variables, *euritermos*; en general se puede decir que los litorales son euritermos, y los de aguas profundas estenotermos.

### 57. Luz. — A partir de 400 metros ya no penetra en el mar la luz ordinaria; por eso, más allá de esa profundidad no pueden vivir plantas. Los animales que viven a

grandes profundidades a veces carecen de ojos, y entonces esta falta de órgano visual suele estar suplida por largos y delicados apéndices táctiles, como antenas, barbas, etc.

Otras veces, los animales abisales tienen ojos extraordinariamente desarrollados; y con frecuencia son fosforescentes los animales de las grandes profundidades; de modo que, aunque no penetre allí la luz solar, tienen ellos sus focos luminosos, que alumbran admirablemente aquellos abismos.

Aunque, como dijimos, a más de 400 metros no penetra la luz ordinaria, sobre todo las primeras radiaciones del espectro: rojo, amarillo, etc.; sin embargo, deben penetrar otras radiaciones, como las ultravioletadas; pues se ha observado que aun a 1.000 metros son impresionadas las placas fotográficas. ¿Y quién sabe si algunas de esas radiaciones pueden impresionar el órgano visual de muchos animales pelágicos?

(1) De Alfonso Berget. V. «La science et la vie» Tomo XXVIII, N. 99, Sept. 1925, pág. 191.



**58. Fondo.**— Hay suelos o fondos *rocosos*, donde viven los animales que forman colonias, como los corales; y los de testa gruesa, como muchos moluscos: fondos *arenosos*, buenos para los briozoarios, anélidos, algas calcáreas, etc.: *lodosos*, donde se entierran muchos lamelibranquios sifonados.

**59. Locomovilidad.**— Hay algunos animales y plantas marinos que viven en el fondo del mar; su conjunto se llama bentos (*βένθος* = fondo); el bentos puede ser sedentario o andante (vágil), según que los vivientes estén fijos o se arrastren por el fondo: los primeros comprenden animales y plantas; los segundos, sólo animales. Hay otros vivientes marinos que no viven en el fondo, sino en la superficie o a ciertas profundidades; y entre éstos, unos se mueven libremente por la facultad locomotiva que poseen, y constituyen el necton (*νέω* = nado); y otros se mueven, pero pasivamente, por las olas y corrientes marinas: forman el plancton (*πλᾶνκτος* = errante); éstos son en general animales y plantas de pequeño tamaño.

#### § 2º DISTRIBUCION DE LOS VIVIENTES MARINOS

**60. Regiones biológicas marinas.**— El establecimiento de provincias zoológicas marinas está todavía muy atrasado; pues apenas se han hecho estudios de conjunto a este fin: por eso en vez de asignar la distribución de los seres marinos por regiones geográficas, haremos breves indicaciones sobre algunas divisiones, fundadas en las cualidades biológicas del medio marino.

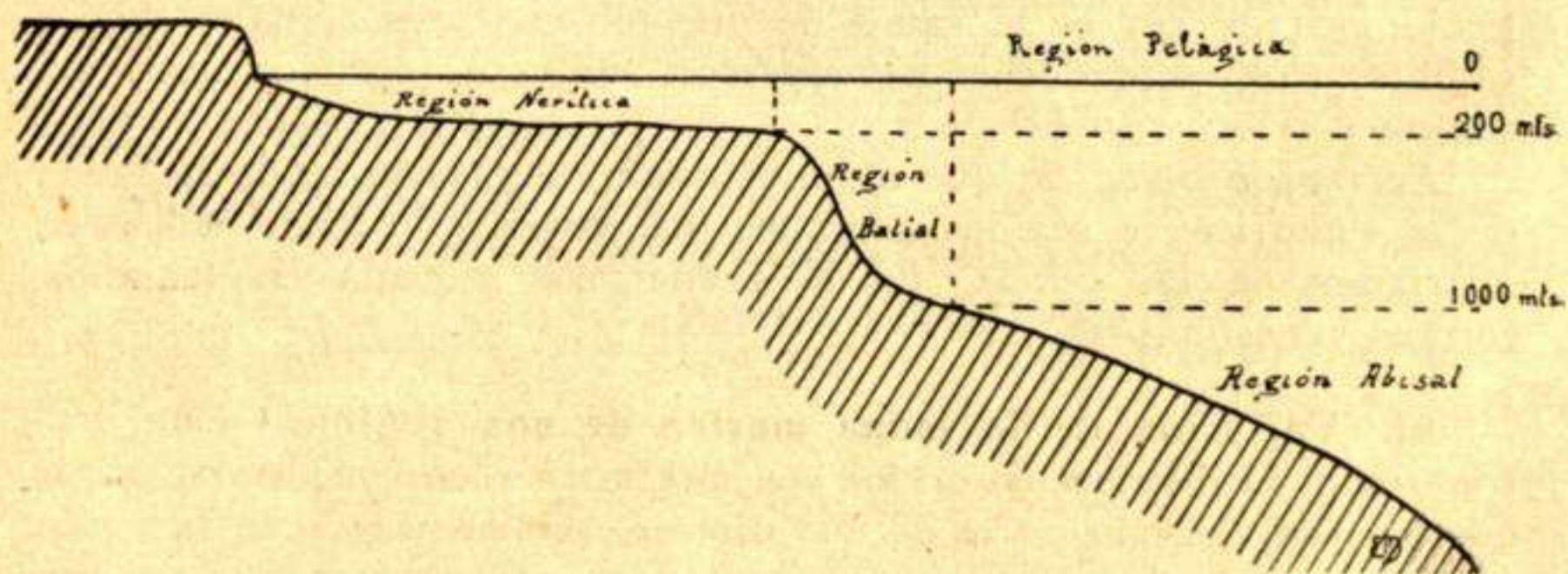


Fig. 23.—Regiones biológicas marinas

La división más importante de las regiones biológicas marinas se funda en la mayor o menor profundidad, en que viven los seres marinos, sobre todo los bentónicos.

Según este factor, se admiten tres regiones principales: región *nerítica*, *batial* y *abisal*. (Fig. 23).



**61. Región nerítica.**—La región nerítica o litoral se extiende desde cero hasta 200 metros de profundidad. Está caracterizada por la agitación y movilidad de sus aguas, y por la variación en su temperatura. Es la región de los corales, de las algas, gastrópodos herbívoros, como neritas, cipreas, etc.

Esta región participa de la variabilidad en la temperatura, tanto en una misma localidad, según las estaciones, cuanto en la que proviene de las zonas climáticas. Por eso la fauna de esta región puede caracterizar el clima de una localidad.

**62. Región batial.**—Comprende de 200 a 1.000 metros. Tiene aguas poco agitadas y de temperatura casi constante. Las plantas son escasas, aun en su parte superior; por eso en esa zona hay pocos animales herbívoros; en cambio existen muchos limívoros, o que se alimentan de limo, procedentes de la descomposición de sustancias orgánicas, como muchos cefalópodos, decápodos, macrocruos, peces, etc.

**63. Región abisal.**—De 1.000 metros para abajo; temperatura constante, próxima a 0°; agitación de las aguas casi nula, excepto pequeñas corrientes de agua más caliente y menos salina que desciende a las profundidades a llevar calor. No hay luz solar; y por consiguiente no existe vegetación. Los animales se alimentan del plantón, o sea, de ese conjunto de organismos acuáticos que está continuamente cayendo arrastrado por corrientes.

La fauna de esta región es muy poco variada, y es la más cosmopolita, por encontrarse a esas profundidades igual temperatura en todas las latitudes. Y esta invariabilidad en las grandes profundidades se ha perpetuado también a través de los tiempos geológicos; y esa es la causa de que los vivientes actuales de las grandes profundidades conserven más analogías con los tipos arcaicos.

*La región pelágica*, que algunos distinguen, comprende la fauna de la superficie, o sea los animales que viven a lo ancho del mar, apartados de las costas. Es la fauna más variada en tamaños, formas y costumbres.

**64. Variación de la fauna marina de una región.**—Esta doctrina sobre la distribución de los vivientes marinos se completará, por lo que interesa al geólogo, con lo que diremos después acerca de la acción geodinámica de los vivientes marinos. Sólo advertiremos que en una misma región puede variar la profundidad, en las distintas épocas; haciendo variar por el mismo caso la fauna bentónica de esa región.

Esta misma variación en la profundidad puede ser, ya un obstáculo para la dispersión de los animales marinos, ya también un factor que contribuya a esa dispersión. Será obstáculo para aquellos animales que no puedan vivir a la nueva profundidad; pero podrá ser un nuevo *domicilio* (habitat) para los que se acomoden bien a ella.

## SEGUNDA PARTE

---

### DISTRIBUCION DE LA SEGUNDA PARTE

---

#### GEODINAMICA

	<u>NÚMS.</u>						
INTRODUCCIÓN . . . . .	65						
ART. 1.º—ACCIÓN MECÁNICA Y QUÍMICA DE LA ATMÓSFERA . . . . .	68						
ART. 2.º—ACCIÓN DEL AGUA	<table style="border: none; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding-left: 10px;">FLUVIAL</td> <td style="text-align: right;">72</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">DEL MAR</td> <td style="text-align: right;">75</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">SÓLIDA.</td> <td style="text-align: right;">78</td> </tr> </table>	FLUVIAL	72	DEL MAR	75	SÓLIDA.	78
FLUVIAL	72						
DEL MAR	75						
SÓLIDA.	78						
ART. 3.º—ACCIÓN DE LOS ORGANISMOS . . . . .	85						
ART. 4.º—SEDIMENTACIÓN . . . . .	87						
ART. 1.º—VOLCANISMO.	<table style="border: none; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding-left: 10px;">VOLCANES . . . . .</td> <td style="text-align: right;">93</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">OTRAS MANIFESTACIONES VOLCÁNICAS. . . . .</td> <td style="text-align: right;">98</td> </tr> </table>	VOLCANES . . . . .	93	OTRAS MANIFESTACIONES VOLCÁNICAS. . . . .	98		
VOLCANES . . . . .	93						
OTRAS MANIFESTACIONES VOLCÁNICAS. . . . .	98						
ART. 2.º—MOVIMIENTOS DE LA LITOSFERA	<table style="border: none; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding-left: 10px;">TERREMOTOS . . . . .</td> <td style="text-align: right;">106</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">MOV. DE LA SUPERFICIE. . . . .</td> <td style="text-align: right;">113</td> </tr> </table>	TERREMOTOS . . . . .	106	MOV. DE LA SUPERFICIE. . . . .	113		
TERREMOTOS . . . . .	106						
MOV. DE LA SUPERFICIE. . . . .	113						

[E. M.]



## GEODINÁMICA

**65. Definición e importancia.**—Llámase *geodinámica*, como se dijo antes, *la parte de la Geología que estudia los agentes actuales, que tienden a modificar el relieve terrestre*. Es muy importante el estudio de las causas geodinámicas actuales, porque servirá como fundamento para juzgar de los fenómenos geológicos que sucedieron en épocas pasadas, y cuyas señales se han conservado en los terrenos.

**66. Agentes geológicos. Su división.**—Las causas que tienden a modificar el relieve terrestre, se pueden dividir en dos grandes grupos: unas, que tienen su asiento en la superficie terrestre, *exógenas*; y otras, cuyo origen se halla en el interior de la tierra, y se fundan en gran parte, en el calor central del globo, *endógenas*. Las primeras constituyen el objeto de la geodinámica externa; y las segundas, de la geodinámica interna.

Los agentes endógenos tienden a producir desigualdades en la superficie terrestre; los exógenos igualan y nivelan esas desigualdades; y en esa acción sucesiva de ambos agentes se fundan los *ciclos geológicos*.



## CAPITULO I

---

### GEODINAMICA EXTERNA

---

**67. Fuentes de la energía exodinámica.**—De tres fuentes principales toman su fuerza los agentes, que obran en la superficie terrestre: 1ª del sol y la luna: ésta con su atracción produce las mareas; aquél, con el calor que envía a la tierra, produce los vientos y corrientes marinas; evapora el agua, que va luego a caer en las partes elevadas; 2ª la gravedad terrestre, que hace correr el agua hacia las partes bajas, arrastrando consigo los materiales térreos (1). 3ª los organismos vivientes, que en parte toman también su fuerza de la luz y calor. Las acciones químicas de los mismos cuerpos pueden considerarse como condición o dispositivo, para que obren los otros agentes: así el agua arrastra, por ejemplo, la caliza, previa disolución.

Pero como los agentes inmediatos de estas acciones superficiales son el aire, el agua y los organismos vivientes, conforme a ellos dividiremos el estudio de los agentes geodinámicos externos. En el aire y el agua se puede considerar su acción física o mecánica y su acción química.

---

#### ARTICULO I

#### ACCIÓN MECÁNICA Y QUÍMICA DE LA ATMÓSFERA

**68. Acción mecánica.**—El aire atmosférico obra mecánicamente, arrastrando en su movimiento partículas térreas; mas para este arrastre se requiere un previo desmenuzamiento o reducción a

---

(1) La gravedad se puede considerar también en parte como origen de la energía geodinámica interna: pues los volcanes arrojan lava por compresión de la litosfera en la piroesfera: los temblores y hundimientos provienen de reajustes gravitatorios de las capas interiores. El fenómeno de la isostasia es también efecto de la gravedad.

fragmentos menudos: esta fragmentación se verifica, ya por los cambios de temperatura que resquebrajan y reducen a polvo las rocas, como sucede en los desiertos, donde los cambios térmicos son muy bruscos entre el día y la noche; ya por la misma fuerza de la lluvia, cuya acción mecánica las disgrega y reduce a limo o menudas arenas, que luego, cuando se secan, pueden ser arrastradas por los vientos (Fig. 24).



Fig. 24.—Acción mecánica de la atmósfera. Notable ejemplo de erosión eólica en las pampas de Cojatá (Perú). (Cl. Ibérica).

**69. Dunas continentales.**—Los vientos en efecto, en sitios secos, donde se encuentra gran abundancia de detritos pulverulentos, arrastran considerables cantidades de ellos, y los acumulan a veces en enormes montones, llamados *dunas* o *medános*. Las dunas continentales más notables son las del desierto de Sahara (fig. 25), que forman a veces verdaderas montañas de arena, hasta de 500 metros de altura. El origen de la arena de estas dunas del Sahara, es la disgregación causada por el calor y la sequedad. También en otros desiertos se encuentran dunas, dignas de atención como en el Turquestán chino, en el desierto de Gobi y otros. La región de las Landas de Francia, no es sino un gran arenal, producido por el transporte de los vientos.

**70. Dunas marítimas.**—Los vientos también mueven las aguas marinas, cuyos remolinos acumulan a veces grandes cantidades de arena, llamadas *dunas marítimas*. Las más célebres son las que se hallan en la costa del Atlántico, al lado del desierto de Sahara, que alcanzan a veces un espesor de más de 120 metros. En las costas de Gascuña también se encuentran dunas marítimas notables, de 70 a 80 metros de espesor, y que se prolongan hasta más de 200 kilómetros de la costa. Dunas litorales se encuentran en Santander (La Rabia, Suances, Cuchía).

**Rocas socavadas.** —Los vientos también, juntamente con la acción de la intemperie, socaban las rocas poco coherentes, que denudadas de los materiales fácilmente solubles y deleznable que quedan aisladas, y erguidas formando lo que se llama *rocas socavadas*, que dan una fisonomía especial a ciertas regiones, como sucede en las curiosas *chimeneas de las hadas* en los Alpes del Tirol, algunos sitios de los Estados Unidos y en España en Extremadura y en la *ciudad encantada* en Cuenca, etc. (Figuras 26, 27, 28).

**71. Acción química de la atmósfera.**—Se reduce a oxidaciones y descomposiciones: oxida los minerales metálicos,



Fig. 25.—Dunas continentales. Dunas del Sahara argelino.

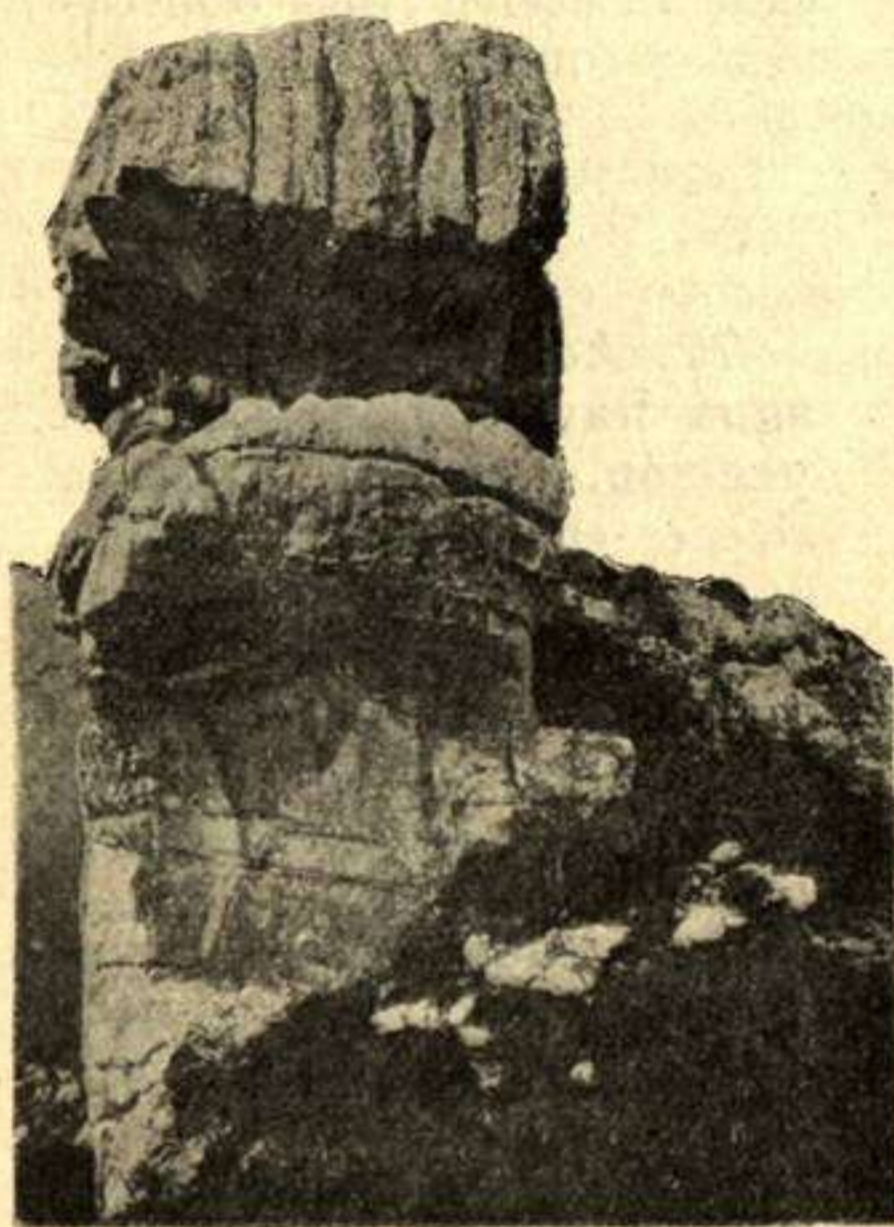


Fig. 26.—Peña Tu, cerca de Vidiago, Oviedo, interesante no sólo como *roca socavada* sino como centro de recuerdos prehistóricos, dados a conocer por el eminente paleontólogo D. José Fernández, Párroco de Vidiago.



Fig. 27.—Roca socavada denominada «El Pico del Fraile», cerca de Orduña.

sobre todo de hierro, formando las tierras rojas; descompone las rocas graníticas, para formar arcillas, de esta manera: el feldespato del granito es silicato de aluminio y potasio; el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera se apodera del K y forma carbonato potásico muy soluble, que es

arrastrado por el agua; y queda silicato de aluminio, que luego se hidrata, formándose así la arcilla y caolín, que se encuentran en abundancia al pie de las montañas graníticas.

---

ARTICULO II

**ACCIÓN DEL AGUA**

El agua se puede considerar en estado líquido y en estado sólido: (en estado gaseoso forma parte de la atmósfera). El agua líquida se puede considerar para el efecto geodinámico en los ríos y mares; y en uno y otro caso, su acción física o mecánica y química.

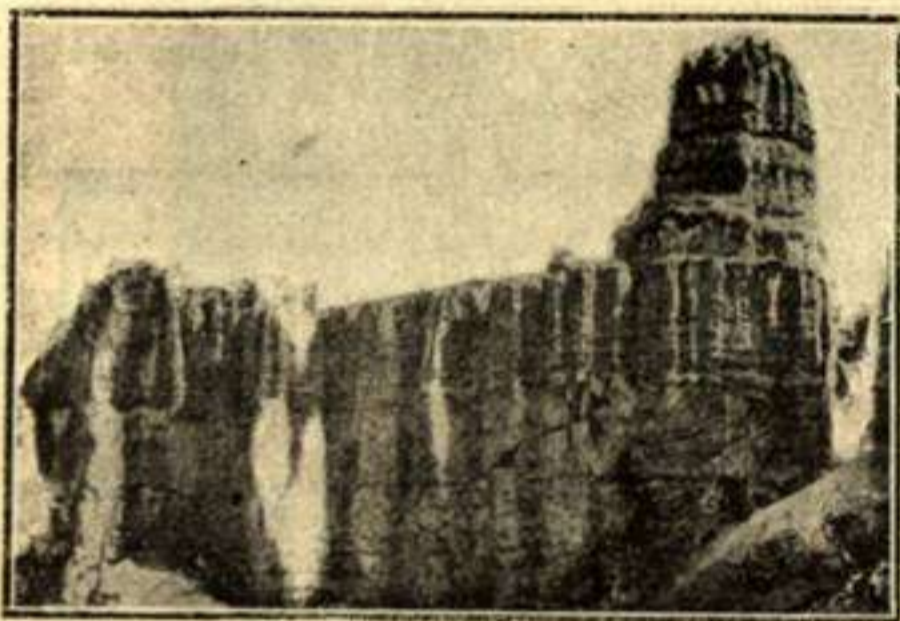


Fig. 28.—Rocas socavadas. Curiosas formas de erosión denominadas por su parecido, «La Catedral» en los Cañones del Bryce de EE. UU.

pero sí la que se filtra y la que corre por la superficie. Esta, al caer la lluvia en las partes altas y laderas de las montañas, erosiona las rocas y transporta sus fragmentos a las partes bajas; así se ven muchas rocas socavadas en forma de conos o pirámides por la erosión pluvial, imprimiendo a las rocas formas típicas de erosión. Esta misma agua de lluvia se va reuniendo y formando valles de erosión, más o menos profundos. Estos torrentes, en épocas de fuertes lluvias, arrastran considerables cantidades de tierras y cantos, y los depositan en las partes bajas, formando *conos de deyección*. (Figs. 29 y 30).

**Gargantas, Cañones.**—Los ríos formados por la reunión de torrentes y riachuelos, socavan y erosionan el cauce por donde corren, y forman *gargantas* de erosión; que cuando son muy profundas, se llaman *cañones*, como los Cañones del Colorado en los Estados Unidos, que son de los más célebres y notables. (Fig. 31).

§ 1º ACCION DEL AGUA  
FLUVIAL

**72. Acción mecánica del agua fluvial. Conos de deyección.**—El agua de lluvia al caer en tierra firme, parte se evapora de nuevo, parte se filtra por el interior de la tierra y parte corre por la superficie. La que se evapora no produce efectos geológicos,



**Deltas o alfaques. Barra.** —Pero los ríos no sólo erosionan y socavan las rocas por donde pasan, sino que arrastran en suspensión gran cantidad de materiales. Los fragmentos gruesos, que los torrentes aportan a los ríos, no pueden ser transportados mecánicamente a grandes distancias; pero las partículas menudas de arcillas, calizas y otros materiales, son transportados a grandes distancias, y depositados en el sitio de desembocadura del río, ya sea un lago, ya una orilla del mar. La acumulación incesante de estos materiales en la desembocadura de los grandes ríos forma depósitos considerables, llamados *deltas* o *alfaques*: como se ve en el delta del Misisipí, del Ganges, del Nilo; en España el más notable es el delta del Ebro. Las partículas más menudas y ligeras pueden ser transportadas más lejos mar adentro, y sedimentadas luego en el fondo marino. A veces se forma un depósito de limo y arena en el punto muerto entre la corriente fluvial y la corriente marina: ese depósito constituye una *barra*.

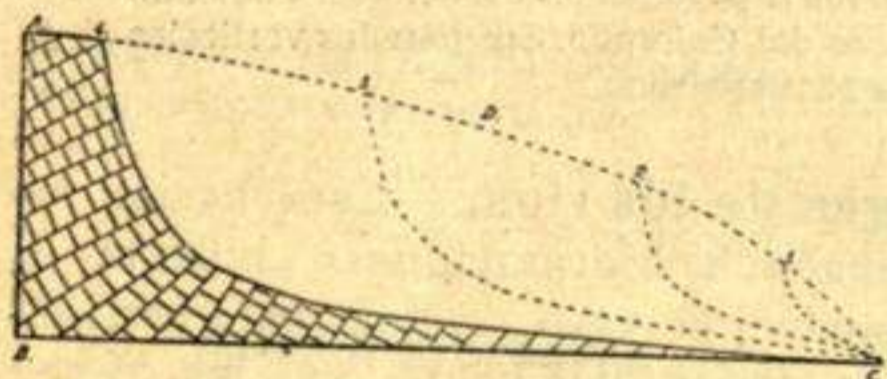


Fig. 29.—Acción mecánica del agua fluvial. Esquema de la modificación del cauce de un río, desde 1 hasta 4 en un macizo primitivo ABCD.



Fig. 30.—Trabajo de los ríos. Cascada vernal del Parque Nacional del Yosemite en los EE. UU.

**Cantidad de materiales llevada por los ríos al mar.** —Se ha calculado la cantidad de materiales que anualmente llevan en suspensión al mar los principales ríos. Se cree que el Ródano lleva 21.000.000 de metros cúbicos; el Misisipí 28.000.000; el Danubio 60.000.000; el Ganges excede con mucho estas cifras. Así se conjetura que todos los ríos juntos llevarán por esta acción mecánica al mar, quitándolo a los continentes, unos 10 kilómetros cúbicos de materiales por año; con sola esa acción llegarían a desaparecer los continentes en siete millones de años.



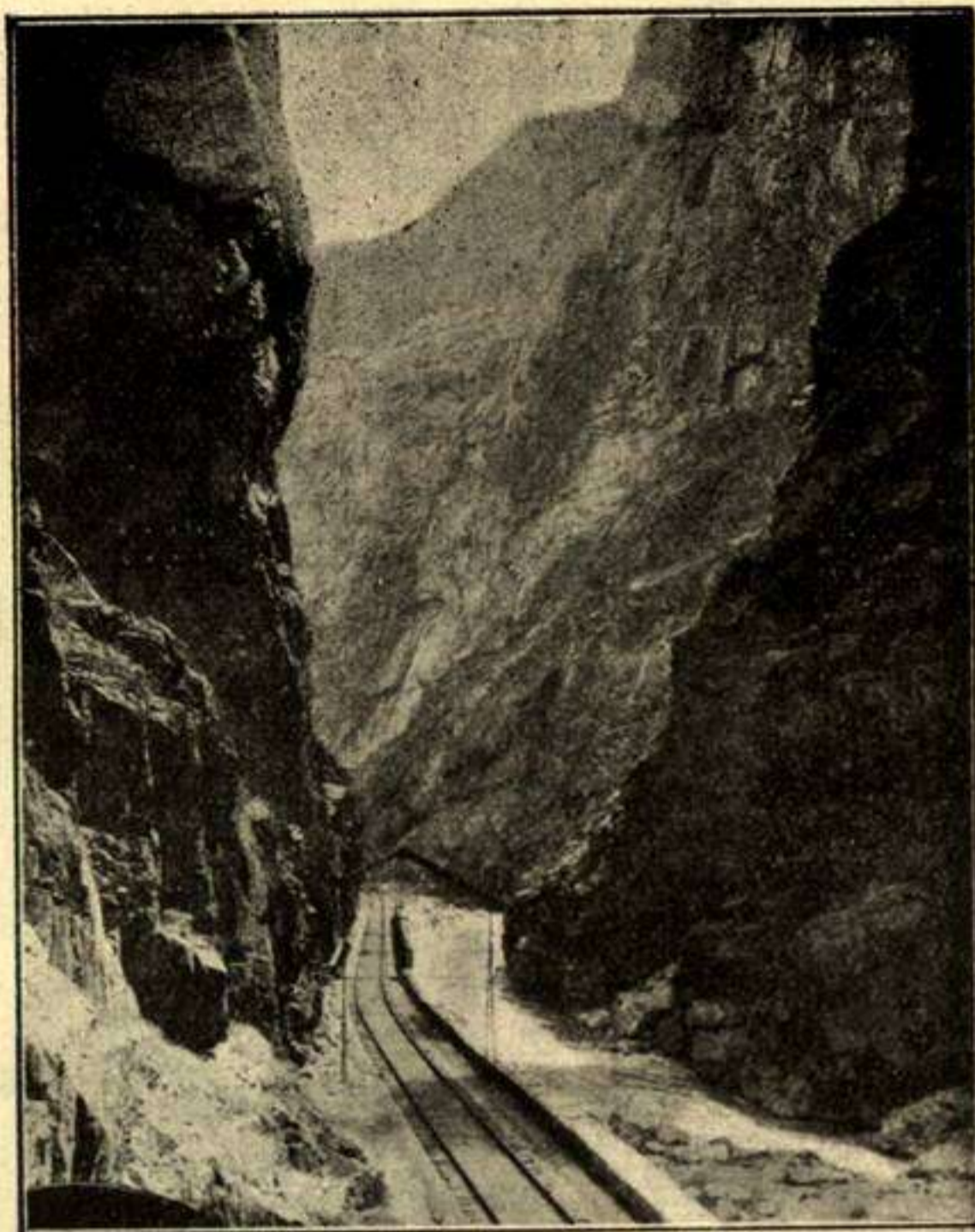


Fig. 31.—Efectos de la fuerza erosiva de los ríos. Imponente desfiladero llamado «La Garganta Real» en uno de los Cañones del Colorado. Sus paredes verticales miden en algunos sitios hasta 800 mts.

**73. Acción química del agua de los ríos.** —Esta acción se reduce principalmente a disoluciones a hidrataciones: hidrata el yeso y los óxidos metálicos; disuelve el yeso, caliza, sal, etc. El agua de lluvia tiene mucho mayor poder disolvente que las aguas ordinarias. El carbonato cálcico es convertido en bicarbonato, que es mucho más soluble; el yeso se hidrata, con lo cual es disuelto con más facilidad; asimismo la sal común se disuelve también en gran abundancia. Esta acción hidratante y disolvente del agua no sólo se verifica en la superficie terrestre, sino también, y para algunas sustancias mucho más, en las capas subterráneas, por donde corre el agua infiltrada que dará luego origen a las fuentes. Hay muchas fuentes calcáreas, otras selenitosas, otras saladas, por atravesar terrenos donde se encuentra caliza, yeso o sal común, respectivamente.

**74. Aguas subterráneas; cavernas, estalactitas.** —A veces capas interiores desaparecen por efecto de esta disolución y las superiores faltas de apoyo, sobre todo la caliza, se derrumban o hunden.

Con frecuencia esas sustancias disueltas son depositadas por precipitación en cavidades o cavernas interiores, dando origen a las

grutas de estalactitas y estalagmitas de variadas y caprichosas formas. Las sustancias disueltas son trasportadas por los ríos a las partes bajas y principalmente al mar, donde luego se van sedimentando poco a poco, cuando encuentran condiciones favorables. (Figs. 32 y 33).

La cantidad de materiales disueltos que los ríos llevan al mar se cree que no bajará de 5 kilómetros cúbicos por año: unida esta acción a la mecánica haría desaparecer los continentes en 4 y 1/2 millones de años.



Fig. 32.—Grutas de Han, Bélgica. Dos estalagmitas aparecen en primer término.

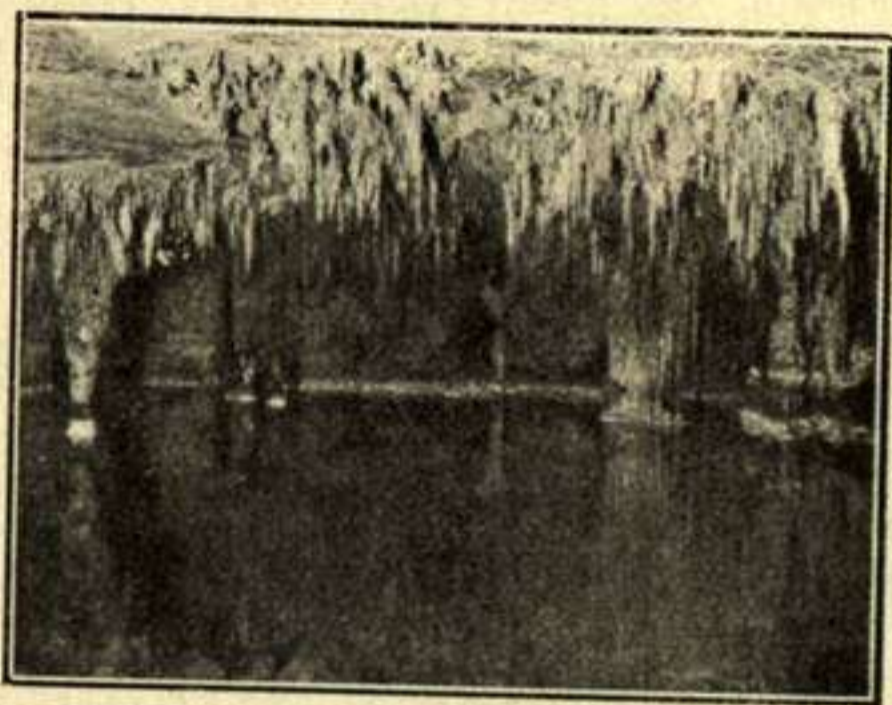


Fig. 33.—Lago subterráneo con estalactitas en Manacor, Mallorca.

## § 2º ACCION DEL AGUA DEL MAR

**75. Acción mecánica.**—Las aguas marinas, ya por acción de las mareas, ya principalmente por el continuo embate de las olas sobre las costas acantiladas, van desmoronando sin cesar las rocas costeras (Fig. 34), cuyos detritus son arrastrados por la misma fuerza de las aguas, a más o menos distancia mar adentro, según el grosor y peso de los fragmentos (Fig. 35). Así se forman continuamente a lo largo de las costas, depósitos de gravas, arenas y limo, junto con caparazones de animales, que viven en aquella localidad.

**76. Trasportes de elementos orgánicos.**—También las corrientes marinas trasportan a veces plantas y animales a grandes distancias, donde son depositados y enterrados. Así la corriente del golfo (de Méjico) transporta al mar glacial gran cantidad de troncos y ramas de árboles tropicales, aportados por los ríos, como el Orinoco, el Magdalena, etc., a los mares ecuatoriales. El encuentro de la corriente cálida del golfo con

la corriente fría del polo N. hacia las costas de Terranova, hace que muchos animales, sobre todo peces, sucumban en gran cantidad, al pasar repentinamente de aguas cálidas a aguas frías, y sus cadáveres van al fondo a formar considerables bancos de estos animales (1).

**77. Acción química.**—En las aguas del mar hay numerosas sustancias en disolución; las principales son: la sal común y el yeso.

Cuando en circunstancias especiales se verifica una evaporación rápida, por ejemplo en un lago de poco fondo, comunicado con el mar, esas sustancias disueltas se depositan en el fondo por precipitación. Esto sucede principalmente durante las bajas mareas en los climas y estaciones cálidos. Así se forma una serie de capas de sal o yeso, alternando frecuentemente con otras de materias arci-

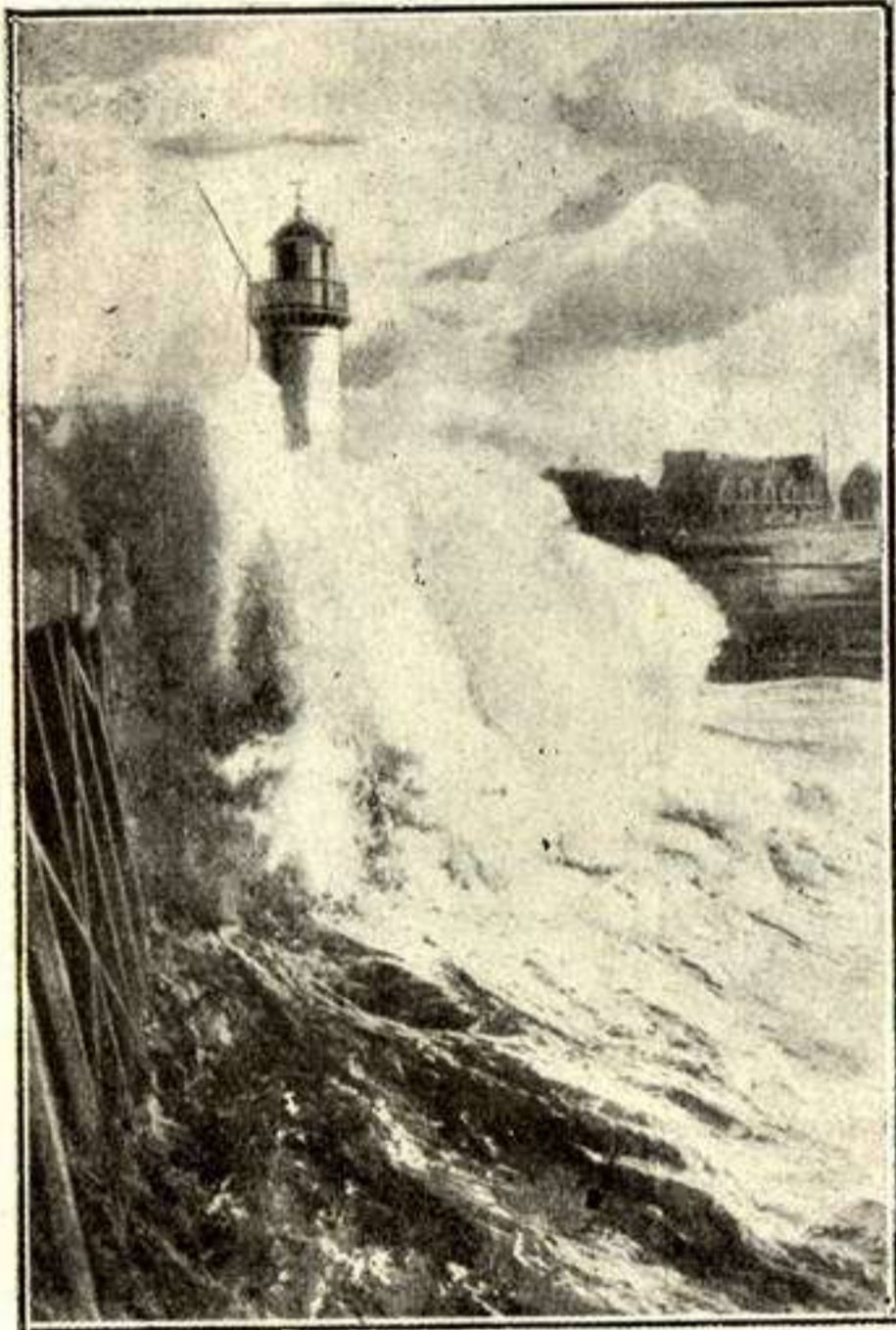


Fig. 34.—Los muelles y escolleras del Puerto de Dieppe combatidos por las olas en un día de tempestad. La fotografía da idea de la acción mecánica del mar desarrollada por la violencia de las olas.

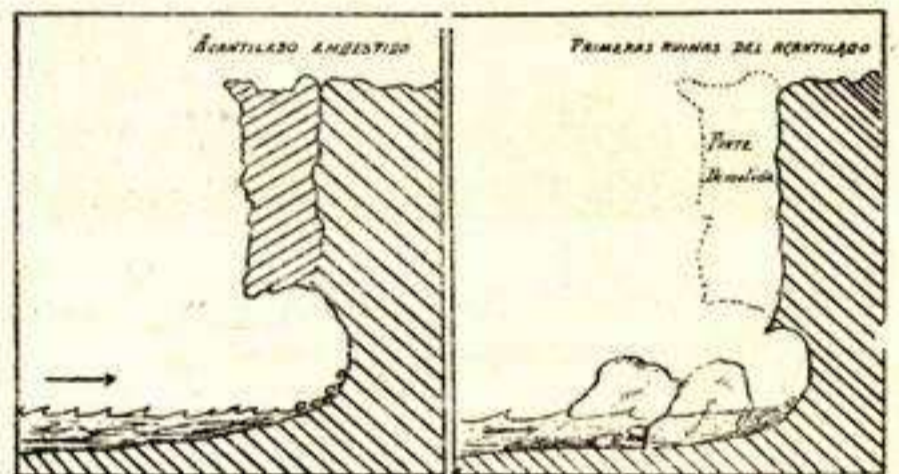


Fig. 35.—El mar al asalto de las costas. Las olas lanzan contra el acantilado su masa de agua y piedras, socavan su base, y aquél, falto de apoyo, va derrumbándose y sembrando la costa de ruinas.

llosas. De este modo se formaron en épocas pasadas muchos yacimientos de minas de sal y yeso, que hoy beneficia el hombre.

Por lo que respecta a la caliza disuelta en las aguas marinas, algunos creen que no se halla en cantidad suficiente para ser precipitada químicamente; se precipita más bien por la acción de pequeños organismos, principalmente foraminíferos y coraliarios.

(1) Así se cree que pudieron formarse los yacimientos de fosfatos (por lo menos muchos de ellos) y aun los de petróleo; pues es sabido que los peces contienen muchas sustancias fosfatadas, sobre todo, en sus huesos; y que pueden producir hidrocarburos por la maceración.

## § 3º ACCION DEL AGUA SOLIDA

**78. Acción mecánica de las nieves: alud.**—El agua en estado sólido puede tener la forma de nieve o de hielo. La nieve cae en invierno en las elevadas y pendientes montañas; a veces se desprende rodando en forma de *alud*, que va engrosándose en su camino, y destruye cuanto encuentra a su paso. Pero la acción geodinámica de la nieve se verifica en otra forma, en la región de las nieves perpetuas. El límite inferior de éstas varía muchísimo según



Fig. 36.—Glaciar de la Maladetta, en los Pirineos Aragoneses (3354 m.).

las latitudes, desde 5.000 m. en la región ecuatorial y 2.700 en los Alpes suizos, hasta 1.000 en la vertiente occidental de Noruega. En estas regiones se van acumulando enormes cantidades de nieves, para formar los que se llaman *glaciares*.

**79. Glaciares. Su formación.**—En las regiones de las nieves perpetuas cae mayor cantidad de nieve que la que se derrite por verano; los vientos y el mismo resbalamiento de la nieve por las pendientes, hacen que ésta se vaya acumulando en las partes bajas o fondo de los valles. Acumulada así enorme cantidad de nieve, a veces de 200 y aun 400 m. de espesor como se ve en algunos glaciares de Suiza, la misma presión de la nieve hace que su estructura, de fofa que era, se cambie en compacta y granujienta: una especie de nieve aprisionada y gelificada, llamada *neviza*. (Fig. 36).

Toda esta masa sólida y compacta, avanza, aunque lentamente, como un río de hielo con una velocidad, que varía de 4 centímetros a 1,25 metros por día, según la pendiente del valle. En este avance

el glaciar produce fenómenos geológicos muy importantes, que se pueden reducir a canchales o morrenas, cantos erráticos, lodo glaciar, lagos glaciares y rocas estriadas.

**80. Canchales.**—En su avance el glaciar va recibiendo los cantos y peñascos que, desprendidos de las montañas, ruedan por la ladera, hasta incrustarse en la masa de hielo. Según va caminando el glaciar, va dejando estas piedras en sus orillas, después de haberlas transportado a mayor o menor distancia del lugar, donde cayeron. Se forman así dos hileras o regueros de peñascos, uno a cada lado, llamados *canchales laterales*; si ocurre que, en el encuentro de dos valles, se juntan dos glaciares, *confluencia de glaciares*, sus dos lados internos se unen y forman un *canchal medio* (fig. 37). Los glaciares no avanzan indefinidamente, sino que llega un punto, en que la temperatura empieza a fundir en gran abundancia la masa helada, y el glaciar no avanza más. En ese extremo se va acumulando gran cantidad de cantos y lodo, que se desprenden, al veritarse el deshielo, y forman el *canchal o morrena terminal*.

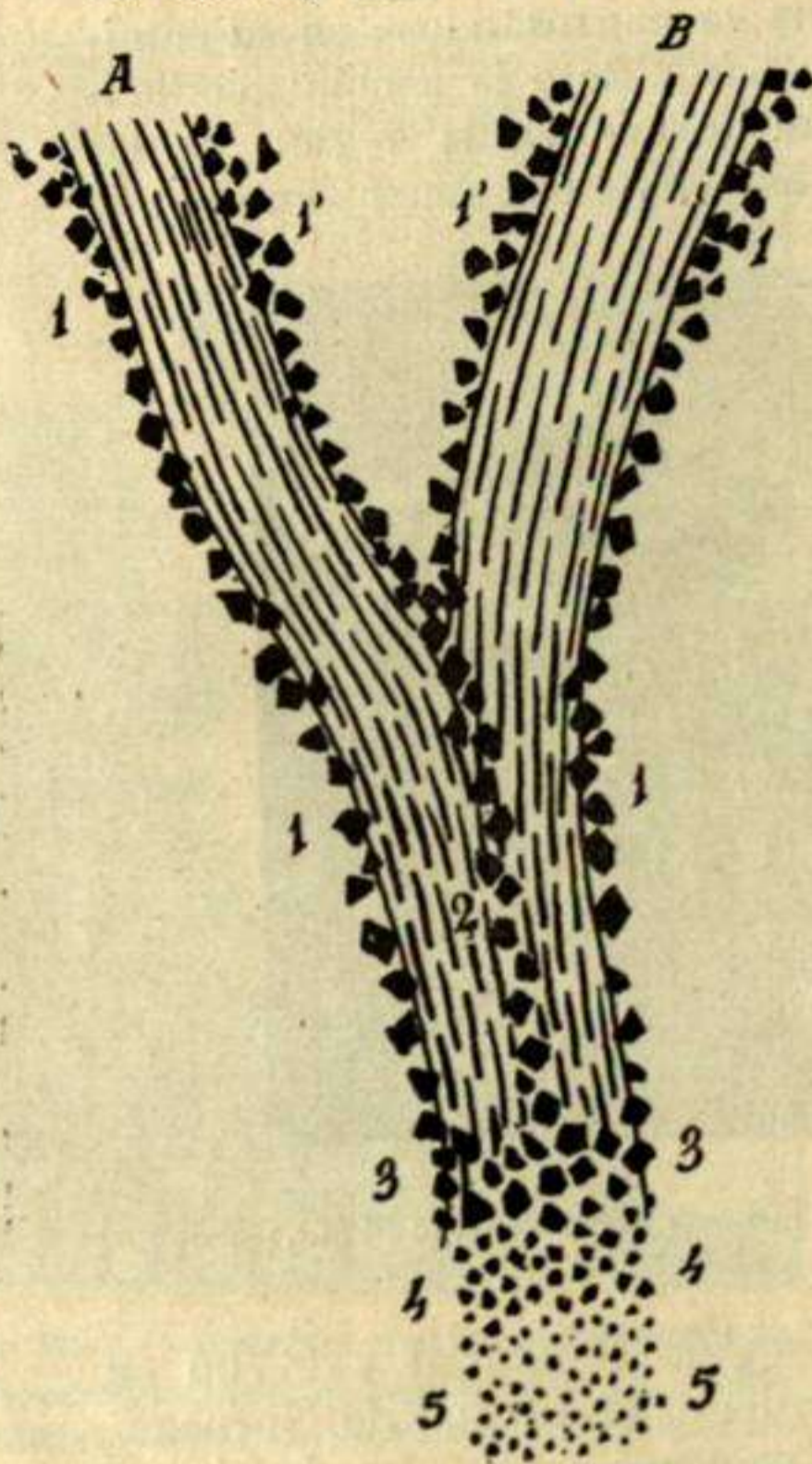


Fig. 37.—Confluencia de dos glaciares: A y B. 1 Canchales laterales. 2 Canchal intermedio formado por la reunión de los dos laterales internos 1'. 3 Canchal terminal. 4 Arenas y 5 Lodo glaciar.

man una gran barrera o dique, que cierra el valle y detiene las aguas, que se acumulan hasta rebosar por encima del dique de detención, formando así un verdadero lago, llamado glaciar, por su origen o formación.

**82. Lodo glaciar.**—El agua que se va filtrando, al derretirse el glaciar, arrastra consigo detritus menudos arrancados por el roce del glaciar con las rocas, por donde pasa. Estos menudos fragmentos son luego depositados en forma de lodo, llamado glaciar, que

**Cantos erráticos.**—No son sino piedras, a veces de grandes tamaños, que se encuentran a considerable distancia del sitio de su origen, arrastradas por los glaciares.

**81. Lagos glaciares.**—Los canchales terminales a veces forman

es muy característico, porque sus partículas fragmentarias conservan intactas sus esquinas y ángulos.

**Rocas estriadas.**—Los bloques de rocas que caen en el glaciar, penetran a veces hasta el fondo de él, y van frotando como lima, las rocas por donde pasa el glaciar, produciendo unas estrías especiales y características en las rocas, que por eso se llaman rocas estriadas.

**83. Repartición geográfica de los glaciares.**—Los glaciares actualmente en actividad son muy numerosos. En los Alpes suizos



Fig. 38.—El Sol asomando a media noche por entre un iceberg.

se encuentran más de 1.000. Existen también glaciares en el Cáucaso, Himalaya y montes de Norte América. En España se encuentran algunos pequeños glaciares en los Pirineos.

**84. Hielos polares, icebergs.**—En las regiones polares existen enormes extensiones (*Indlandsis*), cubiertas por una gruesa capa de hielo, como sucede sobre todo en Groenlandia. Ese hielo llega hasta el mar; y a veces se desprenden enormes bloques, que son arrastrados por las corrientes marinas, y trasportados a largas distancias; son conocidos con el nombre de *icebergs* o *hielos flotantes* (fig. 38). Suelen a veces arrastrar consigo materias sólidas, como piedras, arenas, etc., que al derretirse los hielos se desprenden de ellos y se depositan en el fondo del mar, a gran distancia de su origen.

El *iceberg* por sus proporciones gigantescas (no pocas veces duplica y triplica el volumen de los mayores trasatlánticos), por navegar con

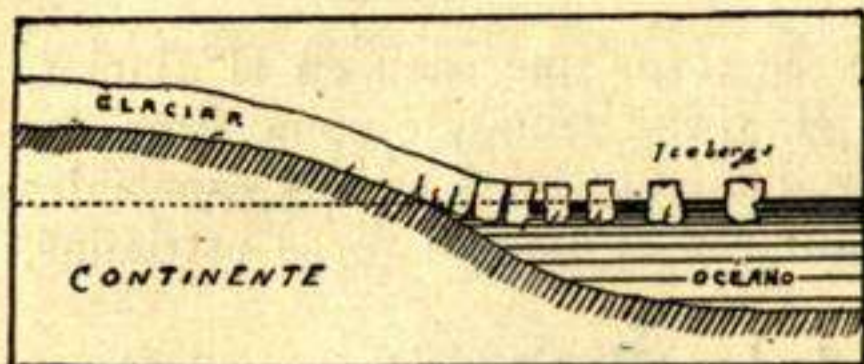


Fig. 39.—Origen de los Icebergs: La masa continua de hielo que los glaciares polares aportan al mar se fragmenta al empezar a flotar en enormes bloques que son los *Icebergs*.

la mayor parte de su mole bajo la línea de flotación y por invadir las rutas del comercio marítimo, constituye un serio peligro para las embarcaciones (fig. 39).

La superficie blanca y helada de los casquetes polares abunda también en formaciones caprichosas y variadas que se encargan de levantar los agentes meteoricos ; pero estas formaciones no siempre son duraderas. (Fig. 40)

### ARTICULO III

#### ACCIÓN DE LOS ORGANISMOS

85. También los organismos contribuyen poderosamente a fabricar o modificar la costra terrestre.

**Vegetales; turba.** —Las raíces disgregan las rocas del subsuelo y le disponen para la erosión y arrastre. La acumulación de plantas



Fig. 40.—Fantástica formación de hielo por la congelación de la espuma de mar que levantan las olas. (Cl. Ibérica)



y su enterramiento en los lugares pantanosos produce actualmente la *turba* (carbón muy imperfecto), y antiguamente formó la hulla o carbón de piedra y el lignito.

**86. Animales.** —Más que los vegetales, contribuyen los animales a la formación de sedimentos; sobre todo los animales marinos. Entre éstos ocupan el primer lugar los corales constructores, que con sus *políperos* (sus esqueletos calcáreos) multiplicados sin cesar, forman extensos bancos de corales, arrecifes y aun islas enteras, como sucede en muchas islas de Oceanía, como las de Gilbert, Marshall y otras: en las Maldivas y Laquedivas en el Océano Indi-

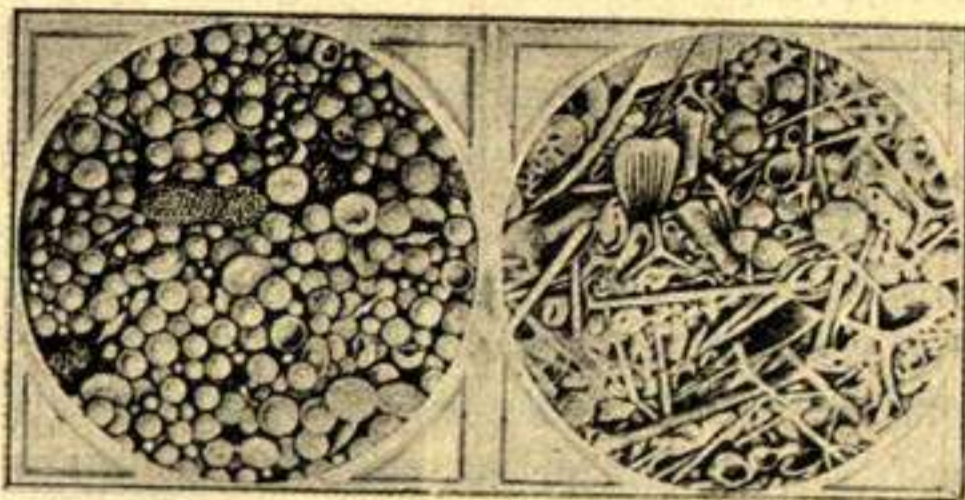


Fig. 41

Limo de Radiolarios que se forma a 4 mil u 8 mil m. de profundidad.      Limo de Pteropodos que se acumula entre los 2500 y 3000 m. de profundidad.

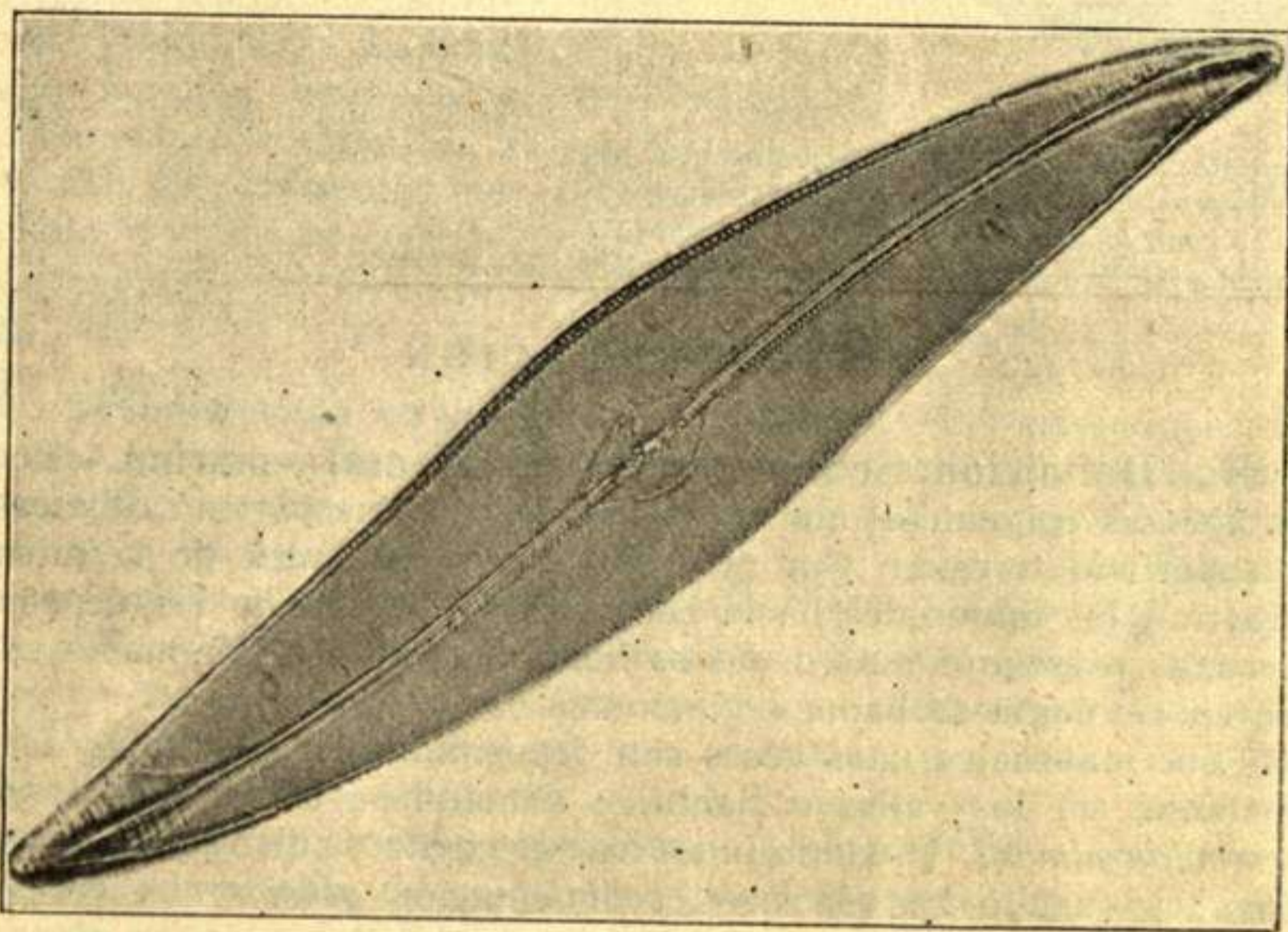


Fig. 42.—Microscópica Diatomea *Pleurosigma angulatum* (Sm) que forma enormes bancos de finísimo polvillo. Prodigiosa fotografía del P. Valderrábano, S. J. (aumento 350 : 1)

co, y en las de la Florida. Los corales constructores viven en aguas poco profundas y cuya temperatura media no baja de 20°; por eso en la actualidad sólo se los encuentra en los mares tropicales.

Algunos moluscos, sobre todo las ostras, se acumulan a veces en grandes cantidades, para formar los bancos de ostras cerca de las

costas. Hay otros animales que viven en aguas profundas, y con sus caparazones acumulados en prodigiosas cantidades, forman sedimentos de considerable espesor. Así en la actualidad, las microscópicas globigerinas (foraminífero) forman el *lodo de globigerinas* a 2.500 y 3.000 metros de profundidad; porque en mayores profundidades son disueltos los esqueletos calcáreos antes de llegar al fondo. Lo mismo sucede con el *lodo de pterópodos* y otros animales de testá calcárea. Los radiolarios (protozoarios-rizópodos) se acumulan desde 4.000 a 8.000 m. y forman el *limo de radiolarios*. (Fig. 41).

**Diatomeas.** —Unas plantas marinas microscópicas de caparazón silíceo, las diatomáceas (algas) se acumulan también a grandes profundidades, alrededor de 4.000 metros y forman el *limo de diatomáceas*. (Fig. 42). En general los vivientes de testá calcárea abundan y se desarrollan más en los mares cálidos; y los de testá silíceo en los fríos.

El lodo de pterópodos abunda en el Atlántico y Pacífico, y poco en el Indico. El de globigerinas falta en los mares cerrados y es muy abundante en el Atlántico; en cambio el lodo de radiolarios es raro en el Atlántico, abundante en el Pacífico y nulo en el Indico.

---

#### ARTICULO IV

### SEDIMENTACION

**87. Definición. Sedimentación continental y marina.**—Todos los agentes epigénicos, que tienden a destruir las partes salientes de la superficie terrestre y a nivelar las desigualdades de la misma, arrastran los materiales hacia las partes bajas, donde los depositan en capas o estratos más o menos horizontales; este fenómeno es lo que en Geología se llama *sedimentación*.

Esos materiales unas veces son depositados en las faldas de las montañas, en los valles o llanuras, llamándose en este caso *sedimentación aluvial*. (Cuando interviene el viento, se dice *sedimentación eólica*; y cuando los glaciares, *sedimentación glacial*). A veces se depositan los materiales en el fondo de los lagos, y se tiene la *sedimentación lacustre*. Estas dos sedimentaciones son *continentales*. Finalmente otras veces la sedimentación se verifica en el fondo de los mares; se dice entonces *sedimentación marina*.

**88. Testigos envueltos.**—Al mismo tiempo que se verifica la sedimentación, van quedando enterrados entre sus capas muchos restos, *testigos* de los animales y plantas, que viven en la región,

o que son arrastrados por las aguas; estos restos pueden, si las circunstancias son favorables, conservarse en todo o en parte; o por lo menos dejar su huella en las capas, donde quedan sepultados.

**Orden de la sedimentación; cordón litoral.**—La sedimentación marina es con mucho la más importante, por ser la más constante y verificarse en extensiones inmensamente más considerables. En general, los materiales más gruesos y pesados quedan más cerca de la costa, formando una banda de guijarros y gravas alrededor de los continentes, llamada *cordón litoral*. Un poco más lejos de la costa se van a depositar las arenas menudas; más lejos aún se deposita el légamo fino, generalmente formado por sustancias arcillosas. En las grandes profundidades y a considerable distancia de las costas, unos 300 kilómetros por término medio, cesa la sedimentación mecánica y se verifica solamente la sedimentación orgánica; es decir, se forman capas, procedentes de la acumulación de restos orgánicos, como foraminíferos, radiolarios, diatomáceas, etcétera; y aunque en pequeña escala, también tiene lugar la sedimentación química, o formación de sedimentos por precipitación de las sustancias disueltas en el agua. (Fig. 43).

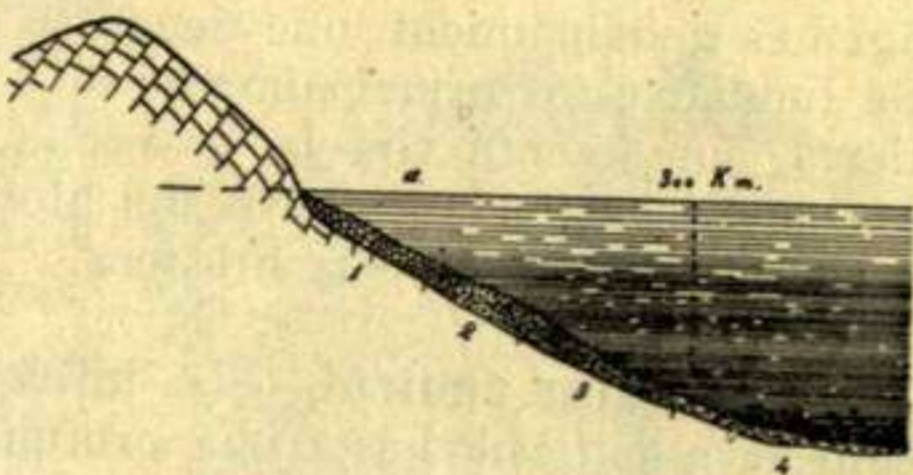


Fig. 43.—Esquema de la Sedimentación Marina. a, Nivel del mar; 1 a 3, sedimentación mecánica; 1, gravas (cordón litoral); 2, arenas; 3, limo; 4 Sedimentación química y orgánica exclusivamente.

**89. Sedimentación en las épocas geológicas.**—Esta sedimentación que vemos verificarse hoy día, tenía lugar durante las épocas geológicas; y como entre sus materiales se conservan muchos *testigos*, restos o huellas de plantas y animales que vivieron durante cada época en las distintas regiones, podemos, por esos restos, llamados *fósiles*, conocer las condiciones físico-biológicas de cada región en las distintas épocas; pues es sabido que las plantas y animales en general no pueden vivir sino bajo ciertas condiciones físicas, distintas con frecuencia para cada grupo de vivientes. Sobre todo, los restos de vivientes conservados en los depósitos marinos son muy importantes para conocer la profundidad a que se verificó la sedimentación de un terreno y la temperatura de las aguas; pues como se dijo en la Biofísica, cada especie de animal o planta marinos no puede vivir sino entre ciertos límites de profundidad y temperatura.

## CAPITULO II

## GEODINAMICA INTERNA

**90. La Geodinámica interna** estudia, como se ha dicho, los agentes geodinámicos, que tienen su asiento en el interior del globo. Se fundan estos principalmente en la acción del calor central de la tierra, juntamente con la gravedad terrestre. Dos manifestaciones presenta la actividad interna del globo; los fenómenos de *volcanismo* y los *movimientos* de la litosfera.

**91. Calor central.** —La influencia de la temperatura exterior sólo se manifiesta hasta una profundidad de pocos metros; de ahí para abajo aumenta gradualmente la temperatura con la profundidad. Después de muchas observaciones practicadas en los pozos más profundos que han sido abiertos por la mano del hombre (1), se ha visto que por término medio, aumenta la temperatura 1° centígrado por cada 33 metros de profundidad, llamado *grado geotérmico*. Si esta ley siguiera rigiendo a mayores profundidades, a 60 kilómetros de profundidad habría una temperatura de unos 2.000°, capaz de fundir las rocas más refractarias. La existencia del calor central es también atestiguada por los fenómenos del volcanismo.

## ARTICULO I

## VOLCANISMO

**92.** Se llama *volcanismo* «el conjunto de fenómenos, por medio de los cuales salen al exterior muchos materiales, procedentes del interior de la tierra, generalmente a elevada temperatura.» Esta

---

(1) Los más profundos son: cerca de Berlín, 1.269 m.; junto al lago Superior en N. América uno de 1.500 m.; en Brasil 1.560 m.; en Silesia el más profundo 2.240 m.

salida de materiales del interior se verifica casi siempre por medio de los *volcanes*, y presenta varias manifestaciones o grados de intensidad, entre los cuales los de más importancia son las erupciones volcánicas, fumarolas, mofetas, geísers, fuentes termales, salzas, etc.

### § 1º VOLCANES

**93.** Se llama VOLCAN «un aparato natural, por donde salen al exterior lavas y otras sustancias incandescentes, procedentes del interior de la tierra».

**Partes de un volcán.** —En un volcán se pueden distinguir tres partes: 1ª el *foco* u hogar de donde proceden los materiales volcánicos; 2ª un conducto llamado *chimenea*, por donde salen esos materiales; y 3ª una abertura exterior generalmente ensanchada en forma de embudo, llamada *cráter*; éste con frecuencia suele abrirse entre un cono de lavas y cenizas, arrojadas por el mismo volcán, llamado *cono volcánico*. (Fig. 44).

**94. Erupciones volcánicas.** —Se llaman así las manifestaciones de mayor intensidad, que presenta la actividad de un volcán. (Fig. 45 a, b y c).

**Materias que arroja un volcán en su erupción.** —Pueden dividirse en tres grupos: gaseosas, sólidas y líquidas.

1º *Gaseosas*. Son, entre otros gases, gran cantidad de vapor de agua, anhídrido carbónico, óxido de carbono, nitrógeno, etc. A veces salen gases inflamados, que parecen nubes descendentes de fuego, como se vió en la erupción de Monte Pelado en la Martinica en el año 1902 (1).

2º *Sólidas*. Son trozos de rocas que encuentra la lava en su salida, arrancadas principalmente a las paredes de la chimenea. A veces son trozos considerables, que fundidos en sus bordes por la

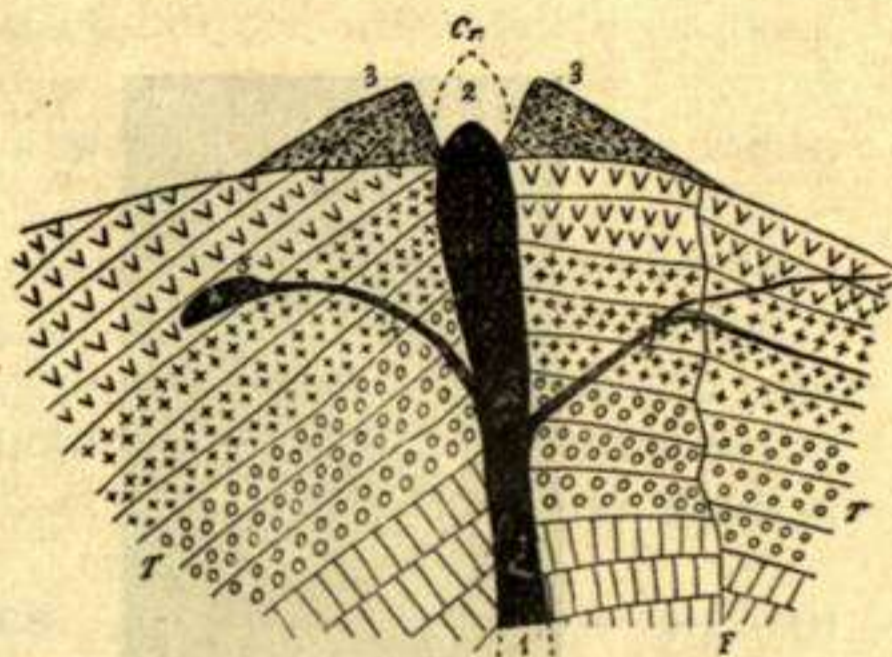


Fig. 44.—Corte esquemático de un volcán. 1 Chimenea. 2 Cono volcánico. 3 Sedimentos de lava. 4 Venas de inyección. 5 Bolsa de inyección. T. Terrenos que atraviesa el volcán. F. Falla. Cr. Cráter.

(1) La nube ardiente de 16 de diciembre de 1902 en la Martinica volaba con la velocidad de un kilómetro y medio por minuto. Al tocar sus volutas con el agua del mar se remontaron a más de cuatro kilómetros. Hora y media después de la erupción el agua de la costa tenía 40º y las cenizas posadas en las rocas pasaron de 115º. (V. A. Lacroix. Conferencia de 24 abril 1903 en la Société Geographique de París). [E. M.].

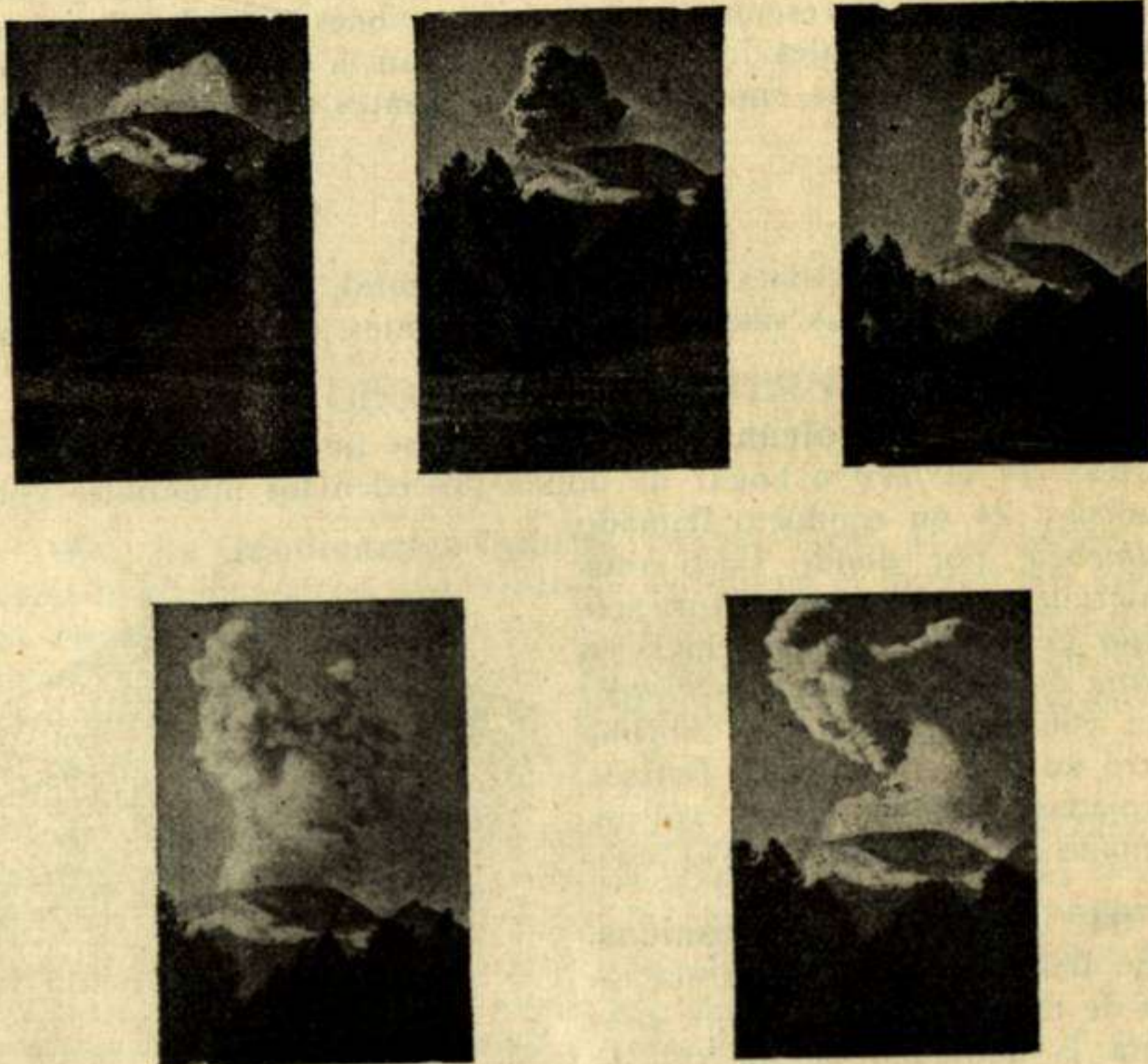


Fig. 45.—La erupción del Popocatepetl en la mañana del 12 de Octubre de 1920.

elevada temperatura, y mezclados con la lava toman una forma alargada y retorcida, en virtud del movimiento giratorio que adquiere; se los llama *bombas* o *lágrimas volcánicas*. Con frecuencia las bombas volcánicas tienen la misma composición de la lava: en ese caso provienen de gran profundidad. También los volcanes arrojan arenas y ceniza, que viene a ser lava pulverizada.

3º *Líquidas*. Las sustancias líquidas, que arrojan los volcanes, son las más importantes. Son rocas fundidas, procedentes de las profundidades de la tierra o de la piroesfera. Tienen generalmente composición parecida a la del basalto y son más o menos flúidas, según que sus componentes predominantes sean básicos o ácidos, y según la mayor o menor cantidad de gases que encierran.

**95. Lavas básicas y ácidas.** —La erupción de las *lavas básicas* se hace con menos ruido y explosión; en cambio la erupción de las *ácidas* se hace con gran explosión a causa de que los gases aprisionados se desprenden con más dificultad de la pasta viscosa. Las básicas o flúidas forman conos rebajados alrededor del cráter, y se

extienden más por la superficie; las ácidas o viscosas forman conos más altos y se difunden mucho menos.

**Provincias volcánicas. Temperatura de las lavas.** —Como tipo de lavas básicas se pueden mencionar las arrojadas por los volcanes de las islas Hawai y adyacentes; y como ejemplo de ácidas las del Estrómboli, Vulcano, etc. (islas Lípari). Y es de notar que las lavas de ciertos grupos de volcanes, tienen entre sí mucha semejanza, y se diferencian de las de otros grupos, constituyendo lo que se llama *provincias volcánicas*. Como si en la pirofera hubiese departamentos o receptáculos separados, donde se encuentran los diversos magmas de que se alimentan los volcanes. A veces un mismo volcán presenta sucesivamente las fases ácida y básica, empezando por aquélla y terminando por la básica. Los materiales básicos son los más pesados; por eso son los últimos que salen; pues en la pirofera se hallan colocados por orden de densidades; encima los ácidos y debajo los básicos.

La temperatura de las lavas llega a veces a 2.000 y aun más grados.

**96. Erupciones submarinas.** —Las erupciones volcánicas también tienen lugar debajo de las aguas del mar, *erupciones submarinas*; y sus materiales se extienden por el fondo, cristalizando más o menos, en vez de tomar la estructura vitrosa, que adquieren las materias eruptivas que se solidifican al aire libre en los continentes.

**97. División de los volcanes.** —Hay volcanes, que no dan señales de actividad desde tiempo inmemorial; se los llama volcanes *extinguidos o apagados*. No quiere eso decir que ya nunca volverán a dar señales de actividad; pues a veces parece que despiertan del largo sueño y empiezan una nueva fase de actividad. Como ejemplo de volcanes extinguidos podemos citar los de la cadena de Puy-de-Dome en Francia y algunas de la Mancha y Cabo de Gata en España.

Son activos aquellos que actualmente dan señales de vida, ya con erupciones violentas de tiempo en tiempo, como el Vesubio; ya con ruidos, emisiones de gases, etc., como el Tolima y Puracé en Colombia (América del Sur) (1).

---

(1) Hay volcanes en perpetua erupción; éstos se pueden decir que son los menos peligrosos. Un ejemplo curioso y tradicional lo ofrece el Stromboli, en las islas de Lípari. A intervalos que varían de 5 a 15 minutos se suceden ordinariamente las erupciones que consisten en una explosión con humos dentro del cráter, a la que sucede un surtidor de lava que vuelve a caer dentro del cráter sin rebosar casi nunca al exterior [E. M.].



## § 2º OTRAS MANIFESTACIONES DE LA ACTIVIDAD VOLCANICA

**98. Fases de un volcán.** —No siempre la actividad de un volcán se manifiesta por la salida violenta y aterradora de los materiales, como hemos visto se verifica en las erupciones volcánicas. Ordinariamente después de una erupción violenta, que suele repetirse con más o menos frecuencia, según los casos, sucede una fase más tranquila, durante la cual el volcán da señales de su actividad por la emisión de varios productos, generalmente gaseosos y líquidos.

**99. Fumarolas.** —Después de la fase de erupción volcánica, el volcán continúa arrojando gases a mayor o menor temperatura, llamándose *fumarolas* esta emisión de gases, y fase *fumaroliana* el tiempo que dura esta emisión. Estos gases y vapores suelen ser unas veces cloruros y óxidos metálicos en sublimación a más de 500° de temperatura; si estos vapores antes de salir al exterior se introducen por las grietas del terreno depositan en ellos los metales y forman los *filones metálicos de inyección*.

Otras veces esos gases son  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SH}_2$ , etc., que suelen salir a temperaturas de menos de 500°. Cuando la cantidad de  $\text{SH}_2$ , y  $\text{SO}_2$  es muy grande, se suele depositar gran cantidad de azufre, producto de la descomposición del anhídrido sulfuroso y ácido sulfhídrico, formando lo que se llama *solfataras*; de las cuales es ejemplo notable la de Puzzolo, cerca de Nápoles.

**100. Mofetas.** —Se llama así la emisión de gran cantidad de  $\text{CO}_2$  y varios hidrocarburos a la temperatura ordinaria. Es notable el valle de la Muerte en Java y la gruta del Perro en Nápoles, donde el  $\text{CO}_2$  forma una capa de algunos centímetros de altura respirable para las personas y que en cambio mata a los perros al introducirse en ella, cuando su talla es menor que el espesor de dicha capa, que suele ser casi siempre.

**101. Geiseres.** —Son otra de las manifestaciones volcánicas, aunque no suelen verificarse por el mismo conducto volcánico. Consisten en la emisión a gran altura de mucha cantidad de vapor hirviente de agua mezclada con gases sulfurosos. Esta emisión se verifica con interrupciones de más o menos duración. El vapor de los geiseres suele estar cargado de sílice hidratada, que se deposita en los alrededores del lugar de emisión, y forma una especie de ópalo, llamado *geiserita*. Entre los geiseres más notables se pueden mencionar varios de Islandia, cuyo vapor sale a 127°; en Nueva Zelanda sale a 80°, y en Yellowstone (Estados Unidos) de 80° a 90°. (Fig. 46).



**102. Fuentes termales.**—Aunque muchas fuentes termales no se encuentran en distritos volcánicos, pero siempre son una manifestación de la temperatura y actividad interna del globo. Otras, muchas, en cambio, se encuentran en las regiones volcánicas, y están íntimamente relacionadas con los fenómenos de esta clase. Unas y otras se reducen a corrientes subterráneas de circulación profunda, que se calientan en las capas inferiores, y luego salen al exterior. Los materiales disueltos que suelen tener: ferroginosos, bicarbonatados, clorurados, nitrogenados, etcétera, los toman al atravesar por capas y terrenos que contienen esos elementos, o de emanaciones procedentes del interior del globo. Las corrientes hidrotermales profundas se cargan con frecuencia de emanaciones metálicas, procedentes del interior, con las cuales rellenan las hendiduras de los terrenos, formando filones metálicos. Las fuentes termales actuales se hallan de preferencia en las regiones de dislocaciones terciarias (pliegues, fracturas, hundimientos).



Fig. 46. —Un Geiser del Yellowstone National Park. EE. UU.

**103. Salzas o volcanes de lodo.**—Consisten en la emisión de agua salada, muchas veces mezclada con hidrocarburos, junto con gran cantidad de barro y lodo. Se pueden mencionar las salzas de Girgenti en Sicilia; las de Módena, Crimea, y numerosas de Centro América. Las salzas son originadas muchas veces por la formación de hidrocarburos en los lugares de fondo pantanoso, donde han ido enterrándose muchas sustancias vegetales. Una vez que adquieren gran extensión esos gases y líquidos hidrocarbureados, salen formando pequeñas aberturas, semejantes a los volcanes, y arrastrando consigo gran cantidad de agua y lodo.

**104. Distribución geográfica de los volcanes.**—Es muy importante, para conocer las causas del volcanismo, el conocimiento de la distribución geográfica de los volcanes. Se pueden distinguir tres grandes líneas volcánicas: 1ª la gran arista americana de los Andes con innumerables volcanes, desde Alaska hasta Tierra de Fuego;

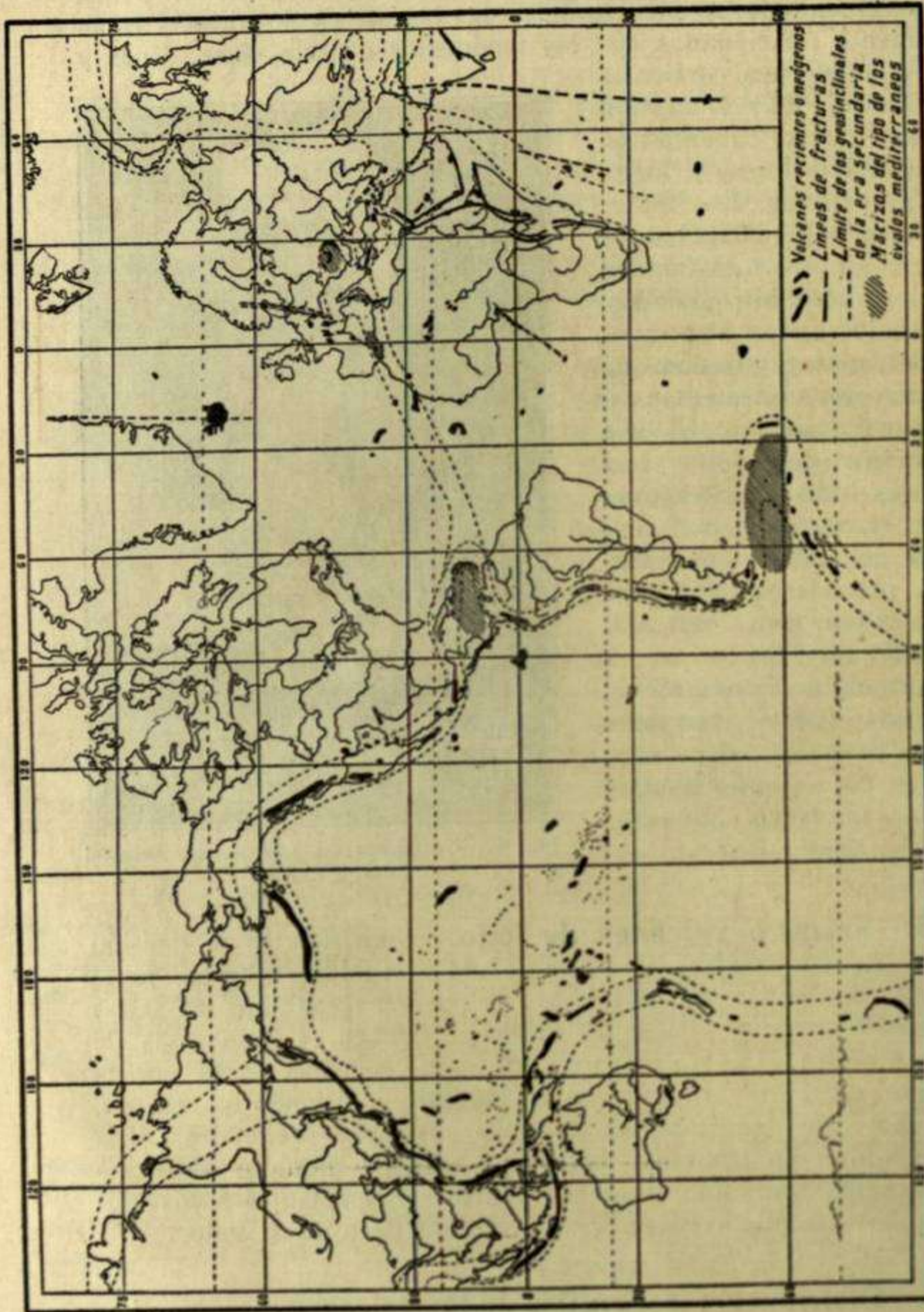


Fig. 47.—*Distribución geográfica de los terremotos.*—Las porciones sombreadas corresponden a regiones donde, según el Conde Motessus de Ballore, suelen presentarse terremotos destructores. Los puntos mayores corresponden a epicentros de terremotos registrados en el Observatorio de Cartuja, Granada; dirigido por los PP. de la Compañía de Jesús.

2ª la de las islas Aleutinas, Kuriles, del Japón, Sonda y Nueva Zelanda, hasta el volcán Erebo cerca del polo S.; 3ª desde Juan Mayen al N. de Islandia a los volcanes extinguidos de la Auvernia en Francia; luego se divide en dos líneas: una que se dirige por los volcanes activos de Italia e islas adyacentes, Vesubio, Estrómboli, Etna, etc., y continúa por los volcanes activos de la gran cordillera oriental africana; la otra línea pasa por los volcanes apagados del centro y occidente de la península ibérica, y se dirige por las islas de la costa occidental de Africa, Cabo Verde, Canarias, Azores, Ascensión, Santa Elena, Tristán de Acuña, etc.

En general se puede decir que los volcanes se hallan en las zonas débiles de la corteza terrestre: ya en la cumbre de elevadas cordilleras, en la línea de fractura, mirando a la región de mayor desnivel, como sucede en los volcanes de los Andes, que casi todos se hallan al lado de la pendiente brusca hacia el Pacífico; ya en la región de las grandes fosas o hundimientos, como sucede en los volcanes italianos, que se encuentran en la gran fosa tirrena o en sus bordes; y en los volcanes de las Antillas, que rodean la gran fosa antillana; lo propio sucede en la fosa del mar de Sonda, de las islas Kuriles y otras. Es notable el gran círculo de volcanes que rodea el Pacífico, llamado por eso *círculo de fuego del Pacífico*. (Fig. 47).

TEORIAS SISMOLOGICAS DE LA ANTIGÜEDAD

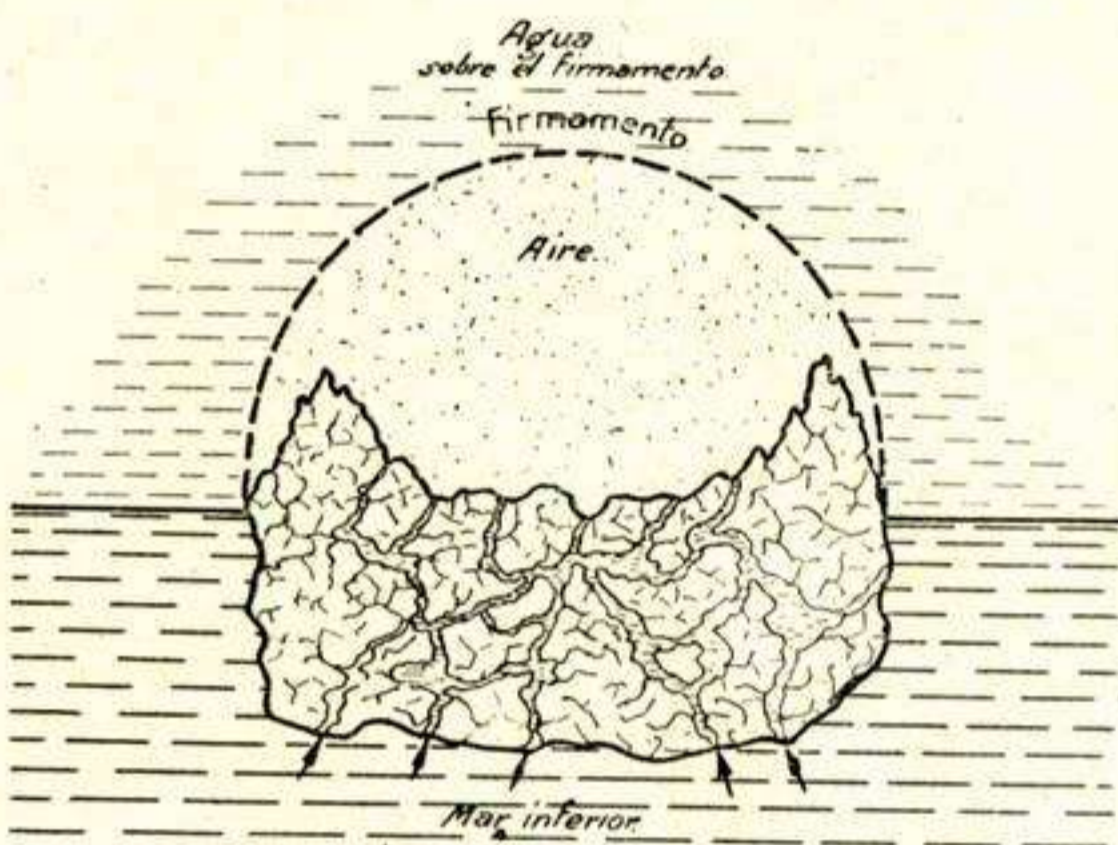


Fig. 48 a).—Hipótesis del agua de Tales de Mileto. (560 a. d. J. C.)

La tierra, dice, es un disco que flota sobre un mar infinito; las tempestades de este mar obligan al agua a penetrar por las grietas al mismo tiempo que hacen balancear al disco del mundo. El agua inyectada, por efecto de presiones laterales, da lugar en la superficie a la aparición de fuentes; lo que se observa en los sismos.

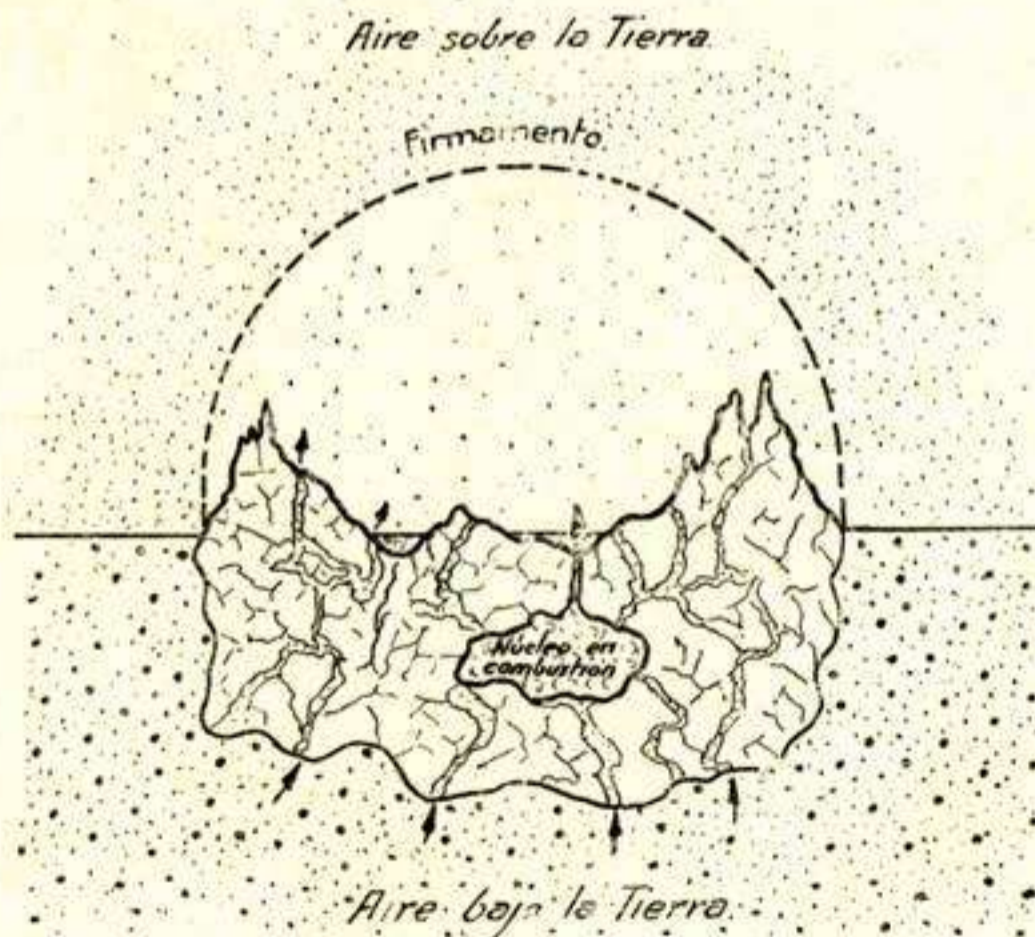


Fig. 48 b).—Hipótesis del aire de Aristóteles (384 a. d. J. C.). La evaporación del agua en la superficie y en los núcleos internos de combustión da lugar a una activa circulación de aire a través de las resquebrajaduras de la tierra. Las irregularidades de esta circulación se manifiestan al exterior en forma de sismos.

**105. Causas del volcanismo. Teorías.**—Esta situación de los volcanes en las regiones más débiles y movibles de la costra sólida aboga en favor de la teoría, que pone la causa del volcanismo en los hundimientos y caída de materiales de la litosfera en la piro-sfera, que comprimida se ve obligada a dar salida a su magma flúido, por las hendiduras, que se originan en las partes débiles o de fractura.

TEORIAS SISMOLOGICAS DE LA ANTIGÜEDAD

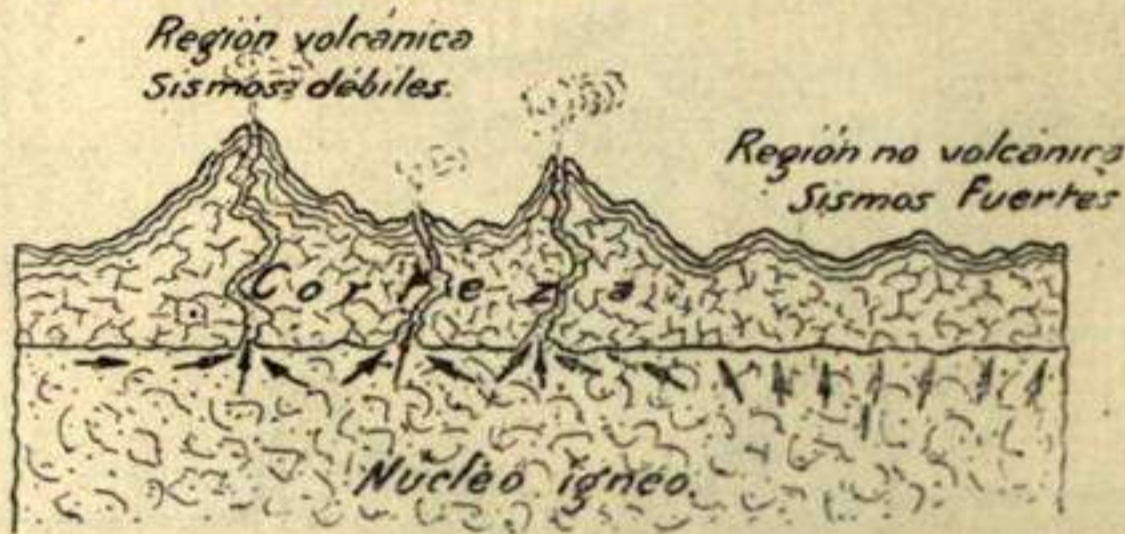


Fig. 48 c).—Teoría plutónica.

Supone que en las oquedades de la tierra existen enormes hogueras, que por consumo de materiales, hacen adelgazar el espesor de las capas superiores, que se noten temblores en la superficie, se derrumben capas internas corroídas y se formen grietas en la corteza terrestre.

Región sísmica.

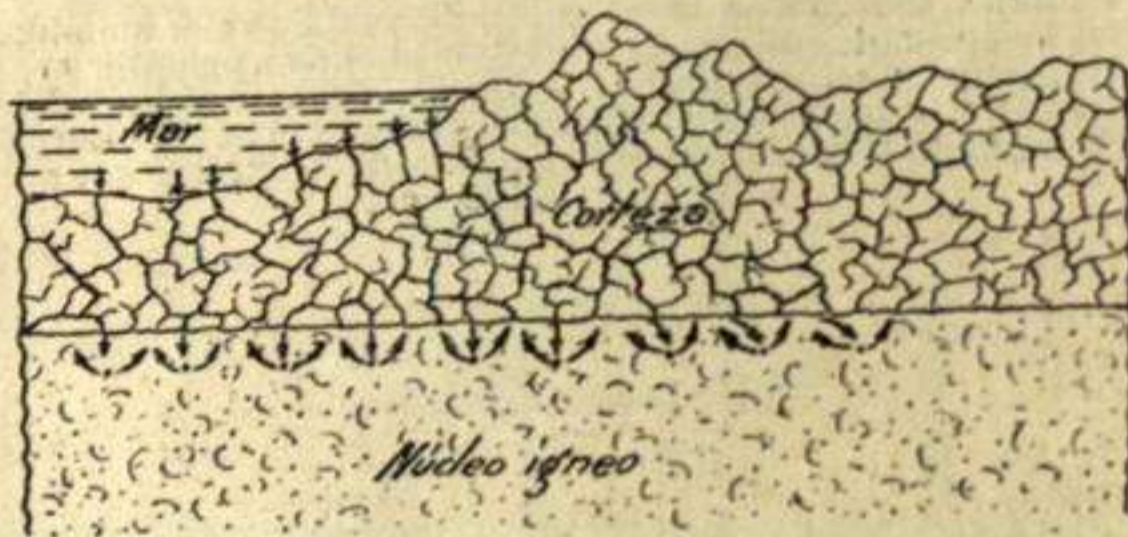


Fig. 48 a).—Teoría neptuniana.

Observa que las zonas de los sismos suelen estar enclavadas en las proximidades de las costas, y supone que las infiltraciones del agua del mar al ponerse en contacto con el magma interno deben producir rápidas evaporaciones y aun explosiones que conmueven la corteza terrestre.

**Otras teorías.** — Además de esta teoría, se han propuesto otras, para explicar el volcanismo. *Teoría marina*, o sea penetración de grandes cantidades de agua marina por aberturas hasta la zona ígnea, donde se evapora y produce la erupción. *Teoría termodinámica*: calor producido por el esfuerzo mecánico de la contracción del radio terrestre, y por el resbalamiento de capas profundas; el cual calor funde las rocas y produce las erupciones. Pero todas estas teorías no parecen adecuadas a la magnitud y universalidad del volcanismo. Sólo la primera, o sea la del magma flúido de la piro-sfera, explica suficientemente los fenómenos volcánicos. (Figs. 48 a, b, c, d, e y f).

## ARTICULO II

## MOVIMIENTOS DE LA LITOSFERA

La actividad interna de nuestro globo se manifiesta también en los movimientos de la costra sólida o litosfera. Estos movimientos pueden ser de dos clases: unos muy rápidos llamados *sísmicos*, o simplemente *terremotos*, y otros de gran lentitud.

## TEORIAS SIMOLOGICAS MODERNAS

## § 1º TERREMOTOS

**106. Definiciones.**— Los terremotos son sacudidas o vibraciones rápidas de la litosfera. Se llama *hipocentro* o *foco* el lugar donde se encuentra la causa del terremoto, y de donde irradian las ondas sísmicas; *epicentro* es el punto, o más bien, la zona de la superficie terrestre, más cercana al *hipocentro*; es donde primero se sienten las sacudidas.

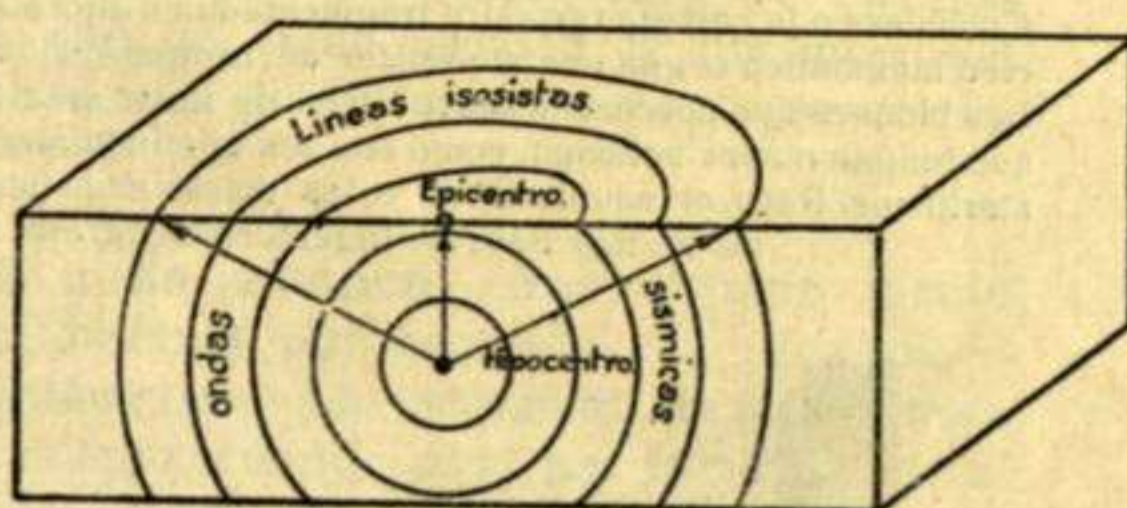


Fig. 48. e).—Teoría central de Mallet siglo XIX.

Supone que la energía sísmica irradia de un punto al que denomina *hipocentro*; a su proyección normal sobre la superficie *epicentro*; al movimiento vibratorio que se trasmite de unas capas a otras *onda sísmica*. Sus denominaciones han prevalecido entre los modernos sismólogos y Mallet logró desvanecer mil absurdas ideas que paralizaron durante mucho tiempo el avance de la sismología.

**Onda sísmica** es el movimiento vibratorio, que se trasmite de unas capas terrestres a otras, con una velocidad, que varía entre ciertos límites, según la naturaleza del terreno (1).

**107. Sismógrafo.**— El estudio científico de los terremotos se hace por medio de aparatos especiales llamados *sismógrafos*, que consisten en una masa pesada, teóricamente aislada de la influencia terrestre, que con un estilete en su extremo inscribe, en un cilindro giratorio en conexión con la tierra, los movimientos, que ésta comunica al cilindro. La curva o trazos que escribe el estilete en el papel del cilindro giratorio, durante una sacudida sísmica, se llama *sismograma*. (Figs. 49 y 50).

(1) En general, cuanto más antiguo es el terreno, conduce mejor la onda sísmica; así puede tener esta serie por decreciente de conductibilidad: arcáico, paleozóico, mesozóico, neozóico, actual.

## TEORIAS SISMOLOGICAS MODERNAS

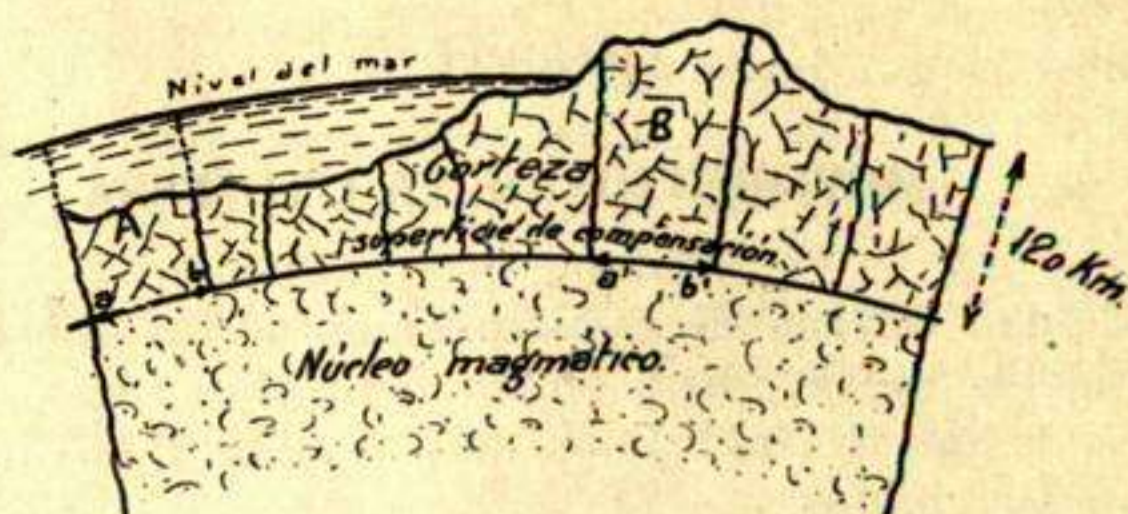


Fig. 48 f).—Teoría isostática de Pratt.

Considera a la corteza terrestre fragmentada en enormes bloques que descansan sobre el núcleo magmático según una superficie de compensación y con arreglo a leyes hidrostáticas. Los bloques que descansan sobre bases de igual área tienen igual masa. De manera que los que tengan mayor volumen, como son los continentales, deben tener menor densidad que los marítimos. Roto el equilibrio de estas masas ellas tienden a restablecerlo.—(De un artículo de A. REY PASTOR. Ingeniero Geógrafo, Ibérica, 12 y 19-III-1924).

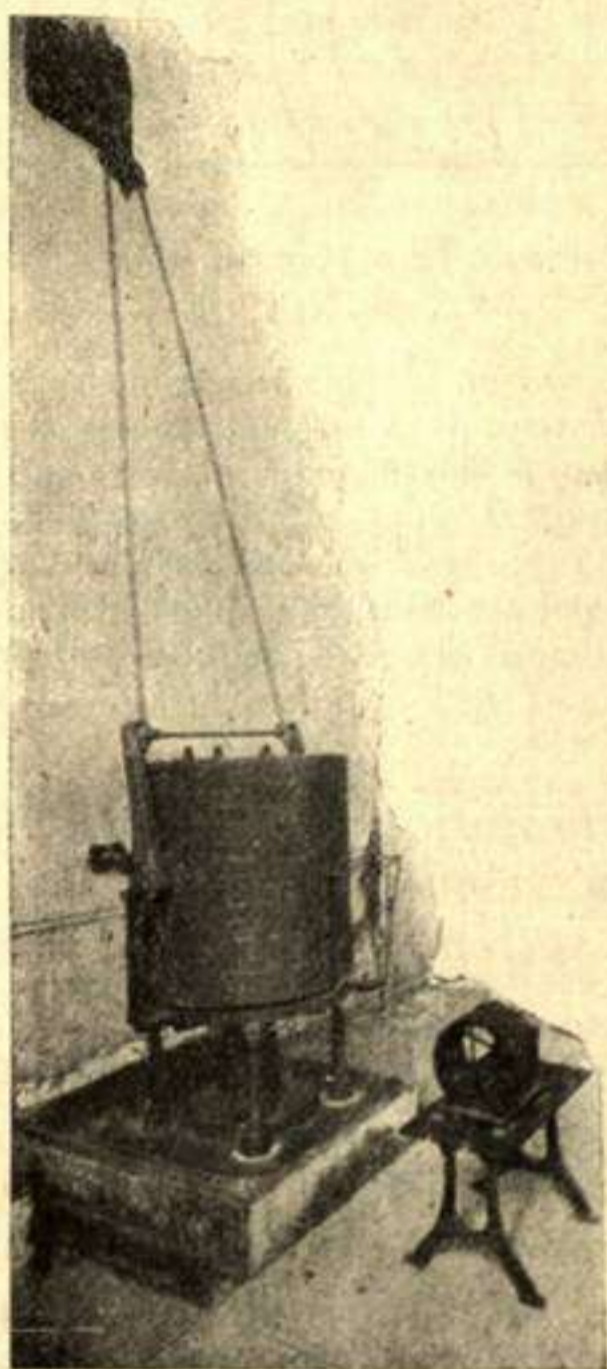


Fig. 49.—Péndulo horizontal de 150 Kgs. del Observatorio del Ebro.

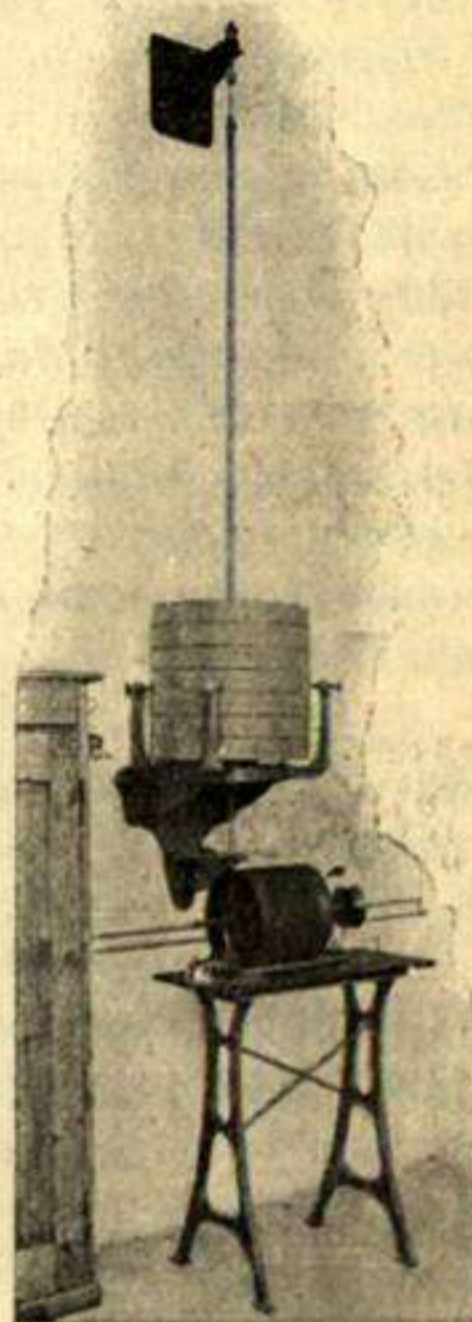


Fig. 50.—Péndulo vertical de 300 Kgs. del Observatorio del Ebro.

**108. Fases vibratorias.**—El *sismograma* de un terremoto suele presentar tres fases vibratorias: la primera corresponde a ondas longitudinales; la segunda a ondas transversales; se siente unos minutos después de la primera; la tercera, que es la des-

tructora, se presenta más de una hora después de la segunda: y es la onda superficial transmitida desde el epicentro por la superficie. El tiempo que media entre la 1ª y la 3ª fase varía según la profundidad del hipocentro: por eso se puede conocer la profundidad de éste, estudiando un sismograma. Los cálculos más fidedignos dan una profundidad media de 10 a 20 kilómetros para el hipocentro. La distancia del epicentro se determina también de un modo análogo, aplicando fórmulas especiales, que indican la distancia, según la diferencia de tiempo entre las diversas fases. Ahora, para determinar el sitio concreto del globo donde se halla el epicentro, se necesita estudiar las sismogramas por lo menos de tres estaciones sismológicas, distantes una de otra; trazando en una esfera terrestre tres círculos con un radio igual a la distancia del epicentro, quedará este determinado por el punto en que se cortan los tres círculos.

**109. Velocidad de la onda sísmica.**—Por término medio la 3ª fase recorre 3 1/2 kilómetros por segundo; la segunda 5 kilómetros y la primera 9 kilómetros. La velocidad de la primera y segunda fase se acrecienta mucho, cuando pasa por la zona central de la tierra, lo cual prueba la gran densidad y elasticidad de la *barisfera* (Fig. 51): ésta, por consiguiente, no es una masa gaseosa incandescente, como se comprueba también por cálculos astronómicos.

**110. Efectos de los terremotos.**—Unos son destructores, derribando casas y aun ciudades enteras. Otros son geológicos que hacen más a nuestro propósito, y consisten en la producción de aberturas o grietas del terreno, como ocurrió en Granada en 1884; o en el hundimiento de alguna parte de terreno y consiguiente desnivelación de capas, formando una falla; como ha sucedido a fines del siglo pasado en el Japón, 28 de octubre de 1891, y en S. Francisco de California (Estados Unidos) en 1906, donde se abrió una gran grieta longitudinal, y de un lado se hundió el terreno, produciendo un desnivel hasta de 6 metros.

**Microsismos.**—Además de los terremotos sensibles al hombre, hay otros muchos, que sólo son registrados por los aparatos; esos movimientos insensibles, y de pequeña amplitud de onda, se llaman microsismos. Los sismógrafos registran a cada paso microsismos; de manera que se puede decir que la tierra está casi continuamente temblando. Cuando la debilidad de los microsismos depende de estar muy distante su hipocentro o foco, éstos se llaman *telesismos*.

**111. Distribución geográfica y causas de los terremotos.**—Aunque los fenómenos sísmicos son frecuentemente independientes de la actividad volcánica, sin embargo, puede decirse que las re-

giones sísmicas más agitadas se encuentran lo mismo que los volcanes, en la zona de la mayor pendiente o fractura de las aristas de la pirámide terrestre, como sucede en el litoral pacífico de América; o en las regiones próximas a las grandes fosas o depresiones, como es el caso del Mediterráneo, alrededor de la fosa tirrena; la región de las Antillas que constituye otra fosa considerable; la línea de Abisinia, Madagascar, Mar Rojo, Jordán y Líbano, que ocupan el lugar de una larga zona de hundimientos.

Muchos movimientos sísmicos parece que tienen por causa la caída o desplazamiento de enormes bloques en la pirofera, o el reajuste de algunas bandas inmensas de terreno al ceder las inferiores en virtud del enfriamiento y consiguiente disminución del radio terrestre. Por eso estos movimientos se llaman *verticales*, a diferencia de otros terremotos, que parecen proceder de movimientos *tangenciales*, o formadores de los pliegues montañosos, producidos por presiones laterales. Tal parece ser el origen de los terremotos que se sienten en la región de los Alpes, Apeninos, la cordillera Penibética, Atlas, Cárpatos, etc. En general esta clase de movimientos tienen su asiento en la zona de pliegues terciarios.

Hay algunos terremotos más locales y limitados, que tienen por causa caída de bloques y hundimientos de terrenos, debidos a que las aguas disuelven a veces capas inferiores, y las superiores, faltas de apoyo, se hunden. Tal es el origen de algunos terremotos suizos producidos por el derrumbe de materiales, para llenar huecos que dejan las fuentes selenitosas, que sacan del interior grandes cantidades de yeso.

Algunos creen que también producen terremotos los cambios eléctricos de la atmósfera, causados por las manchas solares. Las mareas de la pirofera fluida o viscosa, que ejercen su influencia sobre la litosfera, no parece sean causa de los terremotos, pues éstos no siguen la regularidad de las mareas.

**112. Interior del globo.** (Fig. 51).—Según los datos actuales puede considerarse el globo terrestre como formado por tres envolturas (prescindiendo de la atmósfera y de la hidrosfera): 1ª una cubierta sólida o *litosfera*, cuyos materiales tienen una densidad de 2,6 a 2,8. Su espesor medio es de unos 100 kilómetros; 2ª una capa delgada de magma flúido viscoso, llamada *pirofera*, de donde se alimentan los volcanes, de unos 200 kilómetros de espesor; esta capa no parece continua, si no con compartimentos de separación, como lo parece demostrar la existencia de provincias volcánicas; 3ª otra capa que llega hasta unos 1.500 kilómetros, de materiales muy comprimidos y con una densidad de 3 ó 3,5; 4ª un núcleo central muy denso (8,2) y de una elasticidad igual a la del acero. El núcleo se cree que está formado por metales pesados, especialmente el hierro; pues la densidad de éste, 7,86 es próxima a la calculada para el núcleo. Eso mismo está confirmado por el magnetismo terrestre.

La existencia de estas zonas se comprueba en primer lugar, porque



siendo la densidad media de la tierra 5,5, como las capas de la litosfera tienen como máximo 2,8 de densidad, síguese que el núcleo central debe ser bastante más denso que 5,5, esto es 8,2. Además, la onda sísmica sufre aceleraciones, al pasar por el núcleo. A los 100 kilómetros de profundidad aumenta la velocidad de la onda; a los 1.500 km. aumenta todavía mucho más; de ahí hasta el centro la velocidad es casi constante, lo cual prueba que a partir de 1.500 kilómetros hay una materia densa y elástica.

A los mismos resultados se ha llegado estudiando el aplanamiento polar, las mareas de la corteza terrestre, y las variaciones pendulares producidas por la atracción lunisolar; pues lo que dan los cálculos corresponde a un núcleo denso y elástico.

#### § 2º MOVIMIENTOS LENTOS DE LA SUPERFICIE TERRESTRE

**113. Oscilaciones continentales.**—Además de los movimientos rápidos de la costra terrestre, antes descritos, existen otros de mayor amplitud, pero que se verifican con lentitud grande, y sólo se hacen perceptibles en el transcurso de los años y aun siglos. Donde principalmente se notan estos movimientos lentos, es en las costas, muchas de las cuales llevan señales de levantamientos; y otras de hundimientos.

En los Países Bajos se ha notado un notable descenso del suelo, lo mismo que en las costas de Francia e Inglaterra. En la bahía de Douarnenez (Francia) a 10 metros de profundidad se encuentran ruinas de la ciudad de Is, floreciente en el siglo IV. Al contrario las costas de Italia y las de Levante en España, experimentan un levantamiento continuo. Lo mismo sucede en América del norte en la región de los grandes lagos.

A veces el levantamiento alterna con hundimientos, habiendo como oscilaciones del terreno: así se observa en el mar Báltico durante los últimos tiempos prehistóricos, que algún tiempo se levantaron sus costas, y quedó incomunicado con el mar del Norte, formándose un lago de agua dulce; como se observa en las terrazas de ese tiempo, que tienen fósiles de agua dulce: luego volvió a hundirse y continuarse con el mar del Norte, y se convirtió de nuevo en un mar salado.

También en la región de Puzzuolo, cerca de Nápoles, se notan

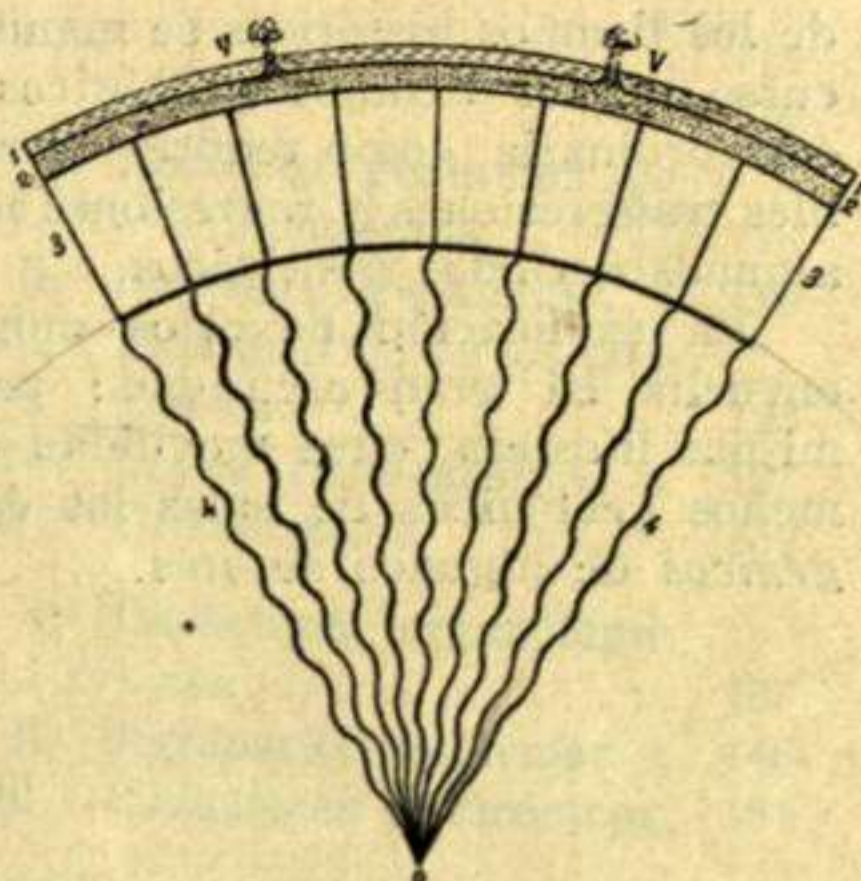


Fig. 51.—Esquema del interior de la tierra según estudios del célebre sismólogo Montessus de Ballore.

1. Litósfera: 100 Kms. de espesor.
2. Piroesfera o región del magma volcánico: 200 Kms.
3. Endosfera: 1200 Kms.
4. Barisfera: 4870 Kms.
0. Centro.
- V. Volcanes.



indicios de oscilaciones varias del terreno; pues las columnas del templo romano de Serapis presentan señales de haber sido horadadas por las fóladas (Lamelibranchios); prueba de que algún tiempo después de su construcción se hundió el terreno, hasta quedar sumergido el templo; y luego volvió a levantarse al nivel en que hoy se encuentra.

Estas oscilaciones de la costra sólida, que en la corta duración de los tiempos históricos se manifiestan limitadas, en el largo transcurso de los tiempos geológicos se verificaron con una amplitud extraordinaria, como tendremos ocasión de ver, al estudiar las notables transgresiones y regresiones marinas, que tuvieron lugar durante algunos períodos geológicos.

La explicación de estos movimientos oscilatorios está todavía envuelta en gran oscuridad: parece que son movimientos de la misma litosfera, cuya movilidad está tan atestiguada por los fenómenos geológicos de todas las épocas. Son los movimientos *epirogénicos* de algunos autores.



# TERCERA PARTE

## DISTRIBUCION DE LA TERCERA PARTE

### GEOGNOSIA

		Núms.	
<b>SECCIÓN 1.<sup>a</sup>: MINERALOGÍA.</b>			
INTRODUCCIÓN Y DIVISIÓN . . . . .		114	
		115 - 116	
<b>CAP. 1.<sup>o</sup> CARACTERÍSTICA.</b>	<b>ART. 1.<sup>o</sup> - Morfología Mineral.</b>	I. Nociones generales de Cristalografía . . . . .	118
		II. Sistemas Cristalinos . . . . .	122
		III. Modificación de los cristales. . . . .	123
		IV. Leyes cristalográficas . . . . .	127
		V. Cristalogenia . . . . .	132
	<b>ART. 2.<sup>o</sup> - Física Mineral.</b>	I. Caracteres organolépticos . . . . .	137
		II. Agrupación molecular . . . . .	146
		III. Caracteres electrónicos. . . . .	151
	<b>ART. 3.<sup>o</sup> - Química Mineral . . . . .</b>		152
	<b>ARTÍCULO 1.<sup>o</sup> Nociones generales de Taxonomía . . . . .</b>		156
<b>CAP. 2.<sup>o</sup> SISTEMATICA</b>	<b>ARTÍCULO 2.<sup>o</sup> Descriptiva</b>	<b>1.er Orden Silicatos de las rocas ácidas.</b>	
		1. <sup>a</sup> FAMILIA: Elementos esenciales . . . . .	161
		2. <sup>a</sup> FAMILIA: Elementos accesorios . . . . .	167
		<b>2.<sup>o</sup> Orden Silicatos de las rocas básicas . . . . .</b>	170
		1. <sup>a</sup> FAMILIA: Elementos esenciales . . . . .	170
		2. <sup>a</sup> FAMILIA: Elementos accesorios . . . . .	173
		<b>3.er Orden Silicatos de Metamorfismo . . . . .</b>	174
		1. <sup>a</sup> FAMILIA: Silicatos anhidros de aluminio. . . . .	175
		2. <sup>a</sup> FAMILIA: Silicatos de aluminio hidratados. . . . .	177
		3. <sup>a</sup> FAMILIA: Silicatos anhidros de aluminio y otra base . . . . .	178
4. <sup>a</sup> FAMILIA: Silicatos hidratados de aluminio y otra base. . . . .	179		
<b>1.<sup>a</sup> CLASE Elementos Silicatados de las rocas</b>			

		<u>NÚMS.</u>	
<b>CAP. 2.º</b> <b>SISTEMA- TICA</b>	ARTÍCULO 2.º Descriptiva	1.º Orden <b>Oxidos</b> . . . . . 181	
		2.º Orden <b>Oxisales</b> . . . . . 182	
		<b>2.ª CLASE</b> <b>Minerales</b> <b>de precipi-</b> <b>tación qui-</b> <b>mica.</b>	1.ª FAMILIA: Aluminatos . . . . . 182
			2.ª FAMILIA: Carbonatos . . . . . 183
			3.ª FAMILIA: Sulfatos . . . . . 187
			4.ª FAMILIA: Fosfatos . . . . . 189
		3.º Orden <b>Sales haloideas</b> . . . . . 190	
		<b>3.ª CLASE</b> <b>Minerales</b> <b>metálicos.</b>	1.º Orden <b>Mineralizadores</b> . . . . . 193
			2.º Orden <b>Metales acidificables</b> . . . . . 194
			3.º Orden <b>Metales propiamente dichos</b> . . . . . 195
		<b>4.ª CLASE</b> <b>Minerales</b> <b>de origen</b> <b>orgánico</b>	<b>Carbono puro</b> . . . . . 209
			<b>Carbones fósiles</b> . . . . . 211
<b>Carburos de hidrógeno</b> . . . . . 215			

**SECCIÓN 2.ª: PETROGRAFÍA** . . . . . 219

**CAP. 1.º GENERALIDADES.** . . . . . 219

<b>CAP. 2.º</b> <b>ROCAS</b> <b>IGNEAS.</b>	ARTÍCULO 1.º	<b>Nociones generales</b> . . . . . 222			
		ARTÍCULO 2.º	<b>1.ª CLASE</b> <b>Rocas</b> <b>ácidas</b>	<b>Descripción de las rocas ígneas (ácidas, neutras y básicas)</b> . . . . . 229	
				1.ª FAMILIA: <b>Rocas ácidas de estructura holocristalina</b> . . . . . 229	
				2.ª FAMILIA: <b>Rocas ácidas de estructura semicristalina</b> . . . . . 230	
				3.ª FAMILIA: <b>Rocas ácidas de estructura vítrosa</b> . . . . . 231	
				<b>2.ª CLASE</b> <b>Rocas</b> <b>neutras.</b>	1.ª FAMILIA: <b>Rocas neutras holocristalinas</b> . . . . . 232
					2.ª FAMILIA: <b>Rocas neutras hipocristalinas</b> . . . . . 233
					3.ª FAMILIA: <b>Rocas ácidas de estructura vítrosa</b> . . . . . 234
				<b>3.ª CLASE</b> <b>Rocas</b> <b>básicas</b>	1.ª FAMILIA: <b>Rocas básicas holocristalinas</b> . . . . . 235
					2.ª FAMILIA: <b>Rocas básicas semicristalinas</b> . . . . . 236
					3.ª FAMILIA: <b>Rocas básicas vítreas</b> . . . . . 237

	<u>NÚMS.</u>
<b>CAP. 3.º — ROCAS SEDIMENTARIAS.</b>	ARTÍCULO 1.º <b>Generalidades . . . . .</b> 238
	ARTÍCULO 2.º <b>Rocas de origen mecánico . . . . .</b> 239
	ARTÍCULO 3.º <b>Rocas de origen químico . . . . .</b> 245
	ARTÍCULO 4.º <b>Rocas de origen orgánico . . . . .</b> 247
<b>CAP. 4.º — ROCAS METAMÓRFICAS.</b>	<b>Naturaleza y división. . . . .</b> 250
	ARTÍCULO 1.º <b>Metamorfismo . . . . .</b> 251
	ARTÍCULO 2.º <b>Descripción de las rocas metamorfizadas. . . . .</b> 259
<b>SECCIÓN 3.ª: GEOTECTÓNICA . . . . .</b>	264
<b>CAPITULO 1.º GEOTECTONICA DE LOS TERRENOS IGNEOS . . . . .</b>	265
<b>CAP. 2.º GEOTECTONICA DE LOS TERRENOS ESTRATIFICADOS.</b>	ARTÍCULO 1.º <b>Caracteres generales de los estratos . . . . .</b> 269
	ARTÍCULO 2.º <b>Modificaciones horizontales de los estratos. . . . .</b> 273
	ARTÍCULO 3.º <b>Modificaciones verticales de los estratos. . . . .</b> 277
	ARTÍCULO 4.º <b>Caracteres paleontológicos de los terrenos. . . . .</b> 281
<b>CAP. 3.º EDAD RELATIVA DE LOS ESTRATOS.</b>	<b>Principios geológicos; su división. . . . .</b> 286
	ARTÍCULO 1.º <i>Principios estratigráficos . . . . .</i> 287
	ARTÍCULO 2.º <i>Principios paleontológicos. . . . .</i> 289
	ARTÍCULO 3.º <i>Aplicación de los principios . . . . .</i> 292



## • G E O G N O S I A

**114. División de la Geognosia.** —Estudiá la Geognosia, como dijimos al principio, los materiales de que se compone la costra sólida de nuestro globo, o *litosfera*.

Estos materiales son los *minerales*, de cuya reunión se forman las *rocas*, y éstas a su vez distintamente agrupadas, dan origen a los *terrenos*. De aquí la división de la Geognosia en tres ramas: Mineralogía, Petrografía, y Geotectónica, que se ocupan, respectivamente de los *minerales*, *rocas* y *terrenos*.

---

### SECCION I

## MINERALOGIA

**115. Mineralogía** «és la parte de la Geognosia que estudia los minerales».

«*Mineral* es todo cuerpo natural inorgánico, cuyas moléculas son de igual composición química». Los minerales, por consiguiente, son verdaderas especies químicas, y tienen por lo mismo estructura homogénea: a diferencia de las rocas, que como veremos en la Petrografía, en general son mezcla de minerales, y presentan estructura heterogénea.

**116. División de la Mineralogía.** —Siguiendo el uso corriente, dividiremos la Mineralogía en dos partes: una, que trata de las propiedades generales o caracteres de los minerales y por eso se llama *Mineralogía general o Característica*; y otra que se ocupa de la clasificación y descripción de los minerales, denominándose por este motivo *Mineralogía especial o descriptiva*, o también *Sistemática*.

## CAPITULO I

## CARACTERISTICA

**117. Caracteres mineralógicos. Su división.**—Son aquellas propiedades que nos sirven para conocer y distinguir unos minerales de otros. Estas propiedades pueden reducirse a tres grupos: morfológicas, físicas y químicas; de ahí la división de la Característica en tres artículos.

## ARTICULO I

## MORFOLOGIA MINERAL

## § 1º NOCIONES GENERALES DE CRISTALOGRAFIA

**118. Formas de los minerales.**—Los minerales pueden presentarse o bien sin forma alguna fija, sino en cualquier forma exterior: o con formas geométricas, más o menos perfectas, llamadas *crisales*: en el primer caso los minerales se llaman *amorfos*, y *crystalinos* en el segundo. Estos segundos son los únicos que interesan al mineralogista, en lo que se refiere a su forma exterior; su estudio constituye propiamente el objeto de la morfología mineral, llamada por eso también Cristalografía.

**119. Estado cristalino.**—Para evitar confusiones conviene hacer notar la diferencia que hay entre el estado cristalino de un mineral y el cristal propiamente dicho. Se dice que un mineral tiene estado cristalino, cuando sus moléculas están orientadas o dispuestas regularmente en ciertas direcciones. Esta orientación o disposición regular de las moléculas se manifiesta por las propiedades físicas del cuerpo cristalino: como son por ejemplo la conducción del calor

y de la luz; propiedades que se manifiestan variables según las diversas direcciones. Así por ejemplo la luz no se propaga en general lo mismo en todas las direcciones del cristal.

Esta disposición de las moléculas o partículas del cuerpo cristalino se manifiesta también por el fenómeno llamado *exfoliación*, el cual consiste en poder ir separando, a manera de pequeñas hojas, laminillas del cristal en ciertas direcciones; por eso se dice que los cuerpos cristalinos son *anisótropos* a diferencia de los amorfos que se dicen también *isótropos*. Sin embargo, algunos cristales como los del sistema cúbico, son isótropos como veremos después. La fuerza que produce esa disposición de la materia, se llama fuerza *crystalogénica*; y al acto de disponerse la materia en esas direcciones determinadas se llama *crystalización*.

**120. Cristales.** —Esa disposición de la materia cristalina en ciertas direcciones fijas y determinadas para cada cuerpo cristalino, es lo que constituye propiamente el estado cristalino. Pero, ese estado cristalino interior se manifiesta exteriormente, cuando la *crystalización* no ha sido perturbada por causas extrínsecas, en ciertas formas poliédricas más o menos regulares; y los minerales que presentan esas formas, son los llamados propiamente *cristales*. Se llama pues *CRISTAL todo mineral que por la crystalización toma una forma poliédrica cualquiera*.

**121. Elementos de un cristal.** —El cristal, como todo poliedro, consta de tres elementos: *caras*, *aristas* y *vértices*. *Caras* son las superficies planas del poliedro; *aristas*, los ángulos diedros formados por la intersección de dos caras; y *vértices* son los ángulos poliedros, formados por la intersección de tres o más aristas.

**Centro y eje de simetría.** —Se llama *centro* en un cristal el centro geométrico de figura, o sea un punto interior tal que todas las rectas que pasan por él, tocan a las caras, ángulos o vértices en puntos equidistantes; esos puntos equidistantes del centro se llaman *homólogos* o *simétricos* con relación a dicho centro.

**Eje de simetría** es toda recta que pasa por el centro, alrededor de la cual los elementos del cristal se hallan colocados simétricamente. De ahí que pueda hacerse girar el cristal alrededor de esa recta, de modo que en una vuelta coincidan dos o más partes simétricas. Si en una vuelta coinciden dos veces las partes simétricas, el eje se llama *binario*; y *ternario*, *cuaternario* y *senario*, cuando en una vuelta coinciden respectivamente tres, cuatro o seis veces las partes simétricas (1).

Estos cuatro ejes de simetría son los únicos posibles en para-

(1) También se pueden considerar en el cristal planos de simetría, pero a nosotros no nos interesan.



lelepípedos, como se demuestra en geometría; y como veremos luego, las formas fundamentales de los cuerpos cristalinos son paralelepípedos; por eso en los cristales no se encuentran más que esos ejes de simetría.

**Ejes cristalográficos.**—El estudio de la simetría de los cristales es algún tanto complicado; por eso además de ejes de simetría, para facilitar el estudio de los sistemas cristalinos, suelen considerarse en las formas fundamentales, otras rectas ideales, llamadas *ejes cristalográficos*, que pasan por el centro del paralelepípedos y terminan en el centro de sus caras. Son paralelos a las respectivas caras y aristas y de igual longitud que ellas. Sirven para determinar la posición relativa de las caras. Esas rectas o ejes, como se ve, sólo pueden ser tres en un paralelepípedo; por eso son tres los ejes cristalográficos de cada sistema (1).

## § 2º SISTEMAS CRISTALINOS

**122. Formas fundamentales.**—Según la relación y posición de los ejes cristalográficos y los elementos de simetría, pueden distinguirse seis sistemas cristalinos, que tienen por forma fundamental un paralelepípedo. (Fig. 52).

1º *sistema cúbico o regular.* Tiene tres ejes cristalográficos perpendiculares e iguales; forma fundamental el cubo. Tiene 13 ejes de simetría, 3 cuaternarios, 4 ternarios y 6 binarios. Los cristales de este sistema son los únicos *isótopos*, o sea que en ellos la luz y el calor se propagan por igual en todas direcciones.

2º *sistema cuadrático:* tres ejes cristalográficos perpendiculares: dos iguales y el tercero desigual: forma típica fundamental el prisma recto de base cuadrada. Tiene 5 ejes de simetría: 1 cuaternario y 4 binarios.

3º *sistema rómbico o rectangular:* tres ejes cristalográficos, perpendiculares; todos desiguales: forma típica prisma recto de base rombale o rectangular. Tiene 3 ejes de simetría binarios.

4º *sistema romboédrico:* tres ejes cristalográficos oblicuos, iguales: forma fundamental el romboedro, que es un prisma oblicuo cuyas caras son todas rombos iguales. Tiene un eje de simetría ternario y 3 binarios.

5º *sistema monoclinico:* tres ejes cristalográficos oblicuos: dos iguales; forma fundamental, prisma oblicuo de base rombale. Tiene un solo eje binario de simetría.

---

(1) Algunos ponen como forma fundamental del 4º sistema el prisma exagonal en vez del romboedro, del cual puede derivarse el primero. En ese caso del prisma exagonal los ejes serían cuatro. Pero lo más común es poner el romboedro como forma fundamental del 4º sistema.

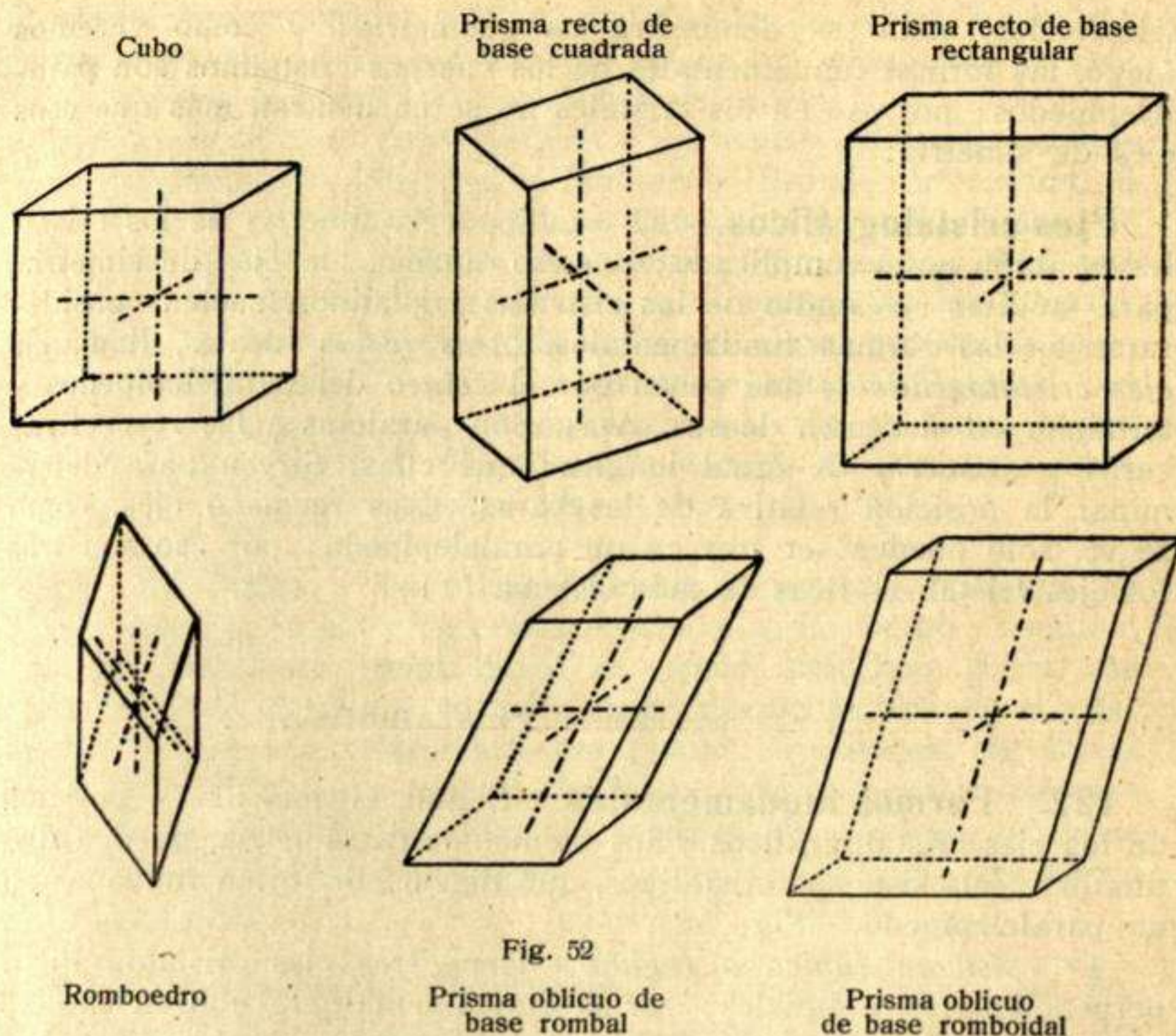


Fig. 52

6º *sistema triclinico o asimétrico*: tres ejes cristalográficos oblicuos, desiguales: forma típica, prisma oblicuo de base romboidal. Carece de ejes de simetría; sólo tiene centro.

He aquí en cuadro las principales características de los sistemas cristalinos, atendidos sus ejes cristalográficos:

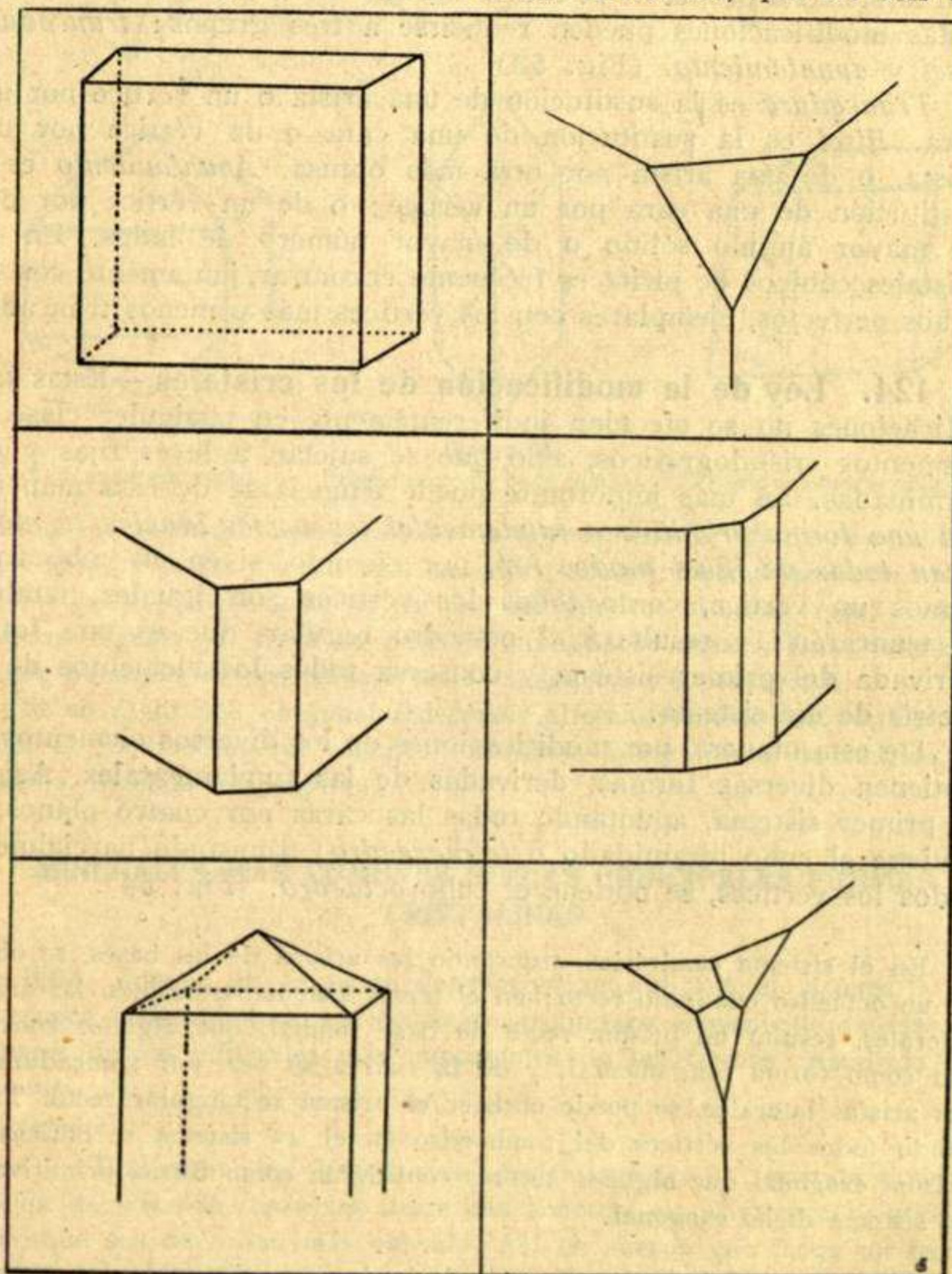
EJES CRISTALOGRAFICOS		SIS-TEMA	FORMA TIPICA
perpendiculares	los tres iguales	1.º	cubo
	2 iguales, 1 desigual	2.º	prisma recto de base cuadrada.
	los 3 desiguales	3.º	prisma recto de base rectangular o romboidal.
oblicuos	los 3 iguales	4.º	romboedro
	2 iguales, 1 desigual	5.º	prisma oblicuo de base romboidal.
	los 3 iguales	6.º	prisma oblicuo de base romboidal.

**Notación cristalográfica.** — Los elementos de los cristales en las formas primitivas suelen nombrarse por ciertas letras del alfabeto: las caras

iguales o paralelas se nombran con la misma letra. Para las caras se emplean las letras p, m, t (de la palabra *primitivo*); para los vértices se usan las vocales a, e, i, o; y para las aristas las consonantes c, d, f, g, h. La notación completa de las formas derivadas es muy compleja y varía entre los diversos autores; por lo cual no entramos en detalles sobre ella.

§ 3º MODIFICACION DE LOS CRISTALES

**123. Formas primitivas y derivadas.**—En la naturaleza se halla mucho mayor número de formas cristalinas, que las seis que



Cubo.  
Truncadura de una arista.  
Apuntamiento de una cara.

Figura 53

Truncadura de un vértice.  
Biselamiento de una arista.  
Apuntamiento de un vértice.

acabamos de examinar; pero todas ellas se pueden considerar como procedentes de esas seis formas fundamentales (que por eso se llaman también *primitivas*), en virtud de ciertas modificaciones obradas en sus elementos cristalinos. Las formas obtenidas por esas modificaciones se llaman *derivadas*. No queremos decir que esas modificaciones se verifiquen realmente en la naturaleza, sino que ciertas formas pueden relacionarse idealmente con las fundamentales, suponiendo en ellas ciertas modificaciones; pues en general conservan la simetría propia de la forma típica o sistema a que pertenecen. Estas modificaciones pueden reducirse a tres grupos: *truncadura*, *bisel* y *apuntamiento*. (Fig. 53).

*Truncadura* es la sustitución de una arista o un vértice por una cara. *Bisel* es la sustitución de una cara o un vértice por una arista, o de una arista por otra más obtusa. *Apuntamiento* es la sustitución de una cara por un vértice; o de un vértice por otro de mayor ángulo sólido o de mayor número de lados. En los cristales cúbicos de piritita es frecuente encontrar, juntamente con los cubos perfectos, ejemplares con los vértices más o menos truncados.

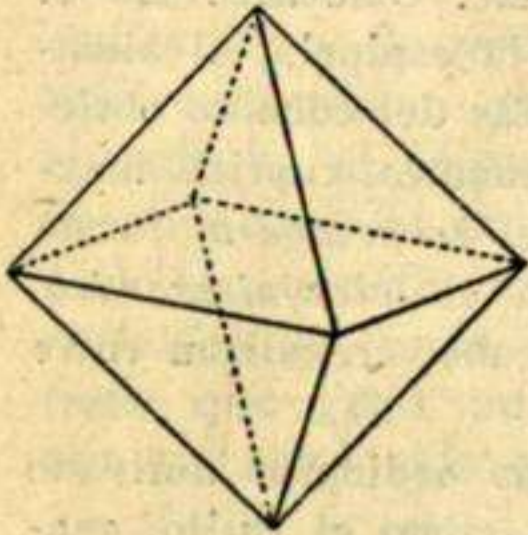
**124. Ley de la modificación de los cristales.**—Estas modificaciones no se efectúan indiferentemente en cualquier clase de elementos cristalográficos, sino que se sujetan a leyes fijas y determinadas. La más importante puede enunciarse de esta manera: *En una forma primitiva o fundamental las partes iguales se modifican todas de igual modo*. Así, por ejemplo, si en un cubo truncamos un vértice, como todos los vértices son iguales, también se truncarán; y resultará el octaedro regular, que es una forma derivada del primer sistema y conserva todos los elementos de simetría de ese sistema.

De esta manera, por modificaciones de los diversos elementos, se obtienen diversas formas, derivadas de las fundamentales. Así en el primer sistema, apuntando todas las caras por cuatro planos, se obtiene el cubo piramidado o *tetraexaedro*; truncando parcialmente todos los vértices, se obtiene el cubo *octaedro*. (Fig. 54).

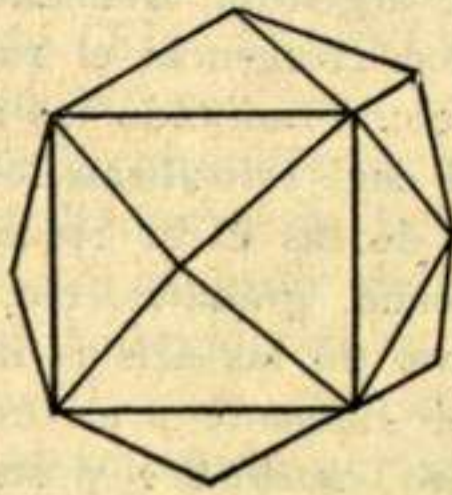
En el sistema cuadrático, truncando las aristas de las bases, se obtiene un octaedro cuadrado recto; en el tercer sistema, truncando las aristas laterales, resulta un prisma recto de base romboidal, que algunos consideran como forma fundamental, y de la cual a su vez, por truncadura de sus aristas laterales, se puede obtener el prisma rectangular recto. Truncando todos los vértices del romboedro en el 4º sistema se obtiene un prisma exagonal que algunos autores consideran como forma primitiva de un sistema dicho exagonal.

**125. Hemiedria.**—Las formas derivadas que siguen la ley anterior, se llaman *holoédricas* o *completas*. Pero hay algunos minerales que presentan alguna excepción a la ley citada; es decir que se modifican no todos, sino solo la mitad de los elementos iguales; disminuyendo por lo

Octaedro regular.



Cubo piramidado.



Cubo octaedro.

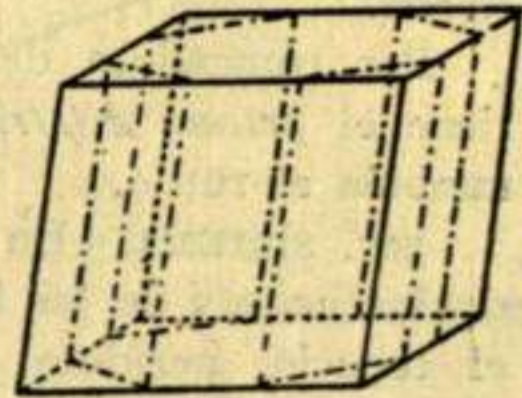
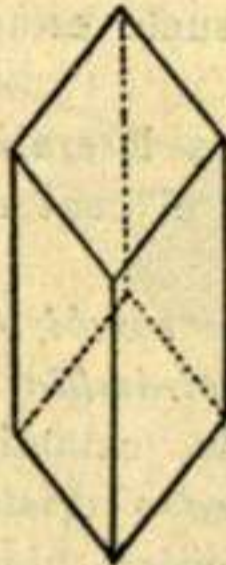
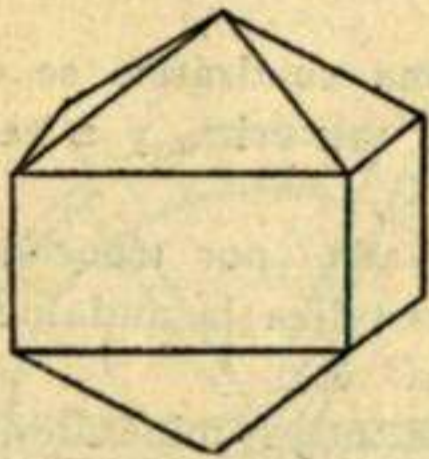
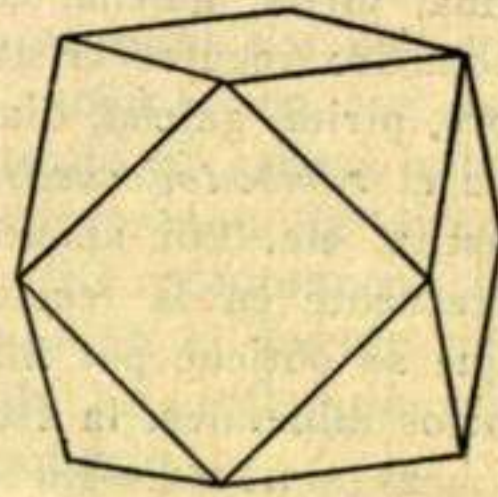


Figura 54

Oct. cuadrado recto.

Prisma recto de base romb.

Prisma romboidal oblicuo.

mismo los elementos de simetría: este fenómeno se llama *hemiedría* o *meriedría*, y a las formas que de ahí resultan, formas *hemiédricas*. Si en un cubo, por ejemplo, se truncan sus vértices alternos, resulta el tetraedro regular. Y si en un cubo piramidado se desarrollan alternativamente la mitad de sus caras resulta el dodecaedro pentagonal.

Si en el prisma exagonal truncamos alternativamente los vértices, resulta el romboedro, que algunos consideran como forma hemiédrica del sistema, llamado exagonal (1).

### MINERALES MAS COMUNES DE LAS PRINCIPALES FORMAS CRISTALINAS

126. Aunque en la parte descriptiva se indicará el sistema a que pertenece cada mineral, sin embargo nos parece conveniente reunir aquí algunos de los minerales más importantes de las formas cristalinas más comunes.

(1) Wallerant ha introducido recientemente en cristalografía la noción de *simetría límite*, es decir una simetría que difiere muy poco de otra, que sea de orden más elevado. Así un cuerpo que tenga un núcleo triclinico, puede tener sus aristas sensiblemente iguales entre sí y con una inclinación de casi 90° difiriendo poco de la simetría cúbica. Conforme a eso hay lugar a distinguir también *hemiedría-límite*, o de *simetría elevada* y de *simetría restringida*.

1er. SISTEMA.—*Cubo*. Cristalizan en esta forma la sal común, fluorina, pirita, galena, cobaltina, argentita, diamante, etc. *Octaedro*. En el octaedro regular cristalizan con frecuencia el rubí, la espinela, el alumbre, pirita, galena, diamante, etc. Truncando las aristas del cubo se obtiene el *rombododecaedro*, en el cual cristalizan los granates, cuprita, magnetita, etc. Por apuntamiento de las caras resulta el *trapezoedro*, forma frecuente en la leucita, analcima, granates, etc. En el *tetraquisexaedro*, que se obtiene por biselamiento de las aristas del cubo, cristalizan entre otros minerales, la fluorita, el diamante y el oro.

2º SISTEMA.—En el *prisma cuadrático* y su más ordinario derivado el *octaedro cuadrático* cristalizan algunos minerales, como el rutilo, anatasta, apofilita, etc. El prisma suele estar apuntado por sus bases en el circón.

Por truncadura de las aristas laterales del prisma cuadrático se obtiene el *prisma ditetragonal*, en el cual cristaliza la casiterita, y a veces también el rutilo.

3er. SISTEMA.—En el *prisma rómbico* y su derivada (por truncadura de las aristas de las bases) la *pirámide rómbica*, cristaliza la andalucita, el topacio, peridoto, estaurótida, calamina, cerucita, etc.

4º SISTEMA.—En el *romboedro* cristalizan entre otros minerales, la caliza, el hierro espático o siderosa, hierro oligisto y pirargirita. En el *prisma exagonal* (derivado del romboedro por truncadura de sus vértices) cristalizan varios minerales muy importantes, como el berilo, nefelina, corindón, apatito, etc. A veces la pirámide exagonal presenta sus bases más o menos apuntadas, como en el cuarzo, turmalina y esmeralda, etc.

5º SISTEMA.—En el *prisma fundamental* y a veces en su derivada la *pirámide monoclinica*, cristalizan minerales muy importantes por su abundancia en la naturaleza, como el feldespato ortosa, mica, anfíboles y piroxenos. También presentan formas del 5º sistema el yeso, epidoto, malaquita, azurita, etc.

6º SISTEMA.—En formas del 6º sistema cristalizan las plagioclasas, tan abundantes en los terrenos ígneos; el disteno, la axinita, etc.

#### § 4º LEYES CRISTALOGRAFICAS

**127. Ley de constancia de los ángulos.**—La forma cristalina es un dato importante, para conocer la naturaleza de un mineral, debido a que la cristalización obedece a leyes fijas y determinadas. Entre estas leyes la más importante para el conocimiento de los minerales, es la llamada, ley de constancia de los ángulos, que se enuncia de este modo: *los ángulos formados por caras homólogas son constantes*. Las caras podrán estar más o menos desarrolladas, pero su posición siempre se conserva en una dirección paralela, formando por lo mismo siempre un ángulo igual, fijo para cada forma cristalina. Bastará, pues, conocer el ángulo de intersección de dos caras determinadas, para saber a qué sistema pertenece la forma cristalina que se estudia.

**Goniómetro.**—Para eso se usan los aparatos llamados *goniómetros* (medida de ángulos) que pueden ser de dos clases: de *aplicación* y de *reflexión* (Fig. 55). El primero se reduce a una semicircunferencia graduada, con una alidada movable en un eje situado en el centro de la circunferencia. Colocado el cristal entre la alidada y la base o diámetro de la semicircunferencia la dirección de aquella marca el ángulo del cristal. El goniómetro de *reflexión* se funda en la reflexión de la luz, o sea en el ángulo que tiene que girar un cristal, para que el rayo de luz reflejado por una cara coincida con el reflejado por la cara contigua.

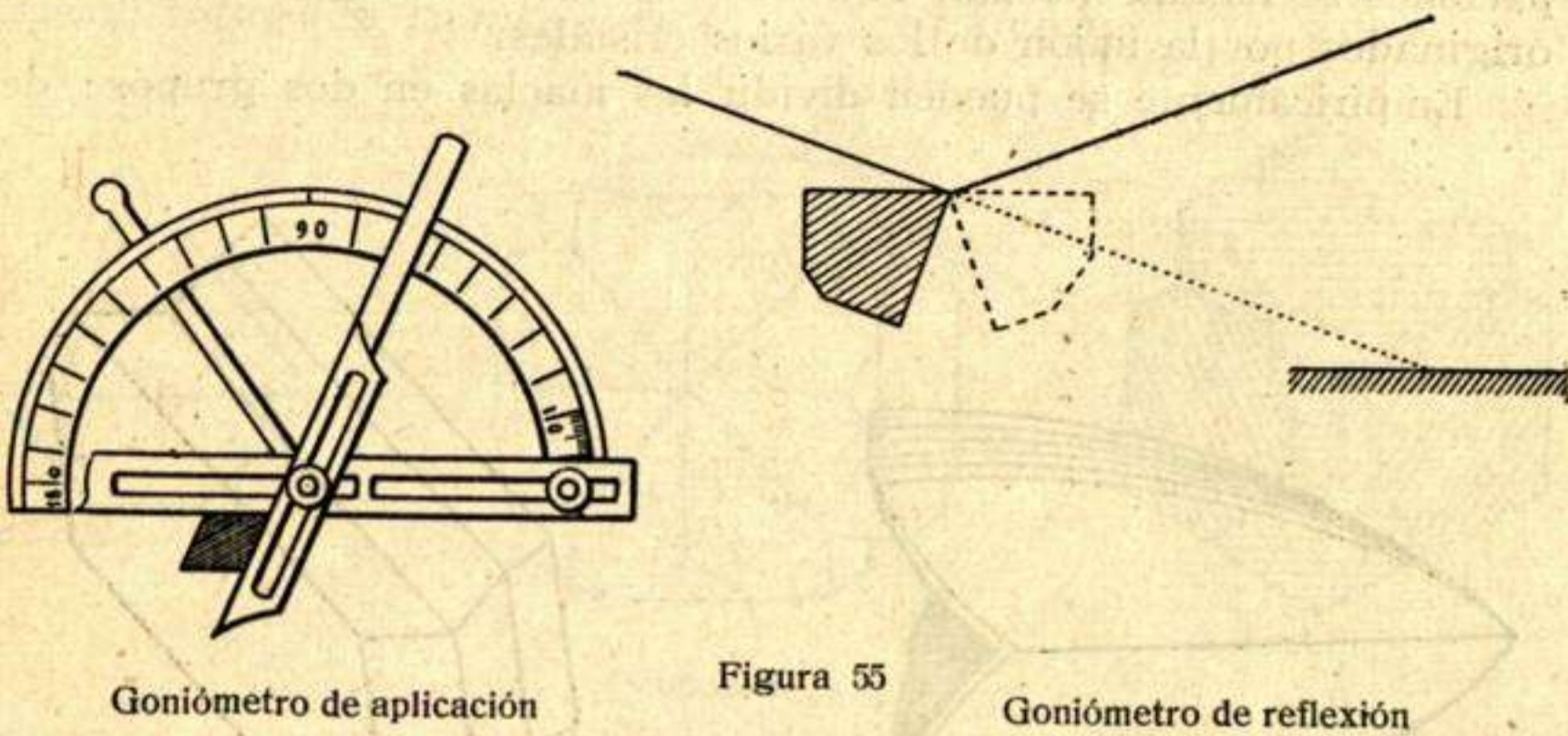


Figura 55

Goniómetro de aplicación

Goniómetro de reflexión

**128. Isomorfismo y polimorfismo.**—Decíamos que la forma cristalina es un carácter muy seguro para el conocimiento de los minerales; sin embargo, al estudiar un mineral en su forma cristalina, hay que tener en cuenta el fenómeno del *isomorfismo* y *polimorfismo*, para no ser inducidos a error.

Se llama *isomorfismo* la propiedad que tienen varios minerales de cristalizar bajo la misma forma: así los varios carbonatos de calcio, hierro, zinc, etc. cristalizan todos en romboedros, aunque de ángulo algo diferentes. Estos minerales se llaman *isomorfos*; pertenecen casi siempre a especies químicas muy afines.

A la inversa, hay algunos minerales que pueden cristalizar bajo dos o más formas: se los llama *dimorfos* o *polimorfos*. Así el bisulfuro de hierro ( $\text{FeS}_2$ ) es cúbico en la pirita amarilla, y rómbico en la pirita blanca o marcasita.

**129. Seudomorfismo.**—Se da el caso también de encontrarse a veces un mineral afectando una forma cristalina, que no es propia suya: se denomina este fenómeno *seudomorfismo*. La manera de verificarse este fenómeno es la siguiente: A veces cristales de un mineral son disueltos por el agua u otro disolvente, dejando un hueco de la forma del cristal; si ese hueco es luego rellenado por otro mineral cualquiera, éste afectará formas cristalinas del primer

mineral. Ese es el origen de las famosas areniscas de Montmartre, que tienen la forma de romboedros de calcita.

El pseudomorfismo puede introducirse también por alteraciones químicas. El piroxeno, anfíbol y peridoto, por ejemplo, cristalizan en prismas monoclinicos. Pues bien, estos minerales se transforman molécula a molécula en serpentina, dando origen a un cristal monoclinico pseudomórfico de este último mineral.

**130. Cristales agrupados.**—A veces varios cristales se unen íntimamente entre sí, para formar otro más complejo. Estas agrupaciones se llaman *maclas*; se reconocen por sus ángulos entrantes, originados por la unión de los varios cristales.

Empíricamente se pueden dividir las maclas en dos grupos: de

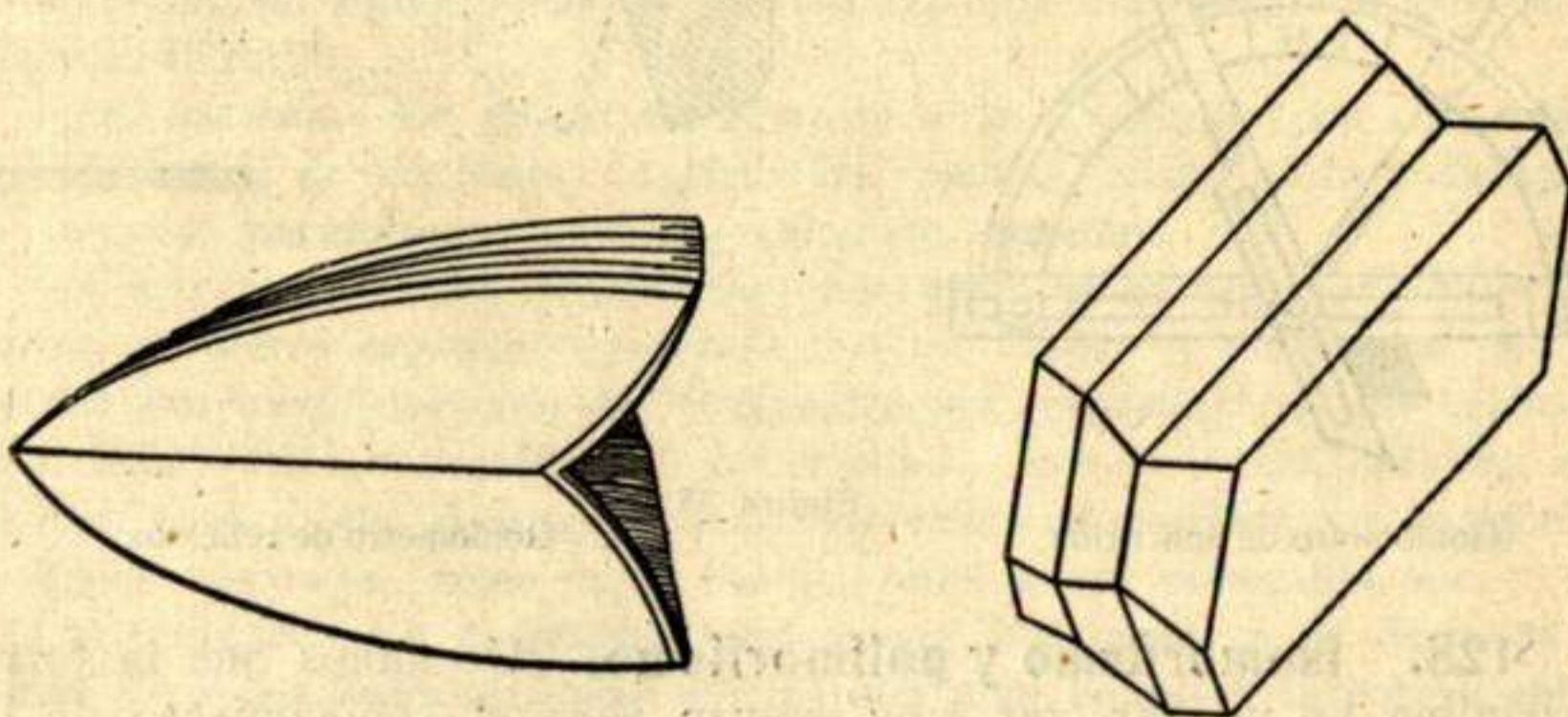


Fig. 56.—Maclas de yuxtaposición.

Yeso en lanza.

Macla de feldespato  
(albita).

*yuxtaposición* y de *entrecruzamiento* o *compenetración* (1). Las de yuxtaposición se originan cuando dos cristales se unen por sus caras, adosándose una a otra. Es como si dos cristales se hubiesen unido, girando uno de ellos cierto número de grados alrededor de un eje. (Fig. 56).

(1) Según la teoría de Wallerant sobre la *simetría límite*, no hay lugar a maclas de compenetración propiamente dichas; pues pueden explicarse, suponiendo a uno de los cristales girando alrededor de un eje o plano límite, como en las de yuxtaposición alrededor de su eje o plano de simetría; es más, todos los minerales pueden considerarse como si tuvieran una simetría límite cúbica. Sin embargo, empíricamente pueden admitirse esas varias clases de maclas.



Como ejemplo de este macla se presenta con frecuencia el yeso, cuyos prismas monoclinicos se unen por una de sus caras laterales, originando lo que se llama *yeso en flecha*, el cual no debe confundirse con el *yeso en lanza* que se macla de la misma manera, pero su forma se parece efectivamente más a la punta de una lanza.

Los cristales de los feldespatos triclinicos (albita, oligoclasa, etcétera) se encuentran con frecuencia maclados.

A veces se compenentran entre sí los cristales y dan origen a maclas de *compenetración* o *entrecruzamiento*. Una muy notable es la de la *estaurótida*, cuyos cristales se compenentran en forma de cruz. (Fig. 57). Los dodecaedros pentagonales de pirita se entrecruzan, formando la *macla de la cruz de hierro*.

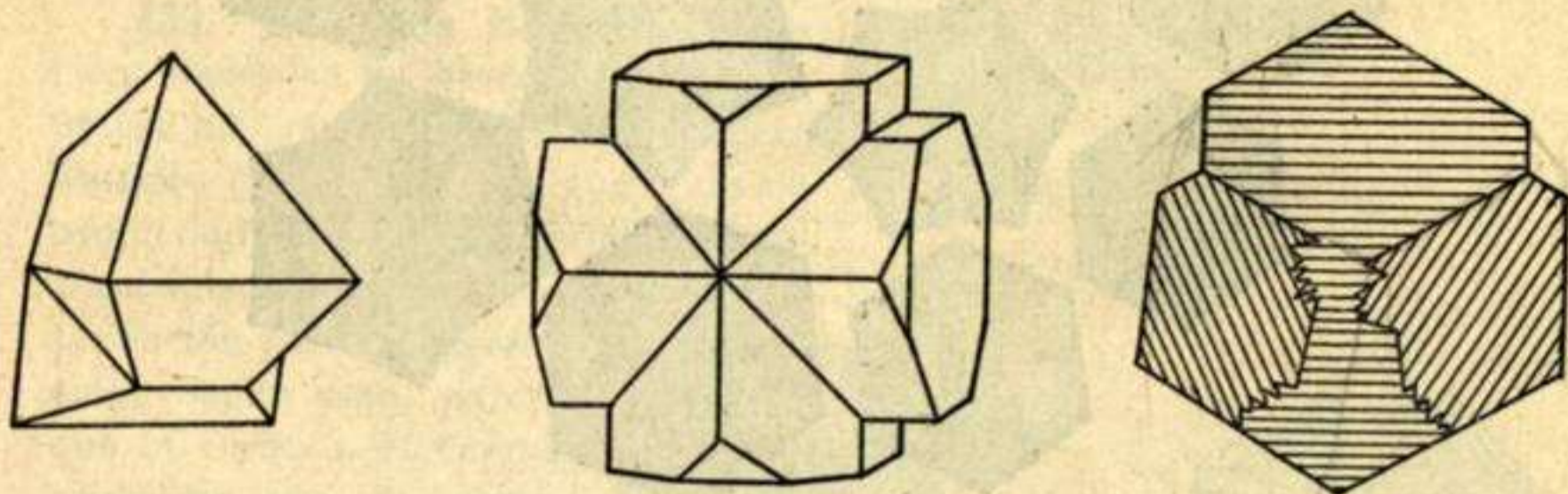


Figura 57

Macla en una cara del octaedro de la espinela.

Macla de *entrecruzamiento* propia de la estaurótida (silicato de alúmina ferrífero).

Cristal *mimético* formado por íntima compenetración de cristales en el aragonito.

**131. Cristales miméticos.** —A veces la compenetración de los cristales es tan íntima, que parecen constituir un cristal nuevo de otro sistema o grado de simetría diferente. Tal es la agrupación de prismas rómbicos, en el aragonito, que forman un prisma pseudoexagonal (fig. 57). Estos cristales se llaman *miméticos*. Se reconocen por los ángulos salientes que presentan.

§ 5º CRISTALOGENIA

**132. Cristalización por fusión y por disolución.** — Los cristales que se estudian en mineralogía, se forman generalmente, al pasar el mineral del estado líquido al estado sólido. Alguna vez también, aunque rara, pasan los cuerpos directamente del estado gaseoso al sólido y cristalino. Ahora bien, un mineral puede hallarse en forma líquida por dos causas: o por estar disuelto en un líquido, o por hallarse en estado de fusión. Por consiguiente los cristales se formarán, o al precipitarse en una solución saturada, o al solidificarse después de la fusión: en el primer caso se tiene la cristalización por vía húmeda; en el segundo por vía seca. (Fig. 58).



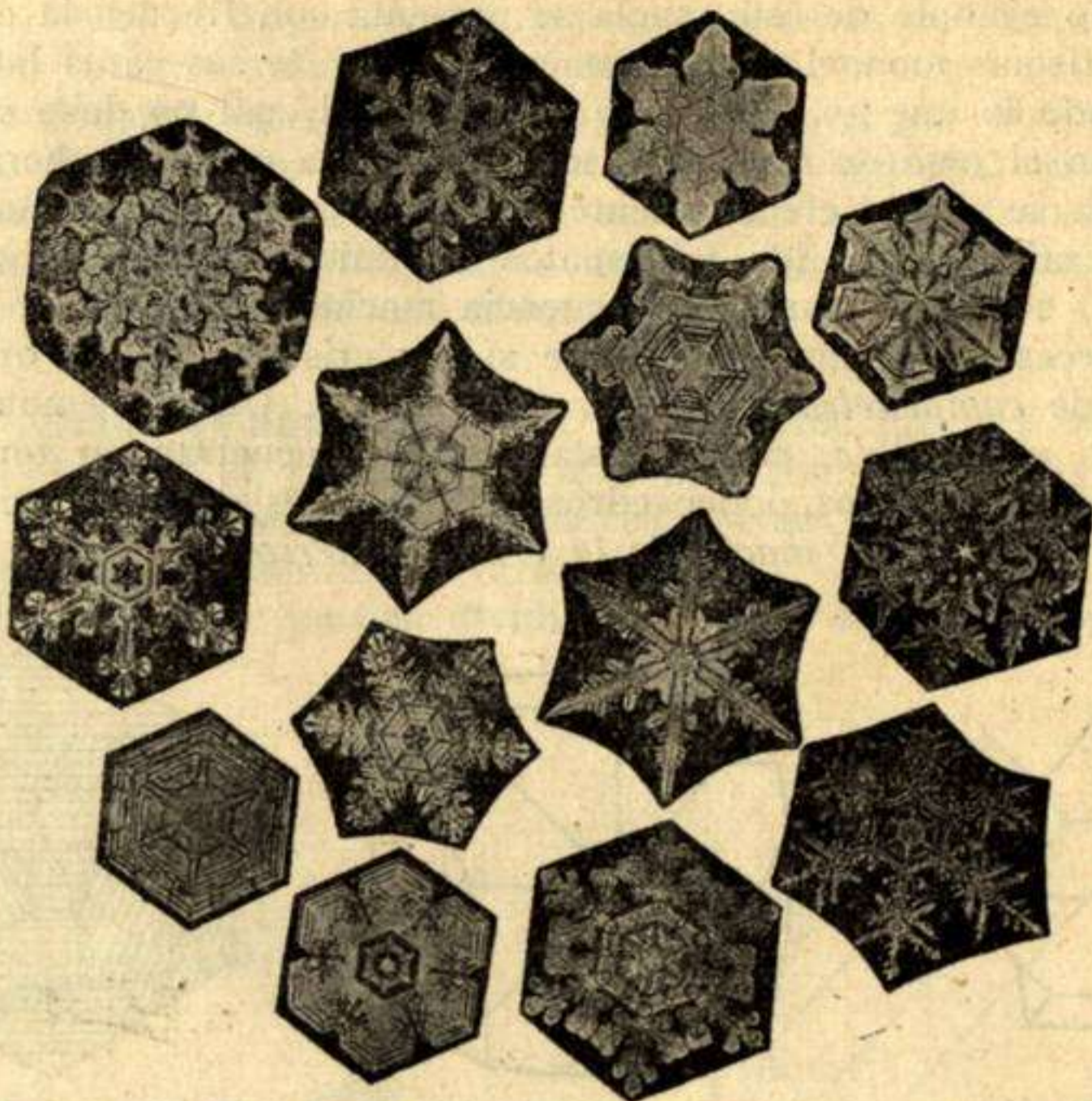


Fig. 58.—Cristales perfectos, de nieve, del sistema exagonal, microfotografiados por Mr. A. Bentley.

**133. Cristales imperfectos.**—Una de las condiciones para la cristalización perfecta es la gran tranquilidad o reposo del cuerpo cristalizable; si esta condición no existe, se tienen cristales imperfectos o agrupaciones de cristales mal constituidos, de formas varias, ya ramificadas o *dendritas* (1), ya aciculares, ya redondeadas o concrecionadas, como en las estalactitas, etc., etc. (Fig. 59).

A estas agrupaciones pertenecen las *geodas* (fig. 61), que son oquedades recubiertas por cristales más o menos desarrollados, y las *tolvas*, que son cristales que presentan sus caras hundidas en forma de pirámides huecas y escalonadas, v. gr., en el bismuto. (Fig. 60).

**134. Inclusiones.**—Otra de las consecuencias de la manera de formarse los cristales son las inclusiones. Al cristalizar el mineral, pueden quedar aprisionadas partículas de cuerpos extraños; estas partículas reci-

(1) Llámense pues *dendritas* las formas musgosas o arborescentes resultantes de la agrupación de pequeños cristallitos o partículas amorfas. Suelen presentarse en minerales de plata, oro, manganeso... Llámense *drusas* las formas de aquellos minerales que presentan caras convexas erizadas de cristales. Tal sucede en el Jacinto de Compostela. Cuando estas superficies así erizadas son cóncavas, formando oquedad, resultan las *geodas*. Estas suelen presentarse en el cuarzo. [E. M.]

ben el nombre general de *inclusiones*. Estas pueden ser *sólidas*, de materia amorfa o vitrosa; *líquidas*, como agua pura o disoluciones salinas; *gaseosas*, aire, nitrógeno, gas carbónico, etc. A veces el aprisionamiento no es tan completo que no deje movimiento a las inclusiones, que suelen con frecuencia presentar movimientos brownianos.

El estudio de las inclusiones es importante, por cuanto pueden revelar en parte los cuerpos que rodeaban al mineral en el momento de la cristalización y algunas de las condiciones en que ésta tuvo lugar.

**135. Cristales líquidos.** —Recientemente se ha descubierto la existencia de *cristales líquidos*, es decir, líquidos que presentan algunas de las propiedades de los cuerpos cristalizados, sobre todo la polarización y doble refracción. Según esto, parece que la forma o el cuerpo cristalino está ya constituido por la partícula cristalina, antes de su solidificación. Así, pues, las etapas de cristalización llevarán consigo estas fases: 1ª, formación, por la reunión de moléculas químicas, de partículas fundamentales; 2ª, su agrupación en un edificio simétrico, formando una partícula compleja o cristalina; 3ª, orientación igual de todas estas partículas para formar el cuerpo cristalino.

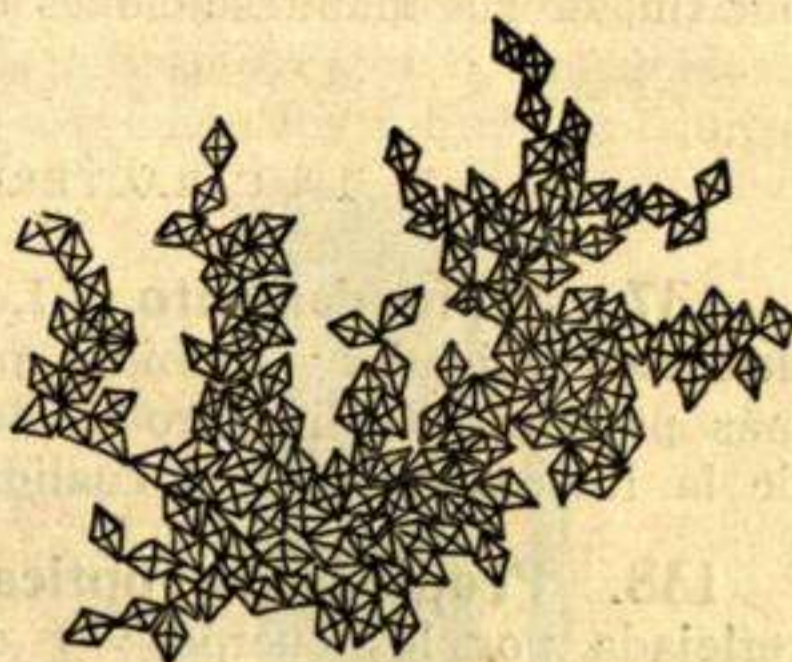


Fig. 59.—Dendritas (1).

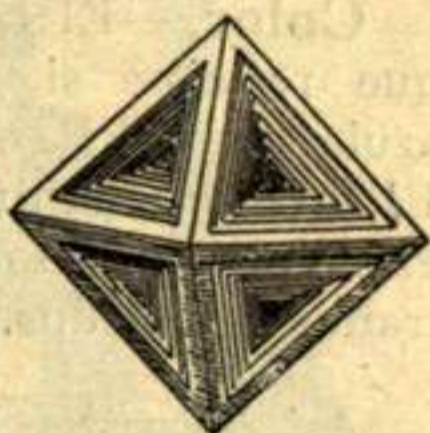
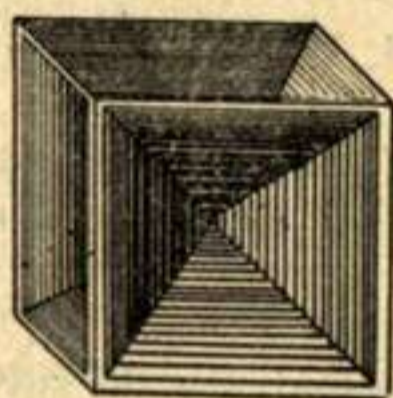


Fig. 60.—Tolvas formadas en cristales cúbicos de sal marina y en octaedros de cuprita (cobre rojo).



Fig. 61.—Geoda de cuarzo 113 del natural. Museo de Oña.

ARTICULO II

FISICA MINERAL

**136. Su objeto.**—*La física mineral* estudia, como dijimos antes, las propiedades físicas de los minerales. Estas propiedades

(1) Véase la figura correspondiente al n.º 194 de *acerdesa* en dendritas.

pueden reducirse a varios grupos. Unas dependen de cualidades percibidas directamente por los sentidos: se llaman propiedades o *caracteres organolépticos*. Otras dependen de la cohesión de sus partículas y de la manera de estar colocadas en el mineral. Y otras, por fin, de sus manifestaciones electrónicas.

### § 1º CARACTERES ORGANOLEPTICOS

**137. Su fundamento.** — Los caracteres *organolépticos* dependen de cualidades percibidas por los sentidos. Las que interesan más para el conocimiento de los minerales son las que dependen de la luz, olor, sabor, y cualidades táctiles.

**138. Propiedades ópticas.** — Estas se fundan, unas en la luz reflejada por los cuerpos; y otras en la luz transmitida: a las primeras pertenece el *color, brillo y lustre*; y a las segundas, la *trasparencia y opacidad, refracción y polarización*.

**Color.** — El color de los cuerpos depende de la clase de rayos que refleja: si refleja los rojos, será rojo; azul si refleja los azules, etc. El color de un mineral puede ser propio o accidental. El propio es el que tiene el mineral por su naturaleza: por ejemplo el color amarillo del oro; el accidental es debido a cuerpos extraños mezclados.

Así el cuarzo cristalino, trasparente de suyo, puede presentarse más o menos negro en el cuarzo ahumado debido a sustancias carbonosas y adjuntas: azul en la amatista, a causa de compuestos metálicos que se le mezclan; rojo de sangre, en el cuarzo hematoide o jacinto de Compostela, producido por la mezcla de peróxido de hierro, etc.

Por esto que hemos dicho de los colores accidentales, es necesario tener mucha cautela en la determinación de un mineral fundada en el color. Los minerales reducidos a polvo, presentan en general su color propio.

**139. Brillo; lustre.** — Depende, no de la calidad, sino de la cantidad de luz reflejada. Así se dicen brillantes los cuerpos que reflejan mucha luz; en oposición a los cuerpos mates que apenas reflejan.

También el brillo se refiere al aspecto que presenta la superficie de un cuerpo, según su pulimentación y según la manera de reflejar la luz: en este caso se llama también *lustre*. El lustre o brillo se denomina, comparándole con el de otro cuerpo muy conocido: así se dice brillo *metálico, diamantino, nacarado, lapídeo*; lustre *céreo, resinoso, craso, sedoso, etc.*

**140. Trasparencia y opacidad.** — Los cuerpos que dejan pasar la luz, de modo que a su través se puedan distinguir los objetos,

se llaman *transparentes*: cuando dejan pasar la luz, pero de manera que no se perciben, o se perciben confusamente a su través los objetos, se dicen *semitransparentes* o *traslúcidos*. Los cuerpos que interceptan por completo la luz se llaman *opacos*.

Los minerales amorfos en general son opacos, aunque reducidos a delgadas láminas con frecuencia son transparentes o translúcidos. Entre los que cristalizan, los hay opacos, como los sulfuros y óxidos de hierro, por ejemplo; y los hay transparentes, como el cuarzo hialino puro, el espato calizo, etc.; más o menos translúcidos, como los feldespatos, etc.

**141. Refracción.**—La luz, al pasar oblicuamente de un medio a otro de diferente densidad, cambia de dirección o se refracta. En los cuerpos amorfos y en los cristalinos pertenecientes al primer sistema, se refracta igualmente en todas direcciones, por lo cual reciben el nombre de cuerpos *isótropos*. Pero en los cristales de los otros cinco sistemas la refracción no se verifica del mismo modo en todas direcciones, sino que en algunas el rayo de luz se bifurca en dos, *doble refracción*: se dicen entonces cuerpos *anisótropos*. Para observar la doble refracción, basta colocar un cristal transparente de espato de Islandia (caliza romboédrica) sobre un renglón escrito, y se verán a su través las letras dobles. (Figura 63).

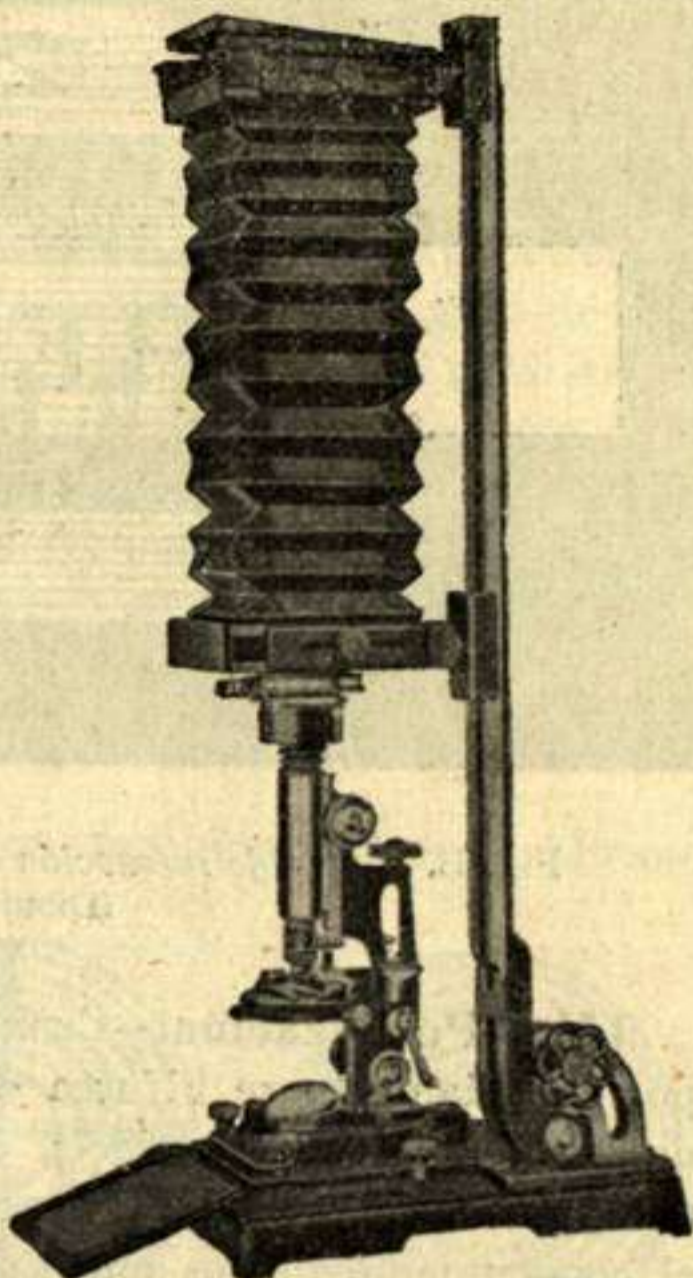


Fig. 62.—Cámara fotomicrográfica del P. Valderrábano, S. J., aplicada al reconocimiento de los minerales y rocas.

**142. Rayo ordinario y extraordinario.**—Si el espato calizo transparente lo colocamos sobre un punto negro, este aparece doble; si hacemos girar al espato alrededor de un eje perpendicular a la superficie escrita, observamos que uno de los puntos permanece fijo, mientras que el otro gira alrededor de éste; la imagen del punto fijo es la formada por el rayo ordinario, llamado así por seguir las leyes ordinarias de la refracción; mientras que el punto móvil está en la prolongación del otro rayo, llamado extraordinario, por apartarse, por lo menos aparentemente, de las leyes de la refracción ordinaria.

**143. Cristales uniáxicos y biáxicos.**—En los cristales anisótropos hay sin embargo alguna dirección o línea, en la cual no se bifurca el rayo luminoso: esa línea se llama *eje óptico* del cristal. En los sistemas

cuadrático y romboédrico no hay más que una línea en la que la refracción no sea doble; por eso los cristales pertenecientes a ellos se llaman *monoáxicos* o *uniáxicos*. Los sistemas rectangular o rómbico, monoclinico y triclinico poseen dos ejes ópticos, cristales *biáxicos*.

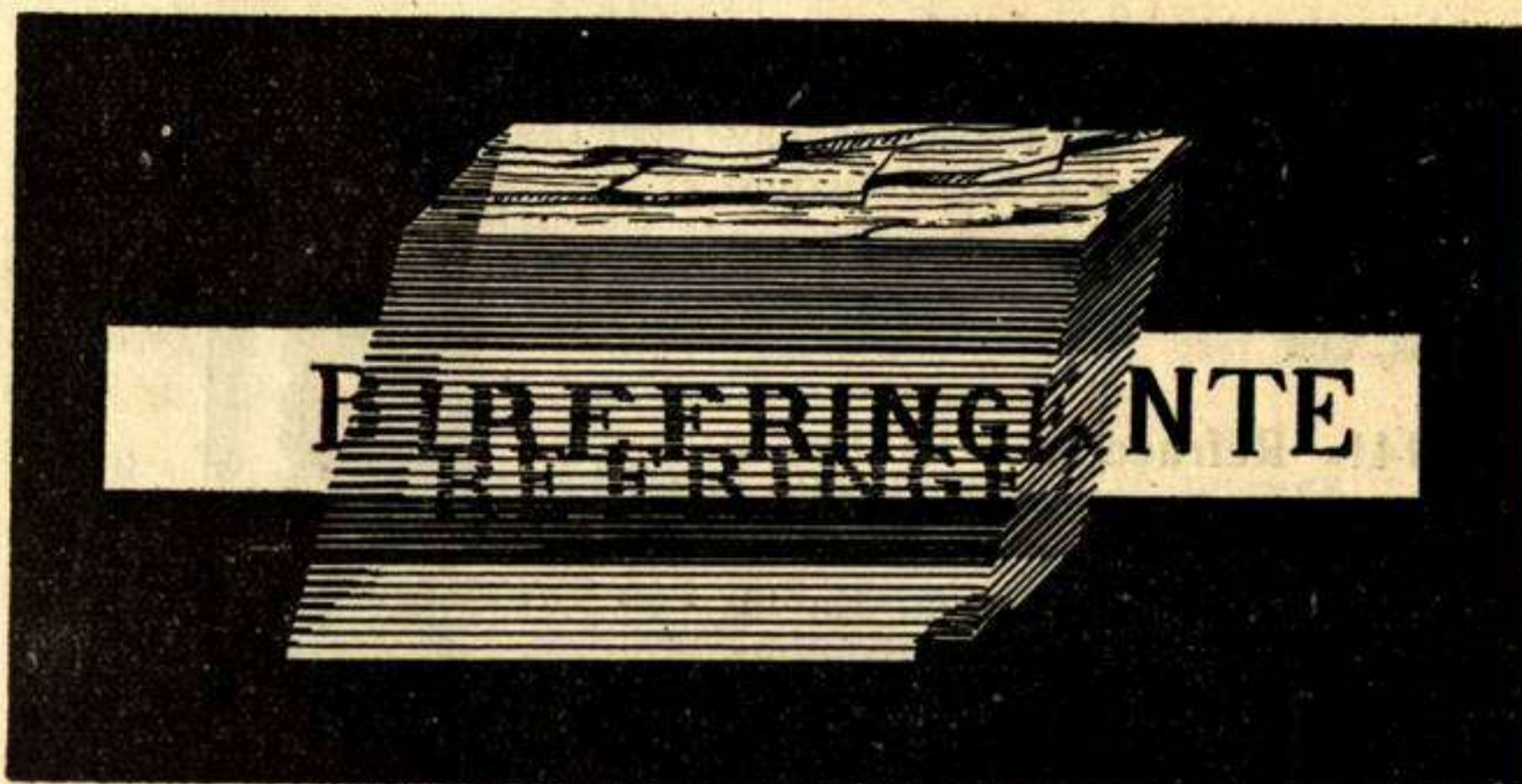


Fig. 63.—La *doble refracción* observada con un cristal de espato de Islandia. (Dibujo de C. Alvarez, S. J.)

**144. Polarización.**—Cuando la luz se refracta en un medio anisótropo, no solamente se bifurca el rayo luminoso, sino que cada haz de luz queda polarizado; es decir, quedan sus vibraciones orientadas todas en una misma dirección. Esta propiedad se utiliza con gran resultado para el conocimiento de los minerales cristalizados. Para eso se usa el microscopio polarizador, o más sencillamente las pinzas de turmalina. (Fig. 64).

**Pinzas de turmalina.**—Consisten estas en dos rodetes giratorios sujetos en los extremos de un alambre en forma de pinzas: en el centro de cada uno de ellos va una laminita de turmalina, que hace de polarizador y analizador respectivamente, talladas ambas paralelamente al eje óptico. El rayo de luz, al pasar por la primera turmalina o polarizador, sufre la doble refracción: el rayo ordinario se desvía y queda interceptado por el rodete y sólo pasa el rayo extraordinario, y polarizado. Observado éste a través de la segunda turmalina o analizador, se ve que queda interceptado o pasa según que las láminas de turmalina estén cruzadas o paralelas, en la dirección del eje óptico.

Si entre las pinzas se interpone una laminita trasparente, de un cuerpo cualquiera, el rayo de luz convergente presenta modificaciones y coloraciones varias según la naturaleza cristalina del cuerpo interpuesto.

Si el cuerpo interpuesto es isótropo, no se nota modificación alguna, a no ser la disminución de intensidad, y a veces cambios de coloración, debidos a la absorción de algunos rayos luminosos. Si el mineral es anisótropo uniáxico, aparece en el analizador una serie de círculos concén-

tricos, coloreados, atravesados por una cruz negra o sombría, cuando las láminas de turmalina están cruzadas en ángulo recto, o blanca o clara, cuando son paralelas. (Fig. 65).

En los cristales biáxicos aparecen dos series de círculos o elipses concéntricas, en forma de  $\infty$  atravesadas por una cruz negra, cuando las turmalinas están cruzadas, y haciendo girar una de éstas, la cruz se va transformando en dos ramas de hipérbola que pasan por los ejes.

Los anillos y sus coloraciones son debidos a fenómenos de interferencia, como se explica en Física. Asimismo el ángulo de rotación del plano de polarización, así como las diversas coloraciones, que presentan los distintos cuerpos, o polarización cromática, son medios muy útiles para distinguir

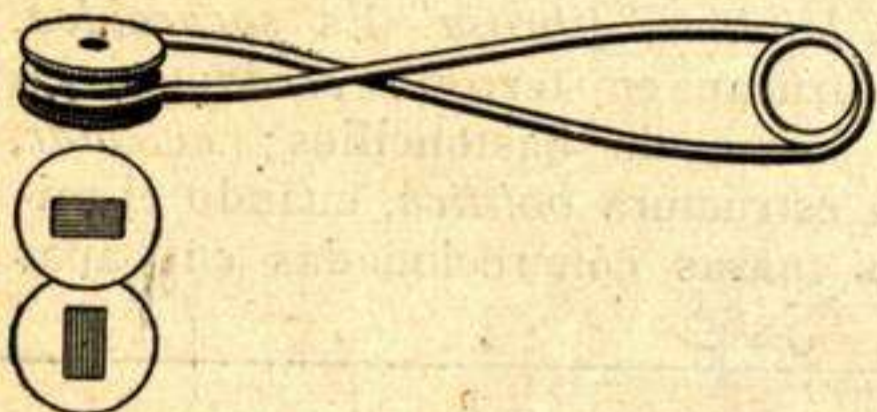


Fig. 64. — Pinzas de turmalina. Detalle de los discos con sus nicoles.

los minerales; pero basta haber indicado el principio de polarización; pues no juzgamos propio de esta obra entrar en más detalles.

**145. Olor.**—Por el olfato podemos también conocer algunos minerales, que tienen olor característico, como el petróleo, diversos hidrocarburos, arcilla mojada, etc.

**Sabor.**—Asimismo, también algunos minerales tienen sabor característico, como la sal común, el sulfato de magnesio, etc.

**Tacto.**—Por el tacto se conocen varias propiedades de los minerales, como la suavidad o aspereza, untuosidad, frialdad, apegamiento a la lengua, etc. Así, por ejemplo, el talco se distingue perfectamente por su tacto jabonoso.

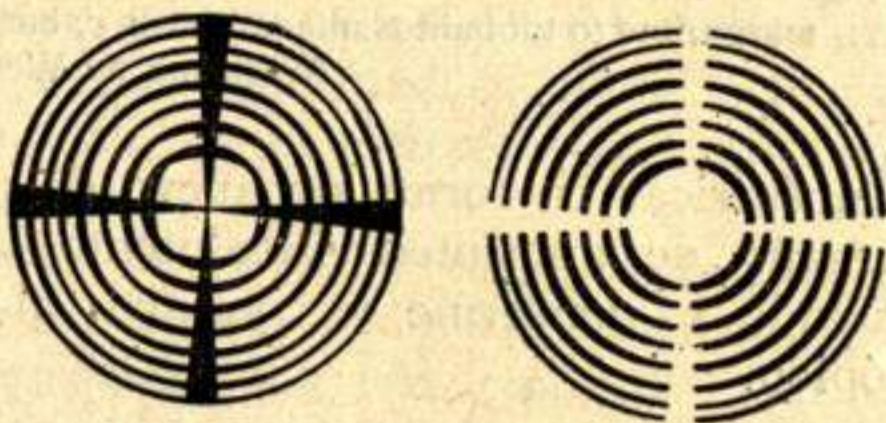


Fig. 65.—Figuras de interferencia de un cristal uniaxial  
Turmalinas cruzadas. Turmalinas paralelas.

§ 2º AGRUPACION MOLECULAR

**146. Estructura: sus clases.**—Muchas propiedades de los minerales dependen de la manera de agruparse sus partículas, y de la mayor o menor cohesión que presentan: tales son la estructura, fractura, exfoliación, dureza, tenacidad, elasticidad, etc.

**Estructura.**—Es la disposición que presentan las partículas en

el interior del mineral (1). La estructura más perfecta es la *crystalina*, que resulta cuando en la disposición de las moléculas sólo obra la fuerza molecular. Pero a veces hay causas perturbadoras de la estructura cristalina; y así las partículas se agrupan, formando como granos aislados (globulitos), o amontonados (cumulitos), o alineados (margaritos) (Fig. 66); otras, formando hojas o láminas (baculitos), fibras (triquitos), etc., etc.; y así se dice estructura *granular* o *granujenta*, *laminar*, *fibrosa*. Es *sacaroidea*, cuando presenta el aspecto del azúcar en terrón; *escamosa*, en forma de escamas; *bacilar*, en forma de bastoncillos; *acicular*, en forma de agujas, etc. Se llama estructura *oolítica*, cuando el mineral está formado por pequeñas masas concrecionadas en capas

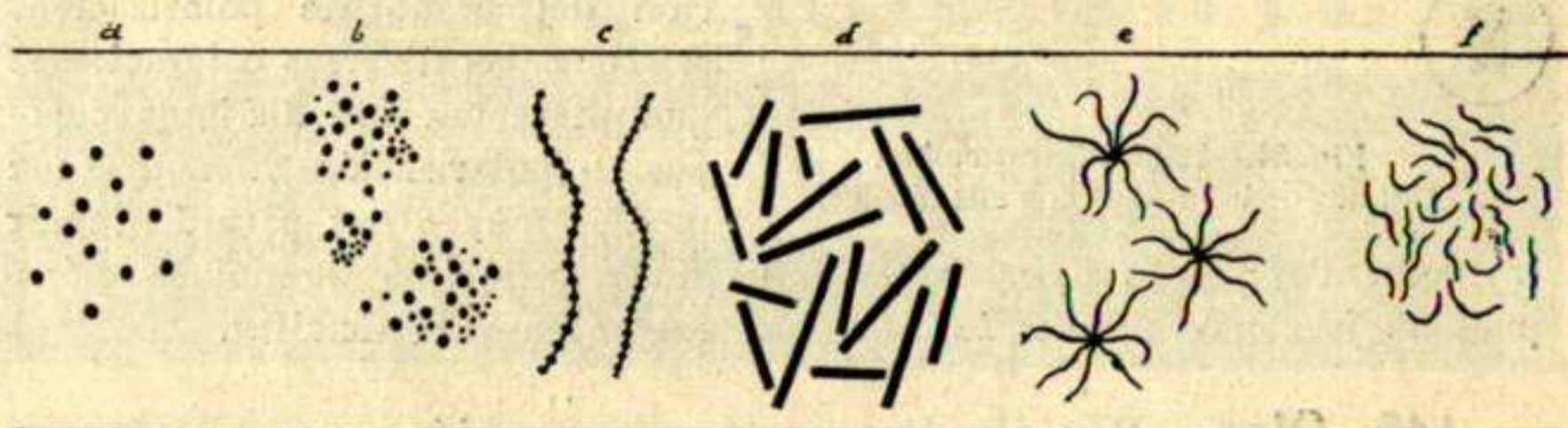


Fig. 66.—Estructura cristalina perturbada y formada por: globulitos en *a*; cumulitos en *b*; margaritos (o globulitos alineados) en *c*; baculitos en *d*; triquitos o pelitos en *e* y *f*. (Esquema de Weinschent).

concéntricas en forma de huevo de pez, y *pisolítica*, cuando son del tamaño de guisantes. Finalmente la estructura se dice *compacta*, cuando es uniforme y continua, al menos en su aspecto macroscópico.

**147. Fractura.**—Es el aspecto que presenta un mineral al romperle. La fractura depende de la estructura; y recibe con frecuencia los mismos nombres. Así se dice fractura *plana*, *astilosa*, *concoidea*, en formas redondas, como la concha de un lamelibranquio, etc.

**148. Exfoliación.**—Muchos minerales, principalmente los cristalinos, presentan la particularidad de poder ser divididos en delgadas hojas o láminas, siguiendo determinadas direcciones; esta propiedad se llama *exfoliación*. La exfoliación tiene mucha relación con la cristalización o agrupación de las moléculas en determinadas direcciones; y con la estructura laminar o agrupación de las partículas en forma de hojas o láminas, en los cuerpos no cristalizados.

(1) Estas nociones generales sobre la estructura y fractura son aplicables también a las rocas: por lo cual no las repetiremos en petrografía, remitiendo al lector a este lugar.



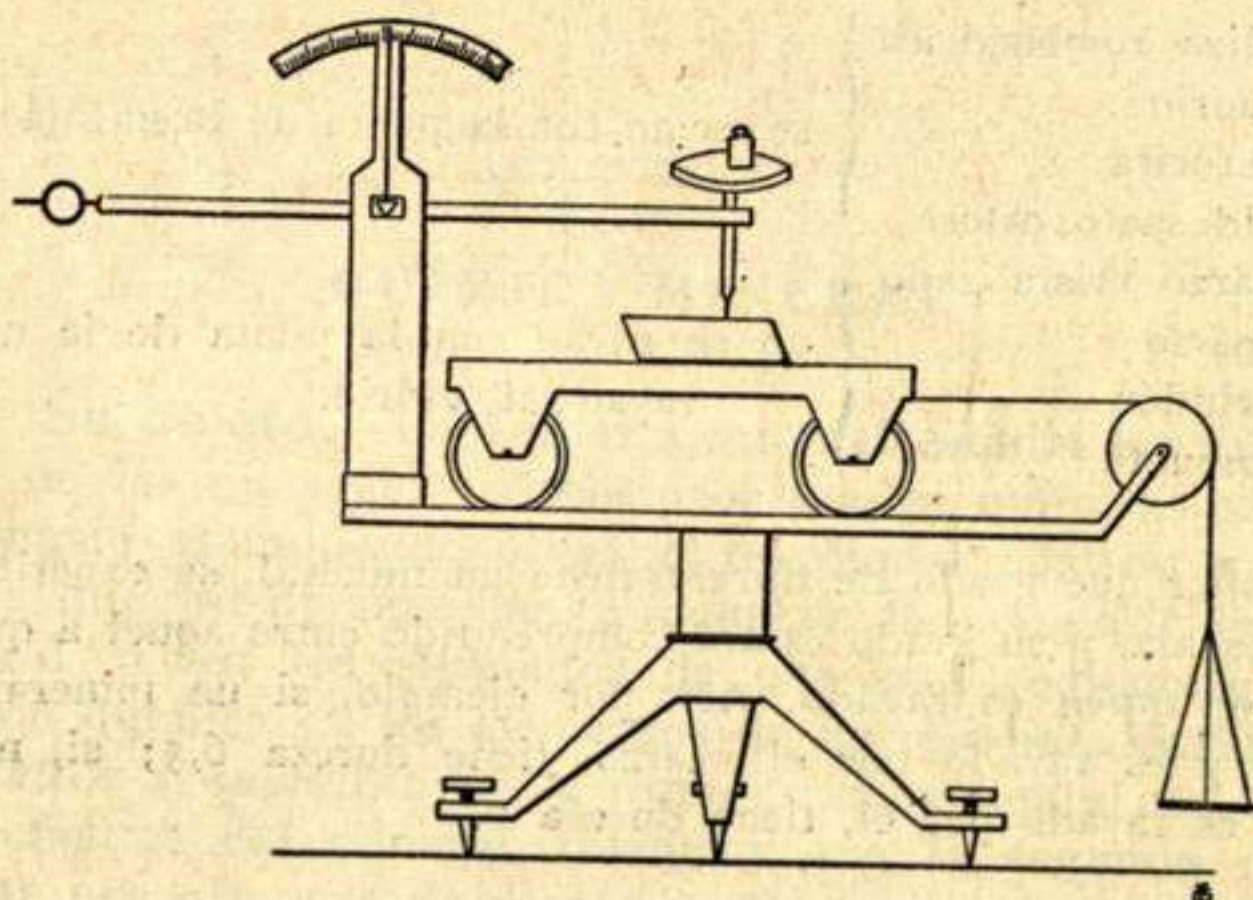


Fig. 67.—Esclerómetro de Franz. Esquema de Aulet Soler (1).

**149. Dureza.**—Propiedad muy importante de los minerales es la dureza, que depende directamente de la cohesión mutua de las partículas de un mineral.

Se llama dureza *la resistencia que opone un mineral para ser rayado*. No se opone a la *fragilidad*, que es la facilidad de romperse un cuerpo por el choque; pues hay cuerpos, como el vidrio, muy duros, y al mismo tiempo muy frágiles. La fragilidad se opone más bien a la tenacidad. La dureza se aprecia con el esclerómetro. (Fig. 67).

**Escala de dureza.**—Para servirse de la dureza como medio para determinar un mineral, se han formado escalas o series de cuerpos, yendo gradualmente de menor a mayor dureza. La más conocida y práctica es la de Mohs, que comprende 10 minerales, desde el más blando: el talco, hasta el más duro: el diamante; y es la siguiente:

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1 talco laminar     | } se rayan con la uña. |
| 2 yeso cristalizado |                        |

(1) El aparato ideado por Franz, llamado esclerómetro (de  $\sigma\kappa\lambda\eta\rho\acute{o}\varsigma$  = duro y  $\mu\acute{\epsilon}\tau\rho\nu$  = medida) consta esencialmente de una plataforma horizontal, en la que se mueve sobre sus railes un carrito o vagoneta, destinada a arrastrar el mineral, cuya dureza se trata de determinar.

Fijo a la plataforma horizontal va el mástil de una balanza, uno de cuyos brazos lleva un estilete terminado en punta de acero (o de diamante), con el que ha de tropezar la superficie del mineral al moverse la vagoneta. La dureza de dicha superficie la da el peso, o número de pesos, que sea necesario colocar sobre el estilete para que su punta raye al mineral.

Se ha de tener cuidado, antes de mover la vagoneta, que el estilete toque la superficie del mineral, sin que el fiel de la balanza se desvíe de la vertical; lo cual se consigue graduando el estilete a tornillo. [E. M.]

3	caliza romboédrica	}	se rayan con la punta de la navaja de acero.
4	fluorina		
5	fosforita		
6	feldespato ortosa		
7	cuarzo cristalizado		
8	topacio	}	no se rayan con la punta de la navaja y rayan al vidrio.
9	corindón		
10	diamante		

Para saber qué grado de dureza tiene un mineral, se experimenta con los de la escala, y su grado estará comprendido entre aquel a quien raya, y aquel por quien es rayado. Así, por ejemplo, si un mineral raya al feldespato y es rayado por el cuarzo, tiene dureza 6,5; si, ni raya al cuarzo, ni es rayado por él, tiene dureza 7.

**150. Peso específico.**—También puede decirse que el peso específico depende de la agrupación más o menos densa de la materia; y así suele tomarse como equivalente a densidad, o sea la mayor o menor cantidad de materia contenida en la unidad de volumen. Peso específico es la relación entre el peso de un mineral y el peso de un volumen igual de agua destilada a 4° centígrados.

El conocimiento del peso específico es muy importante para la determinación de los minerales. Para averiguarlo, se emplean varios métodos estudiados en Física: el de la balanza hidrostática, el método del frasco o picnómetro, el del areómetro, etc.

### § 3º CARACTERES ELECTRONICOS

**151.** Los caracteres electrónicos pueden tener tres manifestaciones: de electricidad, de magnetismo, y radiactividad.

**Electricidad.**—Algunos minerales se electrizan por el frote, presión, calor, etc. Así, por ejemplo, el ámbar y el azufre se cargan de electricidad negativa al frotarlos; al contrario, adquieren electricidad positiva el cuarzo, diamante, etc.

**Magnetismo.**—Algunos minerales, como la magnetita, se encuentran ya imanados naturalmente; otros se pueden imanar artificialmente con más o menos facilidad, como la cromita (óxido de hierro cromado), la ilmenita (óxido de hierro y titano), etc.

**Radiactividad.**—También modernamente se saca algún partido de la radiactividad para el conocimiento de los minerales; pues los hay más o menos radiactivos.

## ARTICULO III

## QUÍMICA MINERAL

**152. Su objeto.**—La Química mineral estudia las propiedades químicas de los minerales. Estas propiedades químicas se refieren principalmente al modo de obrar o reaccionar con otros cuerpos; y son las que mejor nos dan a conocer la composición química del mineral, o sea los elementos de que está compuesto. La determinación química de los elementos de un mineral, *análisis*, puede ser *cualitativa* y *cuantitativa*: la primera se contenta con averiguar los componentes del mineral, mientras que la segunda determina además las proporciones de esos elementos componentes, para establecer la especie química a que pertenece.

El análisis cuantitativo es propio de la Química especial, y requiere aparatos especiales y complicados; en Mineralogía suele emplearse el análisis cualitativo, cuyos procedimientos suelen recibir el nombre de *ensayos*. Estos ensayos pueden verificarse o por el fuego, ensayos *por vía seca*, o *pirognósticos*; o por reactivos químicos o disolventes, ensayos *por vía húmeda*.

**153. Ensayos por vía seca. Fusibilidad.**—Lo más sencillo en vía seca es averiguar si un mineral es poco o muy fusible; por ejemplo, la estibina o antimonita se funde a la simple llama de una bujía; la ortosa funde en los extremos de las aristas finas al mechero; en cambio otros, como el cuarzo, son infusibles.

**Acción de la llama.**—En la llama, como se sabe, hay dos partes principales, una interior brillante, que es reductora; y otra exterior, poco luminosa, oxidante. Pues hay algunos minerales que se descomponen en la llama de reducción y otros en la de oxidación.

Asimismo sometidos algunos minerales a la llama del mechero Bunsen, dan coloraciones varias, según la naturaleza del mineral; así las sales de calcio dan coloración rojoamarillenta; las de sodio, violeta pálido; las de cobre, verde esmeralda, o verde pálido, etc.

**Ensayos en tubo cerrado.**—Cuando a un mineral, reducido a pequeñas partículas, se le somete en tubo cerrado a la llama del mechero o de la lámpara de alcohol, presenta a veces algunas particularidades dignas de tenerse en cuenta. Algunos minerales decrepitan, como el aragonito; otros se inflan; otros cambian de color, como los óxidos de zinc y estaño, que son blancos en frío, y amarillos en caliente; los hidratados desprenden agua, etc.

También suelen emplearse los ensayos sobre el carbón, y con la perla de bórax, pero los remitimos a los tratados de Química.

**154. Ensayos por la vía húmeda.**—Estos se verifican por medio de disolventes y reactivos. Los disolventes más usuales son el agua, el ácido clorhídrico, el ácido nítrico y el agua regia. La disolución puede verificarse con efervescencia o sin ella; con o sin desprendimiento de gases; sin coloración o con ella; todo lo cual puede servir para la determinación de muchos minerales.

**Reactivos.**—Una vez disueltos los minerales, se aplican diversos reactivos, que producen reacciones varias, según la naturaleza de los minerales. La coloración, efervescencia, la naturaleza y color del precipitado, pueden ser buenos datos para la determinación de un mineral; pero lo dejamos para Mineralogías más extensas y para los tratados de Química.

**Acción del ácido clorhídrico.**—Uno de los reactivos más usuales y prácticos es el ácido clorhídrico, con el cual se pueden determinar no pocos minerales, cuando ya se tiene alguna práctica. Se prepara previamente el mineral, pulverizando un poco en el mortero; se diluye luego en agua en un tubo de ensayo. Se le aplica después el HCl más o menos diluído, y se observa el resultado. A veces la dilución es inatacable por el ácido, entonces hay que recurrir a otros procedimientos para su determinación. Pero con frecuencia es disuelta, a veces con efervescencia, a veces sin ella. Son solubles con efervescencia, desprendiendo  $\text{CO}_2$ , la calcita (1), aragonito, dolomita, magnesita, siderosa. Se disuelven sin efervescencia la magnetita y apatito.

Algunos silicatos tratados del modo dicho por el HCl, dejan como residuo sílice pulverulenta; tales son la leucita, apofilita, anortita, etc. El residuo de otros es una sílice gelatinosa: de esa clase son la analcima, sodalita, nefelina, olivino, clorita, serpentina, etc.

Muchos sulfuros (galena, blenda) con el HCl desprenden ácido sulfhídrico de olor característico.

**Delicuescencia y eflorescencia.**—Algunos minerales son muy ávidos del agua hasta absorber la de la atmósfera, y disolverse en ella: tal es la propiedad de la sal común, que es *delicuescente*. Otros, por el contrario, pierden el agua que contenían aprisionada y se reducen a menudo polvillo, formado de pequeños cristalitos: son *eflorescentes*. Como ejemplo pueden citarse los alumbres.

---

(1) Basta echar una gota de HCl, aun diluído, sobre un trozo de caliza, para ver producirse la efervescencia con gran actividad.

## CAPITULO II

## SISTEMATICA

**155. Su objeto.**— La Sistemática se ocupa de la clasificación y descripción de los minerales. De ahí las dos partes que abraza: primera, la Taxonomía; y segunda, la Descriptiva.

## ARTICULO I

## NOCIONES GENERALES DE TAXONOMIA

**156. Taxonomía.**— La Taxonomía mineral tiene por objeto clasificar los minerales, o sea ordenarlos en grupos según sus analogías y diferencias.

El grupo mineralógico fundamental es la especie, que se define: «el conjunto de minerales cuyas moléculas son de igual composición química», es decir, que la especie mineral tiene la misma significación que la especie química, con la única diferencia que la mineral se refiere a cuerpos naturales.

El conjunto de especies forma los géneros: el conjunto de géneros las familias: éstas los órdenes: y los órdenes forman las clases. Nosotros no emplearemos todos estos grupos, porque nos limitaremos a algunas de las especies más importantes.

**157. Nomenclatura.**— Los nombres de los minerales están tomados ya de una localidad, ejemplo: *andalucita*, de Andalucía; ya de un nombre propio: *dolomita*, dedicada a Dolomieu; ya de alguna propiedad física del mismo mineral: *hematites*, color de sangre; ya de la composición química: *fluorina*, fluoruro de calcio, etc.

**158. Clasificaciones.**—Muchas son las clasificaciones mineralógicas, que se han propuesto; las dos más en boga hoy día son las del ilustre profesor del Instituto Católico de París, A. de Lapparent; y la de F. Groth, profesor de la Universidad de Munich. La primera se funda principalmente en el carácter geológico o de yacimiento, para el establecimiento de los grandes grupos; y la segunda atiende con preferencia al carácter químico. Como nosotros ordenamos el estudio de los minerales al de la Geología propiamente dicha, y para ese fin es sin disputa más apta la clasificación de Lapparent, esa seguiremos en esta breve descripción de los minerales, con alguna ligera variación en la designación o nombre de los grupos (1).

**159. Clasificación de Lapparent.**— La clasificación de este ilustre geólogo se funda en la edad geológica y formación de los minerales, como elemento primordial para los grandes grupos; y en la composición química, para los grupos inferiores.

Supuesta la hipótesis de Laplace acerca de la formación de la tierra, debió llegar un momento en que los materiales terrestres se hallaban en estado flúido, dispuestos por orden de densidades. Continuando el enfriamiento, tuvo que formarse una primera costra sólida, compuesta de los materiales más ligeros y refractarios, como la sílice y silicatos, que pueden considerarse como constituyentes de la primera costra terrestre. Este es el primer grupo que se puede llamar de los minerales de *escorificación*. Al disminuir más y más la temperatura, muchos minerales, que estaban en suspensión en la atmósfera o en disolución en los océanos, se fueron depositando en ciertas localidades, por vía de evaporación, precipitación o descomposición química, producida en gran parte por la continua circulación de las aguas a través de las hendiduras de la corteza terrestre. Tenemos el segundo grupo, formado por minerales de *precipitación química*.

Al mismo tiempo, emanaciones procedentes del interior de la tierra, por el intermedio de cuerpos mineralizadores especiales y en virtud de reacciones químicas variadas, depositaban ya directamente, ya por el intermedio de corrientes hidrotermales, en las hendiduras de los terrenos los elementos metálicos, sobre todo los pesados, procedentes del interior. De esta manera se formaron los minerales metálicos, llamados por su

---

(1) En España está bastante vulgarizada la clasificación de Groth, y conforme a ella están dispuestos los minerales en el Museo de ciencias naturales de Madrid; por eso nos parece oportuna una breve idea de ella. Fundándose en primer término en la composición química y en segundo lugar en la forma cristalina, distribuye Groth los minerales en los 10 grupos siguientes: 1º, elementos o sea cuerpos simples naturales; 2º, sulfuros, arseniuros, antimoniuros, etc.; 3º, óxidos; 4º, sales haloideas; 5º, nitratos y carbonatos; 6º, sulfatos; 7º, aluminatos, ferratos; 8º, fosfatos, arseniatos; 9º, silicatos; 10º, minerales orgánicos.

origen minerales de *emanación*. La actividad de los organismos por su parte dió origen a muchos minerales, llamados por eso minerales de *origen orgánico*: cuarto grupo.

Confesamos que esta clasificación no es perfecta por tener algunas deficiencias en la separación de los grupos; así, por ejemplo, hay minerales metálicos, que tal como hoy se presentan, son de precipitación química o de formaciones epigénicas, los cuales por su origen habría que colocarlos en el segundo grupo; cuando en realidad pertenecen al tercero; bien es verdad que su primer origen es endógeno, por lo cual bien pueden quedar en el dicho segundo grupo: tales son, por ejemplo, algunos óxidos de hierro. Asimismo hay no pocos minerales formados por organismos, que son contados entre los de precipitación química, como muchas calizas.

Pero esos y otros mayores inconvenientes presentan también las otras clasificaciones; y tienen la desventaja de estar menos relacionadas con la Geología estratigráfica, y ayudan por eso menos para el estudio de ésta.




---

## ARTICULO II

### DESCRIPTIVA (1)

#### PRIMERA CLASE

#### ELEMENTOS SILICATADOS DE LA ROCAS

**160. División en órdenes.**—Las rocas pueden ser ácidas, básicas y de metamorfismo: según eso los silicatos pueden ser de las rocas ácidas, básicas y de metamorfismo. De ahí la división de esta primera clase en tres órdenes.

#### PRIMER ORDEN

#### Silicatos de rocas ácidas

Los elementos o compuestos de las rocas ácidas pueden ser, ya *esenciales* o *constitutivos*, ya *acesorios*; por tanto, este primer orden puede dividirse en dos familias.

---

(1) [Véase el cuadro-resumen de la tercera parte en la página 73].

## PRIMERA FAMILIA

## Elementos esenciales de las rocas ácidas. Género sílice

**161. Cuarzo** (1).  $\text{SiO}_2$ ; P. E. 2,65; D. 7; S. exagonal (2).—Cristaliza en primas exagonales apuntados, con las caras laterales estriadas transversalmente; sus cristales contienen frecuentemente inclusiones de aire o líquidos. Sólo es atacable por el ácido fluorhídrico. Es muy abundante en la naturaleza, pues es uno de los elementos del granito y otras rocas ígneas muy extendidas.

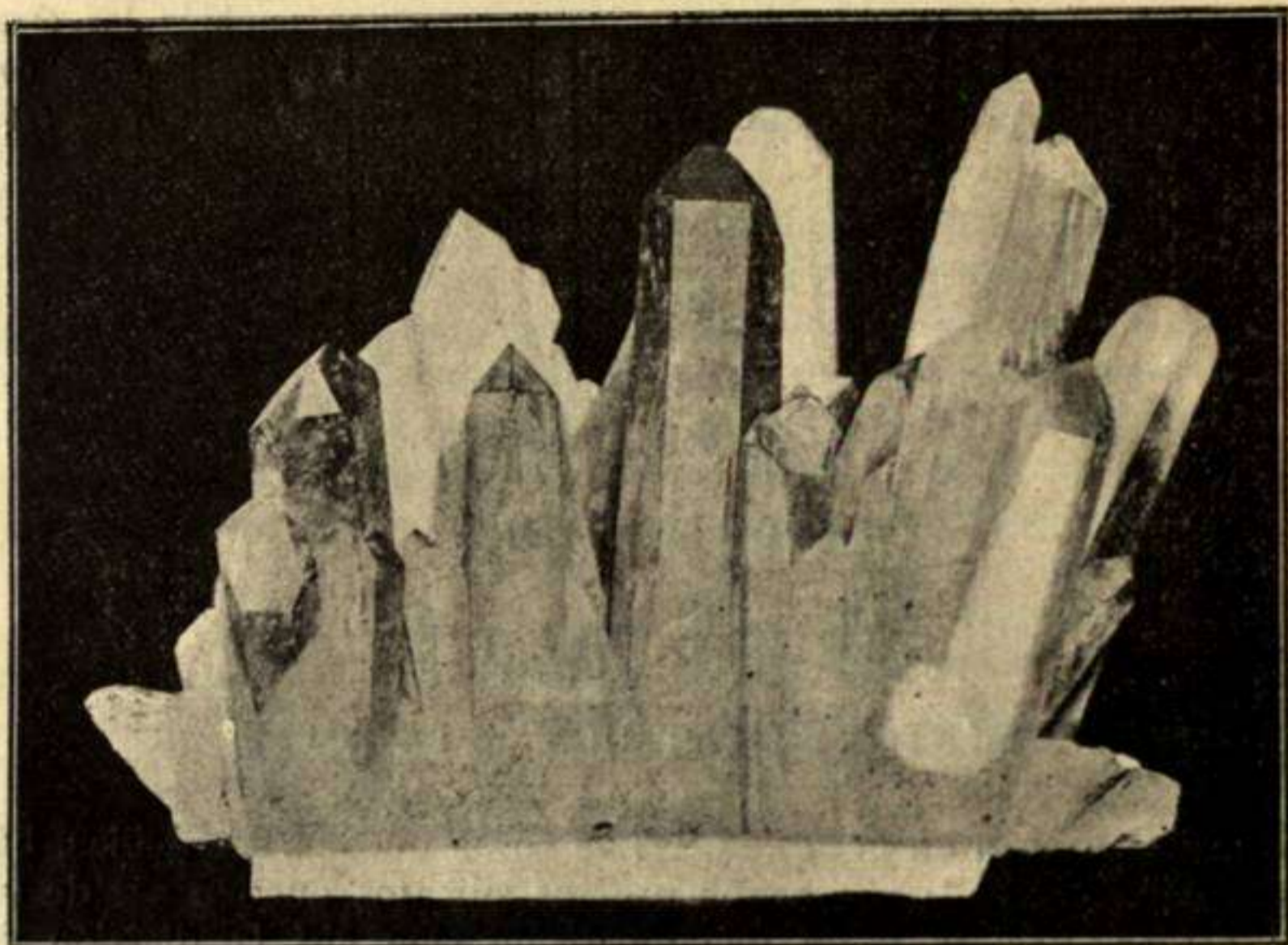


Fig. 68.—Grupo de cristales de *cuarzo citrino* o *falso topacio* de Villasbuenas, Salamanca. Museo de Oña.—Muy reducido.

**Variedades.**—El cuarzo puede presentarse en forma cristalina, semi-cristalina y amorfa.

El cuarzo cristalino, cuando es trasparente, se llama *cuarzo hialino*, que es el cristal de roca; si tiene color negro, es el *cuarzo ahumado*; el de color rojo-sangre, *jacinto de Compostela*; el amarillo, *falso topacio* (Fig. 68); el azul, *amatista* (3); el pardo, *venturina*; etc.

(1) Llamado así de una localidad alemana, Quartz.

(2) En la descripción de cada especie se pondrá en primer lugar la fórmula química, luego el peso específico bajo la abreviatura P. E.; después la dureza = D.; y por fin el sistema cristalino = S.

(3) De  $\alpha$ , sin y  $\mu\epsilon\theta\eta$ , embriaguez; porque la usaban los antiguos como amuleto contra la embriaguez.



El cuarzo semicristalino ofrece casi siempre estructura concrecionada. El más común es el de color blanco, llamado *cuarzo lechoso*.

La *calcedonia* (1) es el cuarzo en masas esferoidales concrecionadas o estalactiformes, semitraslúcidas; que cuando son de color rojo, se llama *cornerina* o *cornalina* (2); si tiene color amarillo-anaranjado es la *sardónica* (3); si en fondo verde presenta manchas de rojo-sangre, es el *heliotropo* (4) o *jaspe sanguíneo*; si tiene color verde-manzana, *crisoprasa* (5). Si se presenta en masas concéntricas, forma la *ágata* (6) (Figura 69); cuando las capas de crecimiento son muy regulares, se tiene la piedra *ónice*, muy apreciada en joyería (7).



Fig. 69.—Corte de una ágata, variedad de Calcedonia. (De Geikie).

El cuarzo amorfo (por lo menos macroscopicamente) forma la llamada piedra *sílex* o *pedernal*, que puede presentar varios colores y fracturas; así se distingue el *sílex córneo*, de fractura plana o concoidad; el *sílex pirómaco*, o piedra de lumbre, de fractura escamosa; la *piedra de amolar*, algo granujienta; el *sílex xiloide*, o madera silicificada, de fractura astillosa.

Los sílex impuros, que suelen ser verdaderas arcillas cargadas de sílice, llevan el nombre de *jaspes*: tales son el *jaspe negro*; el *cuarzo de Lidia*, *lidita*, o piedra de toque; el *verde*, que parece ser el jaspe de la Sagrada Escritura.

A este grupo de las variedades de cuarzo pertenecen la mayor parte de las piedras preciosas mencionadas en la Sagrada Escritura. Tales son la:

*Amatista*: Exod. 28,19; 39,12. Apoc. 21,20. Es la 12ª piedra de la celestial Jerusalén.

*Agata*: Exod. 29,19; 39,12.

*Calcedonia*: Apoc. 21,19. Es la tercera piedra de la Jerusalén del cielo.

*Crisoprasa*: Apoc. 21,20. La 10ª piedra de la Jerusalén celestial.

*Cornerina*: Exod. 28,19; 39,10. Ezech. 28,13. Apoc. 21,20. Es la 6ª piedra de la Jerusalén del cielo; se la llama *sardius*.

(1) De la ciudad de Calcedonia, [a la entrada del Bósforo, en el Asia menor, donde hoy está Scútari].

(2) De cuerno, por su aspecto.

(3) De Sardo = de Cerdeña.

(4) Porque al girar, presenta reflejos vivos; de ἥλιος, sol y τροπέω, giro.

(5) Crisoprasa significa oro verde.

(6) De Achates, río de Sicilia.

(7) De onys, cis = uña, por su aspecto córneo.

*Onice*: Exod. 28,20; 39,13.

*Sardónice*: Apoc. 21,20. Es la 5ª piedra de la ciudad celestial.

*Jaspe*: Exod. 28,18; 39,11. Ezech. 28,13. Apoc. 21,19. Es la 1ª piedra de la eterna Jerusalén.

**162. Opalo** (1).  $\text{SiO}_2 + n \text{H}_2\text{O}$ ; P. E. = 2; D. = 6.

El ópalo es la sílice hidratada o gelatinosa por el aspecto especial que presenta. Según su aspecto se denomina *ópalo noble*, de reflejos irisados; el *ópalo de fuego*, de brillo craso y de colores vivos.

El *ópalo común*, que comprende todas las variedades coloreadas de brillo craso y uniforme; tales son la *resinita*, de colores varios,



Fig. 70.—Arbol petrificado en la «Selva de piedra», de Arizona, EE. UU. El ópalo sustituye a veces a la materia orgánica de las maderas y las fosiliza. Se le llama entonces xilópalo o jilópalo. (Fot. de la Atchison, Topeka and Santa Fe Railway Co.)

blanco lechoso, amarillo o pardo, de aspecto resinoso; la *hidrófana*, semitransparente (2); el *sílex néctico* (3), que flota en el agua; la *geiserita*, depositada por geiseres en masas fibrosas o arriñonadas. (Fig. 70).

(1) Dicen algunos que viene de *upala* = piedra preciosa en el idioma sánscrito.

(2) Significa transparente en el agua.

(3) *Néctico* significa que nada o flota.

## GENERO FELDESPATO (1)

**163.** Los Feldespatos son silicatos de aluminio y una base alcalina o alcalino-térrea; son los minerales más abundantes en la naturaleza; pues constituyen la parte principal de las rocas ígneas.

**Ortosa.**— $K_2Al_2Si_6O_{16}$ ; P. E. = 2,56; D. = 6; Sistema monoclinico. La ortosa como lo indica la fórmula, es un silicato de aluminio y potasio, que se presenta en cristales alargados y tubulares, con frecuencia maclados. (Figura 71). Es el feldespato del granito tipo; por eso abunda mucho.

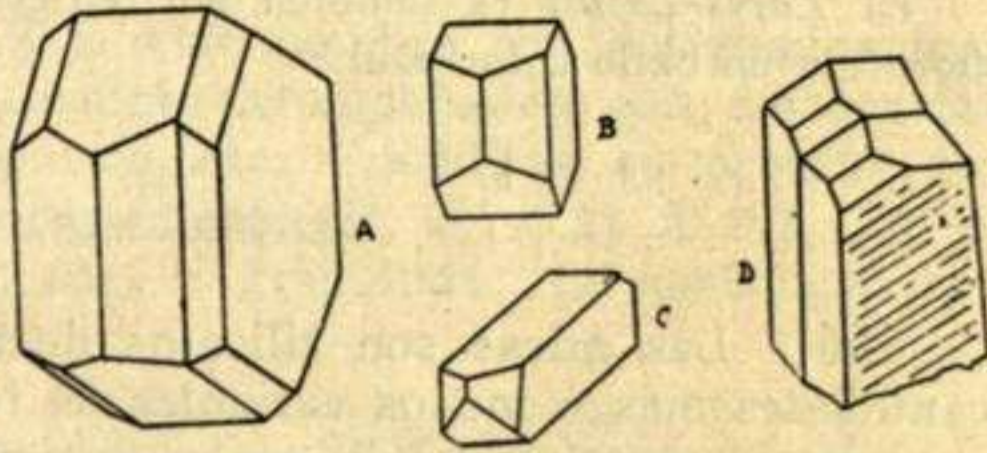


Fig. 71.—A, B, C, cristales de ortosas. D, id. de albíta

Entre las variedades de ortosa son de notar, la *adularia* (2) en hermosos cristales hialinos, impregnados de clorita; el *sanidino*, vitroso, de las rocas volcánicas. La *obsidiana*, la *piedra pómez*, etc. pueden ser consideradas como variedades compactas de ortosa amorfa.

**164. Albíta.**— $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ ; P. E. 2,60; D. 6 a 6,5; Sistema triclinico.

La albíta es el feldespato sódico, y toma su nombre del color blanco de ciertos cristales. Es también abundante en muchas rocas eruptivas.

**Oligoclasa.**— $(CaNa_2)_2Al_4Si_9O_{16}$ ; P. E. 2,65; D. 6; Sistema triclinico.

El nombre le viene de la menor cantidad de sílice ( $\delta\lambda\iota\gamma\omicron\nu$ =poco).

**Anortita.**— $CaAl_2Si_2O_8$ ; P. E. 2,72; D. 6; Sistema triclinico.

Estas tres últimas especies: albíta; oligoclasa y anortita, reciben el nombre común de *plagioclasas*, porque los cruceros de exfoliación se cortan en ángulo oblicuo; a diferencia de la ortosa, en que se cortan en ángulo recto, denominada por eso *ortoclasa*.

El isomorfismo de las plagioclasas defendido por Tschermak, es impugnado por otros mineralogistas como Cloireaux y Michel Lévy.

**165. Feldespatoides.**—Con el nombre de *Feldespatoides* designa Lapparent varios minerales de composición análoga a los feldespatos, pero

(1) *Feldespato* es palabra alemana que significa piedra del campo; por ser muy abundante.

(2) De *adula*, palabra árabe.

de sistema cristalino diferente, y que predominan en las rocas eruptivas modernas, del mismo modo que los feldespatos en las antiguas.

Tales son la *leucita* o *anfígena* (1), que es un silicato de aluminio y potasio, pero más pobre que la ortosa en el elemento ácido o silíceo, y que cristaliza en el sistema cúbico.

La *nefelina* (2) es un silicato de aluminio y sodio, que cristaliza en el sistema exagonal, muy abundante en los basaltos de Calatrava (Ciudad Real).

El *Lapis-Lazuli* es también un feldespato sulfatado con mezclas de cloro, de un bello color azul.

#### GENERO MICA (3)

**166.** Las micas son silicatos de aluminio y algún álcali con cantidades más o menos variables de hierro, magnesio y calcio. Se presentan en masas laminares muy exfoliables, y de un brillo bastante vivo y con irisaciones multicolores.

Las principales especies son la *Biotita* (4), de colores oscuros, ferro-magnésica; la *Moscovita* (5) de colores claros, en cuya composición no entra el magnesio. La *Sericita* es una variedad de Moscovita, muy abundante en las pizarras metamórficas: se presenta en finas fibras sedosas (de ahí el nombre de *sericita*). Algún tiempo se creyó que era talco; y por eso se llamaban *talcitas*, aunque falsamente, esas rocas que la contenían.

#### SEGUNDA FAMILIA

##### Silicatos accesorios de las rocas ácidas

**167.** Entran en esta familia aquellos silicatos, que sólo accesorios y accidentalmente se encuentran en las rocas ácidas y casi siempre en pequeñas cantidades. Suelen ser silicatos alumio-fluoríferos o boratados. Pueden dividirse en tres grupos: 1º, silicatos accesorios del granito y el neis; 2º, de las pegmatitas; y 3º, de las sienitas.

En el granito y en el neis se encuentra principalmente: la **Cordieri-**

(1) Leucita de su color blanco; anfígena porque se la creyó falsamente que tenía dos formas primitivas.

(2) El nombre viene de que con el ácido nítrico toma un aspecto nebuloso, que es el que significa el nombre griego νέφελιον.

(3) De micare = brillar.

(4) Dedicada a Biot.

(5) O vidrio de Moscou.

ta (1)  $Mg_3(Al_2Fe_2)_3Si_8O_{28}$ ; P. E. 2,63; D. 7 a 7,5; S. rómbico, que abunda en ciertos granitos y el

**Esfeno** (2).— $CaTiSiO_5$ , llamado también *titenita*, a causa de entrar el titano en su composición.

Más importantes son los silicatos accesorios de las pegmatitas; entre las cuales haremos mención de la turmalina, topacio y esmeralda.

**168. Turmalina** (3).—Bajo este nombre son designados los silicatos borofluoríferos de aluminio acompañados con frecuencia de otros metales, hierro, magnesio, etc. Cristalizan en prismas de nueve caras, estriados longitudinalmente. P. E. 2,94 a 3,3. D. 7 a 7,5. Abundan en las pegmatitas y granulitas; se encuentran en Galicia, Sierra Nevada, etc.

Las hay incoloras (*acroita*); rojas (*rubelita*); azules (*indicolita*) y verdes. La variedad verde es la más importante, porque sus láminas, talladas paralelamente al eje, absorben el rayo ordinario, y sólo dejan pasar el extraordinario; por eso se utilizan como polariscopio, en forma de pinzas, según dejamos dicho en la Física Mineral (núm. 144).

**Topacio**.— $Al_2Si(OFl_2)_5$ ; P. E. 3,54; D. 8; S. rómbico.

Cristaliza en prismas, con frecuencia acanalados. Por su dureza es muy apreciado en joyería. El color típico es el amarillo; pero los hay también verdes (*agua marina oriental*); azules e incoloros. Los topacios acompañan con frecuencia a las turmalinas en las pegmatitas. El nombre le viene de Topaxes, isla del mar Rojo (4).

**169. Esmeralda** (5).— $Gl_3Al_2Si_6O_{18}$ ; Silicato de aluminio y glucinio. P. E. 2,70; D. 7,5; Sistema exagonal.

(1) Dedicada a Cordier [(Pedro Luis Antonio) 1777-1861; mineralogista y geólogo francés; de los primeros cultivadores de la Geología].

(2) De  $\sigma\phi\eta\nu$  = cuña, por la forma de ciertos cristales.

(3) De Turamali, en la isla de Ceylán.

(4) Parece que el topacio es la piedra preciosa nombrada en la Sagrada Escritura con el nombre de crisólito: Exod. 28,20; 39,13. Ezech. 28,13. La 7ª piedra de la celestial Jerusalén: Apoc. 21,20. El llamado topacio en los Sagrados libros: Exod. 28,17; 39,10. Ezech. 28,13. Apoc. 21,20, como la piedra 9ª de la ciudad del cielo, no parece corresponder al topacio actual, sino a una piedra de Etiopía, Job. 28,19, que podrá ser tal vez un peridoto u olivino.

(5) De *smaragdus*, nombre antiguo. Se hace mención de ella: Exod. 28,17; 39,10. Ezech. 28,13. Es la 4ª piedra de la Jerusalén celeste: Apoc. 21,19. Aunque tal vez se pueda entender el texto sagrado de la esmeralda oriental, variedad de corindón, como veremos después (número 181).

El nombre de esmeralda se aplica propiamente a las variedades verdes, que son las más estimadas en joyería; el nombre de Berylo (1) se aplica a las variedades incoloras. Su yacimiento más frecuente son las rocas pegmatíticas; pero la bella y apreciada variedad de Muzo (Colombia) se encuentra en una caliza bituminosa mesocretácea, acompañada de pirita, cuarzo y otros minerales.

Las rocas sieníticas suelen contener el *Zircón* o silicato de zirconio:  $ZrSiO_4$ ; P. E. 4,3; D. 7,5; S. cuadrático.

Presenta lustre vitroso; y su color puede ser rojo, pardo, amarillo, gris, etc. La variedad llamada *jacinto* tiene sus aristas redondeadas, es de color rojo de fuego, y se aprecia en joyería (2).

## SEGUNDO ORDEN

### Silicatos de las rocas básicas

#### PRIMERA FAMILIA

#### Elementos esenciales

**170.** Los elementos esenciales de las rocas básicas son silicatos no aluminosos, y compuestos principalmente de hierro, magnesio y calcio.

Distinguiremos dos grupos: 1º, calcíferos (Piroxenos y Anfíboles); y 2º, sin calcio (Peridoto).

**Piroxenos** (3).—Son silicatos complejos de calcio, magnesio y hierro; dominando el calcio sobre el magnesio. Cristalizan en el sistema monoclinico.

Entre ellos puede citarse el *Diópsido*, que tiene D. 5,5 y presenta colores más o menos verdosos; la *Dialaga*, D.4, de color pardusco o gris, abundante en los gabros y serpentinas; y la *Augita* D. 6, de color negro o verde oliva, que es el elemento característico de las diabasas.

Cuando la magnesia predomina sobre la cal, constituye un mineral de lustre bronceado, llamado *broncita* o *enstatita* o *piroxeno rómbico* por cristalizar en el sistema rómbico.

(1) Nombre dado por los griegos. Se menciona en la Sagrada Escritura: Exod. 28,20; 39,12. Ezech. 28,13. Es la 8ª piedra fundamental de la celestial Jerusalén. Apoc. 21,20.

(2) Se la nombra en la Sagrada Escritura: Apoc. 21,20. Es la 11ª piedra fundamental de la celestial Jerusalén. Parece ser el *ligurius* del Exodo: 28,19; 39,12.

(3) De  $\pi\upsilon\rho$  = fuego y  $\xi\acute{\epsilon}\nu\omicron\varsigma$  = extraño; porque se creía falsamente que era extraño a las rocas ígneas.

**171. Anfíboles** (1).—Son silicatos de magnesio, calcio y hierro, pero en los que abunda el magnesio por lo menos tanto como el calcio. La *Tremolita* o *Anfíbol blanco* se presenta en formas fibrosas o bacilares en las dolomías, calizas sacaroideas, micaesquistos, etc.

Cuando la tremolita se altera hidratándose, tiende a dividirse en fibras muy finas y flexibles, hasta el punto de poderse hacer con ellas verdaderos tejidos minerales. Tal es el origen del *amianto* (incombustible) (Fig. 72), y del *asbesto* (inextinguible) (Fig. 73); éste de colores más oscuros que el amianto y menos flexible.

La *Actinota* o *Anfíbol verde*, más abundante en hierro que la tremolita, se presenta ordinariamente en fibras radiadas (de ahí el nombre de Actinota) de hermoso color verde.



Fig. 72.—Bloque fibroso de *amianto* de Val Malenco, Valtelina, Italia.

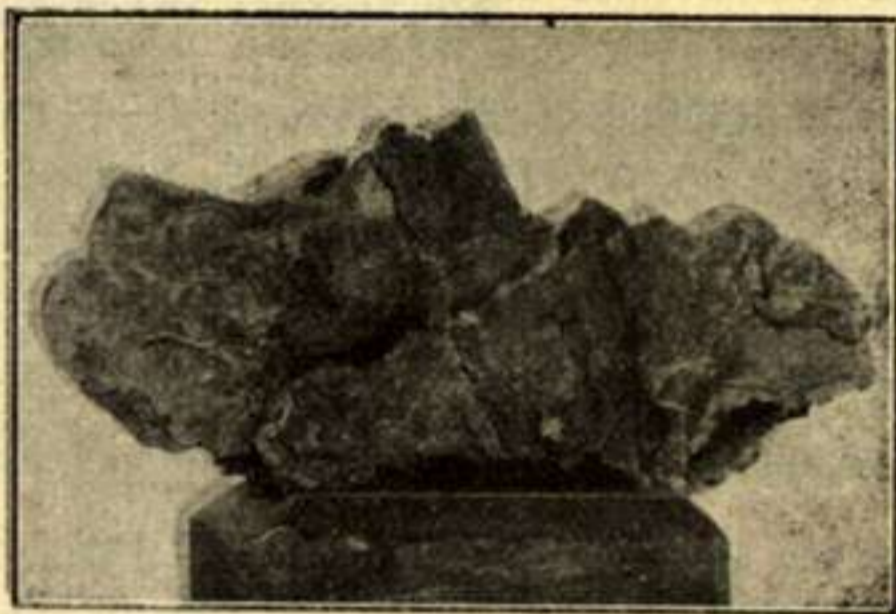


Fig. 73.—Asbesto de Monte. Ural. (Fot. C. Ugarte, S. J.) Mitad de su tam. Museo mineralógico de Oña.

La *Hornblenda* (2) o *Anfíbol negro*, muy rico en hierro, se presenta en masas laminares, más o menos cristalinas, de colores oscuros, generalmente negro.

**172. Peridotos.**—Son silicatos magnésico-ferrosos. Entre ellos el más importante es el *olivino*, llamado así por sus colores de verde aceituna. Se encuentra con frecuencia en cristales y masas granulados en los basaltos y tobas volcánicas. Se ha encontrado también en muchos meteoritos.

(1) De ἀμφίβολος = ambiguo.

(2) Hornblenda es el nombre antiguo alemán.

## SEGUNDA FAMILIA

**Elementos accesorios de las rocas básicas**

**173.** Como tales se consideran ciertos silicatos, que se encuentran rellenando cavidades amigdaloides, formadas por los gases aprisionados, al expansionarse muchas de las rocas eruptivas. Esos huecos fueron luego rellenados, en virtud de acciones hidrotermales, consecutivas a la erupción, por minerales de naturaleza variada. Todos estos minerales, que son siempre silicatos hidratados, tienen de común el fundirse con ebullición, hinchándose al mismo tiempo, cuando se les somete a la acción del soplete. De ahí el nombre de *zeolitas* (piedras que hierven); con que se las suele designar. Su color suele ser blanco, con una dureza de 4 a 6. Mencionaremos algunas especies.

El *Mesotipo* es un silicato hidratado de aluminio y sodio; la *Analcima* contiene además calcio. La *Apoñilita* carece de aluminio, y tiene potasio y calcio. La *Harmótoma* es un silicato de aluminio y bario, notable por presentarse sus cristales asociados en maclas en forma de cruz griega.

Parecida a las zeolitas es la *Glauconia* (silicato hidratado férrico-potásico, casi siempre con aluminio) que se halla diseminada en granos verdes en muchos terrenos estratificados. Es especialmente abundante en muchos tramos del cretáceo de la costa de la provincia de Santander.

## TERCER ORDEN

**Silicatos de metamorfismo**

**174. Origen y división.**—Estos silicatos provienen de la descomposición de otros silicatos, operada ya por el metamorfismo que sufrieron muchas rocas, al ser atravesadas por otras rocas eruptivas, ya por la acción de los agentes atmosféricos.

Pueden dividirse en dos grandes grupos: silicatos exclusivamente aluminosos y silicatos no exclusivamente aluminosos; y cada uno de ellos en silicatos anhidros y silicatos hidratados.

## PRIMERA FAMILIA

**Silicatos anhidros de aluminio**

**175. Andalucita.**— $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ; P. E. 3,16; D. 7,5; S. rómbico.

Sus cristales de color verde oliva, rojo, rosa o violeta, se destacan de una manera muy notable en medio de las rocas de cuarzo y mica. Encontróse por primera vez en Andalucía en la provincia de Almería, cerca del cabo Gata: de ahí su nombre de *Andalucita*.



**176. La Quiastolita** (variedad de Andalucita) resalta bastante en algunos esquistos metamórficos por su color negro, y sus cristales maclados. Sus maclas tienen alguna semejanza con la X griega, de ahí su nombre de *Quiastolita*.

El **Disteno**  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ; P. E. 3,63; D. 5; S. triclínico.

Se presenta en bellos cristales prismáticos aplastados, de hermoso color azul celeste. Su dureza es desigual en las diversas caras de exfoliación; de ahí el nombre *disteno*, que significa dos fuerzas o resistencias.

La **Estaurótida**, que es un silicato de aluminio, al cual acompañan con frecuencia algunas cantidades de hierro y magnesio, se presenta en maclas en forma de cruz (de ahí su nombre); abunda en algunos esquistos cristalinos o arcillosos antiguos.

## SEGUNDA FAMILIA

### Silicatos de aluminio hidratados

**177. Arcillas.**—Las arcillas son silicatos de aluminio hidratados. Proviene de la descomposición de los feldspatos de las rocas granitoides. En esa descomposición el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera se apodera del álcali, y forma carbonato potásico, por ejemplo, en la ortosa, que es muy soluble, y es llevado por el agua, quedando silicato de aluminio, que luego se hidrata y es lo que constituye las arcillas.

La arcilla más pura es el *caolín*, que se presenta en masas blancas y deleznales, llamada también *tierra de porcelana*. Las arcillas *plásticas* (*tierra de alfareros*) con el agua forman pasta moldeable. La *arcilla esméctica* (*tierra de Batán*) por su porosidad absorbe las sustancias grasas. La *greda* es una mezcla de arcilla y arena silícea.

Las arcillas puras o sea sin hierro ni calcio, se llaman también *arcillas refractarias*, por resistir a la fusión.

## TERCERA FAMILIA

### Silicatos anhidros de aluminio y otra base

**178. Granates** (1).—Los granates son silicatos de aluminio y otra base que puede ser calcio, hierro, magnesio y manganeso. Cristalizan en el primer sistema bajo la forma de rombododecaedros y trapezoedros (Fig. 74). La *Grosularia* (parecido a una grosella) es silicato de aluminio y calcio. D. 6 a 7. El *piropo* es silicato aluminico magnésico: D. 7,5; su color es rojo de fuego (de ahí

(1) De color de granada.

su nombre). El *almandino*, *granate sirio* u *oriental* (*carbunclo*, *granate noble* de los antiguos) es silicato alúmino-ferroso; su color es rojo vivo (1).

Los granates son algo estimados en joyería.

#### CUARTA FAMILIA

#### Silicatos hidratados de aluminio y otra base

**179. Clorita** (2).—Es un silicato hidratado de aluminio, magnesio y hierro. Se presenta en pajuelas de color verdoso, flexibles, pero poco elásticas. Se encuentran en las rocas manganesíferas.

**Serpentina.**—Los minerales pertenecientes al género Serpentina son silicatos de magnesio. Se conocen varias especies:

**Talco.**— $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ ; P. E. 2,6; 2,8; D. 1 a 1,5.  
El talco es de estructura granular.

La **Magnesita**  $H_4Mg_2Si_3O_{12}$ ; P. E. 1,2 a 1,6; D. 2,5; es llamada también *Sepiolita* o *espuma de mar*. Su pequeña densidad hace que flote en el mar. Es de color blanco y se pega a la lengua.

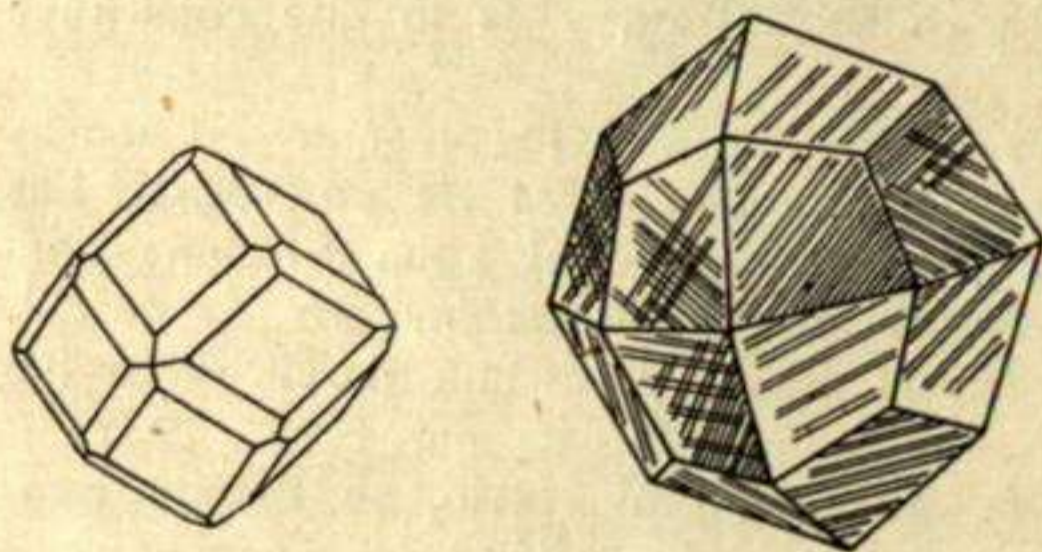


Figura 74

Cristal de granate almandino, de Alicante, según Lévy.

Forma cristalina (trapezodro) en que se presentan los *granates*, *leucita* y *analcina*.

La *serpentina* propiamente dicha ( $H_4Mg_3Si_2O_9$  ó  $H_6Mg_3Si_2O_{10}$ ) se presenta en formas más o menos astillosas o foliáceas, de color verde de serpiente; de ahí su nombre. Proviene de la descomposición de los piroxenos, anfíboles y peridotos, en cuyas formas pseudocrystaliza, como se dijo ya al hablar del pseudomorfismo (129).

(1) Del carbunclo se hace mención varias veces en las Sagradas Letras: Exod. 28,18; 39,11. Ezech. 28,13.

(2) De  $\chiλωρός$  = verde.

## SEGUNDA CLASE

## MINERALES DE PRECIPITACION QUIMICA (1)



**180. Origen y división.**— Los minerales de este grupo proceden, como dijimos (159), de acciones químicas: generalmente de la precipitación de las sustancias disueltas en el agua por eso suelen presentarse entre las capas sedimentarias, formando bolsadas o lentejuelas, de mayor o menor extensión, pero siempre muy limitadas. Los dividiremos en tres grupos: *óxidos*, *oxisales* y *sales haloideas*.

## PRIMER ORDEN

## Oxidos

**181.** Entre los óxidos sólo merecen ser nombrados el *rutilo* y *corindón*.

**Rutilo** (2).— $\text{TiO}_2$  (óxido de titanio); P. E. 4,27; D. 6 a 6,5; S. cuadrático. Su brillo es diamantino, tirando algo a metálico. Se presenta en cristales aciculares, a veces formando maclas acodadas, o de dos cristales en ángulo recto.

**Corindón** (3).— $\text{Al}_2\text{O}_3$  (sexquíóxido de aluminio); P. E. 4; D. 9; S. rómbico. El corindón, por sus colores variados y su gran dureza, es muy estimado en joyería como piedra preciosa. Las variedades azules se llaman *zafiro* propiamente dicho o *zafiro oriental* (4); las de color violado *amatistas orientales*.

Se encuentran en las rocas graníticas y basálticas y en las arenas diamantíferas.

La *Bauxita* es un hidrato de aluminio y hierro  $\text{H}_2(\text{AlFe})_2\text{O}_5$  que se utiliza para la obtención del aluminio. Hay notables yacimientos en la provincia de Barcelona.

(1) [Véase el cuadro-resumen de la tercera parte en la página 73].

(2) Del latín *rutilo* = brillo.

(3) Nombre indio.

(4) Exod. 28,18; 39,11. Ezech. 28,13. Es la 2ª piedra fundamental de la ciudad del cielo. Apoc. 21,19.

Como se ve por lo dicho en estas notas tres son los pasajes más notables de la Sagrada Escritura, en que se hace mención de las piedras preciosas: el capítulo 28 y 39 del Exodo, en que se enumeran las doce piedras del racional o pectoral de Aarón, Sumo Sacerdote; el capítulo 28 v. 13 de Ezequiel, en que describe la rica pedrería del rey de Tiro; y el capítulo 21 del Apocalipsis, donde San Juan compara los doce fundamentos de la celestial Jerusalén a doce piedras preciosas.

## SEGUNDO ORDEN

## Oxisales

## PRIMERA FAMILIA

## Aluminatos

**182. Espinela** (1).— $MgAl_2O_4$  (aluminato de magnesio); P. E. 3,5 a 4,5; D. 8; S. cúbico. La variedad de color rojo se usa en joyería con el nombre de *rubí espinela*, menos estimado que el rubí oriental. Las variedades de color amarillo reciben el nombre de *Rubiela*; las de color negro el de *Picotita*, que suele ser cromífera.

## SEGUNDA FAMILIA

## Carbonatos

**183. Witerita.**— $BaCO_3$  (carbonato de bario); P. E. 4,2; D. 3 a 3,5; S. rómbico. Su color suele ser blanco gris o amarillo; presenta brillo vítreo algo resinoso. El nombre le viene de Witering, su descubridor.

**Estroncianita.**— $SrCO_3$  (carbonato de estroncio); P. E. 2,94; D. 3,5 a 4; S. rómbico. Se presenta con frecuencia en cristales maclados; se emplea para la extracción del estroncio.

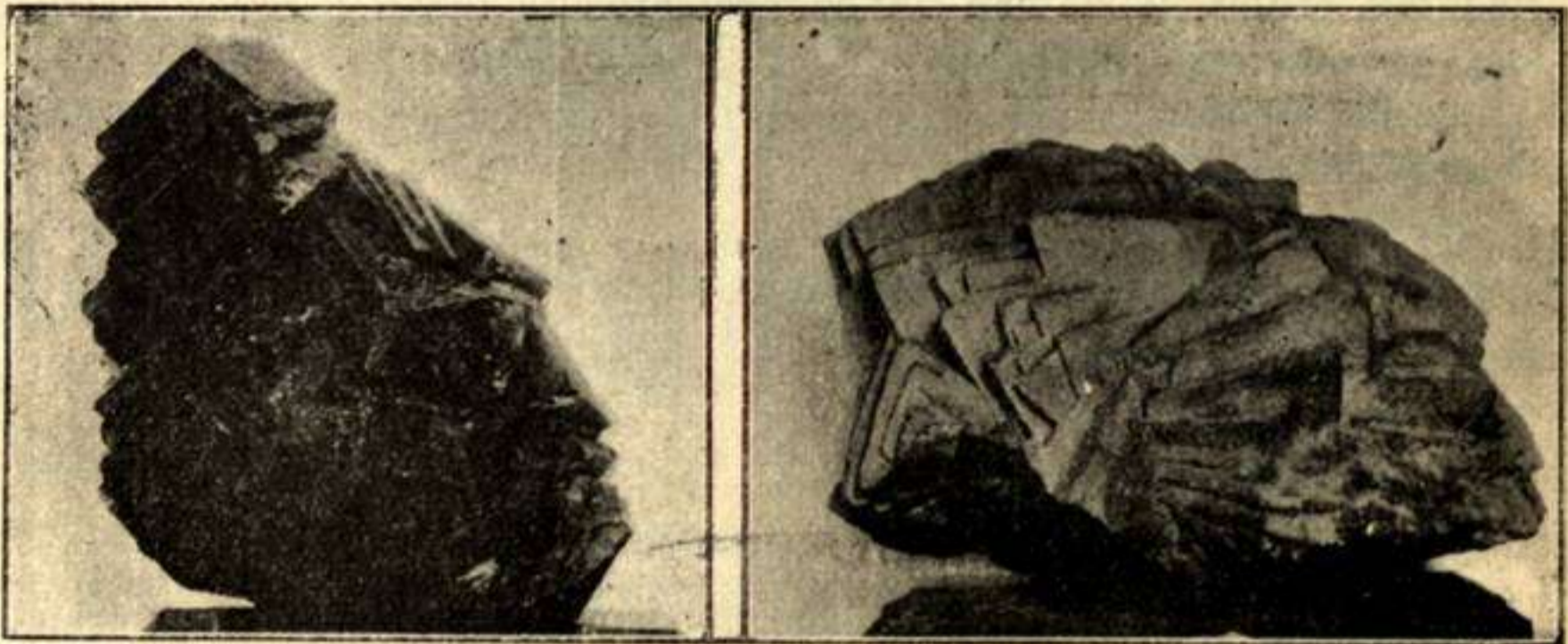


Figura 75

Calcita cristalizada. Diepenlichen. Reducida a 2/5.

Calcita con inclusiones de arena silícea. Grupo de cristales romboédricos. Fontainebleau. Reducida a 1/2.

(Fot. C. Ugarte, S. J., Museo de Oña).

(1) Diminutivo de *espina*, por las puntas agudas de sus cristales.

**184. Calcita.**— $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio); P. E. 2,72; D. 3; S. romboédrico. La calcita es el carbonato más abundante en la costra terrestre; forma a veces extensas rocas y terrenos. Presenta numerosas variedades. La calcita perfectamente cristalizada en romboedros se denomina *caliza espática*, o *espato de Islandia*. Los romboedros pueden estar más o menos modificados en sus aristas y ángulos, y según eso ofrece numerosas formas cristalinas, derivadas del romboedro (Fig. 75). Es bastante frecuente el dodecaedro romboédrico y el escalenoédrico. El espato de Islandia transparente se presta muy bien para observar a simple vista el fenómeno de la doble refracción.

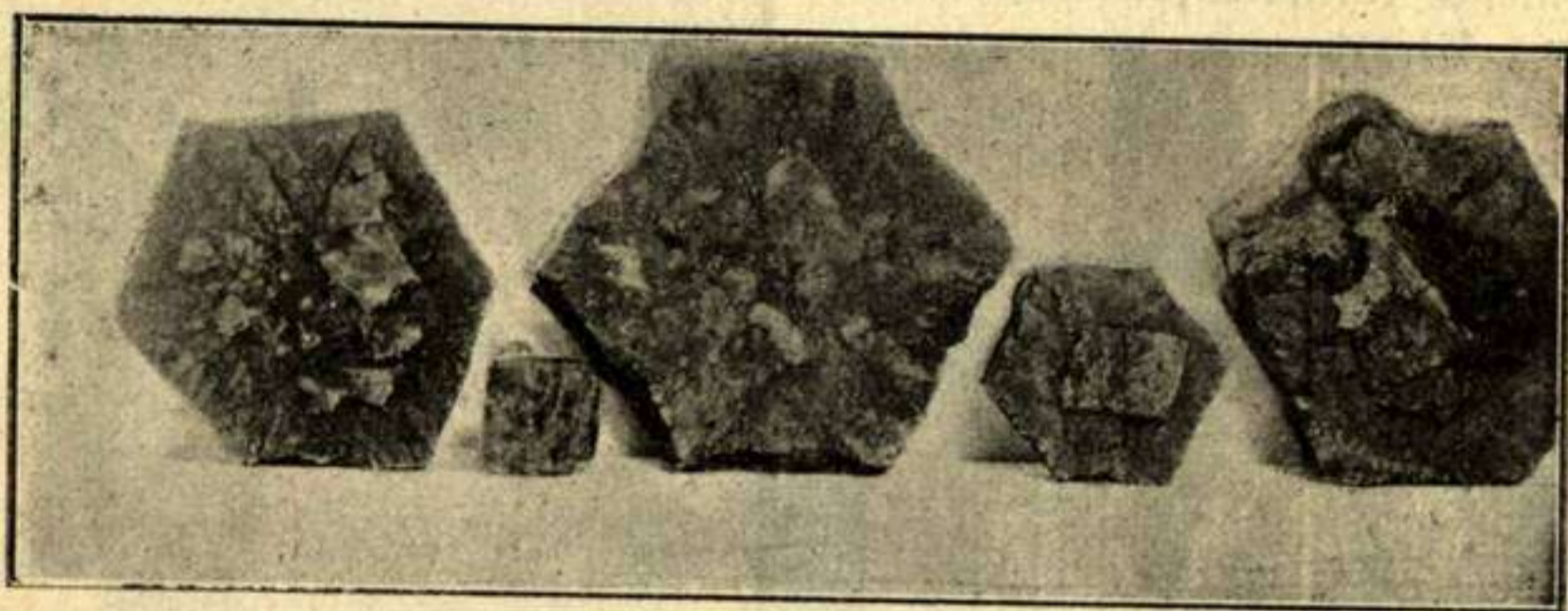


Fig. 76.—Aragonitos de Santa Casilda (Burgos). Tamaño natural.

Cuando la cristalización no ha sido perfecta se producen formas semicristalinas concrecionadas, como en las estalactitas y estalagmitas. Cuando las capas de concreción están muy apretadas y comprimidas y presentan diferentes matices constituye el alabastro calcáreo (alabastro oriental de Egipto; ónice de Argelia). Las concreciones calcáreas en forma de granos se llaman *pisolitas*, cuando los granos son del tamaño de un guisante, y *oolitas*, cuando son más pequeños, del tamaño de huevo de pez.

Cuando el carbonato de calcio se presenta en masas amorfas de más o menos extensión, constituye la roca *caliza*.

La *creta* es una caliza terrosa que tizna los dedos, compuesta en su mayor parte en caparazones de foraminíferos, coraliarios y fragmentos de conchas de moluscos.

La *cal hidráulica* es una mezcla de caliza y arcilla con algo de sílice, que tiene la propiedad de endurecerse debajo del agua, o *fraguar*.

El *mármol* es una caliza metamorfizada; es decir, que por la presión y el calor cambió su estructura amorfa en semicristalina muy compacta. El *mármol de Carrara* de color blanco es un agregado de cristales imperfectos diversamente orientados; se usa mucho en la estatuaria, por su blancura inalterable.

**185. Aragonito.** — Es también un carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ; D. 3,5 a 4); pero su densidad es un poco mayor que la de la

calcita: P. E. 2,93 a 2,94; cristaliza en el sistema rómbico. Los cristales suelen presentarse en grupos de varios cristales compenetrado: formando una macla, cuya forma aparente exterior es un prisma pseudo-exagonal con sus bases apuntadas. La macla es fácil descubrirla por los ángulos entrantes que presentan los primas. Son notables los aragonitos o piedras de Santa Casilda (Burgos). (Figura 76). El aragonito nunca se presenta en grandes masas como la caliza. Lo contienen muchas conchas de moluscos; la concha de *Tridacna gigas*, que se usa a veces, por su gran tamaño, como pila de agua bendita en las iglesias, está casi exclusivamente formada de aragonito.

El aragonito trae su nombre de su localidad característica Molina de Aragón (Guadalajara).

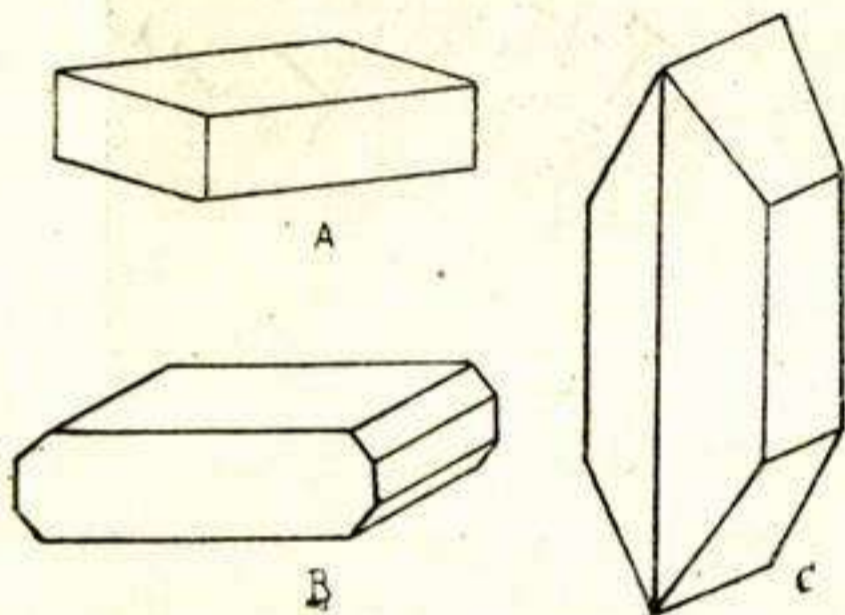


Fig. 77.—Formas cristalizadas de baritina más comunes. A, Cristal tabular sencillo. B, Id. desarrollado según uno de los ejes. C, Cristal sencillo cambiada la orientación.

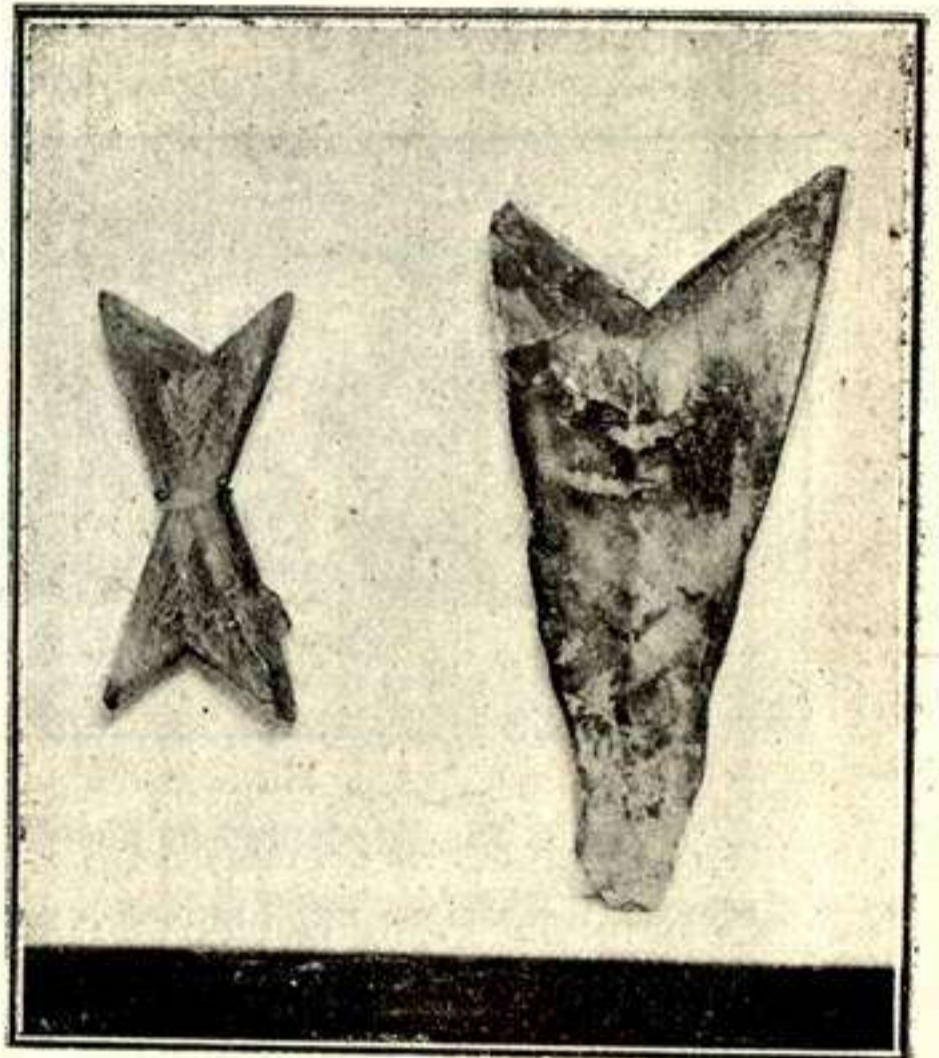


Fig. 78.—Yeso maclado en la forma llamada «hierro de lanza.» Macla repetida y sencilla. Museo de Oña. Tamaño: 2/3.

**186. Dolomía.** — Es un carbonato de calcio y magnesio ( $\text{CaMgC}_2\text{O}_6$ ); P. E. 2,85 a 2,92; D. 3,5 a 4; S. romboédrico. Las dolomías se encuentran más localizadas y menos abundantes que las calizas. Suelen formar la ganga o armazón de algunos filones o bolsadas de minerales metálicos, como sucede en los carbonatos de zinc en Comillas, Reocín, etc., y otros, de mercurio en Almadén.

La dolomía se distingue de la caliza por su mayor dureza y peso, su menor efervescencia con los ácidos; su aspecto más nacarado y sacaróideo. Su nombre viene de Dolomieu, a quien fué dedicada.

La *Giobertita* es un carbonato de magnesio, mucho menos abundante que la dolomía; su color es blanco. Dedicada a Giobert.

## TERCERA FAMILIA

## Sulfatos

187. Entre los sulfatos se encuentran en primer lugar la *Baritina* (sulfato de bario) y la *celestina* (sulfato de estroncio) con una dureza casi igual: 3 a 3,5 y un peso de 4,60 el primero y 3,95 el segundo. El nombre de Celestina proviene de que a veces presenta un color azul celeste, y el de Baritina del nombre griego *βαρύς*, que significa pesado. [Las formas en que se presenta pueden observarse en la figura 77.]

**Anhidrita.** — Es un sulfato anhidro de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ). No es muy abundante, porque se hidrata con facilidad trasformándose en yeso.

188. **Yeso.** —  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; P. E. 2,31 a 2,33; D. 1,5; S. monoclinico. El yeso se presenta con frecuencia en cristales laminares semitransparentes, *espejuelo de asnos*, o maclados en forma de flecha, *yeso en flecha*, o de lanza, *hierro de lanza* (fig. 78), o en masas fibrosas, como el de Pancorbo (fig. 79).

Abunda bastante en muchas formaciones lacustres del triásico y terciario. A veces se presenta en forma de masas compactas de aspecto céreo, formando el *alabastro yesoso*, muy apto para modelar figuras por su débil dureza.

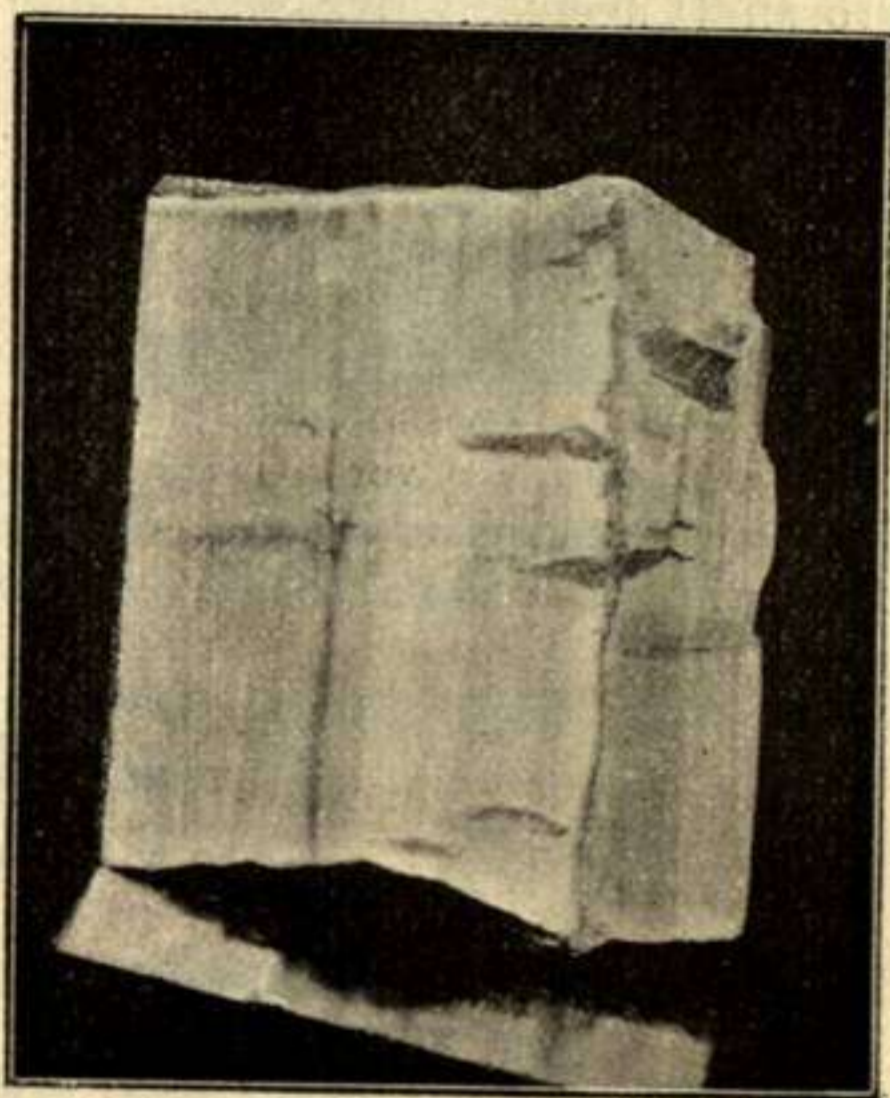


Fig. 79.—Yeso fibroso de Pancorbo (Burgos). (Fot. C. Ugarte, S. J.) Museo de Oña. Mitad de su tamaño.

**Epsonita** (1).—Es un sulfato de magnesio hidratado, de sabor salado amargo; se presenta en eflorescencias cristalinas aciculares o dendríticas, de lustre sedoso. Lo contienen muchas aguas mineromedicinales. Se llama también *sal amarga*, *sal de higuera*, etc.

La *alumita* es un sulfato doble de aluminio y potasio, que se presenta en masas concrecionadas, de color blanco, gris o amarillo. Procede de

(1) De Epson, ciudad de Inglaterra [afamada por sus aguas minerales, ricas en sulfato de magnesio].

la descomposición de los feldespatos por emanaciones volcánicas; por eso abunda en los distritos volcánicos, como en Mazarrón (Murcia), Civitta-Vecchia (Italia).

#### CUARTA FAMILIA

#### Fosfatos

**189. Apatito.** — Es un cloro-fosfato de calcio; P. E. 2,92 a 3,25; D. 5; S. exagonal. La variedad cristalina se presenta en cristales de muy diversos colores, incoloros, blancos, violados (verdes, en la variedad española llamada *esparraguina*). Con frecuencia se presenta en masas concrecionadas o nodulares, y contiene lo que se llama *fosforita*, que es mineral utilizado para la agricultura como abono. En España es célebre el yacimiento de Fosforita en Logrosán (Cáceres).

El nombre *apatito* viene del griego *ἀπάτη* = engaño, porque su aspecto engañó a muchos mineralogistas antiguos, que le confundieron con otros minerales.

**Turquesa.** — Es un fosfato hidratado de aluminio; P. E. 2,6 a 2,8; D. 6; amorfo. La turquesa llamada también *calaita* (hermosa), presenta color azul celeste o verde manzana, por lo cual es apreciada en joyería. Se presenta en masas compactas o arriñonadas. Fué importada a Europa de Persia por Turquía: de ahí su nombre de *turquesa*.

#### TERCER ORDEN

#### Sales haloideas

#### PRIMERA FAMILIA

#### Cloruros

**190. Sal común. Sal gema: sal marina.** —  $\text{NaCl}$ ; P. E. 2,1 a 2,2; D. 2,5; S. cúbico. Se presenta casi siempre en cristales de forma cúbica; se encuentra ordinariamente en capas estratificadas en terrenos arcillosos, debido a su origen por precipitación química en lagos salados.

Sus yacimientos son abundantes. En España son notables los de Cardona (Barcelona) (Fig. 80), Minglanilla (Cuenca), Cabezón de la Sal (Santander).

**Carnalita.** — Es un cloruro hidratado doble de magnesio y potasio. Se encuentra con frecuencia asociada a la sal común, aunque en mucha menor abundancia. Abunda en Stassfurt (Alemania). Dedicada a Karnall.



## SEGUNDA FAMILIA

## Fluoruros

**191. Fluorina.** —  $\text{CaFl}_2$ ; P. E. 3,18; D. 4; S. cúbico. Se llama también *espato flúor*. Se presenta con preferencia en formas cristalinas; pero no faltan tampoco formas concrecionadas, compactas o laminares de colores variados y caprichosos. Su yacimiento ordinario son los filones metalíferos, a los cuales se asocia como ganga. Se encuentra en Sajonia e Inglaterra (1).

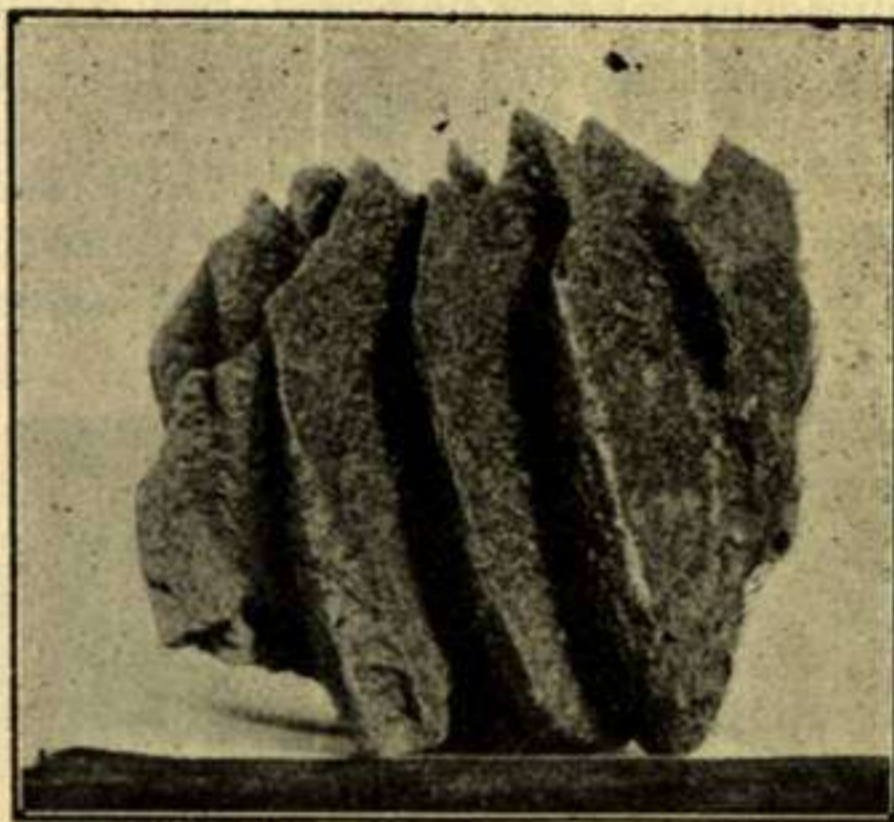


Fig. 80.—Sal de Cardona (Barcelona) con crestas y canales producidas por erosión superficial. (Fotografía C. Ugarte, S. J.) Museo de Oña. 1/2 de su tamaño.

La *criolita* es un fluoruro de aluminio y sodio, que se presenta en masas laminares de un blanco de nieve. Se encuentra en Groenlandia, los Urales, etc., y su aplicación más importante es para la extracción del aluminio. El nombre le viene del griego  $\kappa\rho\upsilon\sigma$  = hielo, por su aspecto y fácil fusión. Se derrite al solo calor de la llama de una vela.

## TERCERA CLASE

## MINERALES METALICOS

**192. Origen y división.**—Ya dijimos qué emanaciones procedentes del interior de la tierra, por el intermedio de ciertos cuerpos, y en virtud de reacciones varias, depositan los metales en las hendiduras de los terrenos. Por eso primero estudiaremos esos cuerpos mineralizadores y luego los metales. Entre éstos hay algunos que pueden formar ácidos, *metales acidificables*, y no suelen hallarse en estado nativo. Otros metales no forman ácidos; tienen gran densidad y suelen hallarse a veces en estado nativo: *metales*

(1) En Papiol, Barcelona, dice el Dr. Aulet, Pbro., existe un extenso yacimiento de fluorina en cristales con truncaduras anómalas [E. M.].

*propriamente* dichos. De aquí la división de esta tercera clase en tres órdenes: 1.º, mineralizadores metálicos; 2.º, metales acidificables y 3.º, metales *propriamente* dichos.

### PRIMER ORDEN

### Mineralizadores

**193.** Los mineralizadores principales son el azufre, arsénico y antimonio (1). Estudiaremos primero el azufre, y luego el arsénico y antimonio y sus combinaciones con el azufre.

**Azufre.**—S; P. E. 2; D. 1,5 a 2,5; S. rómbico. Su color ordinariamente es amarillo característico, con lustre diamantino y a veces resinoso. Se encuentra en las solfataras, procedente de la des-

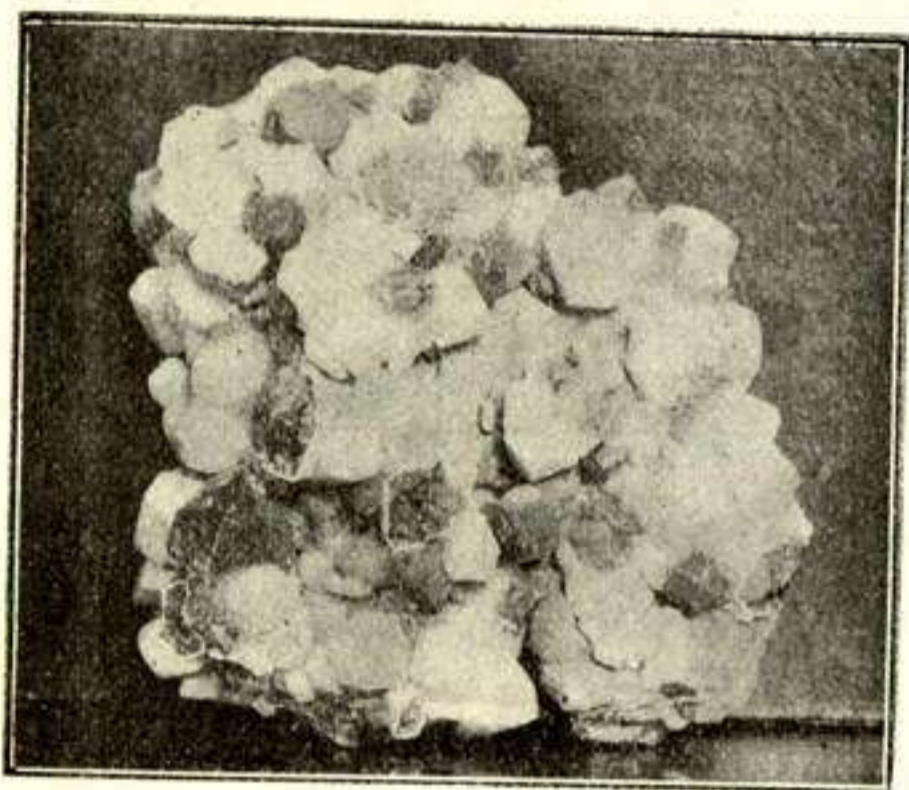


Fig. 81.—Azufre cristalizado y, en parte, conccionado. Museo de Oña.

composición de los gases sulfurosos, que se desprenden de las fumarolas, por ejemplo, en Nápoles. También hay muchas solfataras de origen sedimentario, donde el azufre es producido principalmente por la acción de los microorganismos, como las solfataras de Sicilia, las de Libros (Teruel), Hellín (Albacete), etc. (Figs. 81 y 82).

**Arsénico.**—As; P. E. 5,7 a 5,9; D. 3,5; S. romboédrico. Se encuentra también en la naturaleza aunque bastante

raro; tiene brillo metálico y color blanco de estaño o gris. Se le reconoce fácilmente por su olor a ajos. Existe en Asturias.

**Oropimente.**— $As_2S_3$ ; P. E. 3,4 a 3,5; D. 1,5 a 2; S. rómbico. Se presenta en láminas de un bello amarillo de oro; de ahí su nombre (*auri pigmentum*).

**Rejalgar.** (2).— $As_2S_2$ ; P. E. 3,4 a 3,6; D. 1,5 a 2; S. monoclinico. Se encuentra en los mismos yacimientos que el oropimente, y se distingue de él por su color rojo.

(1) Entre los mineralizadores podían contarse también el oxígeno, el cloro y el flúor; pero por su estado gaseoso no entran en el cuadro de la mineralogía.

(2) Del árabe *rechalgar* = veneno.

**Antimonio.** — Se presenta con frecuencia en masas arriñonadas o testáceas, de un brillo metálico y color blanco de estaño. Se distingue del arsénico por su mayor densidad: 6,6 a 6,8, y no tener olor a ajos.

**Estibina.** —  $Sb_2S_3$ ; P. E. 4,6 a 4,7; D. 2; S. rómbico. Se presenta en masas aciculares, largos cristales prismáticos, estriados y radiados; de brillo y color gris de acero, frecuentemente irisado (Fig. 83). Se funde a la llama de la bujía. La estibina es el mineral de donde se extrae el antimonio, y se halla con frecuencia en las rocas arcáicas, como en las de Zamora, Ciudad Real, etc. El nombre proviene del latín *Stibium*, nombre del antimonio.

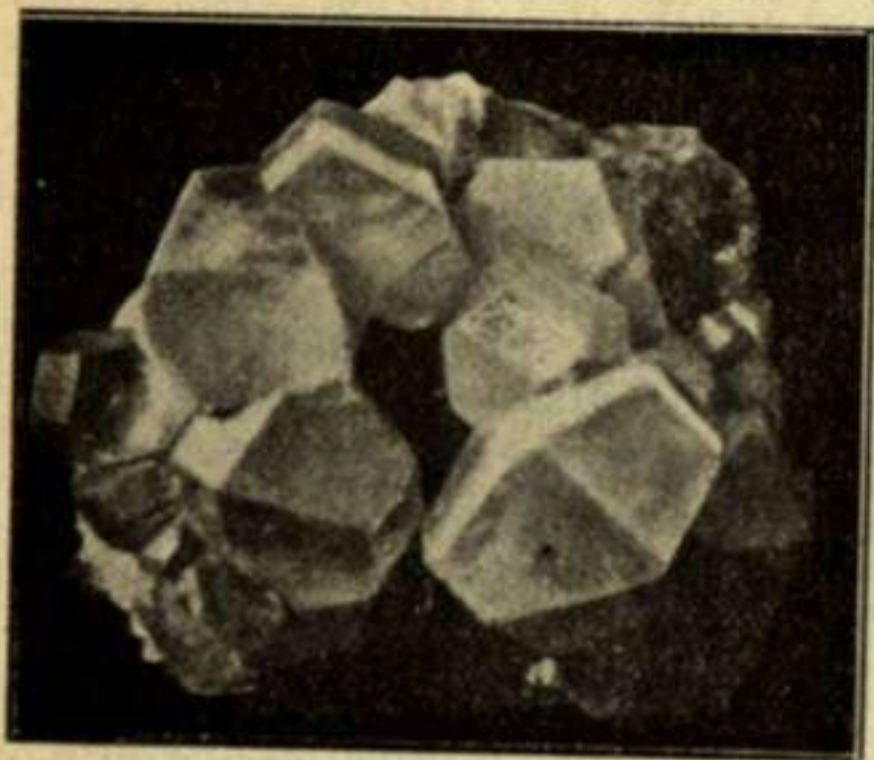


Fig. 82. — Azufre rómbico cristalizado, de Conil, Cádiz

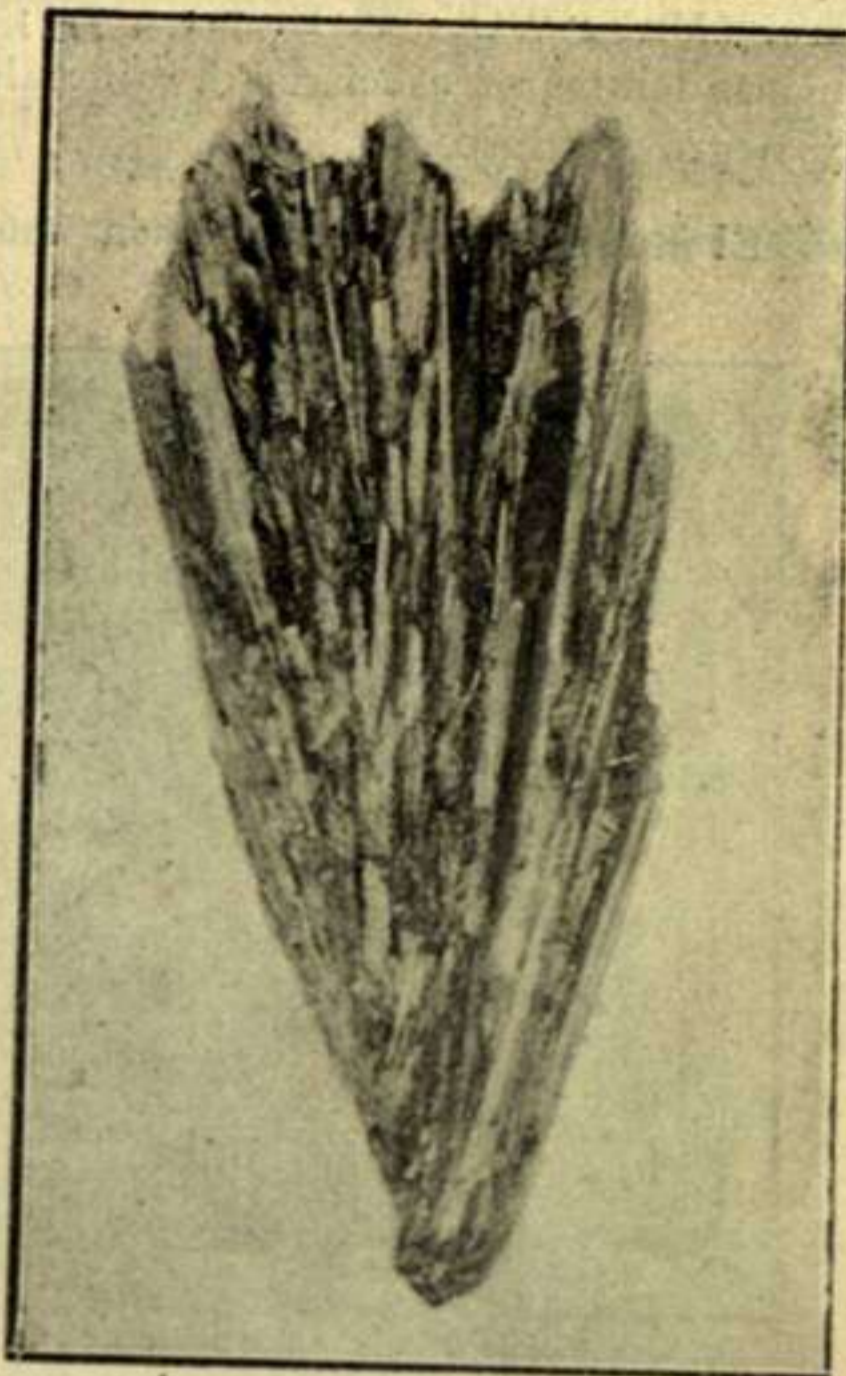


Fig. 83. — Estibina o antimonita acicular estrellada (reducida a la mitad). Museo de Oña.

## SEGUNDO ORDEN

### Metales acidificables

194. Los metales de este grupo no se encuentran libres en la naturaleza, sino combinados: los principales son el molibdeno, cromo, tungsteno y manganeso, que están formando los minerales siguientes:

**Molibdenita.** — Es un sulfuro de molibdeno:  $MoS_2$ ; P. E. 4,6; de brillo metálico, que se presenta en masas foliáceas o laminares, de color gris de plomo. Se raya con la uña y presenta untuosidad al tacto.

Se encuentra en las pegmatitas estagníferas y sienitas.

**Cromita.** — Es un alúmino-cromato de hierro y magnesio, llamado también *hierro cromado* o *siderocromo*. Se presenta en masas granujentas de un negro de hierro pardusco. Se encuentra asociada a la serpentina, y se cree que, como ésta, proviene de la descomposición del peridoto.

De la cromita se extrae el cromo.

**Wolframita** o **Wolfram** (1).—Es un tungstato de manganeso y hierro.  $(\text{MnFe})\text{WO}_7$ ; P. E. 7,1 a 7,5; D. 5; S. monoclinico. Se presenta en masas laminares asociadas a minerales de estaño, de un color gris sombrío y negro pardusco.

El **manganeso** se halla en múltiples combinaciones, de las cuales sólo se mencionan las más importantes:

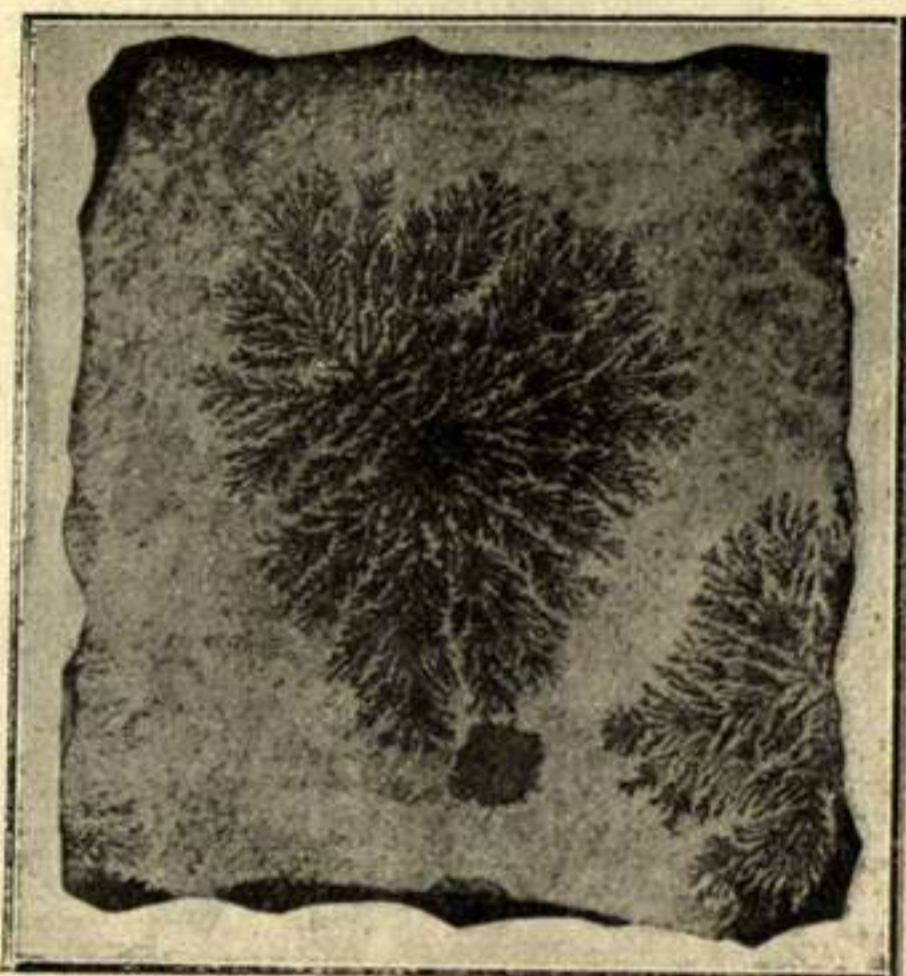


Fig. 84.—Acerdesa. Delgadas películas de óxido de manganeso formando *dendritas* sobre una roca. (De Geikie).

**Pirolusita.** — Es un bióxido de manganeso:  $\text{MnO}_2$  P. E. 4,8; D. 2 a 2,5; Se presenta en agujas fasciculares de un color negro de hierro o gris oscuro de acero; mancha los dedos al tocar. Se emplea para decolorar el vidrio, gracias a sus propiedades oxidantes, llamado por eso *jabón de vidrieros*; de ahí le viene el nombre, que significa lavar por el fuego (griego). También se usa para preparar el acero manganesífero, de una dureza extraordinaria. Se encuentra en las provincias de Huelva, Teruel y Asturias.

La **acerdesa** es un hidrato de manganeso, menos rico en este metal, a lo que alude su nombre de origen griego, que significa no aprovechable, por su menor riqueza en manganeso. Se presenta en cristales estriados, o en masas fibrosas o compactas de color gris oscuro, a veces brillante, o también en festones dendríticos sobre las rocas. (Fig. 84).

La **Psilomelana** es un hidrato de manganeso baritífero. El nombre le viene de su color negro mate ( $\phi\iota\lambda\acute{o}\nu$  = mate;  $\mu\acute{\epsilon}\lambda\alpha\nu$  = negro). El carbonato de manganeso recibe el nombre de *Dialogita*; y el silicato el de *Redonita*.

(1) La palabra Wolfram alemana, significa espuma de lobo. Se emplea para la extracción del tungsteno.

## TERCER ORDEN

## Metales propiamente dichos

**195. División y orden de su estudio.**—Los distribuiremos empíricamente en varios grupos, para facilitar su estudio. En cada metal seguiremos este orden: 1.º, estado nativo, si lo tiene; 2.º, sulfuros; 3.º, óxidos; 4.º, sales haloideas; 5.º, oxisales. Claro está que muchos metales no presentan todas estas formas compuestas; otros, las tienen muy variadas, pero sólo describiremos las más importantes.

## HIERRO

**196. Hierro nativo.**—Fe.; P. E. 7,3 a 7,8; D. 4,5; S. cúbico. Sólo se ha encontrado en algunos bloques empastados en el basalto de Groenlandia y en los meteoritos.

**Pirita.**— $\text{FeS}_2$ ; P. E. 4,9 a 5; D. 6 a 6,6; Sistema cúbico. Es un mineral muy abundante y difundido en los terrenos; se presenta en cristales de forma cúbica con los ángulos frecuentemente truncados o en dodecaedros pentagonales, piritoedros (figura 85); su color es bronceado amarillo de oro, con el cual lo confunden a veces las gentes ignorantes. El nombre le viene de que con el eslabón de chispas, produce fuego.

La *marcasita* es de igual composición que la pirita, pero cristaliza en formas del sistema rómbico. Su color suele ser amarillo claro y aun a veces blanco de plata. El nombre parece de origen árabe, dado por los moriscos españoles.

El *Mispickel* es un sulfuro-arseniuro de hierro.



Fig. 85.—Pirita de hierro en dodecaedros pentagonales o piritoedros, Isla de Elba. (Fot. C. Ugarte, S. J.) Museo de Oña. Tamaño natural.

**197. Magnetita.**— $\text{Fe}_2\text{O}_4$ ; P. E. 4,5; D. 6; S. cúbico. La magnetita se llama así porque es un mineral muy magnético, llamado por eso vulgarmente *piedra imán* (1). Es muy abundante; y se presenta a veces formando enormes bloques y hasta verdaderos montes. Su principal yacimiento son las pizarras cristalinas y las rocas eruptivas básicas. Muchos autores clasifican este mineral, no como óxido, sino como oxisal ferrito-ferrosa; pero otros lo consideran como un óxido ferroso-férrico.

**Oligisto.**— $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; P. E. 5,1; D. 6; S. romboédrico. Sus cristales tienen un brillo metálico muy pronunciado. Las variedades amorfas suelen ser de color rojo de sangre; de ahí el nombre de *hematites rojas*, que reciben. Mezclado con materias terrosas forma los *ocres rojos*. Forma con frecuencia grandes bolsadas, que se explotan como mineral ferrífero, por ejemplo, en Vizcaya y Sevilla. El nombre oligisto alude a su menor cantidad de hierro con relación a la magnetita. ( $\delta\lambda\iota\gamma\omicron\nu$  = poco).

**Limonita.**— $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ; P. E. 3,6 a 4; D. 5 a 5,5. No cristaliza. La limonita o hierro oxidado hidratado, es llamada también *hematites parda* por su color pardusco. Se presenta en masas concrecionadas en grande abundancia; por eso es el mineral de hierro más importante, como en los yacimientos de Vizcaya y Santander. Las formas concrecionadas oolíticas y pisolíticas son frecuentes. Unida a materias terrosas constituye el *ocre amarillo*. El nombre de la limonita alude a su color de limón.

**198. Siderosa.**— $\text{FeCO}_3$  (carbonato de hierro); P. E. 3,85; D. 4. La variedad llamada *hierro espático* cristaliza en romboedros de aspecto pétreo y lustre vítreo. Con frecuencia se presenta en masas granujientas de color achocolatado. Es muy abundante y constituye buena mina de hierro. El nombre es el griego dado al hierro ( $\sigma\iota\delta\epsilon\rho\omicron\varsigma$  = hierro).

## ZINC

**199. Blenda.**— $\text{ZnS}$ ; P. E. 4; D. 3,5 a 4; S. cúbico. La blenda o sulfuro de zinc se presenta en masas cristalinas de formas cuboideas, con un color gris de acero; a veces amarillo de miel, como la blenda acaramelada de los Picos de Europa (Fig. 86). Es de estructura lujosa o apizarrada, de lustre craso o resinoso, a veces

---

(1) El nombre de *magnetita* lo derivan unos de Magnesia, región helénica, otros, con Plinio, del pastor Magnes, quien, por vez primera observó la fuerza atractiva de la *piedra imán* al conducir su ganado por el campo y notar se quedaba él adherido a la roca por los clavos de los zapatos; y lo mismo le pasaba a su cachaba de contera de hierro. [E. M.].

muy vivo, a lo que alude el nombre *blenda* (del alemán *blenden*, ofuscar). Se presenta en filones; y con frecuencia parcialmente trasformada en *Calamina*, como es frecuente en las minas de Santander.

**Calamina.**—Es un silicato de zinc hidratado:  $Zn_2S_2O_5H_2$ ; P. E. 3,4; D. 5; S. rómbico. Se presenta en formas concrecionadas de colores muy variados; suele acompañar a la *zinconisa* y *smithsonita*, que luego describiremos. Los mineros tienden a englobar en un solo nombre de *calamina* a todos los carbonatos y silicatos de zinc, que constituyen las minas más importantes de este metal.

**Zinconisa.**—Es un carbonato de zinc hidratado, que se presenta en formas concrecionadas o terrosas, de color más o menos blanco.

La *smithsonita* es un carbonato de zinc anhidro, que suele estar asociado a la *zinconisa*. Ambos a dos provienen de la trasformación de la *blenda* en carbonato por la influencia del  $CO_2$  de las aguas circundantes subterráneas. Constituyen un rico mineral para la extracción del zinc; y son abundantes en la provincia de Santander: Reocín, Comillas, Picos de Europa, etc.



Fig. 86.—*Blenda acaramelada* de los Picos de Europa (Santander), poco reducida. (Fot. C. Ugarte, S. J.) Museo de Oña.

## ESTAÑO

**200. Casiterita (1).**—Es un bióxido de estaño  $SnO_2$ ; P. E. 6,96; D. 6,5; S. cuadrático. Se presenta en masas amorfas, a veces concrecionadas en los filones cuarcíferos de las pegmatitas. Los cristales se encuentran con frecuencia maclados, en forma particular, que los mineros llaman *pico de estaño*. Su aspecto es litoide más bien que metálico. Es mineral muy importante, pues

(1) De  $\kappa\alpha\sigma\acute{\iota}\tau\epsilon\rho\varsigma$  = estaño.

de él se extrae el estaño, muy empleado en muchas aleaciones, sobre todo con el cobre para la fabricación del bronce tan conocido desde muy antiguo.

## PLOMO

**201. Galena** (1).—Sulfuro de plomo:  $PbS$ ; P. E. 7,5; D. 26; S. cúbico (Fig. 87). Sus cristales cúbicos bien formados son muy frecuentes. Estos presentan a veces truncaduras en los

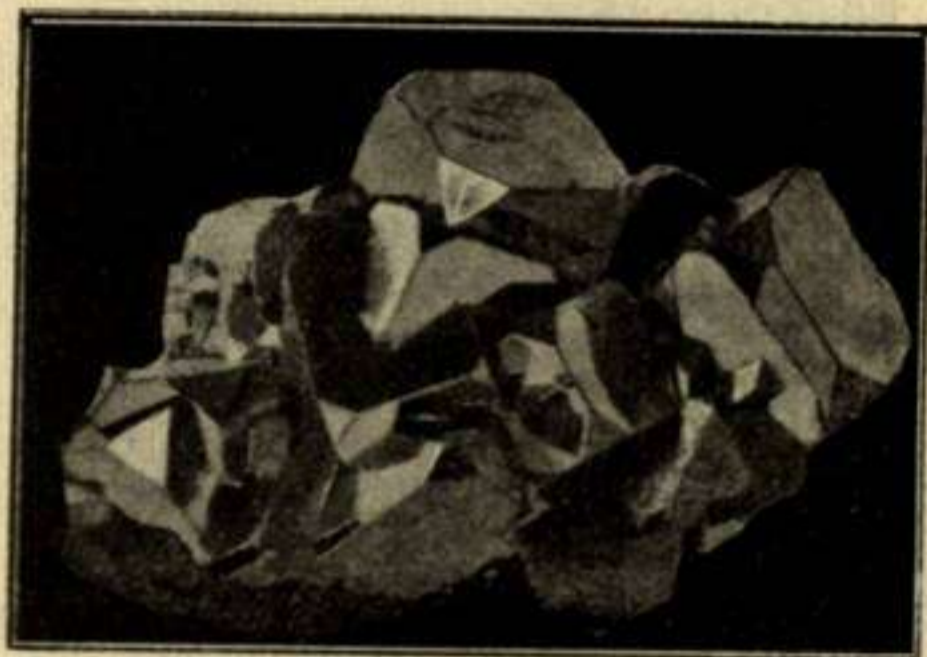


Fig. 87.—Galena en cristales cúbicos con truncaduras en los vértices.

vértices. Es de un color gris de plomo muy pronunciado. Se diferencia, de la blenda, con la cual tiene mucho parecido, por su mayor densidad y menos dureza.

La galena es el principal mineral para la extracción del plomo; se presenta en filones y es muy abundante en España: en Linares, Sierra de Gador, etc. Se encuentra con frecuencia asociada a la plata (galena argentífera).

**Masicot.** —  $PbO$ . Protóxido de plomo; amarillo o rojizo.

**Minio.** —  $PbO_4$ . Rojo aurora. Ambos empleados en pintura.

**Cerusita.** — Carbonato de plomo:  $PbCO_3$ ; P. E. 6,5; D. 3,5; S. rómbico. Aspecto litoide, de colores claros y brillo diamantino o resinoso. Es el producto de la transformación de la galena; por lo cual suele estar asociado a ésta. La cerusita es el albayalde natural o *plomo blanco* de los mineros.

El plomo también suele formar en la naturaleza sulfatos, fosfatos, arseniatos, molibdatos, cromatos, etc., aunque no muy abundantes.

## COBRE

**202. Cobre nativo.**—Cu. Se encuentra en masas filiformes, formando placas musgosas o dendríticas, producidas, al parecer, por una galvanoplastia natural.

**Calcosina.**— $Cu_2S$ . Color negro azulado. Se deja cortar con el cuchillo.

(1) Del griego γαλήνη = mar en calma.



**Calcopirita.**—Sulfuro doble de cobre y hierro:  $\text{CuFeS}_2$ ; P. E. 4,1; D. 3,5 a 4; S. cuadrático. Es el mineral más importante para la obtención del cobre. Su color es dorado con irisaciones azuladas. Se distingue de la pirita por su menor dureza, no dando por eso chispas con el eslabón.

También se presenta el cobre formando sulfatos (*erubescita*), arseniuros, sulfo-antimoniuros, sulfo-arseniuros. (Todos éstos son designados con el nombre de *cobre gris* por su color).

**Cuprita.**— $\text{Cu}_2\text{O}$ . Se presenta en cristales cúbicos traslúcidos, de un color rojo-cochinilla muy pronunciado.

**Malaquita.**—Es el carbonato de cobre hidratado verde; así como la *Azurita* es un carbonato hidratado azul, más oxigenado que la malaquita, y por lo mismo menos abundante en cobre.

También forma el cobre sulfatos, fosfatos, arseniuros y silicatos; pero tienen poca importancia.

## MERCURIO

**203. Mercurio nativo.**—Hg. Se le encuentra en gotitas en los yacimientos de Cinabrio.

**Cinabrio.**— $\text{HgS}$ ; P. E. 8,1; D. 2 a 2,5; S. romboédrico. Es de color rojo-cochinilla, a veces gris azulado. Es el mineral ordinario del mercurio. Son notables las minas de Almadén (Ciudad Real), las más importantes del mundo, explotadas ya desde muy antiguo.

## COBALTO. — NIQUEL. — BISMUTO

**204.** El mineral de que se extrae el **cobalto** es la *esmalina* (arseniuro de cobalto) y la *cobaltina* (sulfo-arseniuro).

El **níquel** se obtiene principalmente de la *niquelina* (arseniuro de níquel).

El **bismuto** se encuentra a veces nativo en forma de laminillas o granos de un color blanco de plata rojizo. En combinación se presenta en forma de sulfuros (*bismutina*) y de carbonato hidratado (*bismutita*).

## PLATA

**205. Plata nativa.**—No es muy abundante. Se encuentra en masas dendríticas o filamentosas en los filones del neis, pórfido, etc., asociada a minerales de oro, cobre, hierro y mercurio (Fig. 88).

**Argentita.**—Sulfuro de plata:  $\text{Ag}_2\text{S}$ . La *argentita* o *plata sulfurada* es muy blanda (D. 2,3) y maleable. Es de color más oscuro y menos brillante que la galena. Es un mineral muy explotado, por su riqueza en plata, sobre todo en Méjico y Chile.



Fig. 88.—Plata nativa cristalizada de Kongsberg, Noruega. (Fot. C. Ugarte) Museo mineralógico de Oña. Tamaño natural.

La plata también se encuentra en la naturaleza combinada con el antimonio y arsénico, formando antimonuros, sulfo-antimonuros, sulfo-arseniuros; entre ellos los más notables son la *Argiritrosa* y la *Proustita*.

La *argiritrosa* es un sulfo-antimoniuro de plata ( $\text{Ag}_2\text{SbS}_3$ ) de color rojo carmesí a gris plomo, y brillo diamantino.

La *Proustita* es un sulfo-arseniuro de plata ( $\text{Ag}_6\text{As}_2\text{S}_6$ ), isomorfo con la *argiritrosa*, pero de colores más claros, con frecuencia semitransparente.

Entre las sales haloideas merece citarse la *Querargirita* o *plata córnea*, llamada así por su aspecto; es un cloruro argéntico muy blando, hasta dejarse cortar como la cera.

## ORO

**206. Oro nativo.**—El oro se encuentra principalmente en estado nativo; P. E. 19; D. 2,5 a 3; cristaliza en formas del sistema cúbico; su más habitual modo de hallarse es en placas, pepitas o filamentos. Es muy dúctil y maleable; es característico su color amarillo. Su yacimiento principal son las pizarras cristalinas, los granitos y pórfidos, entremezclado con ganga de cuarzo. También se encuentra en los aluviones de los ríos, constituyendo lo que llaman *placeres* en América. La mayor parte del oro se extrae de América meridional (Colombia, Ecuador, etc.), Méjico, California (EE. UU.), Australia, Africa meridional, etc. (1).

(1) Los mineralogistas nos hablan de pepitas de oro de peso fabuloso, citándonos sus nombres.

La *nugget* de Australia pesa más de 70 kgs. y en esta región se han recogido otras de 50 y hasta 60.

La *miask* de los Urales conservada en el museo de los Ingenieros de minas de Petrogrado pesa 36 kgs. En el Museo de Historia Natural de Madrid fué robada una pepita de 15 kgs. procedente de Colombia, que era reputada por la 3ª en magnitud entre las conocidas entonces. [E. M.].

En España eran famosos en tiempo de los fenicios y romanos algunos ríos por sus arenas auríferas, entre los cuales figuraban el Darro en Granada y el Sil y el Miño en la región de Asturias, León y Galicia. El principal era el Sil en su trayecto por León (1).

**Compuestos de oro.**—Se encuentra también el oro combinado con el mercurio formando amalgamas de oro. Más importantes aun son los compuestos que el oro forma con el telurio, formando telururos; tal es la *silvanita* telururo de oro y plata.

### PLATINO. — IRIDIO. — PALADIO

**207. El platino nativo** se encuentra generalmente en forma de pequeños granos de color gris acero, fácilmente cognoscibles por su gran densidad; P. E. 17, para el platino nativo; 21 a 23 para el martillado.

Con frecuencia el platino se halla asociado *al iridio, al paladio, al osmio* y otros metales, notables por su poca abundancia en la naturaleza: de ahí el nombre común de *metales raros* que se les ha dado.

Los yacimientos de platino y metales raros más importantes son los del Chocó y Río Pinto (Colombia); los Urales, California, etc.

## CUARTA CLASE

### MINERALES DE ORIGEN ORGANICO

**208. Origen y división.**—Estos minerales se llaman así, por tener, como dijimos, su procedencia y origen de restos de seres orgánicos. Se los llama también *combustibles minerales*, porque todos ellos arden con relativa facilidad, y muchos se emplean como combustible principal en los usos domésticos e industriales. Todos ellos tienen por base fundamental el carbono; por lo cual se los podría también denominar *minerales de carbono*.

Para el orden de la descripción que será muy breve, estudiaremos primero los minerales de carbono más o menos puro; y luego los principales compuestos suyos.

---

(1) Es muy frecuente en joyería y en la acuñación de monedas la aleación de oro y cobre que garantiza más su dureza y tenacidad. Es de frecuente aplicación el oro en orfebrería, en el dorado de maderas y metales y en la acuñación de monedas, en las cuales el valor nominal y real se equilibran sensiblemente. [E. M.]

## CARBONO PURO

**209. Diamante** (1).—Es carbono puro cristalizado en el sistema cúbico; P. E. 3,5. Es el cuerpo más duro que se conoce, pues raya a todos los demás y él de ninguno puede ser rayado (2); de ahí su valor como piedra preciosa. (Fig. 89).

También le da mucho valor artístico el ser muy refringente de los rayos luminosos, por lo cual ofrece irisaciones y cambiantes muy vistosos. Añádase a todo esto que el diamante no es atacado por los ácidos ni por las bases, y se comprenderá la estimación que de él se hace en joyería. El diamante arde en una atmósfera de oxígeno, sin dejar residuo; el

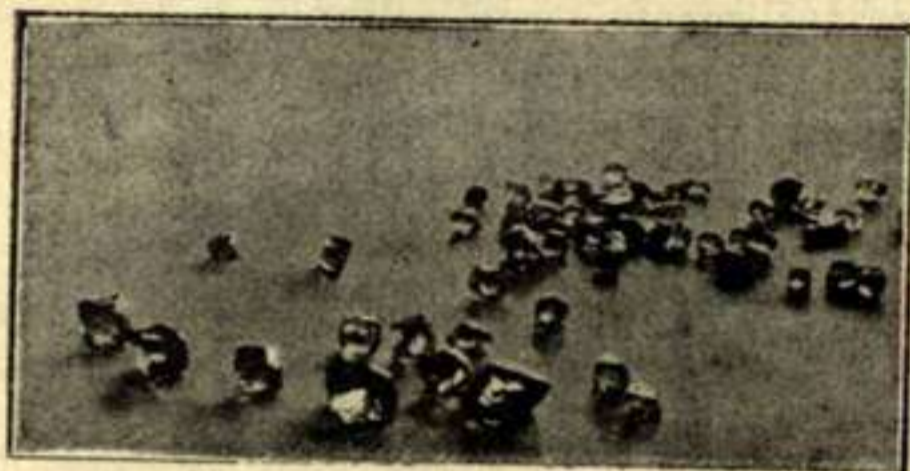


Fig. 89.—Diamantes sin labrar, recién extraídos de la mina de Kimberley.

producto de la combustión es  $\text{CO}_2$ , que se va a la atmósfera.

Como en estado nativo el diamante presenta sus caras mates y rugosas, para emplearle como piedra preciosa, suele ser tallado o reducido a superficies planas y brillantes, en mayor o menor número, según el tamaño del diamante y el gusto del artista.

Los principales yacimientos del diamante son los de Gol-

conda (India), hoy casi completamente agotados; los del extremo Sur de Africa en las regiones del Cabo (Transvaal, Orange, etc.).

El mayor diamante, el Cullinam, hallado en las minas de Transvaal en 1905, pesaba en bruto 3.025 quilates (3). De él salieron nueve diamantes, de los cuales los más importantes son el Cullinam 1° (516 quilates) y el Cullinam 2° (309). El llamado *Gran Mogol*, de los Reyes de Inglaterra, pesa 280 quilates. También es notable el *Regente*, de Francia, de 136 quilates, el *Orlow*, de Rusia, de 194, etc.

(1) Aunque es muy problemático el origen y formación de los diamantes, por lo cual tal vez alguno considere impropio el colocarlos entre los minerales de origen orgánico, sobre todo, después de que parece haberse encontrado diamantes en los terrenos graníticos; sin embargo, como el carbono, según dijimos, es el elemento fundamental de los minerales orgánicos; por eso al estudio de éstos parece lógico anteponer el del Carbono puro natural, como al estudio de los minerales metálicos precedió el de los mineralizadores.

(2) De ahí su nombre ἀδάμστος = indomable.

(3) Un quilate pesa 205 miligramos; cada quilate vale entre 250 y 300 pesetas; pero cuando el número de quilates aumenta mucho, el precio del diamante sube extraordinariamente y sin proporción.

**Grafito.**—El grafito, llamado también *plombagina* o *lápiz plomo*, es carbono casi puro, con algunas impurezas de óxido de hierro y sílice. Sus cristales, aunque de apariencia exagonal, más bien parece que pertenecen al sistema monoclinico. Lo más frecuentemente se presenta el grafito en masas laminares de aspecto de color gris de acero. Es flexible, tierno y untuoso al tacto y muy blando: D. 0,5 a 1. Arde en atmósfera de oxígeno, dejando algunos residuos, debidos a las impurezas.

Se le encuentra en terrenos muy antiguos, en Rusia, Estados Unidos, Perú, etc. Los yacimientos de España (Marbella, San Martín de Provensals, etc.) son de regular calidad. Se le emplea para hacer lapiceros, crisoles infusibles y como lubricante (en polvo mezclado con sebo), etc.

### CARBONES FOSILES

**210.** Se designa con el nombre de *carbones fósiles* ciertos residuos de la transformación o maceración al abrigo del aire, de sustancias vegetales, en los cuales entra como principal elemento el carbono, combinado con el hidrógeno y el oxígeno. Estos carbones arden fácilmente, por lo cual son empleados en la industria como combustibles. (Figura 90).

A cuatro grupos se pueden reducir los carbones fósiles: antracita, hulla, lignito y turba.

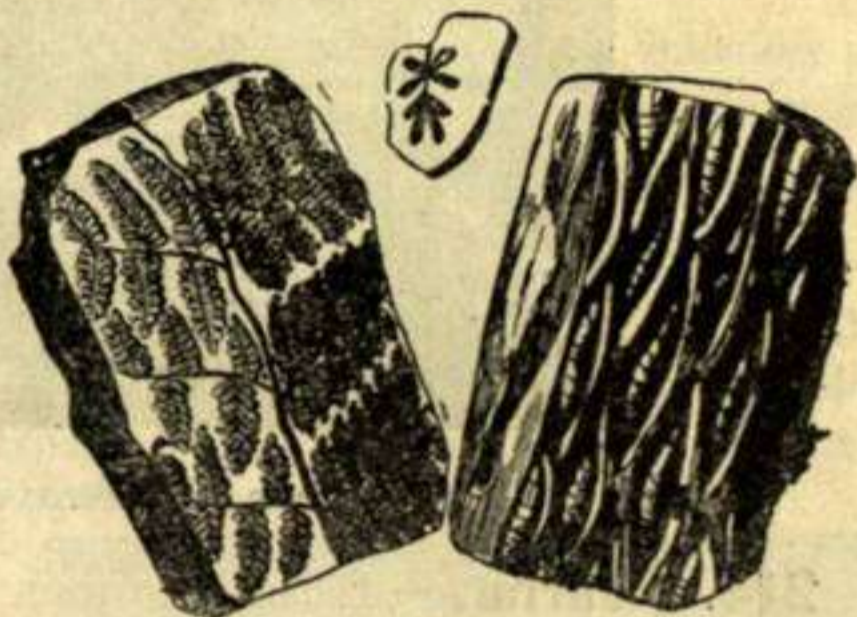


Fig. 90.—Impresiones de fronda, hojas y tallos que frecuentemente se encuentran en los esquistos de hulla.

**211. Antracita.**— Es el carbón más rico en carbono, del cual contiene de 87 a 94 %. Es amorfo y de fractura concoidal, de un color negro irizado. Se encuentra en terrenos sedimentarios muy antiguos, con frecuencia anteriores al carbonífero. En España no es muy abundante, se encuentra en algunos puntos de Asturias y Lérída.

**212. Hulla.**— La hulla o *carbón de piedra* contiene de 72 a 92 % de carbono. Arde más fácilmente que la antracita. Por destilación de la hulla se obtienen varios gases combustibles y líquidos inflamables, dejando un residuo seco, grisáceo y poroso llamado *cok*, que arde sin llama y tiene gran energía calorífica.

Según la proporción de materias volátiles, se distinguen las hullas en *grasas* y *secas*; las primeras contienen más cantidad de sustancias volátiles y bituminosas, y arden hinchándose con aglu-

tinamientos en su masa; las segundas son menos ricas en elementos bituminosos y arden sin aglutinamiento.

La hulla es uno de los elementos industriales más importantes. Las regiones más privilegiadas en este punto son: Inglaterra, Estados Unidos y China. En España se encuentran considerables yacimientos sobre todo en Asturias, León y Palencia.

La hulla se encuentra casi exclusivamente en terrenos del período carbonífero; cuando estudiemos este período en la Geología histórica, haremos algunas indicaciones sobre el origen y formación de la hulla y filones

**213. Lignito.**—Tiene menos proporción de carbono; 55 a 75 %. A veces se presenta con una estructura muy compacta y brillante, constituyendo el *azabache* empleado para construir objetos de adorno.

El lignito tiene mucha menos potencia calorífica que la hulla; y se encuentra con preferencia en terrenos de la era secundaria.



Fig. 91. — Pozos petrolíferos de Rumanía. (Cl. Ibérica).

**214. Turba.** — Es mucho más pobre en carbono; contiene muchas sustancias terrosas y fibrosas vegetales sin descomposición. Como combustible es de poco precio. Se encuentra en terrenos terciarios y modernos. Proviene del sucesivo amontonamiento de plantas, sobre todo criptógamas, y en especial musgos, que se van acumulando durante generaciones sucesivas en los lugares pantanosos, en cuyo fondo empiezan a descomponerse parcialmente.

Las turberas actuales más notables son las de Holanda.

### CARBUROS DE HIDROGENO

También procedentes de la descomposición de sustancias orgánicas, se encuentran varios hidrocarburos naturales. Unos son líquidos, otros viscosos, otros sólidos.

**215. Petróleo.**—Es una mezcla de varios hidrocarburos de la serie saturada acíclica. El petróleo sale líquido en forma de manantiales en cierta clase de terrenos. Los yacimientos más no-

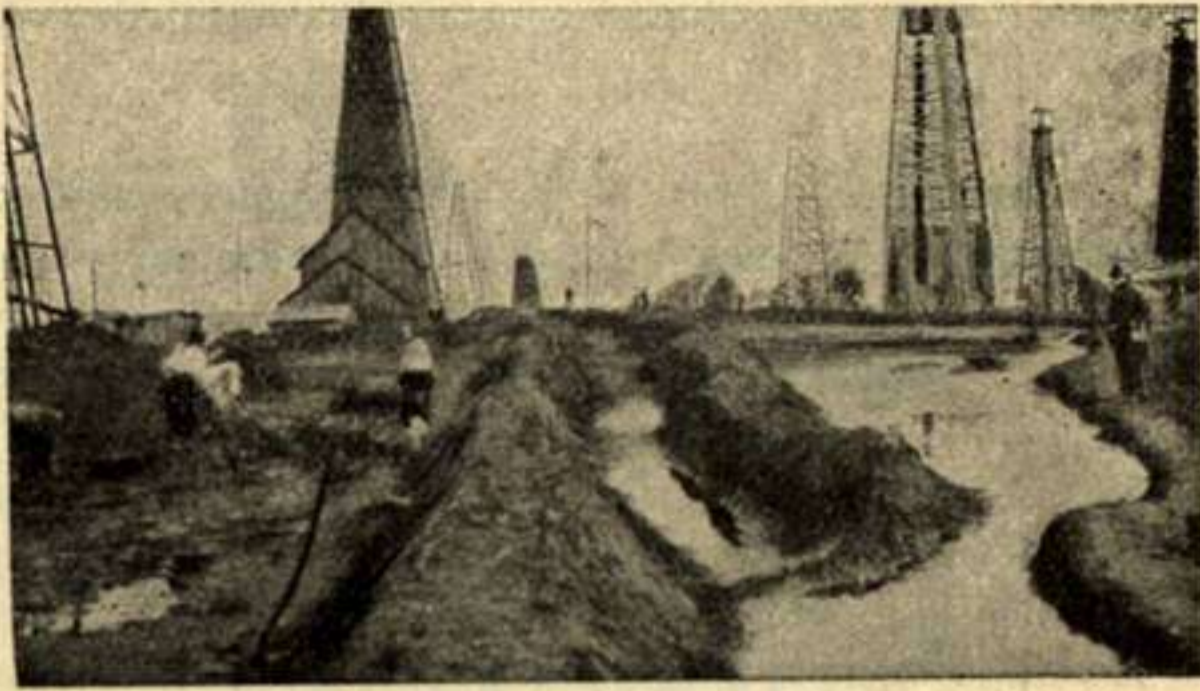


Fig. 92.—Aspecto de una explotación petrolera en Transilvania.

tables son los de Rumanía, Caúcaso, Méjico, Estados Unidos, etc. (Figuras 91 y 92).

En alguna de estas localidades se encuentra el petróleo en cantidades enormes; por lo cual algunos dudan atribuirle origen orgánico; inclinándose a creer que procede de reacciones químicas del agua sobre materias minerales carburadas; reacciones que tienen lugar en el interior de la tierra.

En cambio muchos yacimientos parece que tienen íntima relación con las sustancias orgánicas, ya animales, ya vegetales; pues se encuentran en terrenos donde abundan extraordinariamente los restos orgánicos, como sucede en *Bakú*, en la orilla occidental del mar Caspio (Georgia).

**216. Asfalto.**—El asfalto procede de la oxidación de hidrocarburos, con mezcla de compuestos resinosos, que dan una materia sólida y más o menos pastosa de color negro y aspecto craso. El asfalto, llamado también *betún de Judea* y *pez mineral*, se encuentra en el Mar Muerto, llamado también por eso lago Asfaltites. También se encuentra en la región de la Mesopotamia; y era conocido de antiguo por los egipcios y babilonios, que lo usaban para el embalsamamiento de los cadáveres, y aun para construcción como cemento, y como materia impermeable para barnizar las embarcaciones. También en la isla de Trinidad, cerca de la costa de Venezuela y en Gua-



Fig. 93.—Lago de asfalto de pingüe rendimiento, de Guanoco, Venezuela (1).

(1) Este asfalto es muy poco más pesado que el agua, por lo que hay que extraerlo del fondo. Se funde a los  $77^{\circ}$ . Para utilizarlo en la construcción de pavimentos se acostumbra a mezclarlo con arena y polvo mineral, con objeto de hacer una masa compacta, dura e inalterable. [E. M.]

noco se encuentran lagos que contienen grandes cantidades de asfalto. (Figura 93).

**217. Ceras Minerales.** — Son hidrocarburos muy condensados, de elevado peso molecular: son isomorfos con la trementina y análogos en su origen.

La principal es la *ozoquerita* o *parafina natural*, que se presenta en masas verdes por reflexión y amarillentas por trasmisión.

**218. Resinas.** — Son hidrocarburos oxigenados. La principal es el *ámbar* o *succino*, que se presenta en nódulos arriñonados, aprisionando a veces insectos, arañas, flores, etc. en perfecto estado de conservación. Las aguas del mar Báltico arrojan con frecuencia a las costas grandes trozos de ámbar, procedentes de terrenos terciarios. Su propiedad de electrizarse negativamente por el froté es conocida desde muy antiguo; y de ahí viene el nombre de electricidad, de *electron* ( ἤλεκτρον ) que es el nombre griego del ámbar.

Las simplemente llamadas *resinas fósiles*, se distinguen del succino en que no dan ácido succínico destilándolas en tubo de ensayo. Se encuentran con frecuencia en los terrenos cretáceos de la costa Cantábrica, principalmente en los alrededores de Comillas.





SECCION II  
**PETROGRAFIA**

CAPITULO I

**GENERALIDADES (1)**

**219. Definición.**—«La Petrografía, como se dijo antes (114), es la parte de la Geognosia que se ocupa del estudio de las rocas». También suele llamarse *Litología* (de λίθος = piedra) o sea tratado de las piedras o materiales pétreos de la costra terrestre.

**Roca** es «un mineral o conjunto de minerales, que asociados de una manera semejante, forman parte considerable de la corteza terrestre».

Las rocas se diferencian de los *minerales*, en que éstos, como se dijo (115) tienen sus moléculas de igual composición química y la estructura homogénea; en cambio, las rocas generalmente son de estructura heterogénea y de moléculas químicamente diversas; como que resultan casi siempre de la reunión de varios minerales, denominándose en este caso rocas *compuestas*, como por ejemplo el granito, que es una roca compuesta de una mezcla de cuarzo, feldespato y mica. Sin embargo, una roca puede constar de un solo mineral, *roca simple*; por ejemplo la caliza, con tal que forme parte considerable de la costra terrestre o litosfera.

**220. Composición mineralógica de las rocas.**—No todos los minerales se hallan en cantidad suficiente para formar parte *considerable* de la costra terrestre o para constituir las rocas; su número es bastante limitado.

He aquí por orden de importancia los principales: feldespato,

---

(1) Véase el cuadro-resumen de la Petrografía en las págs. 74 y 75.

que forma casi la mitad de la costra terrestre; cuarzo, que constituye un tercio de la misma; caliza, mica, anfíboles, piroxenos, etc.

**Minerales esenciales y accesorios.**—Un mineral puede entrar a constituir una roca de una manera esencial o accesorio. Un mineral se dice *esencial* a una roca, cuando sin él no puede ser constituida tal roca: por ejemplo, el cuarzo es esencial al granito tipo, pues sin cuarzo no se da granito. Es *accesorio* o *secundario*, cuando puede existir o faltar en la roca, sin que ésta deje de existir lo mismo con su presencia que con su ausencia. Así, por ejemplo, la cordierita (167) es accesorio al granito, porque unas veces se encuentra en él y otras veces falta, sin que deje de ser granito. De la misma manera la turmalina (168) puede hallarse o faltar en las pegmatitas.

**221. División de las rocas.**—Si echamos una mirada sobre las rocas que componen la litosfera, veremos que unas tienen estructura más o menos cristalina o vitrosa y están dispuestas en masas macizas y continuas sin estratificación aparente; son las rocas *ígneas*, llamadas así porque se formaron por enfriamiento y consolidación de materiales incandescentes, originarios del interior de la tierra; por eso se llaman también *rocas endógenas* o de *origen interno*.

Otras rocas hay de estructura no cristalina o amorfa, dispuestas en capas o estratos superpuestos, llamadas por eso *estratificadas* o también *sedimentarias*, por haber sido formadas por vía de sedimentación, o *exógenas*, por proceder de materiales epigénicos.

Por fin, hay otra tercera clase de rocas, de estructura más o menos cristalina como las ígneas, pero dispuestas en capas o estratos, como las sedimentarias: reciben el nombre de *cristalofílicas* (hojas-cristales), por su estructura foliácea, o también el de *metamórficas*, por creerse que proceden de rocas sedimentarias, que cambiaron su estructura amorfa en cristalina, en virtud del fenómeno llamado *metamorfismo*, que después explicaremos.

Sobre las nociones generales de estructura y fractura, véase lo dicho al hablar de los minerales (146-147); pues tienen aquí la misma significación.

## CAPITULO II

## ROCAS IGNEAS

## ARTICULO I

## NOCIONES GENERALES

**222. Estructura de las rocas ígneas.**—En las rocas ígneas, uno de los caracteres más importantes es su *estructura* o «manera de estar colocados sus elementos mineralógicos».

Hay algunas que constan de cristales más o menos voluminosos, directamente unidos entre sí, sin materia amorfa interpuesta: su estructura se llama *holocristalina* (perfectamente cristalina); ejemplo típico de estas rocas es el granito; por eso también se denomina *granítica* esta estructura.

Otras rocas, como el pórfido, tienen sus cristales macroscópicos o *fenocristales* (cristales manifiestos) unidos por materia intermedia, amorfa a simple vista, pero en realidad compuesta de pequeños cristales (*microcristales*) sólo discernibles con el auxilio del microscopio. Se dice entonces estructura *porfídica* o *semicristalina* o *hipocristalina*.

Otras rocas, en fin, están compuestas de materia macroscópicamente vitrosa, sin cristales aparentes; su estructura se llama *vitrosa*.

**223. Modalidades de estructuras.**—Dentro de cada uno de estos tres tipos de estructura se distinguen otras variedades. Así la estructura *holocristalina*, si los cristales son regularmente grandes y están orientados en la misma dirección, es la estructura *granítica* propiamente dicha; si los cristales son pequeños y sin orientación fija, se dice estructura *granulítica*.

En la estructura *semicristalina*, cuando los cristales son alargados se tiene la estructura *ofítica*; cuando están ordenados en series onduladas, estructura *traquítica* (Fig. 94), propia de las traquitas; cuando se agrupan

en formas circulares estructura *esferolítica* o *felsítica*, por ser muy manifiesta en la *felsita*.

En la estructura *vitrosa* cuando los microlitos están alineados en forma de corriente, se dice estructura *fluídal*; cuando la masa microlítica está dividida por hendiduras de enfriamiento en zonas circulares, se llama estructura *perlítica*, muy notable en la roca *perlita*.

**224. Etapas de consolidación.**— La estructura de las rocas ígneas es muy importante, porque está relacionada con su origen y modo de consolidación. Las rocas de estructura granítica se consolidaron con gran lentitud en las zonas profundas de la tierra, sin salir al exterior: de ahí

el nombre de rocas *abisales*, que también llevan, atendida la zona en que cristalizaron. Por eso pudieron cristalizar con relativa perfección todos sus elementos.

Las rocas de estructura porfídica conservan vestigios de dos etapas de consolidación: una de reposo, en que cristalizaron sus elementos cristalinos de mayor tamaño o *fenocristales*; y otra de agitación en que se consolidó la materia vitrosa o microcristalina. Estas rocas se consolidaron a menos profundidad que las anteriores; se llaman por eso *hipo-abisales* o menos abisales.

Por fin, las vitrosas se consolidaron en la superficie ter-

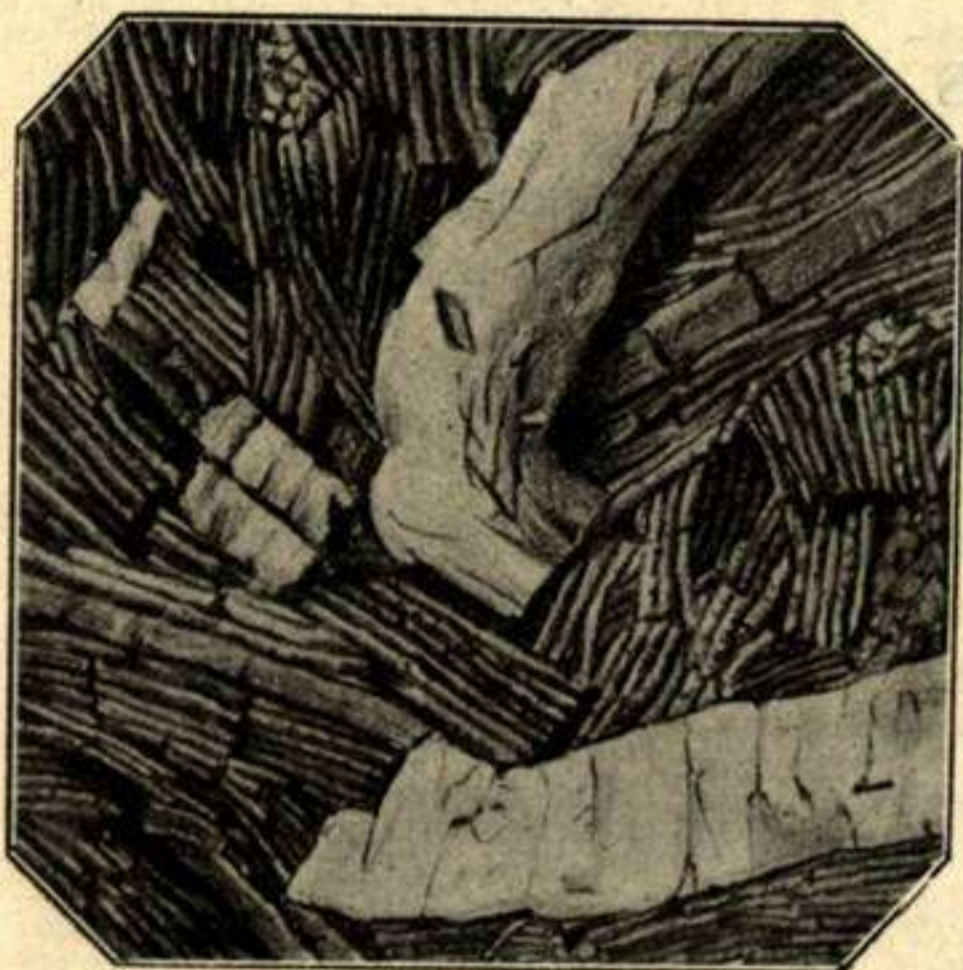


Fig. 94.—Estructura traquítica, a través del microscopio. (Dibujo imit. de Weinschenk).

restre, en menos reposo y más de prisa; por eso toda o la mayor parte de sus elementos tomó la forma vitrosa; éstas son las rocas *superficiales* o *efusivas*.

**225. Estudio de las rocas con luz polarizada.**— El estudio de las rocas se hace modernamente con luz polarizada, principalmente con luz paralela o en haces paralelos. Para eso se tallan las rocas en láminas delgadísimas transparentes, que vistas con el microscopio polarizador, ofrecen matices y coloraciones muy variadas, según la naturaleza y disposición de los minerales componentes.

**226. División de las rocas ígneas.**— Las dividiremos en tres clases; a cada clase en tres familias y de cada familia describiremos algún género.

Para la división en clases nos fundaremos en la composición mi-

neralógica; en la división de las familias atenderemos a su estructura.

Las rocas ígneas atendida su composición se dividen en tres grandes grupos o clases: *ácidas*, *neutras* y *básicas*, según que predomine el elemento ácido o sílice, o el elemento básico o metálico, o estén casi en igual proporción (1). Las primeras son ligeras; y las últimas o básicas pesadas; y las neutras un término medio. Las ácidas tienen una densidad que no excede de 2,8; las básicas no bajan de 3,2. En las ácidas el elemento ácido o sílice pasa del 68 %; y en las básicas oscila entre el 40 y el 56 %.

A cada una de estas tres clases la dividiremos en tres familias, según sea la estructura *holocristalina*, *semicristalina* o *vitrosa*.



**227. Magma petrogénico.** — Como dijimos arriba, las rocas ígneas provienen de la consolidación de una materia incandescente, más o menos flúida, situada en la *pirosfera* debajo de la litosfera. Esa materia, que proporciona los elementos a las rocas, es denominada *magma petrogénico*, como si dijéramos, *elemento factorial* de las rocas.

Ese magma primordial, en virtud de las condiciones físicas y químicas bajo las cuales se consolidó, dió origen a la diversidad de rocas, tanto en lo que se refiere a su estructura, como a su composición mineralógica. Es, pues, el magma la materia fundamental, de la cual tomaron su origen las rocas.

Disputan los geólogos sobre si el magma primordial es homogéneo y sólo se va diversificando después, durante cierto período de elaboración, en virtud de la cual se originan otros magmas parciales de distinta composición. Hoy es bastante común admitir la existencia de ciertos focos o departamentos en la pirosfera con magma de composición distinta. Estos focos o centros, que proporcionan el magma petrogénico, pueden ser independientes entre sí, o con algunas comunicaciones, como dijimos al hablar de los volcanes y del interior de la Tierra.

Esta diversificación de focos magmáticos parece confirmarse con la existencia de provincias petrográficas.

**228. Provincias petrográficas.** — Después de muchos análisis y observaciones se ha venido a deducir que el magma petrogénico de las distintas regiones presenta casi siempre caracteres peculiares, que les distinguen del de las otras *provincias petrográficas*, caracterizadas por el magma de sus rocas ígneas.

---

(1) El elemento ácido o sílice suele también llamarse *elemento blanco*, porque da colores claros a las rocas; a diferencia del elemento básico o metálico, que proporciona a las rocas colores más o menos oscuros; por eso es denominado también *elemento negro*. Según esto, a las rocas ácidas se les da también el nombre de *leucócratas*, por predominar en ellas el color blanco; así como a las básicas se las denomina *melanócratas* por sus colores más oscuros.

No es tan fácil determinar la semejanza o parentesco entre las rocas de una región; por eso el establecimiento de provincias petrográficas es todavía bastante vago e indeterminado.

Una de las regiones o provincias mejor establecidas y determinadas es la que se encuentra en la zona de Oslo o Cristianía (Noruega), donde todas las rocas desde las erupciones más antiguas hasta las más modernas, presentan cierto parentesco o carácter de familia.

Con las provincias petrográficas tiene íntima relación lo dicho acerca de las provincias volcánicas (95).

---

## ARTICULO II

### DESCRIPCION DE LAS ROCAS IGNEAS

#### PRIMERA CLASE

#### ROCAS ACIDAS

##### PRIMERA FAMILIA

#### Rocas ácidas de estructura holocristalina

**229. Granito.**—El granito tipo se compone de cuarzo, feldespato y mica. La mica es la *biotita* o mica negra; que da a la roca un aspecto moteado de manchas negras entre los cristales claros de cuarzo y feldespato (Fig. 95). El granito es la roca berroqueña de construcción; los granitos forman los terrenos más antiguos que se conocen y sobre los cuales se asientan todos los demás; por eso creen muchos que son el producto de la primera consolidación de la costra terrestre. En España abundan en Galicia, Guadarrama, etc. También se conocen granitos de épocas más recientes hasta en terrenos terciarios.

**Pegmatita.**—Es un granito de mica blanca, en que sus partes o elementos cristalinos presentan grandes dimensiones. La mica suele estar agrupada en forma de grandes láminas. Abundan en las mismas localidades que el granito.

##### SEGUNDA FAMILIA

#### Rocas ácidas de estructura semicristalina

**230. Granitófiro o pórfido granitoide**—Es de composición análoga a la del granito; pero los cristales de feldespato, englobados en una masa microcristalina de cuarzo, le dan el aspecto porfiroide o de estructura

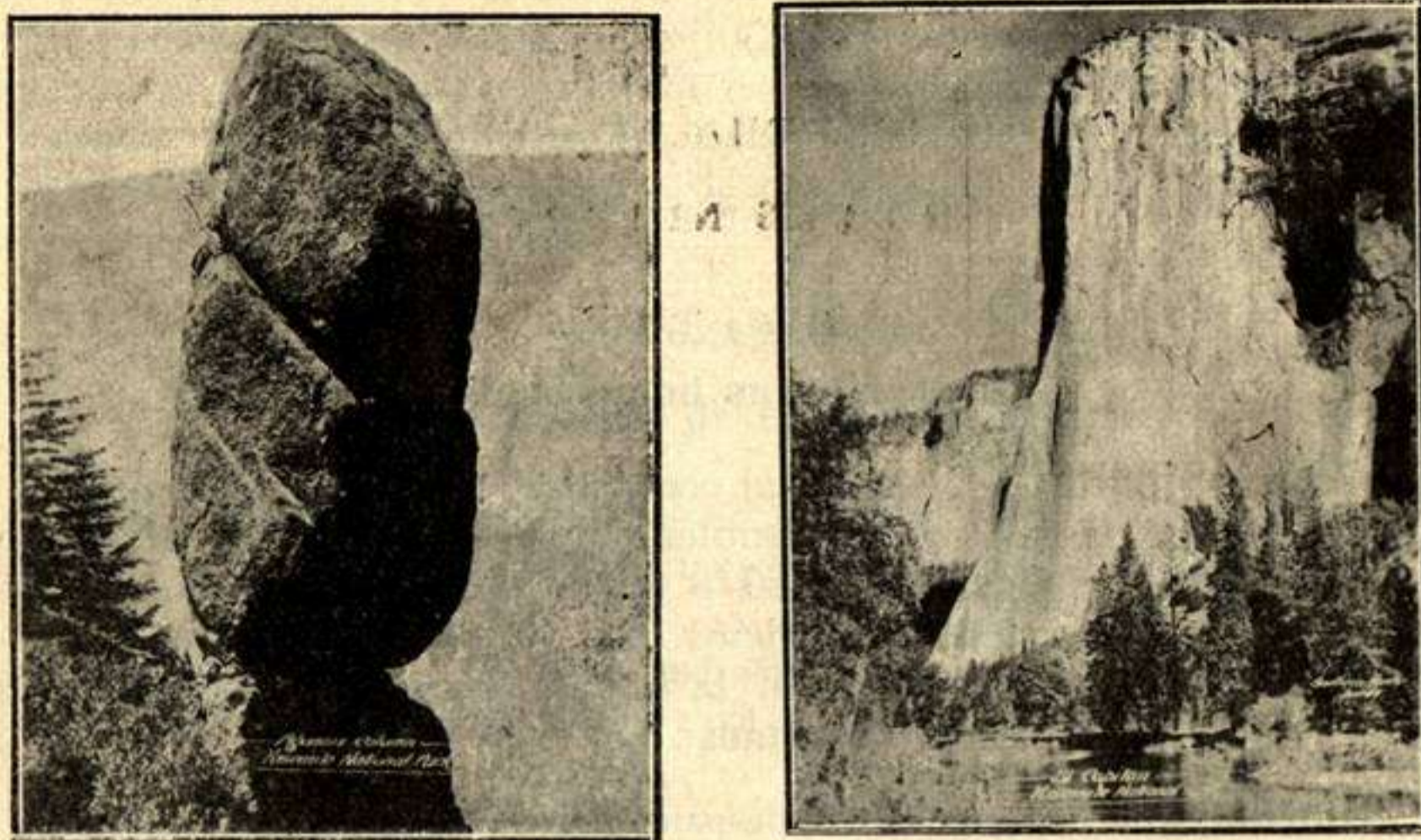


Fig. 95.—Ejemplares de granito del valle Yosemite, EE. UU.

Columna de Agassic, de 29 mets. de altura

Imponente mole de granito denominada «El Capitán» a orillas del Merced.

semicristalina. El color de su pasta suele ser rojo; sobre el cual resalta el brillo de los cristales de cuarzo. Es el pórfido cuarcífero de los antiguos autores.

### TERCERA FAMILIA

#### Rocas ácidas de estructura vitrosa

**231. Obsidiana.** — Es una roca vitrosa; en que abunda el cuarzo; no contiene agua. Su fractura es muy concoidal y es susceptible de gran pulimento; su color es negro o rojizo. Se llama también *vidrio de los volcanes* o *espejo de los Incas*. Abunda en América meridional y Méjico.

*Retinita.* La retinita o *pechstein* es una masa vitrosa de cuarzo, feldspato y mica con cantidades variables de *sanidino* (olivino) y minerales de hierro; es también abundante en agua. Tiene brillo resinoso, a lo cual alude su nombre; presenta fractura concoidal; y su color suele ser pardo, verde oscuro o verde oliva con manchas rojas o amarillas.

SEGUNDA CLASE  
ROÇAS NEUTRAS

PRIMERA FAMILIA

**Rocas neutras holocristalinas**

**232. Sienita.**—Es de igual composición que el granito sustituyendo en vez de cuarzo la hornblenda. Las sienitas son de grano muy fino; su color suele ser gris o verde oscuro. Es roca muy apta para la ornamentación de edificios. En vez de encontrarse en extensas masas, como el granito, la sienita se presenta siempre en zonas muy circunscritas y limitadas.

**Diorita.**—Se compone de feldespato oligoclasa, de anfíbol y biotita. Por la abundancia del elemento negro o ferro-magnésico la diorita es el lazo entre las rocas neutras y básicas. El color suele ser verdoso. En España existe en Plasencia (Cáceres), Navacerrada (Segovia); valle de Baztán (Navarra), etc.

SEGUNDA FAMILIA

**Rocas neutras hipocristalinas**

**233. Ortófido.**—Es de composición análoga a la sienita, pero de estructura semi-cristalina. Su color suele ser pardo o negro. Se encuentra de preferencia en las erupciones preterciarias.

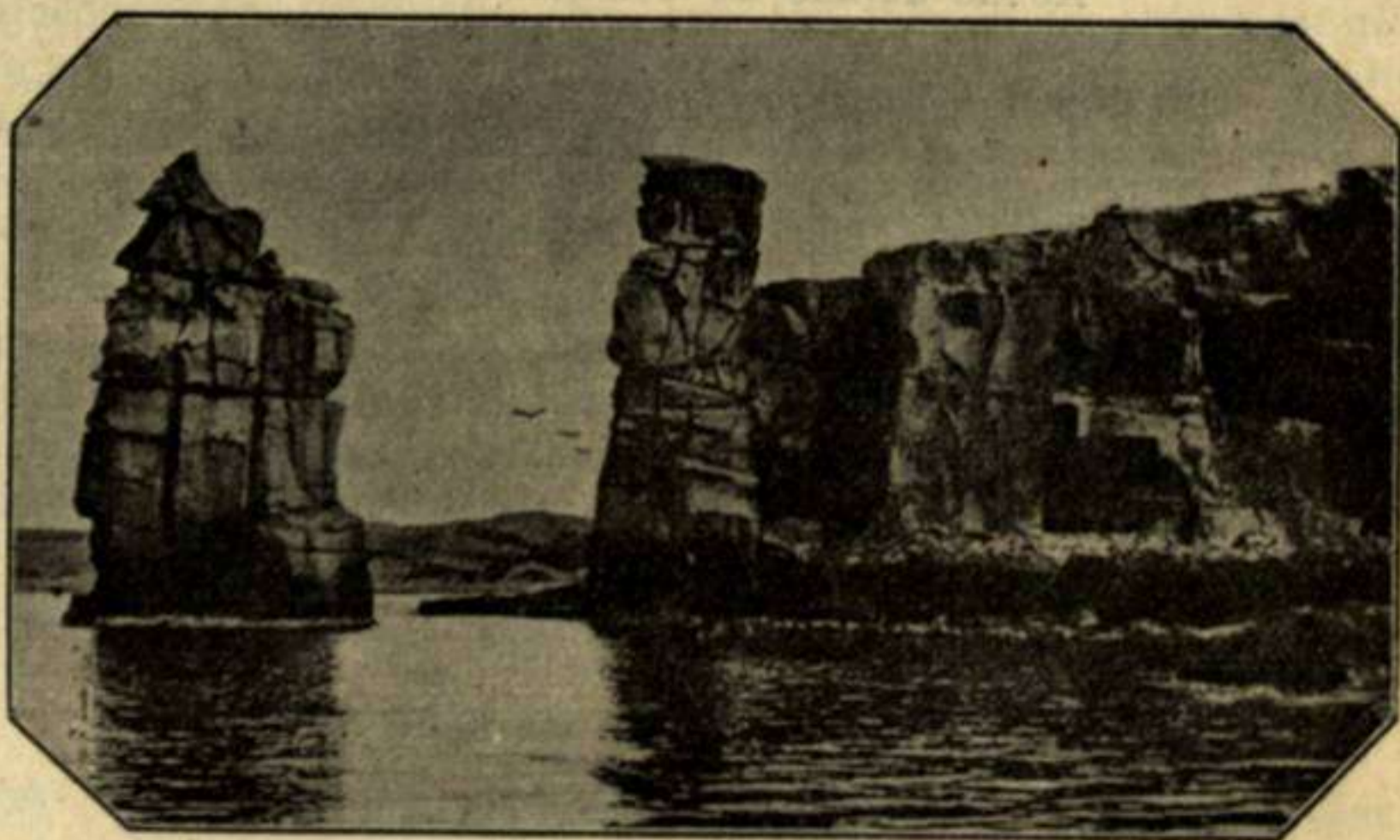


Fig. 96.—Rocas traquíticas de la isla de San Pedro, al SO. de Cerdeña.



**Traquitas.**—Se componen de sanidino (variedad de ortosa), plagioclasa y hornblenda o biotita; son ásperas al tacto, a lo cual alude el nombre. Su estructura es semicristalina, de variedad traquítica. Se la encuentra formando diques naturales, cúpulas o tapones; se la emplea como piedra de construcción. (Fig. 96).

### TERCERA FAMILIA

#### Rocas neutras de estructura vítrea

**234. Obsidiana traquítica.**— Es una roca vítrea de composición análoga a la traquita. Son notables las obsidianas de las Azores e Islandia.

**Piedra pómez.**— Es como una obsidiana muy porosa, que flota en el agua. Su porosidad es debida a gases aprisionados en su consolidación, que luego quedan en libertad.

### TERCERA CLASE

#### ROCAS BASICAS

### PRIMERA FAMILIA

#### Rocas básicas holocristalinas

**235. Diabasas.**— Son una mezcla de plagioclasa y augita. Suelen ser de color verdoso debido a la *clorita*, que es producida por la descomposición de la augita, así como la descomposición del feldespato oligoclasa da origen a masas de caliza, fáciles de distinguir por la efervescencia con los ácidos. En España forman diques potentes en los terrenos paleozóicos.

**Gabros.**— Son rocas de estructura granolítica, formadas por plagioclasas y dialaga. Su color es también verdoso. Su dialaga a veces se convierte en clorita o serpentina. Hay gabros abundantes en Huelva y Sevilla.

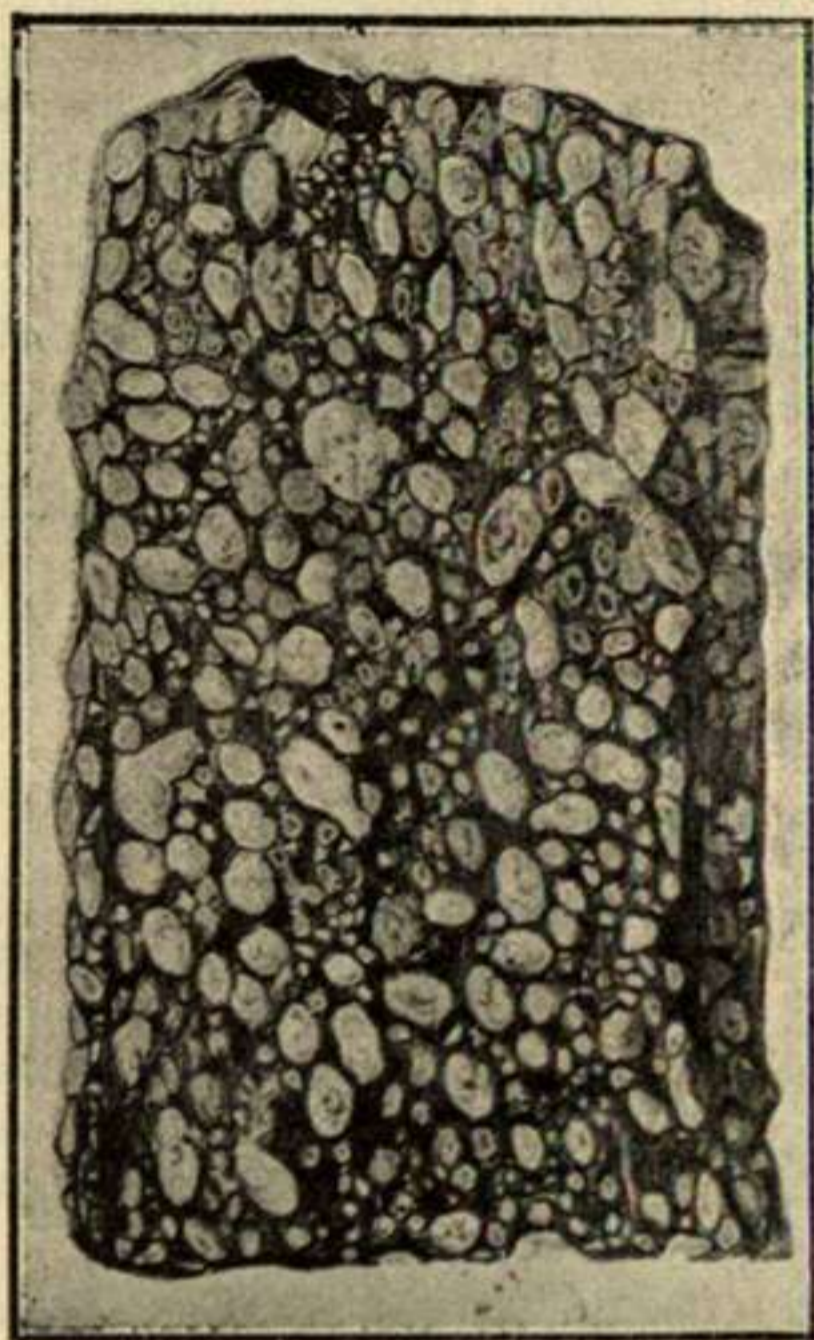
**Peridotitas.**— Son rocas sin cuarzo y feldespato, compuestas esencialmente de elementos ferro-magnésicos, especialmente el *peridoto olivino*. Con frecuencia se asocia también la *augita enstatita* y el *anfíbol*, que dan origen a numerosas variedades de *peridotitas*. El color de éstas suele ser verdoso o pardo-verdoso.

La transformación del olivino y enstatita en serpentina da origen a una roca verdosa con manchas oscuras, llamada *serpentina*. El mineral *serpentina* es con frecuencia pseudomórfico, como dijimos arriba. La *serpentina* se encuentra en Sierra Nevada, y suministra buen material de ornamentación.

## SEGUNDA FAMILIA

**Rocas básicas semicristalinas**

**236. Ofitas.**—Se componen de una masa microlítica de plagioclasa (*anortita* o *labradorita*), cuyos huecos son rellenados por piroxeno o dialaga, que les da una textura especial, dicha por eso textura ofítica. Su color suele ser verdoso; y el grano generalmente de tamaño mediano. Las rocas ofíticas abundan en las erupciones del período triásico.



**Meláfiros.**—Se componen de una masa microlítica de feldespatos con cristales de plagioclasa, peridoto y augita. Suelen ser de color gris oscuro o negro verdoso, que por las influencias atmosféricas se suele cambiar en pardo o amarillento (Fig. 97).

**Basaltos.**—Son rocas de composición varia, pero siempre predominando los silicatos ferro-magnésicos, en especial la augita, hornblenda y olivino. Las masas basálticas, al enfriarse suelen dividirse en columnas de retracción, de aspecto muy vitroso. (Fig. 98). En España hay basaltos en Cataluña, Ciudad Real, Andalucía, etc. Los basaltos pertenecen en general a las erupciones posteriores.

Fig. 97.—Meláfiro. (Dibujo de C. Alvarez S. J.) •

## TERCERA FAMILIA

**Rocas básicas vitrosas**

**237. Lavas.**—Son el producto de las erupciones volcánicas actuales. Como rocas efusivas presentan una masa vitrosa, o a veces fibrosa, en la cual se encuentran con frecuencia diseminados muchos cristales. Su composición es muy varia, aunque en general semejante a los basaltos; si bien las hay también más abundantes

en el elemento ácido, como las del Vesubio, Estrónboli, etc. (Figuras 99 y 100). Suelen formar como ríos solidificados o corrientes de lava. También se conservan en algunos sitios lavas de tiempos terciarios y pleistocenos.

**Tobas volcánicas.**—Son también producto de las erupciones actuales. Se componen de cenizas, lava pulverizada, fragmentos de las rocas que forman las paredes del volcán, etcétera. Su estructura es más o menos esponjosa. También hay tobas volcánicas terciarias y pleistocenas.



Fig. 98.—Campo de columnitas de *basalto*.

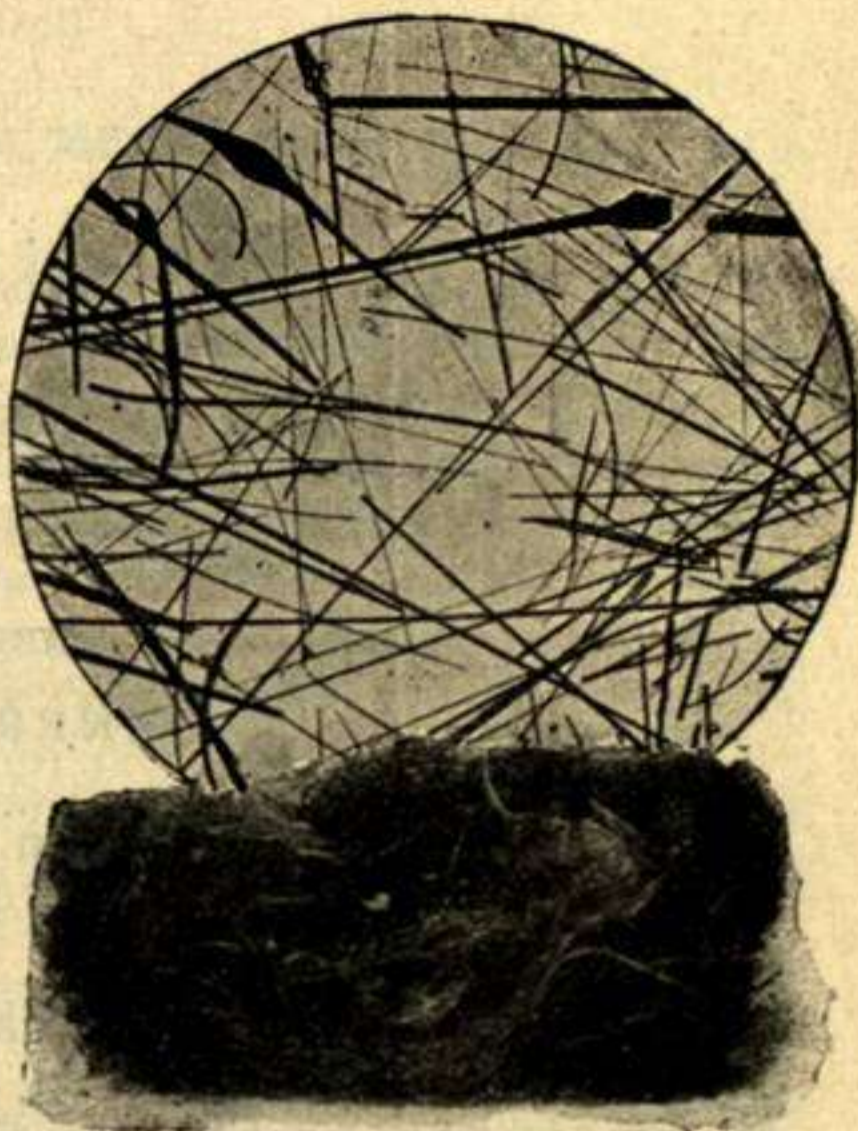


Fig. 99.—Lavas de estructura fibrosa, en su aspecto micro y macroscópico, designadas con el nombre de «cabellos de Peles.» (Cl. Ibérica).



Fig. 100.—Islote volcánico de Ilopango, Rep. del Salvador.

Las rocas sedimentarias se forman por el fenómeno de la sedimentación, que consiste en el depósito de los materiales que se encuentran en suspensión en el agua o en el aire, o en el fondo del mar, o en el interior de las cavernas, o en cualquier otro lugar donde se produzca el fenómeno de la sedimentación.

### CAPITULO III

## ROCAS SEDIMENTARIAS

### ARTICULO I

### GENERALIDADES

**238. Origen y división.**—Las rocas sedimentarias son formadas por el fenómeno antes estudiado de la sedimentación (87 y siguientes).

Esta sedimentación, como allí dijimos, puede ser mecánica, química y orgánica; de ahí la división de las rocas sedimentarias en tres grandes grupos, atendiendo a su origen: rocas de origen *mecánico*, *químico* y *orgánico*. Las de origen mecánico se llaman *deutógenas*, por estar formadas de materiales procedentes de la disgregación de otras rocas preexistentes, son como de segunda formación ( $\delta\epsilon\acute{\upsilon}\tau\epsilon\rho\omicron\varsigma$  = segundo); las de origen químico y orgánico son llamadas *protógenas* o de primera formación ( $\pi\rho\acute{o}\tau\omicron\varsigma$  = primero) por no proceder inmediatamente de otras rocas preexistentes.

Hay algunas rocas en cuya formación ha intervenido a la vez la acción química y de los organismos; tales son, por ejemplo, muchas calizas y fosforitas.

He aquí el cuadro de las principales rocas sedimentarias, atendiendo a su origen, según lo trae Weinschenk en su petrografía (1).

### SEDIMENTACION

MECANICA	QUIMICA	ORGANICA	
pudingas arenisca arcilla	anhidrita yeso sal común	caliza fosforita toba silícea	carbón petróleo asfalto
MECANICOS	QUIMICOS	ORGANICOS	

### SEDIMENTOS

(1) E. Weinschenk; Grundzüge der Gesteinskunde. T. II, pág. 206. Friburgo de Brisgovia, 1907.

## ARTICULO II

## ROCAS DE ORIGEN MECANICO

**239. Formación.**—Proceden, como dijimos, de la disgregación de otras rocas, cuyos fragmentos fueron arrastrados mecánicamente y sedimentados luego en capas más o menos regulares. Estos fragmentos al principio están sueltos y sólo amontonados unos sobre otros; como sucede en las costas actuales y en los cauces de los ríos, donde se depositan las arenas y las gravas o cantos rodados; pero con el tiempo se va intercalando entre esos fragmentos un cemento, ya sea calcáreo, ya silíceo o ferruginoso, y queda formada una roca adherente de mayor o menor consistencia.

Estas rocas se llaman también *clásticas* (de  $\kappa\lambda\alpha\epsilon\acute{\iota}\nu$  = separar) porque se componen de fragmentos o piezas más o menos separables.

**240. División.**—Según el grosor de sus elementos se suelen distinguir tres grupos. Cuando los elementos son gruesos se llaman rocas *sefíticas* (del griego  $\psi\eta\phi\omicron\varsigma$  = piedra pequeña); *sammíticas* (de  $\psi\acute{\alpha}\mu\mu\omicron\varsigma$  = arena) cuando los fragmentos son medianos; y cuando esos son muy menudos se dicen *pelíticas* (de  $\pi\eta\lambda\acute{o}\varsigma$  = arcilla por ser ésta el tipo).

**241. Rocas sefíticas.**—Las rocas *sefíticas* comprenden los conglomerados o *pudingas*, cuyos fragmentos son redondeados por el roce y arrastre de las aguas; pero cementados luego por una masa calcárea, silícea, etc. Son notables los conglomerados oligocenos que forman los picachos de Montserrat.

También pertenecen a las rocas sefíticas las *brechas*, o sea conglomerados de fragmentos angulosos, cementados por una pasta cualquiera.

Se llaman *milonitas* unas brechas de grano más o menos fino que se forman en los pliegues tumbados y en los terrenos de acarreo, en las aberturas de las fallas, etc., y son producidas por la trituración de la roca plegada o arrastrada: que eso significa milonita, roca molida o triturada (Fig. 101). *Brechas óseas* son las que están compuestas de fragmentos de rocas y huesos cementados por una masa calcárea o silícea. Son abundantes en los yacimientos cuaternarios de las cavernas.

La *gonfolita* es un aglomerado de guijarros de caliza, cuarzo, etc., con cemento arenoso calcáreo. Por la erosión de los fragmentos se destacan sobre la masa a manera de clavos: de ahí el nombre de gonfolita ( $\gamma\acute{o}\mu\phi\omicron\varsigma$  = clavo).

**242. Rocas sammiticas. Areniscas.**—A las rocas sammiticas pertenecen las areniscas, que son agregados de granos de arena fuertemente cementados. Proviene de antiguos arenales, cuyas partículas fueron después unidas por un cemento.



Fig. 101.—Milonitas del Recodo, Comillas.

Cuando a los granos silíceos se agregan granos de caliza, se forman las *gredas*. Las sammitas propiamente dichas son gredas con granos de mica.

Las *arcosas* son areniscas compuestas de los mismos elementos del granito; proceden de la disgregación de las rocas graníticas; por eso se les llama *granitos degenerados*.

Llaman *molasas* los geólogos unas areniscas micáceas de grano grueso y de poca coherencia, debida al cemento margoso. Abundan en los terrenos terciarios lacustres.

Los *grauvackas* son areniscas, cuyos granos son de cuarzo, feldespato, lidita, mica, etc., con cemento silíceo arcilloso.

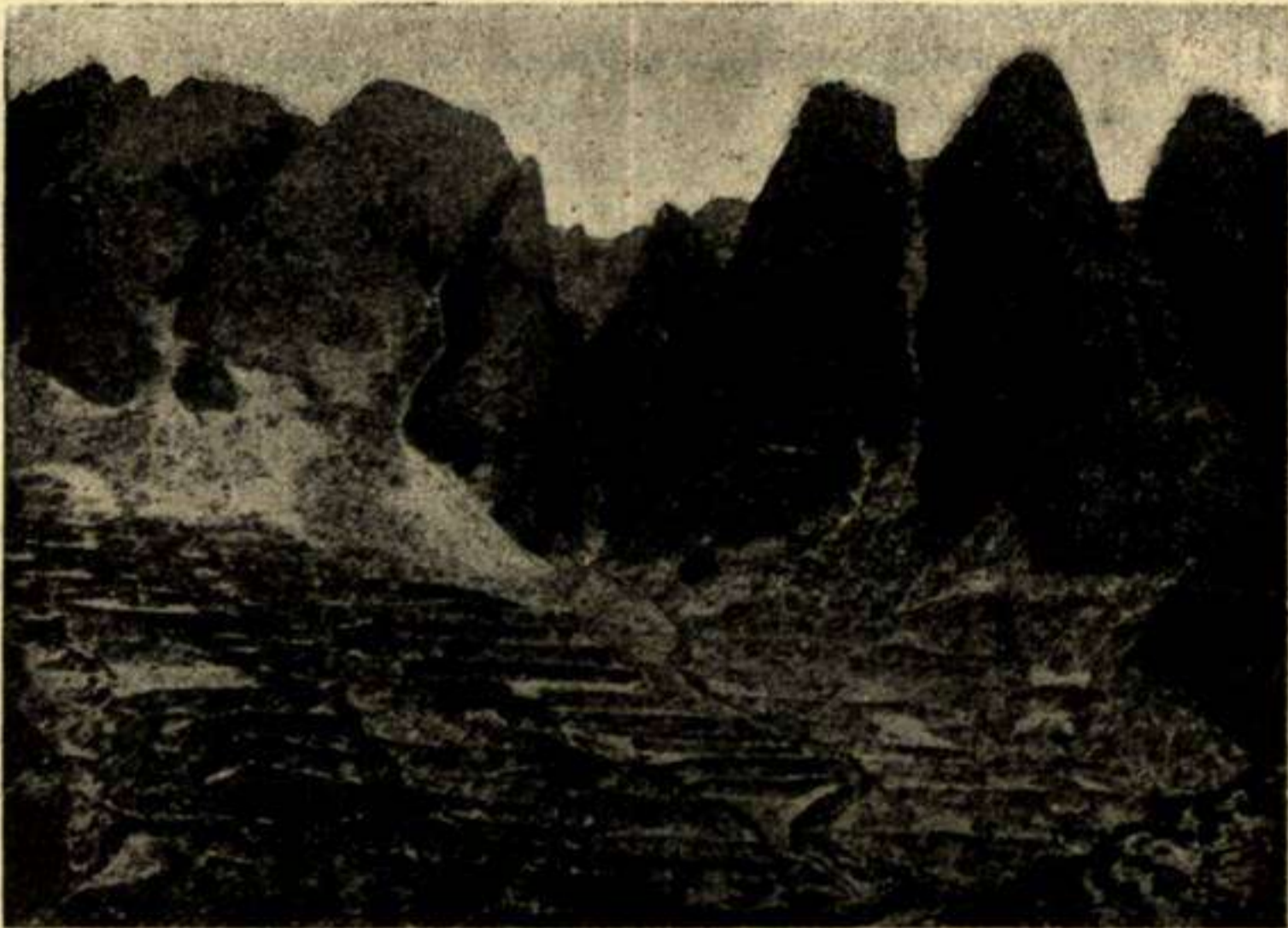


Fig. 102.—Limo continental de *loes* en terrazas que da el color amarillento a los grandes ríos chinos. La fot. representa el valle de Wei-ho, Kansou merid., China.

**243. Rocas Pelíticas.**—Estas son, como dijimos, rocas de sedimentación mecánica, cuyos fragmentos son muy menudos; los principales son el *limo*, *arcilla*, *pizarras* y *margas*.

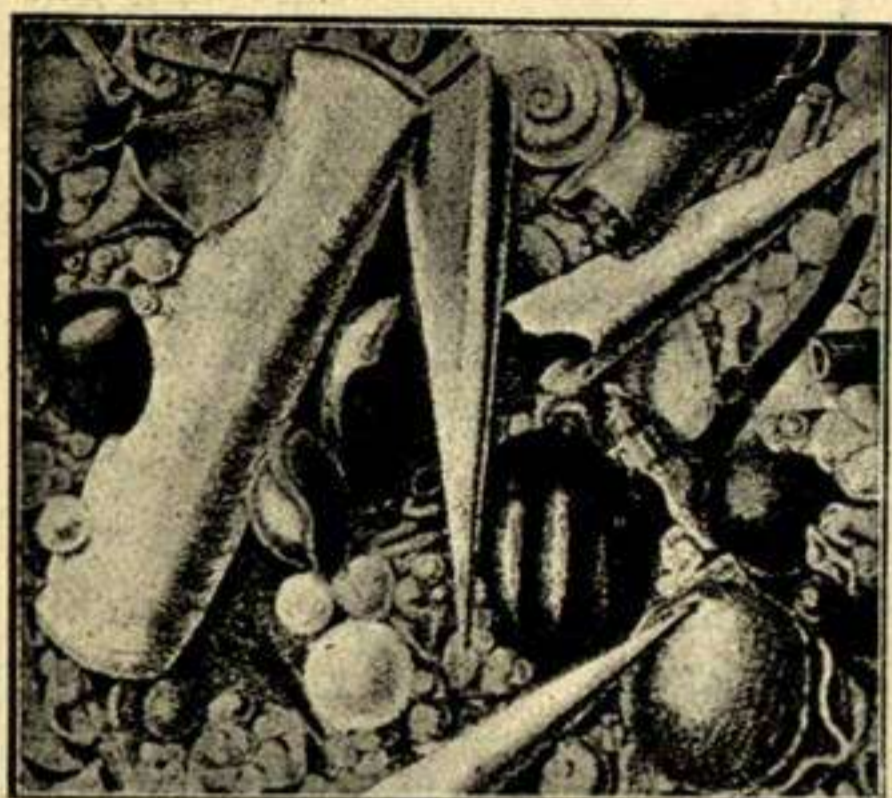


Fig. 103.—Limo marino de Pterópodos visto al microscopio.

con sus caparazones, ya silíceos, ya calcáreos, a la formación de los limos marinos; así hay limo de *pterópodos* (Fig. 103); de *radiolarios*, de *globigerinas*, de diatomáceas (Fig. 104), etc., como dijimos en la Geodinámica. Y algunos creen que muchas cretas de los terrenos cretáceos son limos de foraminíferos (*Textularia*, *Globigerina*, *Miliola*, etcétera).

**244. Arcillas.**— Las arcillas son el tipo de las rocas pelíticas: proceden de la descomposición de los feldspatos de las rocas granitoides, como dijimos arriba. Las arcillas son muy abundantes en ciertos terrenos, sobre todo al pie de las montañas graníticas. La arcilla más pura es el caolín, de color blanco.

Si a las arcillas se les juntan menudos fragmentos de roca calcárea, se tienen las

*margas*, que son por consiguiente una mezcla de arcilla y lodo calcáreo.

Las arcillas, los limos, y *margas*, suelen depositarse en capas más o

**Limo.**—Procede de la disgregación de las rocas en fragmentos muy menudos: sus partículas pueden ser de composición muy varia, ya calcárea, ya silíceo, feldespática, etc.

El **limo continental** formado, ya por la acción de las aguas, ya por los vientos, constituye a veces bancos de muchos metros de espesor. El *loes* de los terrenos cuaternarios pertenece a los limos continentales. (Fig. 102).

Los *limos* marinos pueden ser de sedimentación *litoral* o *batial* y aun *abisal*; los organismos microscópicos contribuyen mucho

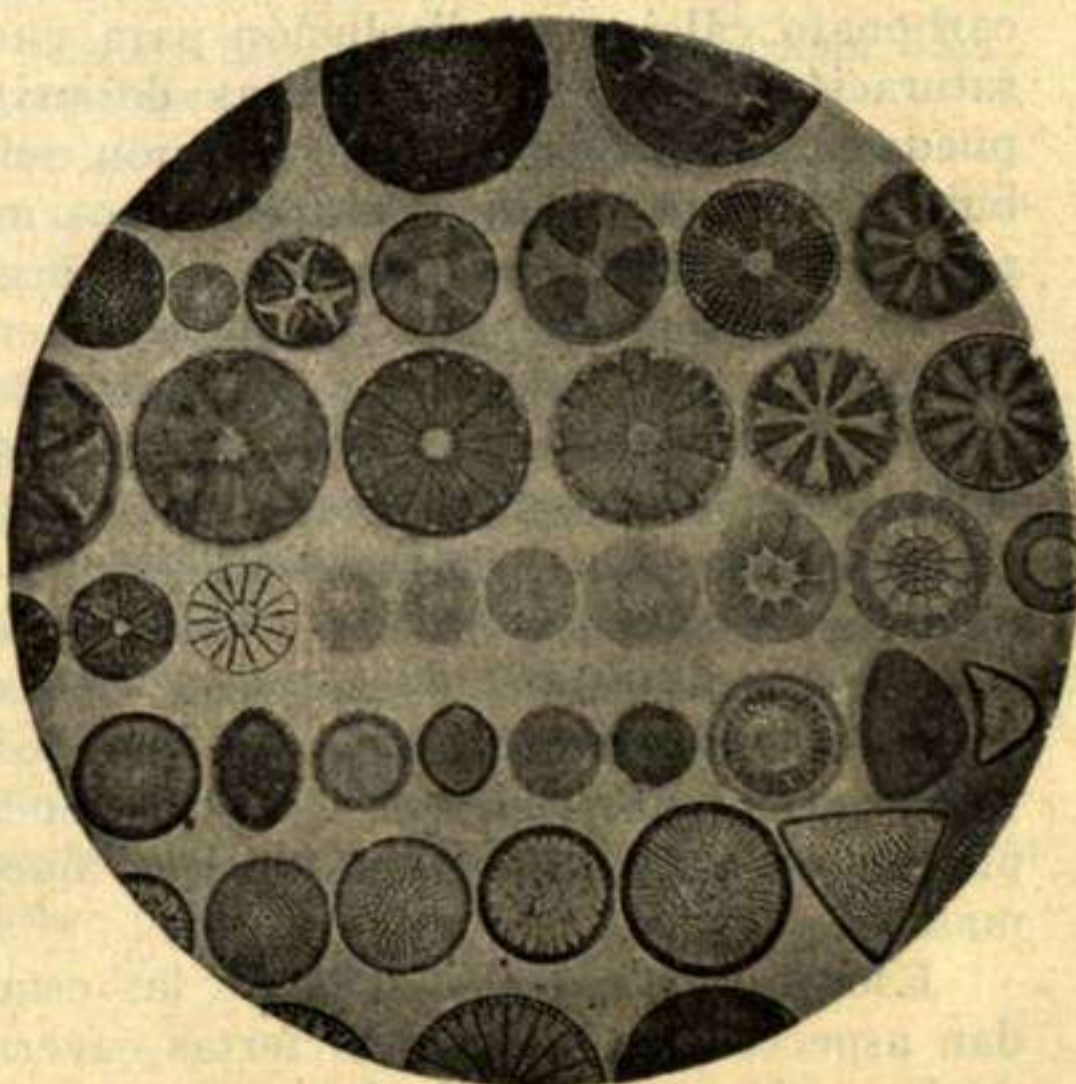


Fig. 104.—Grupo de *diatomeas* observadas al microscopio en el limo de diatomeas, por el P. Valderrábano, S. J.

menos delgadas; las cuales se endurecen después con la presión y desecación, dando lugar a las rocas de constitución laminar, llamadas *pizarras*.

Las *pizarras*, pues, son unas rocas de finísimos fragmentos, que presentan una forma tabular o laminar.

Según la naturaleza de sus componentes se dicen *pizarras arcillosas, margosas, silíceo-margosas, micáceas*, cuando presentan laminillas de mica, etc., etc.

---

### ARTICULO III

#### ROCAS DE ORIGEN QUÍMICO

**245.** Estas proceden de la precipitación de los materiales disueltos en las aguas. Los materiales más importantes que suelen contener disueltos las aguas en cantidad suficiente, para ser precipitados por saturación, son la caliza, la sal gema y el yeso.

**Caliza.**—Las aguas marinas no contienen suficiente cantidad de carbonato cálcico en disolución para que pueda ser precipitado por saturación; por eso las calizas de origen marino parece que no pueden tener origen por precipitación química; más bien suelen atribuirse a la acción de los organismos marinos, como veremos después, al estudiar las rocas de origen orgánico (247-249).

En cambio, muchas aguas continentales, sobre todo las que circulan por el interior de terrenos calcáreos, se cargan de caliza disuelta; y luego, al ponerse en contacto con el aire se sobresaturan por evaporación, precipitándose gran parte de los materiales calcáreos disueltos. Así tienen origen muchas calizas concrecionadas, que se depositan a la salida de las fuentes calcáreas. Ese es el origen de ciertas tobas calcáreas, o sea calizas de estructura fofa y porosa, muy abundante en los terrenos cuaternarios postglaciares, y aun en algunos terrenos terciarios. Suelen contener impresiones de plantas y animales terrestres, que quedaron enterrados entre su masa.

Ese es también el origen de las estalactitas y estalagmitas, que dan aspectos tan vistosos a ciertas cavernas, como se dijo al hablar de la acción química de las aguas continentales (74).

**246. Sal común.**—Las rocas y yacimientos de sal común, que se explotan para el comercio tienen origen marino por precipitación química del cloruro de sodio disuelto en las aguas, para lo cual se



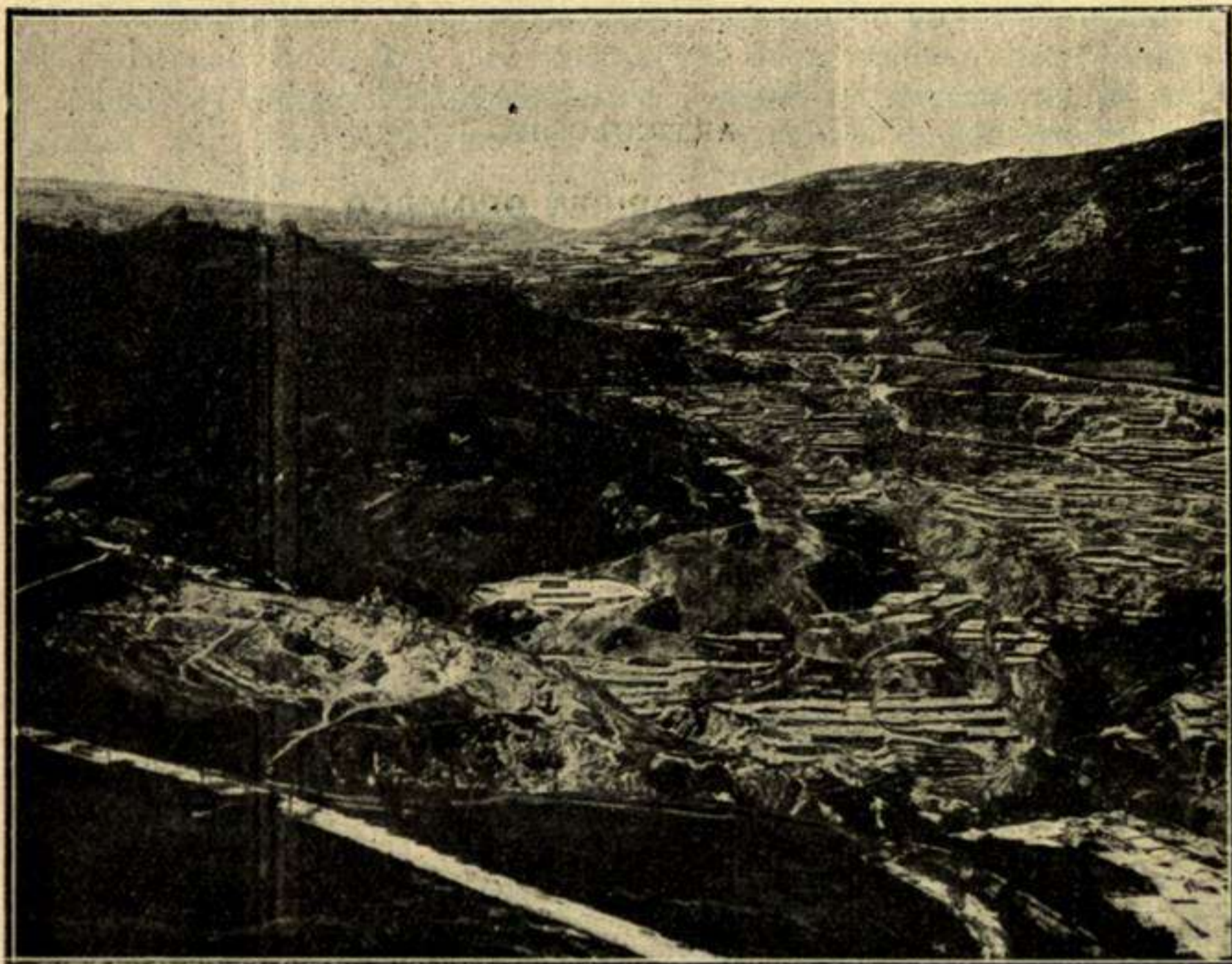


Fig. 105.—Antiguísimas salinas de Poza de la Sal (1). A la izquierda: parte oscura *rocas ofíticas*, parte clara *mina de yeso*.

requieren ciertas condiciones que se indicaron al hablar en la Geodinámica de la acción química de las aguas marinas (77). (Fig. 105).

**Yeso.**—Los yacimientos de yeso tienen origen análogo a los de sal común. A veces se encuentran también en formaciones lacustres, como se observa en los terrenos miocenos de las llanuras castellanas; lo cual prueba que las aguas de aquellos lagos miocenos contenían gran cantidad de yeso disuelto, arrastrado sin duda por los ríos de yacimientos preexistentes en terrenos más antiguos.

También tienen este origen químico algunos minerales, que se explotan para la industria, como la *epsomita* (sulfato de magnesio) y la *carnalita* (cloruro de magnesio y potasio), etc.

---

(1) La explotación se reduce a hacer pasar un manantial de agua dulce por pozos de paredes ricos en sal (cañas); al cabo de algún tiempo se da salida al agua del pozo a las explanadas que aparecen en la fotografía, donde el agua se evapora y queda libre la sal que traía en disolución el agua. [E. M.]

## ARTICULO IV

## ROCAS DE ORIGEN ORGANICO

**247. Origen y división.**—Proviene estas rocas de la acumulación sucesiva de restos de vivientes, que pueden llegar a veces a formar enormes masas de rocas y terrenos.

Esas rocas pueden ser de dos clases: unas proceden de la transformación más o menos profunda de la sustancia orgánica del viviente; otras, provienen de las partes minerales o muy mineralizadas, y por lo mismo duras y resistentes, que constituyen los órganos esqueléticos del viviente.

**248. Rocas de origen vegetal.**—El primer caso tiene lugar principalmente en las plantas: así la hulla, el lignito, y en muchos casos por lo menos, el petróleo, proviene de la descomposición parcial de la materia orgánica de los vegetales.

**249. Rocas de origen animal.**—El segundo caso es más frecuente entre los animales. Las partes duras e inorgánicas de un animal, se componen principalmente de carbonatos y fosfatos cálcicos, y anhídrido sílico: de ahí los tres grupos de rocas zoógenas, que se pueden distinguir; rocas *calcáreas*, *fosfatadas* y *silíceas*.

**Rocas calcáreas.**—Ya dijimos antes (245), que las rocas calcáreas, sobre todo marinas, provienen de restos de esqueletos calcáreos, de animales, que se fueron acumulando en el fondo del mar en prodigiosas cantidades. Según los animales, que suministraron sus caparazones para la formación de las rocas calcáreas, toman éstas diferentes nombres. Así se dice caliza de foraminíferos, la formada por estos diminutos animales: ejemplo la *caliza de Orbitolinas*, de *Nummulitas*, etc.

*Caliza madreporica*, la formada por las madreporas y otros corales constructores; *caliza espática* (de entroncos) la formada por tallos y artículos de crinoides. Se llama *lumaquela* una roca calcárea, compuesta de aglomerados de conchas, generalmente ostréidos, fuertemente unidas entre sí.

Muchas veces no aparece en las calizas la forma orgánica de los animales, que las originaron; y eso puede provenir de dos causas: primera, de que con las fuertes presiones se ha apelmazado la masa, hasta quedar solamente un macizo uniforme continuo; y segunda, de la circulación interior de las aguas, que disuelven las partes esqueléticas de los animales, y hacen desaparecer el edificio y forma orgánica.

Las **fosforitas** o fosfatos de calcio, son mucho menos abundantes, y provienen de restos muy fosfatados de animales, como huesos, conchas de ciertos Braquiópodos, y a veces de excrementos de animales, etc. Las fosforitas de origen orgánico suelen intercalarse entre las capas calcáreas, y estar mezcladas con materiales calizos.

Las **rocas silíceas** de origen orgánico provienen de la acumulación de esqueletos silíceos de muchos animales, como los radiolarios, esponjas silíceas, etc.; y aun a veces de plantas, como las microscópicas *diatomáceas*, que viven de preferencia en los mares fríos, y forman sedimentos en las grandes profundidades, como quedó indicado en la Geodinámica.



## CAPITULO IV

## ROCAS METAMORFICAS

**250. Naturaleza y división.**—Reciben el nombre de *metamórficas* (221), un grupo de rocas que participan de las ígneas en su estructura cristalina o semicristalina, y de las sedimentarias en su disposición en bandas, láminas o capas.

Se llaman metamórficas, porque se creen originadas por el *metamorfismo*, como veremos luego.

Las principales rocas metamórficas son los *neis* y pizarras cristalinas por un lado; y por otro, las *cuarcitas* y mármoles. Pero antes de describirlas es conveniente hacer algunas indicaciones sobre el *metamorfismo* de las rocas.

## ARTICULO I

## METAMORFISMO

**251.** Se llama en general **metamorfismo** *el cambio que experimenta una roca, debido a ciertas condiciones exteriores que la rodean.*

Bajo este concepto de metamorfismo está comprendido cualquier cambio, que sufren las rocas por cualquier agente; así en este sentido se pueden llamar rocas metamórficas ciertas rocas ígneas, que por acciones epigénicas, por ejemplo, por la acción del agua que circula entre sus intersticios, han sufrido algunas modificaciones; como la disgregación de los granitos por la descomposición de sus feldespatos, o de las rocas básicas cristalinas por la oxidación de sus elementos ferro-magnésicos. Lo mismo que la rubefacción o color rojo que adquieren ciertas calizas o areniscas, debido a la oxidación de materiales ferruginosos que contienen.

Mas, cuando se hable de metamorfismo de las rocas, ha de referirse a otras modificaciones más profundas que sufren éstas en su composición, estructura y consolidación mineralógica.

Se entiende, pues, por metamorfismo propiamente dicho «el cambio que sufren ciertas rocas en su composición, estructura y consolidación mineralógica».

**252. División.**—El metamorfismo puede dividirse, atendiendo ya al cambio efectuado en las rocas, ya a los agentes, que los han producido, ya a las dos cosas a la vez.

Atendiendo al cambio o transformación que sufren las rocas, el metamorfismo puede ser *químico y estructural*, según que el cambio se refiera a su composición química o mineralógica o a su estructura.

**Metamorfismo químico.**—El cambio químico, que puede experimentar una roca, puede ser o por adquisición de nuevos minerales o por la pérdida de ellos; en el primer caso se llama *endometamorfismo*, y en el segundo *exometamorfismo*. Con frecuencia suelen ser correlativos, es decir, que juntamente con la intrusión de un mineral suele tener lugar la pérdida de otro.

Unas veces los álcalis son sustituidos por bases alcalino-térreas, por ejemplo la cal; otras el  $\text{CO}_2$  es reemplazado por  $\text{SiO}_2$ . Así, por ejemplo, el granito normal a veces se carga de hornblenda al contacto con el carbonato cálcico, y da origen a una *diorita*; a veces se convierte el granito en otra roca más básica, como *peridotita*. Algunas calizas adquieren nuevos minerales por la acción del  $\text{SiO}_2$ , que sustituye al  $\text{CO}_2$  y forma *dipiro*. La *dolomía* pierde el  $\text{CO}_2$  Mg entre  $300^\circ$  y  $0^\circ$ . Según esta propiedad, a medida que aumentan las isogeotermas en profundidad, se forman por el aporte de  $\text{SiO}_2$  rocas de silicato de calcio y magnesio, *lerzolitas* y *ariegitas*.

Una cosa digna de notarse es, que a veces puede haber cambio en la composición mineralógica, sin que los haya en la composición química, o sea en la de sus componentes elementales. Así en las *diabasas*, la *augita* se transforma en *clorita*, sin perder ni adquirir nuevos componentes; en los *gabros* la *dialaga* se convierte en *serpentina*; lo mismo que los *piroxenos* de las rocas básicas se transforman con frecuencia en anfíbol, etc.

**253. Metamorfismo estructural.**—Se refiere al cambio de estructura amorfa en cristalina; así muchas pizarras ordinarias se han convertido en pizarras cristalinas; o al cambio de estructura de menos compacta en muy compacta y semicristalina, como la transformación de las calizas ordinarias en calizas marmóreas.

**254. Agentes del metamorfismo.**—Según la clase de agentes, que operaron la transformación de las rocas, el metamorfismo recibe diversos nombres: así se dice *metamorfismo termal*, cuando in-

terviene el calor; *hidroquímico* cuando interviene el agua; *dinámico* cuando es producido por esfuerzos orogénicos, que originan presiones *laterales* (*dinamometamorfismo*), o por la acumulación de gran cantidad de sedimentos, que originan grandes presiones *verticales*.

**255. Localización del metamorfismo.**—Para que obren esos agentes metamorfizadores térmicos, dinámicos, etc. se requiere que las rocas estén en ciertas condiciones para poder ser transformadas; y como esas condiciones se hallan localizadas en ciertas zonas, de la misma manera se hallan localizadas las rocas metamórficas. Esas condiciones se pueden reducir a tres: 1.<sup>a</sup>, el contacto o proximidad a rocas ígneas; 2.<sup>a</sup>, la contigüidad a los pliegues orogénicos; y 3.<sup>a</sup>, la situación en el fondo de los geosinclinales. Conforme a estas condiciones se distingue el *metamorfismo de contacto*; el *dinamometamorfismo* y *metamorfismo de geosinclinal*.

**256. Metamorfismo de contacto.**—Se llama así el metamorfismo producido en las rocas al contacto de una masa ígnea o eruptiva. Con frecuencia las rocas sedimentarias se encuentran metamorfizadas en las proximidades de las chimeneas volcánicas y corrientes de lava.

El cambio producido en las rocas por el metamorfismo de contacto, es más bien físico que químico; consiste principalmente en el endurecimiento de rocas blandas, en el cambio de estructura, de menos compacta en más compacta, de amorfa en cristalina o semicristalina.

El agente principal de estos cambios es el calor de las rocas ígneas, y el llevado por las inyecciones gaseosas, que se introducen por entre las grietas y aberturas de los terrenos; por eso puede también llamarse térmico este metamorfismo. A veces puede llegar a fundir la roca circunvecina produciendo una cristalización en las rocas sedimentarias, y a veces semicristalización en las rocas eruptivas.

El sitio principal donde tiene lugar el metamorfismo de contacto, es alrededor de los *lacolitos* y *batolitos*.

**257. Dinamometamorfismo.**—En las regiones montañosas, en las proximidades de los ejes de las grandes dislocaciones, suelen con frecuencia encontrarse rocas más o menos metamorfizadas. Esta metamorfización consiste principalmente en el cambio de estructura, que de amorfa o menos cristalina se convierte en cristalina.

La causa de este metamorfismo son los esfuerzos orogénicos y las enormes presiones laterales, que sufrieron las rocas, al formarse los pliegues: por eso estas rocas metamórficas suelen presentarse muy plegadas, y ofrecen con frecuencia aspecto esquistoso.

**258. Metamorfismo de geosinclinal.**—Se presentan a veces en grandes extensiones rocas metamorfizadas, donde no aparece la acción del contacto en rocas ígneas, ni de presiones laterales. Para explicar este metamorfismo, llamado por algunos *regional*, ha sido modernamente aducida la teoría o doctrina del *geosinclinal*.

Se llama *geosinclinal* una hoya extensa de mar bordeada por tierra firme, por ejemplo, el Mediterráneo. En esa hoya se van depositando sedimentos durante varios períodos geológicos, hasta formar espesores de varios miles de metros. En virtud de la ley del grado geotérmico, en el fondo del geosinclinal se desarrolla una temperatura capaz de ablandar y aun fundir las rocas. Esa temperatura junto con la presión *vertical*, debida a la gravedad o peso de las capas superiores, produce los diversos fenómenos de metamorfismo antes indicados.

Esta teoría del *geosinclinal* es generalmente admitida; sin embargo, algunos autores ponen ciertos reparos contra ella, como por ejemplo el que hay regiones, donde se encuentra una serie de capas de espesor considerable, en cuya base, puesta al descubierto por la erosión, no presentan los estratos señal alguna de alteración. Y al contrario, formaciones de edad relativamente reciente que no han soportado el peso de grandes espesores de terrenos, se encuentran a veces notablemente metamorfizadas

---

## ARTICULO II

### DESCRIPCION DE LAS ROCAS METAMORFICAS

**259. División.**—A dos grupos podemos reducir las rocas metamórficas: unas que tienen estructura más o menos laminar o foliácea: a ellas pertenecen los neis y las pizarras cristalinas; otras se presentan en formas más o menos macizas y compactas: las principales son las cuarcitas y los mármoles. Daremos una breve noticia de cada una de ellas.

**260. Neis.**—Las rocas más antiguas de aspecto estratiforme o tabular, llamadas *neis*, están constituidas por un agregado de cuarzo, feldespato y mica, es decir, los mismos minerales constitutivos del granito, del cual sólo se diferencia el neis por su aspecto foliáceo o pizarreño. Este aspecto foliáceo, más o menos ondulado, es debido a la distribución de las hojuelas de mica con cierta regularidad entre los fragmentos de cuarzo y feldespato, más bien que a una verdadera sedimentación.

**Varietades de neis.**— Cuando el neis contiene mica negra y hornblenda, se llama neis *anfibólico*. Si contiene piroxeno se llama *piroxénico*. Si presenta ciertos nódulos, constituidos por el cuarzo y la ortosa, se denomina neis *ocular* o *glandular*. Hay neis *gris*, *rojo*, etc., según el color.

Hay también neis, llamados granitoides, casi no estratificados o foliáceos y pasan insensiblemente a granitos, por lo cual muchos autores

consideran a las rocas graníticas como el último término del metamorfismo.

**Edad geológica.**—El *neis* es la roca de aspecto estratificado más antigua que se conoce; sobre ella reposan todos los demás terrenos verdaderamente sedimentarios, siempre que se les puede seguir hasta su mayor profundidad geológica. Eso no quiere decir, sin embargo, que no se hayan encontrado *neis* en formaciones más recientes.

Se disputa si el *neis* es el producto de la primera consolidación de la costra terrestre. Sobre ello trataremos algo al hablar del terreno árqueo.

**261. Pizarras cristalinas.**—Son verdaderas pizarras (244), pero con abundantes laminillas de mica.

**Micacita.**—Después del *neis* suele venir una serie de sedimentos formados por esquistos metamorfizados con abundantes láminas de mica biotita: se llama esa roca *micacita* o *micasquisto*.

**Talcita.**—Otra pizarra más próxima a los terrenos fosilíferos, y menos metamorfizada, en la cual abunda la variedad de mica llamada *sericita*, ha sido llamada *talcosquisto* o simplemente *talcita*, por haberse creído erróneamente que la *sericita* era un talco.

También hay pizarras *anfíbolicas*, cuando contienen anfíbol; *cloríticas*, cuando tienen clorita, etc.

**Filadíos o esquistos.**—Son una variedad de pizarra metamórfica, cuyas hojas o láminas, en vez de ser planas y anchas, son con frecuencia más o menos lenticulares y de muy limitada extensión. Su color suele ser azulado oscuro con cierto brillo sedoso, debido casi siempre a laminillas de mica. La estructura de los esquistos es típica y así se dice estructura *esquistosa*.

El origen de esa estructura esquistosa es debido a presiones fuertes, resultado de la formación de los pliegues; presiones que produjeron también un parcial metamorfismo. Con frecuencia la esquistosidad no sigue la misma orientación que la estratificación, lo cual prueba la independencia de origen de una y otra.

La *novaculita* o *pizarra de afilar*, es una pizarra semimetamórfica, en que abundan los granillos de cuarzo.

**262. Cuarcita.**—Las arenicas y gredas muy cuarzosas, por la presión y calor se transforman en un agregado compacto semicristalino, procedente de la parcial cristalización de los granos de cuarzo; este agregado recibe el nombre de *cuarcita*, muy abundante en los terrenos primarios de España.

Cuando se le mezclan granos de feldespato ortosa y a veces de mica blanca y turmalina, da origen a la *leptinita*; cuando abunda el granate se llama *granatita*, etc.



**263. Calizas metamórficas o mármoles.**—Las calizas ordinarias por la presión y el calor se transforman en una masa mucho más compacta y semicristalina, susceptible de pulimento: son los llamados mármoles.

Hay mucha variedad de mármoles diferenciados por sus colores, estructura, compacidad, etc.

El *mármol de Carrara* es blanco, de estructura algo granujienta, muy bueno para la construcción de estatuas y mausoleos. El *mármol Cipolino* presenta estructura semicristalina y algo pizarreña. El nombre le viene del italiano *cipolla* = cebolla, por su aspecto de hojuelas superpuestas.

El *mármol en ruinas* se dice, cuando presenta vetas de distintos colores, que se ramifican en variadas direcciones, semejando edificios en ruinas, etcétera.



## SECCION III

## GEOTECTONICA (1)

**264. Definición.**—La *Geotectónica* o *Geología arquitectónica* es «la parte de la Geognosia, que estudia la manera como están dispuestos los materiales pétreos o rocas, para formar los terrenos», que son los componentes inmediatos de la litosfera.

**Terreno.**— Se llama *terreno un conjunto de rocas asociadas o unidas de una manera semejante*. Los terrenos se distinguen por sus caracteres. Estos pueden ser *petrográficos, estratigráficos y paleontológicos*. Los caracteres petrográficos se refieren a su composición litológica, o sea, a las rocas que los constituyen; ya se estudiaron al tratar de las rocas; sólo añadiremos que, conforme a este carácter, los terrenos se dividen en *ígneos* (o no *estratificados*) y *estratificados*, según la clase de rocas que entran en su composición.

## CAPITULO I

## GEOTECTONICA DE LOS TERRENOS IGNEOS

**265. Batolitos.**—Los terrenos ígneos están formados, como dijimos, por la solidificación de las rocas endógenas. Esta solidificación puede hacerse o bien en el interior de la litosfera, o en el exterior. Cuando se verificó en el interior, pudo efectuarse a grandes profundidades por el enfriamiento de grandes masas en contacto con la litosfera fría: éste es el origen de las rocas holocristalinas o

---

(1) Véase el cuadro-resumen de la tercera parte en la página 75.

abisales o de profundidad, cuyo tipo es el granito. Están formando *batolitos*, o sea, *masas extensas, que se ensanchan a medida que se profundiza*. (Fig. 106).

**266. Lacolitos.**—En otros casos la masa magmática se introdujo por entre los terrenos superpuestos, y se solidificó, unas veces en grandes cavidades, formadas con frecuencia por la misma presión del magma, constituyendo grandes nidos y bolsadas, llamadas *lacolitos* (Fig. 107), como si dijéramos lagos de piedra solidificada.

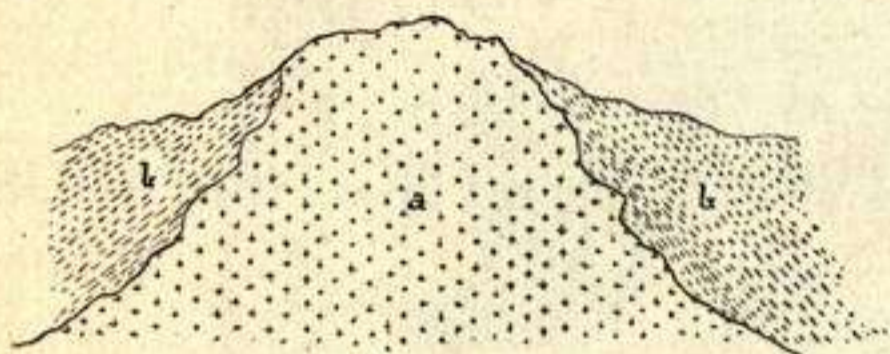


Fig. 106.—Batolito: a masa granítica; b terrenos sedimentarios.

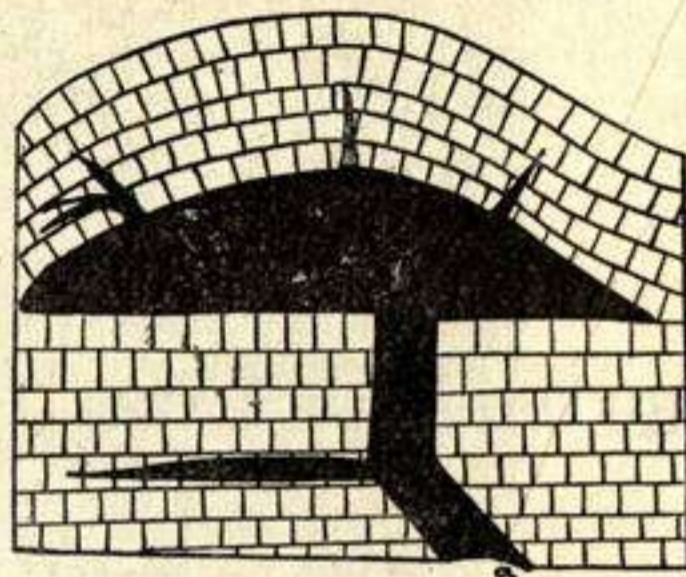


Fig. 107.—Corte esquemático de un lacolito.

**267. Diques, filones.**—Otras veces la masa magmática se inyectó por grietas anchas y generalmente perpendiculares al plano de estratificación, formando masas intrusas, llamadas *diques*. Cuando esas grietas son pequeñas y en cualquiera dirección, se llaman *filones de inyección*. Si la masa eruptiva se introduce entre dos capas estratificadas, recibe el nombre de *filón-capá*. *Neck* se llama el camino de ascensión del magma eruptivo. Con frecuencia dicho camino suele estar relleno de magma solidificado. (Fig. 108).

Los *lacolitos* y *filones* pertenecen al grupo de rocas *intrusivas* o *hipoabisales*; sus elementos suelen ser *semicristalinos*.

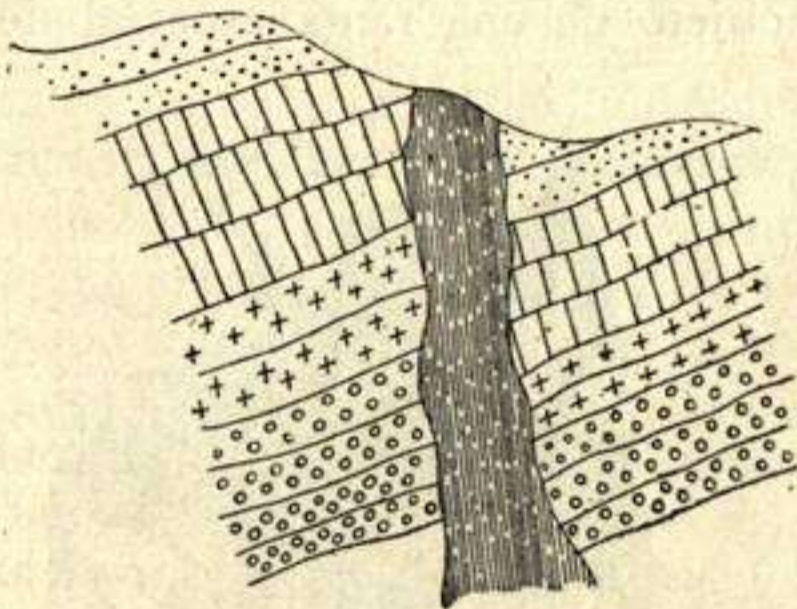


Fig. 108.—Corte esquemático de dique filón.

**268. Rocas efusivas.**—Cuando las rocas eruptivas salen al exterior, se extienden por la superficie, formando *corrientes* o *mantos* de lava: se llaman rocas *efusivas*, y presentan en general estructura microlítica o vitrosa.

Tenemos, pues, que las rocas profundas o abisales forman *batolitos*; las rocas intrusivas o hipoabisales, se presentan en forma de *lacolitos* y *filones* y las efusivas o superficiales forman *corrientes* o *mantos* de lava.

Las rocas profundas e intrusivas de las épocas pasadas han sido puestas al descubierto, gracias a la acción prolongada de la erosión, que hizo desaparecer las capas superiores, dejando la roca ígnea accesible a la observación y estudio.

## CAPITULO II

## GEOTECTONICA DE LOS TERRENOS ESTRATIFICADOS

## ARTICULO I

## CARACTERES GENERALES DE LOS ESTRATOS

269. Los caracteres *estratigráficos*, propios de los terrenos estratificados, se refieren a la manera de estar dispuestos sus *estratos*, o *capas*, o *sedimentos*. El estudio de estos caracteres constituye el objeto de una rama especial de la geotectónica, la *Estratigrafía*.

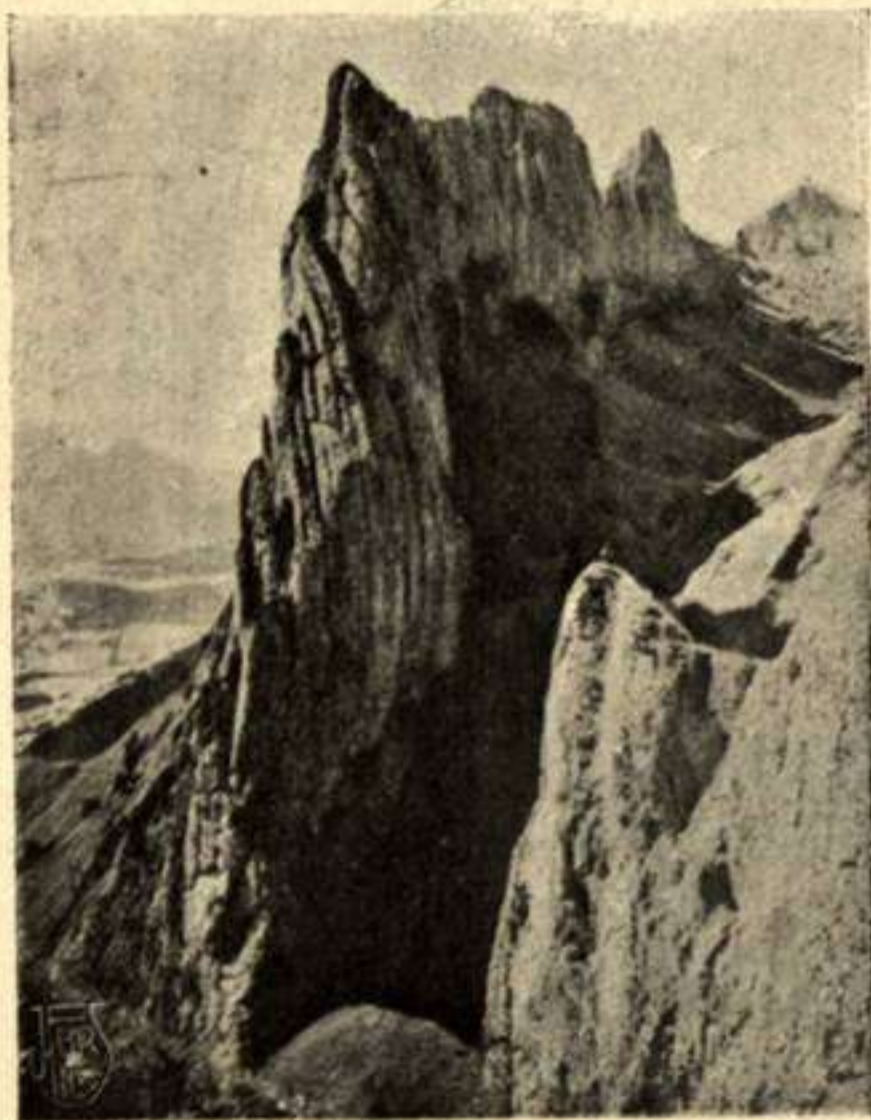


Fig. 109.—Capas verticales de los Alpes del Tirol.

**Estratos.**—El otro grupo de terrenos (114), que ocupan la mayor parte de la superficie continental, se llaman estratificados por estar dispuestos formando una serie de capas o bandas superpuestas, llamadas *estratos*.

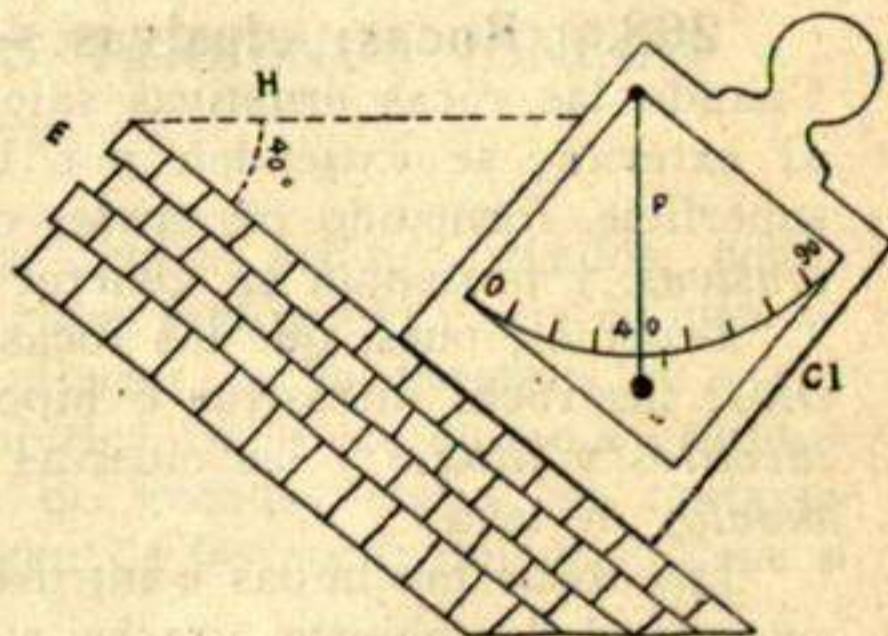


Fig. 110.—Clinómetro: H, horizonte; E, estratos; Cl, clinómetro; P, plomada.



Fig. 111.—«El Barco hundido». Notable ejemplo de *buzamiento* hacia el N. en las márgenes del Oca, cerca de Oña.

**270. Modificación de los estratos.**—La posición normal que tomaron los estratos, en su formación, como veremos, es la horizontal. Esa posición horizontal la conservan en muchos sitios, cuando fenómenos geodinámicos no los han trastornado de su posición primitiva.

Pero es frecuente que los estratos no se encuentren horizontales, sino más o menos inclinados. En ese caso se llama *inclinación* el ángulo que forman los estratos con el horizonte: puede variar de 0° a 90°; y en este último caso se encuentran verticales. (Fig. 109). La *inclinación* o *buzamiento* puede ser hacia el Norte, Sur, Este, Oeste, o sus puntos intermedios. (Fig. 111). Lo mismo su *dirección* o prolongamiento horizontal puede ser hacia cualquiera de los puntos cardinales, y es perpendicular a la inclinación.

La inclinación se mide con un aparatito llamado *clinómetro* (figura 110) y la dirección con la *brújula*.

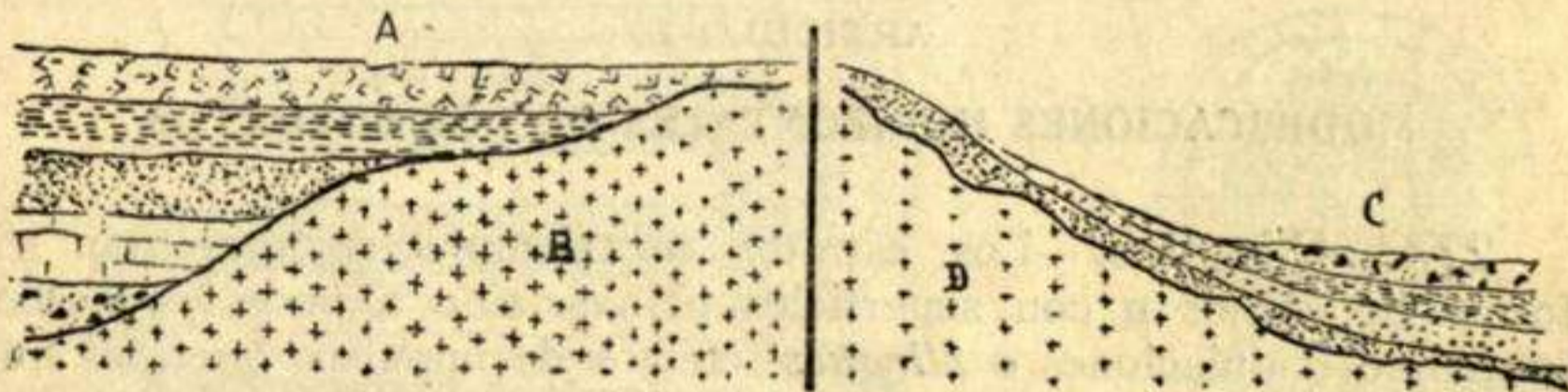


Figura 112

Estratificación transgresiva. La forman los estratos A, cada uno de los cuales avanza sobre su inferior y lo cubre.

Estratificación regresiva. La forman los estratos C, cada uno de los cuales deja al descubierto a su inferior.

**271. Estratificación concordante y discordante.**—Se llama *estratificación* la manera como están colocados los estratos, y las relaciones que guardan entre sí. Se dice que es *concordante*, cuando los estratos superpuestos, estén o no plegados, son paralelos o tienen la misma inclinación y dirección (Fig. 112) y discordante cuando no son paralelos unos con otros, sino que forman ángulo. Esta discordancia puede ser *transgresiva*, cuando los estratos más recientes montan, o como que se desbordan sobre los más antiguos o inferiores (Fig. 113) y *regresiva*, cuando los estratos más recientes o superpuestos se apoyan y mueren en los bordes de los más antiguos.

Cuando se trata de sedimentos marinos superpuestos a otros en discordancia transgresiva es señal de una *transgresión* o invasión marina; al contrario es indicio de una regresión la discordancia regresiva.

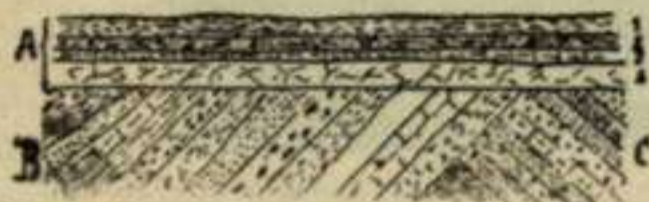


Fig. 113.—Estratos concordantes y discordantes. Los A son concordantes, y lo mismo los B y C, pero los A son discordantes con los B y éstos y los A con los C.



Fig. 114.—La Potencia o espesor de una serie de estratos se mide por la perpendicular (AB) a dichos estratos.

El estudio de la concordancia y discordancia de los estratos es muy fundamental en Geología, porque en él se apoya en gran parte el conocimiento de la época, en que se levantó una montaña, emergió una región, etc., como después veremos.

**272. Potencia o espesor** de un terreno es el grosor del conjunto de sus capas o estratos. Se mide por la perpendicular al plano de estratificación o de unión de los estratos; y es la longitud de esa perpendicular entre las dos superficies límites. (Fig. 114).

## ARTICULO II

### MODIFICACIONES HORIZONTALES DE LOS ESTRATOS

**273. Pliegues.**—Los estratos no siempre se presentan en forma de planos o con superficies planas, sino a veces se hallan formando ondulaciones o *pliegues*, efectos de impulsos laterales que han sufrido.

En el pliegue se distingue la parte superior A (Fig. 115) con el nombre de *anticlinal*, por diverger desde ese punto las inclinaciones de los estratos a uno y otro lado. La parte inferior S se

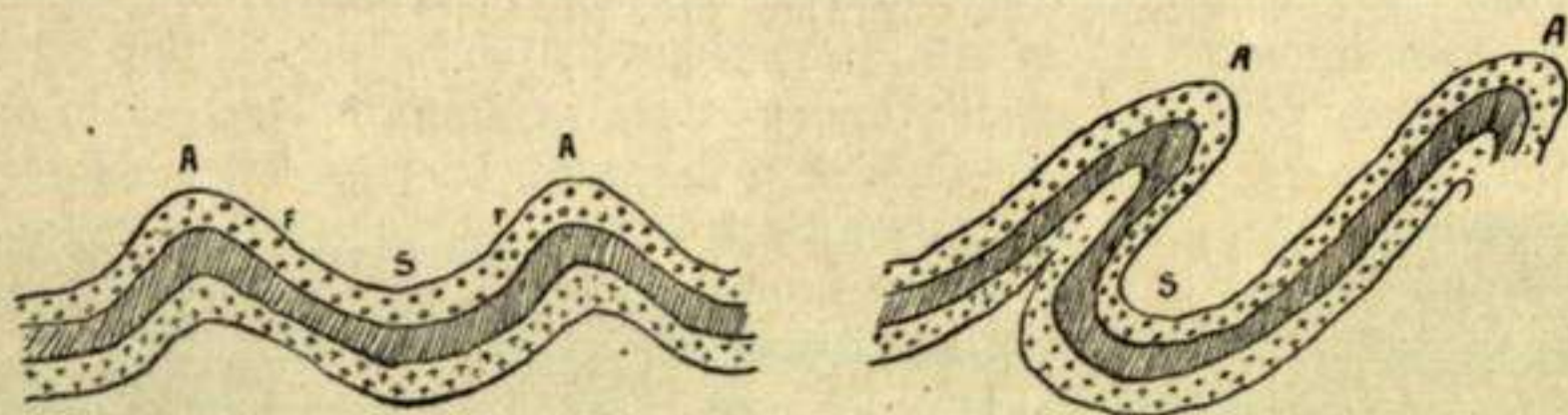


Figura 115

Pliegues: A, anticlinal; S, sinclinal; F, flancos.

Pliegues inclinados.

llama *sinclinal*, porque hacia ella convergen las inclinaciones de uno y otro lado. Los lados del sinclinal y anticlinal se llaman *costados* o *flancos*.

**Pliegues inclinados y tumbados.**— A veces los pliegues están inclinados hacia un lado, pliegues *inclinados* (Fig. 115, B) y hasta echados: pliegues *tumbados*. (Fig. 116).

En una montaña con frecuencia se encuentran series de pliegues orientados en la misma dirección (Fig. 117); se llaman pliegues *isoclinales*. También sucede a veces que, por haber sido comprimida la parte media, el anticlinal y aun el sinclinal presenta una forma de abanico: *pliegue en abanico* (Fig. 116). El abanico puede ser simple o compuesto, según que se componga de uno o varios pliegues.

El estudio de los pliegues y de sus modificaciones es muy importante para el estudio de la *Orogenia* o formación de las montañas, porque indica de qué lado recibieron éstas el impulso orogénico.

**274. Terrenos de arrastre.**— En el caso de los pliegues tumbados puede suceder que la parte superior del pliegue se corra horizontalmente, originando el *pliegue falla* (Fig. 118). Este corrimiento se verifica a veces hasta enormes distancias, a muchas decenas de kilómetros. Estos terrenos así transportados (*terrenos de arrastre*) se colocan a veces sobre otros más recientes, formando una anomalía en la posición relativa. Algunos terrenos jurásicos transportados a los valles de Suiza, y colocados sobre los eocenos, se creen originarios del Piamonte, de la región meri-

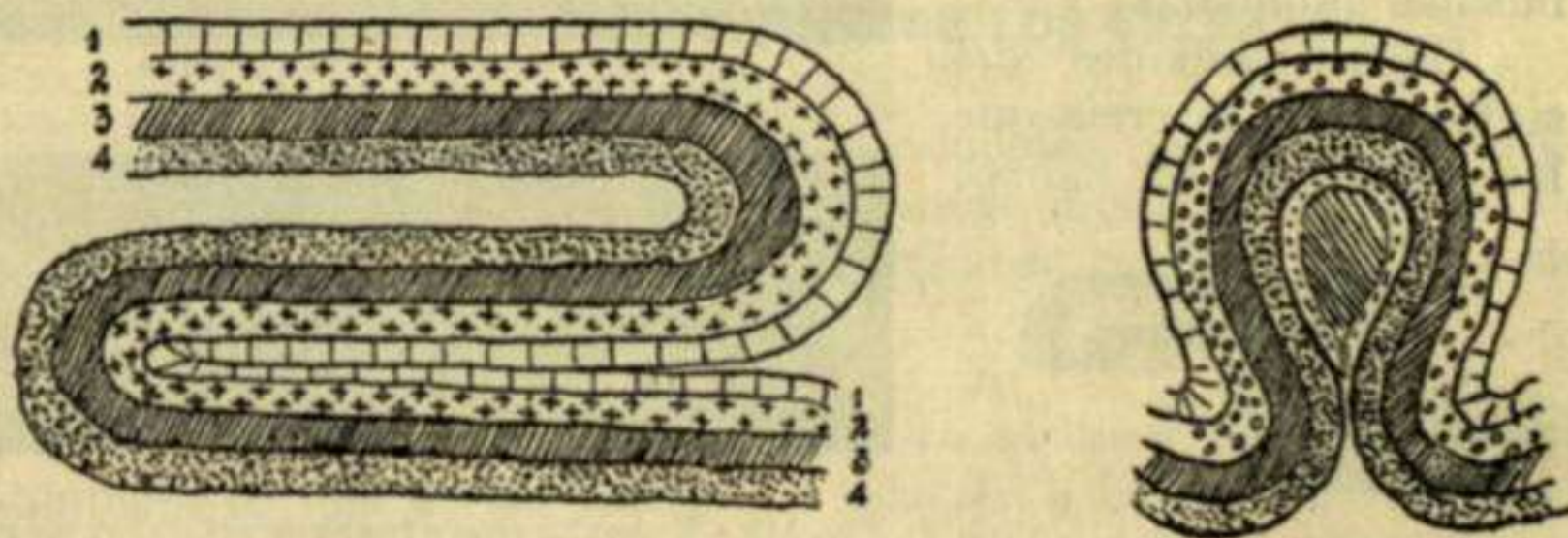


Figura 116

Pliegue tumbado.

Pliegue en abanico

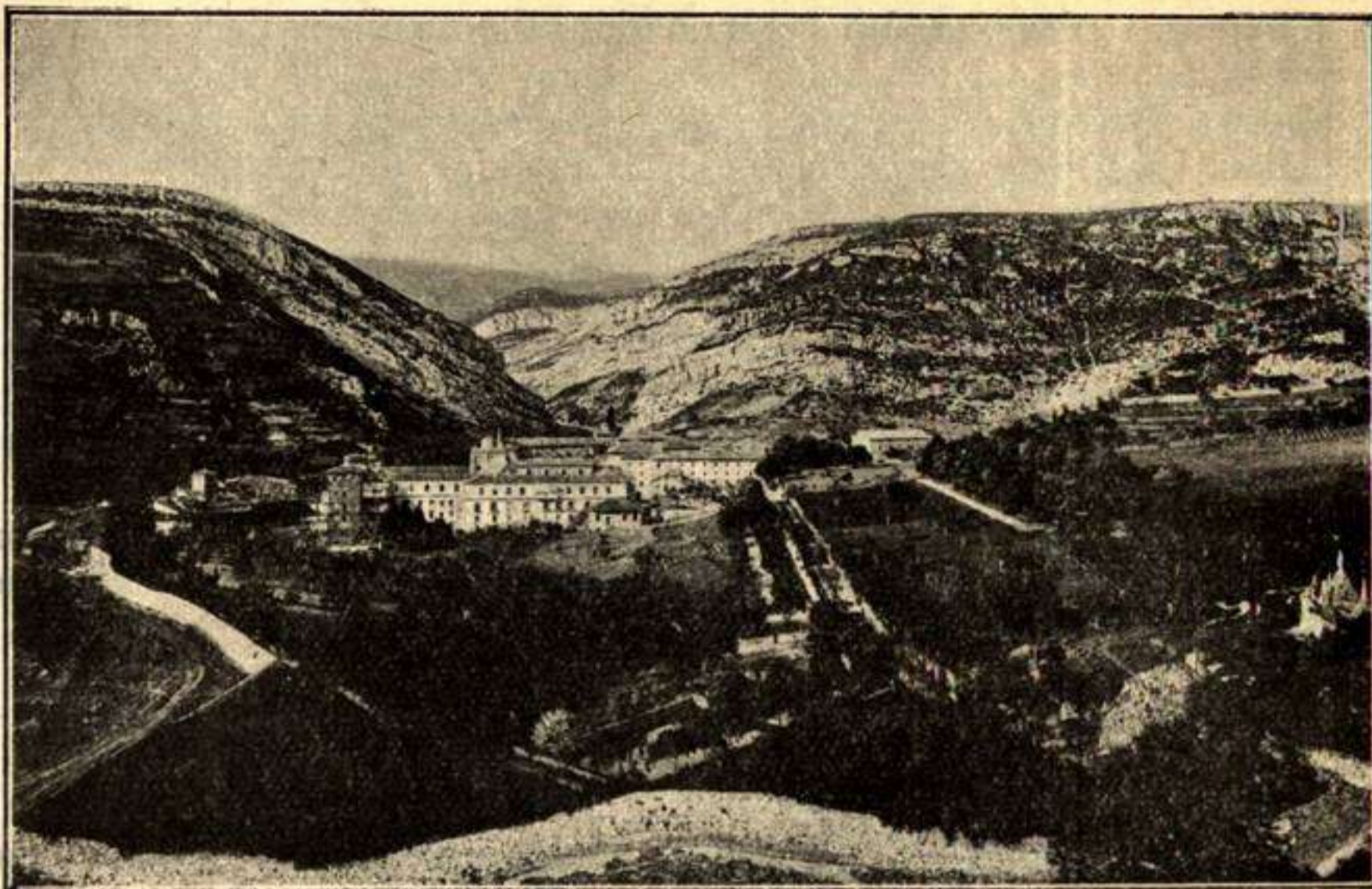


Fig. 117.—Oña y su Real Monasterio. Al fondo abundantes pliegues de capas cretácicas.

dional de los Alpes. También creen algunos que capas paleozóicas, venidas de la parte sur cabalgan sobre terrenos secundarios en la cordillera Cantábrica. También en Sierra Nevada se encuentran capas de acarreo. Este fenómeno de arrastre, en virtud del cual se disponen terrenos más antiguos sobre otros más modernos, es designado por muchos geólogos españoles con el nombre de *cobijadura*.

**275. Origen de los pliegues. Orogenia.**—El origen y formación de los pliegues está íntimamente ligado con la *orogenia* o formación de las montañas; pues los pliegues suelen hallarse de preferencia en las regiones montañosas, formando las mismas montañas.

Hasta mediados del siglo pasado se creía que las montañas se habían

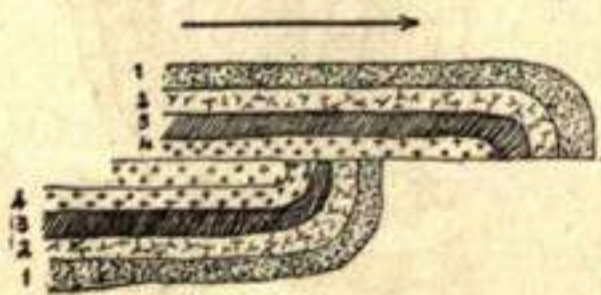


Fig. 118. — Pliegue falla. Corrimiento del terreno.

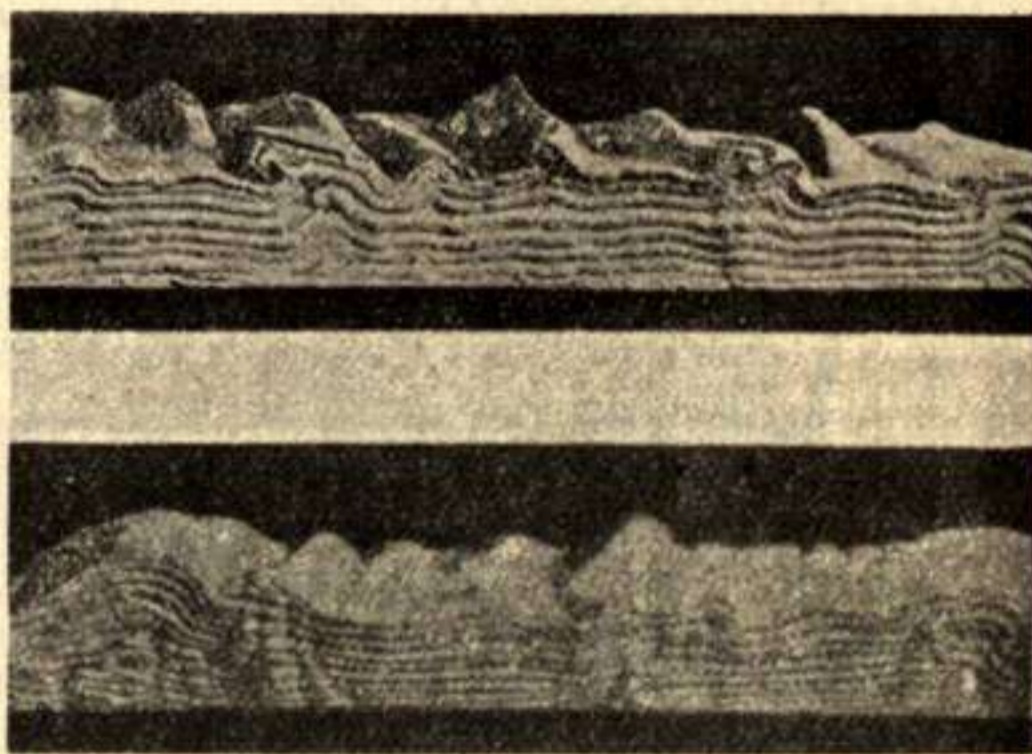


Fig. 119.—Reproducción experimental de los plegamientos de la corteza terrestre. Fajas de arcilla de un metro reducidas por compresión hasta 66 cms.



formado por intumescencia del terreno, producida por la fuerza interna del núcleo ígneo; según esa teoría los movimientos que produjeron las montañas, eran de dirección *vertical ascendente*. Esa teoría está hoy en gran parte desechada. Hoy se cree que los movimientos *orogénicos*, o que produjeron los pliegues montañosos, no son verticales, sino más bien impulsos *horizontales* o *tangenciales*. Esa dirección del impulso parece estar indicada en la dirección de los mismos pliegues, que casi siempre se hallan inclinados hacia un lado en cada región montañosa (Fig. 119).

He aquí cómo explican los geólogos el plegamiento de los estratos. Supongamos numerosas hiladas de estratos en su primitiva posición horizontal, según se habían sedimentado, colocados en un geosinclinal o larga fosa submarina. Al ir enfriándose la tierra y disminuyendo su radio, los pilares laterales de esa fosa se acercan y comprimen los estratos intermedios; esta compresión produce un impulso tangencial, que hace plegarse los estratos hacia la parte más *débil* o de *menor* resistencia. Algunos creen que el desplazamiento horizontal de grandes masas continentales puede también ser la causa de ese impulso tangencial.

**276. Isostasia.** — Además del enfriamiento de la tierra y la consiguiente disminución de su radio, algunos geólogos creen que también es causa de ese impulso tangencial orogénico el fenómeno de la *isostasia* o tendencia al equilibrio. Las acciones geodinámicas externas tienden a nivelar las partes salientes o montañosas y a rellenar los fondos marinos, rompiendo así el equilibrio *isostático*: pues bien, la tendencia al equilibrio, hace que masas submarinas sean añadidas a los continentes, formando pliegues montañosos.

A esta formación de pliegues están íntimamente ligados ciertos terremotos, llamados por eso *orogénicos*, como se indicó en su lugar (111).

---

### ARTICULO III

#### MODIFICACIONES VERTICALES DE LOS ESTRATOS

**277.** Así como los pliegues son producidos por presiones laterales o impulsos tangenciales, así hay otras modificaciones de los estratos, causadas por movimientos verticales centrípetos. Una de estas modificaciones es la *falla*.

**Falla.** — Es la falla «una rotura de los estratos con elevación o hundimiento de una de las partes con relación a la otra; o una abertura o grieta del terreno con descenso de las capas en uno de los lados de la línea de fractura»; de manera que hay como un desnivel

de las capas a uno y otro lado de la fractura (fig. 120). Se llaman labios de una falla los bordes de la fractura: *labio hundido* o *inferior* es el borde hundido, y *levantado* o *superior*, el borde levantado. Se llama *mirada* de una falla la dirección hacia donde mira el plano del labio levantado.

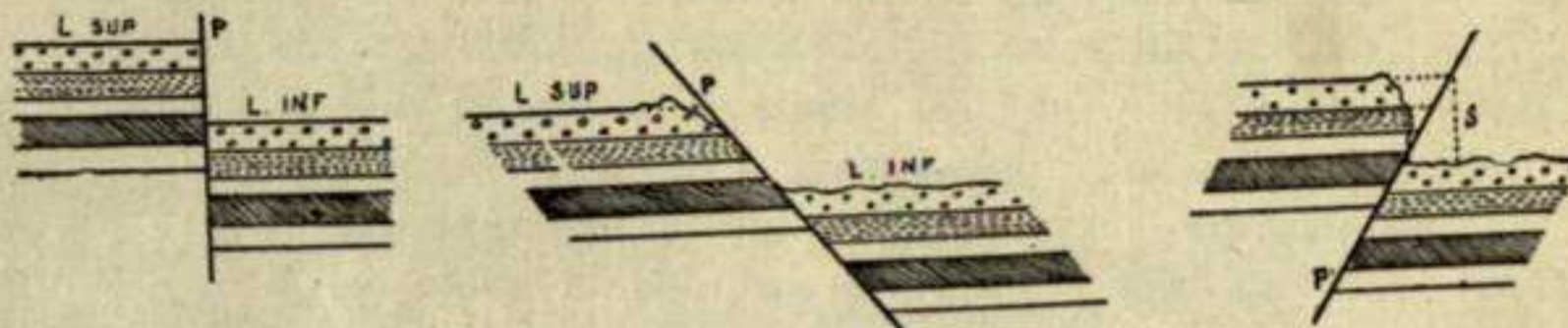


Figura 120

Falla vertical  
L. SUP., labio levantado  
L. INF., id. hundido

Falla normal  
P, plano de fractura

Falla inversa  
S, salto de falla

**División de las fallas.**—La línea o el plano de fractura puede ser vertical, y entonces la falla se llama *vertical*; puede ser inclinada hacia el labio hundido, y recibe el nombre de falla *normal*; o *inclinada* de manera que el labio superior quede como gravitando sobre el inferior, falla *inversa*.

Según la prolongación horizontal de la línea de fractura las fallas pueden ser *longitudinales*, si la línea de fractura es recta en una gran extensión y *circulares* cuando la línea de fractura es una línea cerrada.

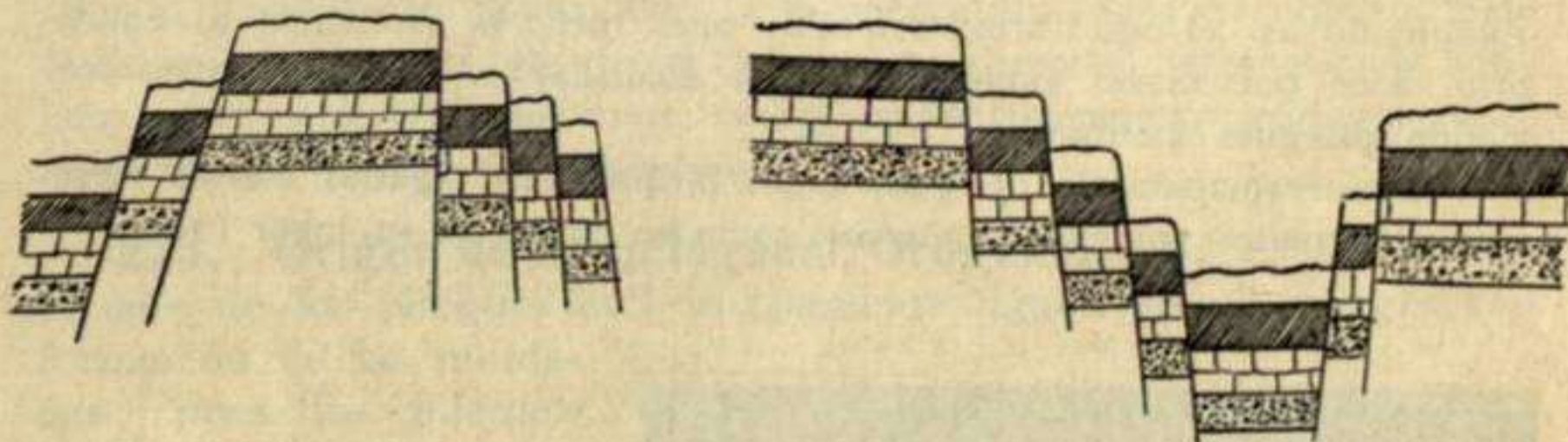


Fig. 121.—Fallas compuestas en escalera

Horst tectónico

Fosa tectónica

**278. Fosas y Horsts.**—En las fallas circulares puede suceder que la parte hundida sea la contenida dentro de la línea de fractura, y tendremos entonces una *fosa* (fig. 121): o también la parte hundida puede ser la exterior, quedando la parte interior levantada o saliente, que se denomina *horst* o *pilar*.

También hay fosas y horst *longitudinales*, si la parte hundida o levantada es una banda o zona alargada en el sentido horizontal.

Ejemplos clásicos de *horst* son la meseta española y la central francesa. Así como de *fosas* la del Ebro y la del Rin.

**279. Fallas compuestas.**—Con frecuencia las fallas no están solas, sino varias unidas o asociadas, *fallas compuestas* (fig. 121). A veces el

desnivel de las capas se verifica gradualmente a través de varias fallas, se llaman fallas en *escalera*. No es raro tampoco que el desnivel de varias fallas asociadas se verifique en sentido contrario, de manera que el efecto de unas sea compensado por el de las otras, *fallas compensadas*. (Figura 122).

**280. Origen de las fallas.**—Como queda indicado, las fallas son producidas por movimientos verticales de la corteza terrestre. A medida que la pirofera se va enfriando y contrayendo, la litosfera o costra sólida exterior tiene que ir ajustándose a la pirofera en el movimiento de contracción de ésta: de ahí proviene el desnivelamiento, la producción de fracturas, hundimientos, fallas, etc.

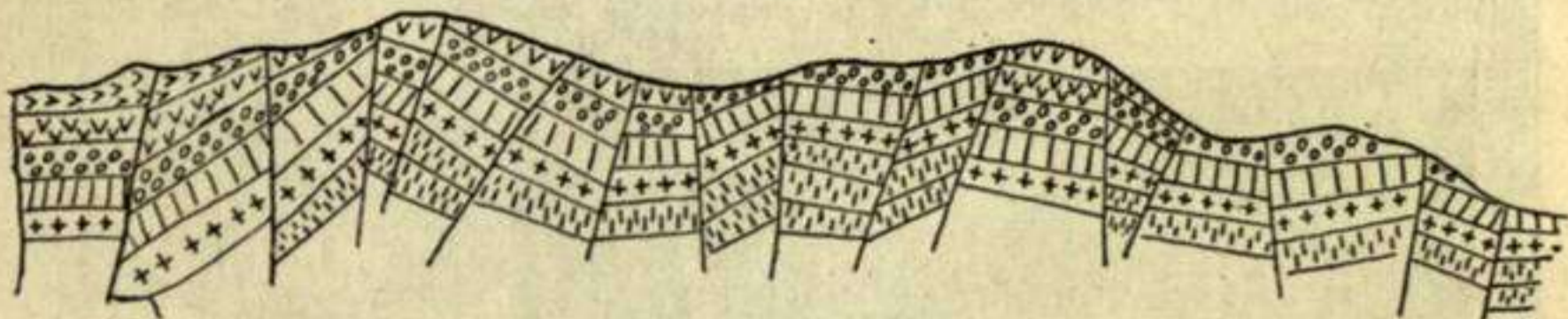


Fig. 122.—Fallas compensadas del acantilado de Comillas, entre Peña Redonda y el Langostero. (Dibujo tomado del natural por el P. Miguel Gutiérrez).

Este reajuste de la litosfera para acomodarse a la pirofera, es la causa, como dijimos (111), de muchos movimientos sísmicos, llamados *verticales* o de *hundimientos*. Montessus de Ballore los llama *epirogénicos*, cuando tienen por efecto hundimiento de grandes extensiones de terreno.

---

#### ARTICULO IV

### CARACTERES PALEONTOLOGICOS DE LOS TERRENOS

**281. Caracteres paleontológicos.**—Así como los caracteres estratigráficos son propios de los terrenos sedimentarios o estratificados, así los caracteres paleontológicos, son exclusivos de los terrenos bióticos. Los terrenos estratificados pueden no contener restos o vestigios de vivientes, como las pizarras cristalinas del arcáico; o pueden contener restos de vivientes o fósiles, que es lo que constituye el carácter paleontológico de los terrenos bióticos.

**282. Fósiles.**—Se llama fósil en Geología *todo resto o señal de viviente, que se encuentra en los estratos terrestres*. Su estudio constituye el objeto de la *Paleontología*.

**Varios modos de fosilización.**—Fosilización es *la manera de conservarse los restos de vivientes en los terrenos*. Puede ser de varios modos: 1.º, *conservación* sin modificación; como se han encontrado el Mamut en los hielos de Siberia y flores e insectos en resina fósil. 2.º, *carbonización*, como las plantas de hulla. 3.º, *molde*, que representa la forma de un animal o de un órgano: puede ser *interno*, cuando representa el interior. En un caracol, por ejemplo, una vez que desaparece el animal, el hueco se llena de sustancia mineral; si luego la concha exterior desaparece, queda el mineral representando un molde interno. (Fig. 123). El molde *externo* representa la forma exterior del animal o planta: un caracol, por ejemplo, se entierra en arcilla; si desaparece el caracol

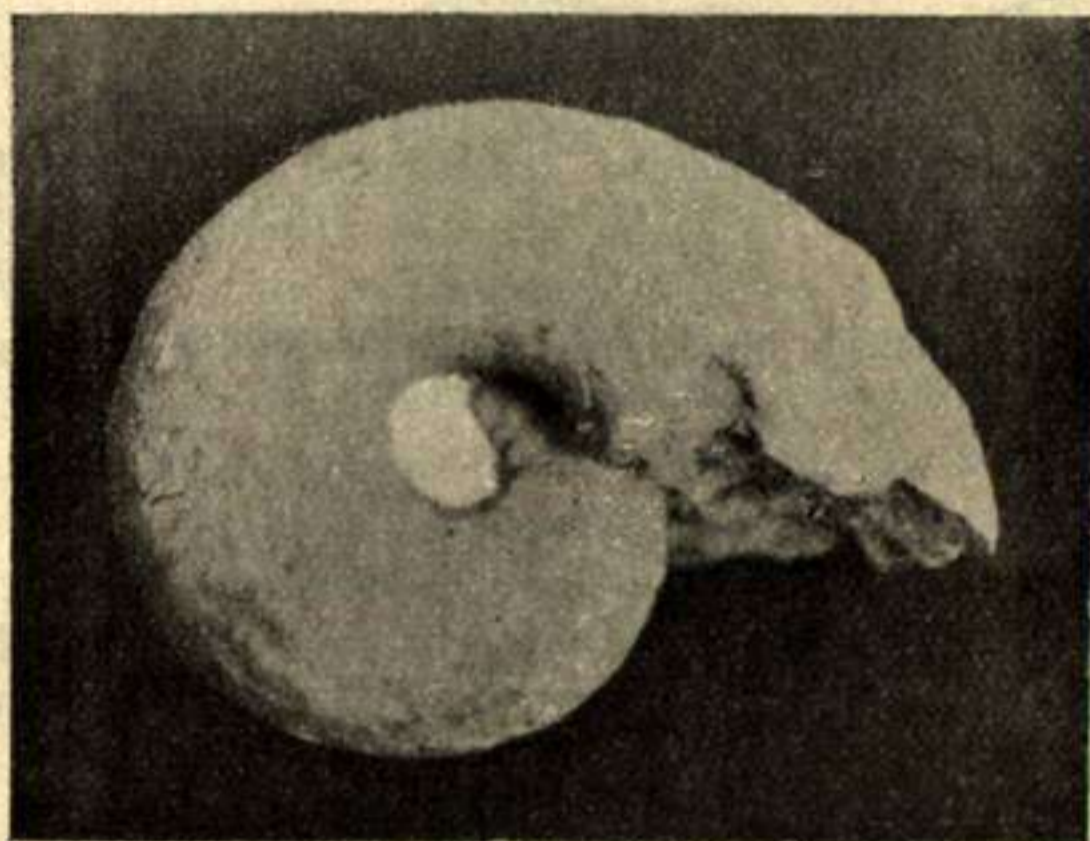


Fig. 123.—Molde interno de un amonites. (Aspidoceras af. Altensis) del jurásico de Crevillente, Alicante.



Fig. 124.—Huellas de pentadáctilo (Cheiroterium) y grietas de retracción por desecación en arenisca triásica.

queda un hueco que es el molde externo; si luego ese hueco es rellenado por un mineral, éste tendrá la forma exterior del caracol. Los moldes son los más ordinarios modos de fosilización, sobre todo en los moluscos. 4.º, *sustitución molecular*. Si la materia orgánica va desapareciendo poco a poco, siendo sustituida partícula por partícula, por materia mineral, ésta toma la estructura orgánica con todos sus detalles: este modo de fosilización es muy frecuente en los vegetales. 5.º, *impresión*. Cuando sólo queda la marca o señal, se llama *impresión*; como sucede con frecuencia en las hojas, que sólo dejan su impresión. Si la impresión es del pie de un animal se llama *huella*. (Fig. 124). Se llaman *coprolitos* los excrementos fósiles de los animales antiguos.

**283. Animales fosilizables.**—Los que fácilmente se fosilizan son: 1.º, los *calcáreos* (Foraminíferos, Celentéreos, Conchas de moluscos, huesos de vertebrados); 2.º, *silíceos* (Esponjas silíceas, Ra-

diolarios, Diatomáceas, etc); 3.º, *quitinosos* (Crustáceos, Equinodermos, Insectos). Entre las plantas las de fibras duras y resistentes, y las que tienen armazón muy mineralizado, como las algas coralinas (calcáreas) y las diatomáceas (silíceas).

**284. Materiales fosilizantes.**—Los más ordinarios son: la caliza, la arcilla marga y la sílice; a veces también el sulfuro de hierro o piritita; fluoruro de calcio, etc.

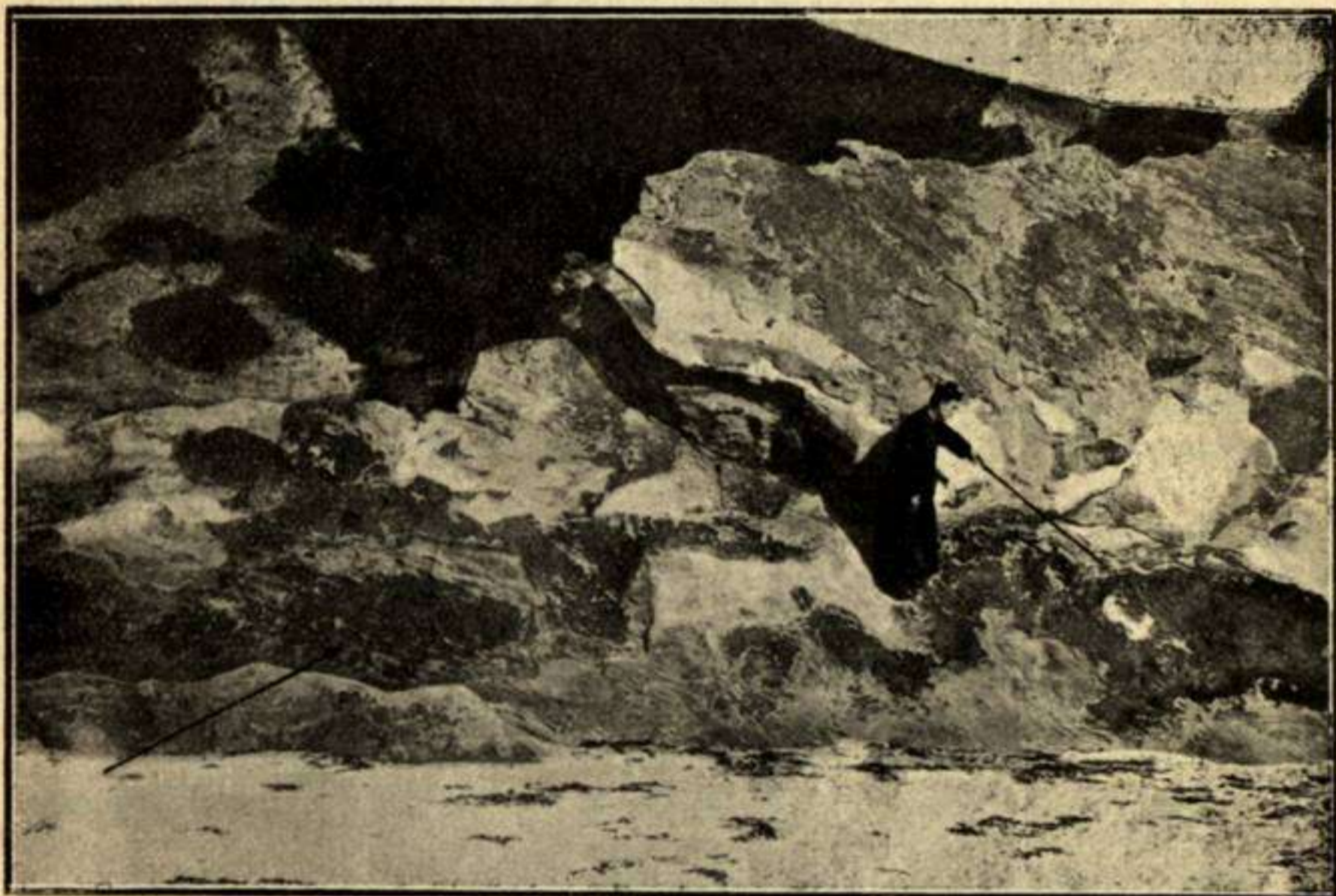


Fig. 125. —Olas fósiles o «ripple-marks» de la playa de Novales, Comillas. Pueden apreciarse en los grupos señalados por la flecha y el bastón.

Las rocas en que principalmente se encuentran los fósiles son las arcillosas, calcáreas, márgas, gredas finas, etc. Se conservan mejor en rocas impermeables, por lo más apartadas que están de la influencia exterior, filtraciones, etc.

El estudio de los fósiles es muy fundamental en Geología, como veremos luego al tratar de las leyes paleontológicas.

**285. Olas fósiles.**—La palabra fósil restringida en su sentido estricto a designar restos o huellas de vivientes en las épocas pasadas, puede emplearse también en sentido más amplio, para designar ciertos fenómenos físicos, sucedidos en las épocas geológicas, y que dejaron señales en los terrenos.

Así se encuentran *olas fósiles*, o señales de oleaje. Al bajar la marea quedan a veces ciertas arrugas o rizados, hechos por las olas en la arena

de la playa. Esos rizos pueden endurecerse y conservarse, si concurren circunstancias favorables. Son las *olas fósiles* o los *ripple-marks* de los ingleses. (Fig. 125).

**Lluvia fósil.** — Se puede llamar también lluvia fósil o señales de lluvia, ciertos agujeritos hechos en un terreno blando, arenoso o arcilloso, por las gotas de lluvia y que se pueden conservar, si antes de ser destruidos o borrados se endurece la arcilla, y es cubierta por un nuevo sedimento. En esos agujeros se puede conocer la dirección del viento, según la inclinación que presentan; y aun hasta la intensidad del mismo, atendida la profundidad de los agujeros.



## CAPITULO III

## EDAD RELATIVA DE LOS ESTRATOS

**286. Principios geológicos; su división.**—Uno de los puntos fundamentales de la Geología propiamente dicha es la determinación de la edad relativa de los estratos o sedimentos y el establecimiento de la serie sedimentaria de eras, períodos, etc., aplicable a todas las regiones del globo.

Para esa determinación de la edad de los estratos, la Geología se apoya en varios principios ciertos, entre los cuales unos son evidentes de suyo, como fundados en la misma naturaleza de las cosas o en leyes naturales bien manifiestas; otros son adquiridos y demostrados por la observación directa del terreno.

A dos clases principales se pueden reducir esos principios: unos son de orden estratigráfico; y otros de orden paleontológico.

## ARTICULO I

## PRINCIPIOS ESTRATIGRAFICOS

**287.** Entre los principios estratigráficos hay unos que se refieren directamente a las formaciones sedimentarias; y otros, que se relacionan con las rocas eruptivas.

Entre los primeros tenemos:

1.º *Los estratos en su origen se depositan horizontalmente.* Es una consecuencia del modo de formación, que es por sedimentación, la cual se verifica en capas horizontales, como lo demuestra la teoría y lo confirma la experiencia.

A veces en las playas inclinadas y en los conos de deyección de los torrentes, se forman ya desde el principio capas algo inclinadas, y entrecruzadas en varias direcciones; pero la regla general es la



enunciada en el principio; y esas otras estratificaciones torrenciales y litorales son fáciles de distinguir y son confirmación del principio general. (Fig. 126).



Fig. 126.—Curioso modelo de estratigrafía llamado «Piedra del domingo». Confirmación del primer principio estratigráfico (1).

2.º Cuando no ha habido alguna dislocación que los haya invertido, los estratos superiores son más recientes que los inferiores. Es principio evidente y consecuencia del anterior.

3.º Las modificaciones tectónicas (pliegues, fallas, etc.) que afectan un estrato, son posteriores a la formación de éste. Es principio evidente; porque no puede ser deformado, antes de existir un estrato.

4.º Las modificaciones tectónicas, que no afectan un estrato, afectando a las capas inferiores inmediatas, son anteriores al estrato. Este principio, aun-

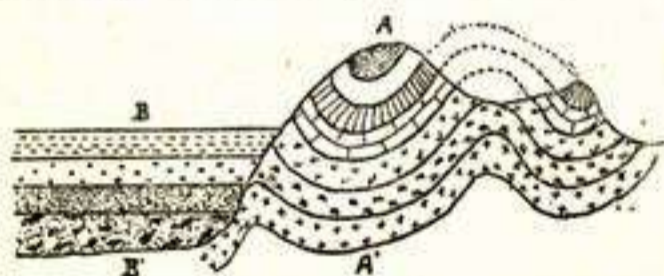


Fig. 127.—Cuarto principio estratigráfico. La serie de capas AA' se plegó antes de sedimentarse la serie BB', que no está afectada de los pliegues.

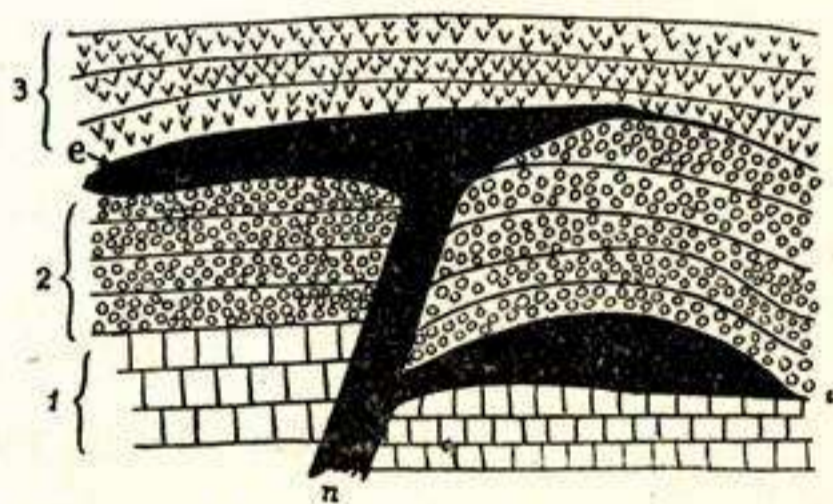


Fig. 128 — Epoca de una erupción: *i*, roca intrusiva, posterior a los terrenos 1 y 2; *e*, roca efusiva, posterior a los terrenos 2 y anterior a los terrenos 3 superpuestos, y que engloban fragmentos de la roca eruptiva; *n*, camino de ascensión o Neck.

(1) Esta piedra se encuentra en una mina de carbón de los EE. UU. de N. A. Se halla constituida por delgadas capas de caliza alternando con otras de fino polvo de carbón (las negruzcas). Estas se forman durante el trabajo del día en la mina; las de caliza durante la noche. Cada seis pares de capas se ve otra blanca de mayor anchura, que se deposita durante el domingo, día en que se suspende el trabajo de la mina. (Véase Ibérica 2 dic. 1922). [E. M.].



que no absoluto, como los anteriores, es muy general, porque es difícil que siendo afectadas las capas inmediatas, no participe el estrato de esas modificaciones; pero siempre en la observación concreta de casos particulares se puede conocer perfectamente cuándo se cumple el principio: éste tiene su principal aplicación en los pliegues, que no afectan a un estrato afectando a los inmediatos inferiores. (Fig. 127).

**288.** Para conocer la época de una erupción sirven los principios siguientes:

5.º *Una formación eruptiva es anterior al terreno que contiene fragmentos de la roca eruptiva:* porque cuando se formó el terreno, ya existía la roca eruptiva; pues de lo contrario no pudiera contener fragmentos de ella. *Es anterior también al terreno que la cubre* (si es roca efusiva); se deduce del segundo principio expuesto arriba.

6.º *Una formación eruptiva es posterior al terreno que cubre* (2.º principio); *al terreno que atraviesa, que es metamorfozido por ella, y cuyos fragmentos engloba.* Es principio evidente. (Fig. 123).

---

## ARTICULO II

### PRINCIPIOS PALEONTOLOGICOS

**289.** Estos principios, o leyes, son deducidos de la observación de los terrenos, y son de suma importancia para el estudio de la fase biótica.

1.º *Cada terreno tiene su fauna y flora característica, que los distingue de los inferiores y superiores.*

2.º *La sucesión de estas faunas y floras ha sido la misma en todas las regiones de la tierra.* Estas dos leyes o principios, se fundan en la observación de los terrenos; por eso se ha deducido *a posteriori*. En efecto: examinando los terrenos fosilíferos de una región, por ejemplo, León, Asturias, Galicia, etc., se observa sobre el granito una serie de sedimentos de este orden (Fig. 129): 1) pizarras cristalinas sin fósiles sobre el granito (serie A); 2) capas de *trilobites*, sobre las pizarras anteriores (serie B); 3) terreno carbonífero sobre el de *trilobites* (serie C); 4) terreno con Amonites, jurásico, sobre el carbonífero (serie D); caracterizados los terrenos dichos por sus fósiles especiales (1.ª ley). Si se examinan esos terrenos en otra región: Francia, Alemania, China, América, etc., siempre se ve la misma sucesión: pizarras cristalinas, *trilobites*, carbonífero, Amonites (2.ª ley). Según la segunda ley o principio estratégico, la serie A es anterior a la serie B; y ésta a la C; y ésta a la D.

En otra región, por ejemplo Santander, se observará que sobre el jurásico se encuentra otra serie de capas (cretáceo) con sus fósiles especiales (serie E) y sobre el cretáceo, otra serie (terciario) con fósiles asimismo caracterizados (serie F); y, por fin, sobre la serie F otra serie G (cuaternario), sobre la cual ya nunca se encuentran sedimentos. Examinando esos terrenos en otras regiones se observa siempre la misma sucesión. Ahora bien, está examinada ya casi toda la tierra; luego por inducción casi completa, queda establecido que en todas las partes de la tierra la serie G es la más moderna en cualquiera parte de la tierra; siguiéndole en orden de antigüedad las F, E, D, etc., respectivamente, hasta llegar a la serie A, que es la más antigua entre las sedimentarias. Con eso queda ya establecida esa serie de eras, períodos, épocas, etc., caracterizado cada grupo de esa serie por fósiles especiales; luego queda comprobada la 2.<sup>a</sup> ley paleontológica, y establecida la serie sedimentaria *a posteriori*.

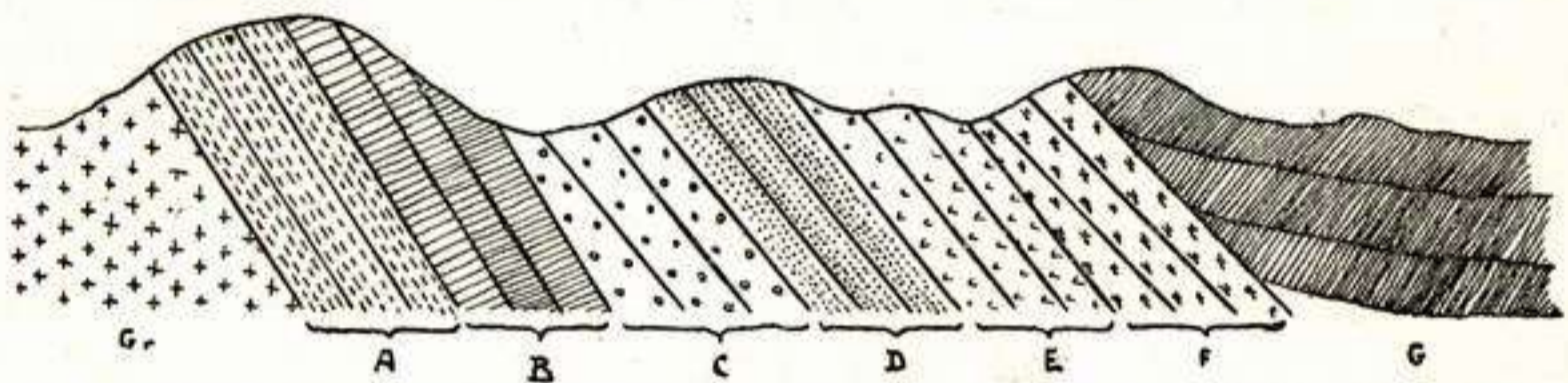


Fig. 129.—Serie sedimentaria: Gr, granito y neis; A, pizarras sin fósiles (algonkienses); B, estratos con trilobites (cámbrico, silúrico y devónico); C, terrenos carboníferos; D, terrenos con amonites especiales (triásico y jurásico); E, cretáceo; F, terciario; G, cuaternario.

Una vez establecida y probada, al examinar un terreno cualquiera, se puede conocer a qué grupo de la serie pertenece.

No quiere decir esto que en todas partes se encuentren todas las series completas, porque eso no sucede en casi ninguna región; pues algunas series suelen faltar o porque la erosión las hizo desaparecer o porque no sedimentaron en aquella región. Pero siempre que se encuentran, se hallan en ese orden de superposición; por consiguiente siempre manifiestan su antigüedad relativa en ese mismo orden que dice la ley o principio.

Una excepción puede traerse a esta ley; y es, cuando en una localidad las acciones tectónicas han trastornado e invertido ese orden de sucesión, poniendo las capas más antiguas encima; y las más recientes, debajo; pero eso es caso excepcional y local, que se conoce o sospecha por el trastorno tectónico de la región; lo general es la ley, que se observa en casi todas las demás regiones.

Y el conocer esos fenómenos de inversión, como se conocen en diversos puntos, confirma precisamente la verdad de la ley.

**290.** 3.<sup>o</sup> *Los fósiles de cada terreno pertenecen a animales y plantas que vivieron en la época de la formación del tal terreno; y generalmente a los que vivieron en la región, donde se formó y*

*encuentra el terreno.* Esta 3.<sup>a</sup> ley paleontológica es una consecuencia de la manera de formarse los terrenos por sedimentación (89), en cuyas capas quedaron sepultados los restos de animales y plantas que entonces vivían. Y aunque a veces los restos pueden ser transportados por las corrientes fluviales y marinas y ser enterrados a mayor o menor distancia del sitio en que vivieron; pero lo general es que sean enterrados en la misma región de vivienda; sobre todo muchos, que como las Madréporas, Ostras, etc., viven fijos y agarrados al suelo.

Puede ciertamente suceder, y a veces sucede, que entre restos de animales entonces vivientes, queden enterrados otros restos ya fosilizados de épocas anteriores, y que se encuentran en terrenos próximos al lugar de la sedimentación; pero en general es fácil conocer, cuándo son restos contemporáneos de la sedimentación, y cuándo son anteriores; sobre todo esto último es excepcional, y por eso fácilmente cognoscible, sabida la regla general. El caso se presenta a veces en conglomerados, cuyos fragmentos encierran fósiles de épocas anteriores: por ejemplo, si en terrenos terciarios se encuentran fragmentos de roca con fósiles cretáceos, eso indica que los fragmentos fueron arrancados a una roca cretácea.

4.<sup>o</sup> *Los animales y plantas que vivieron en los tiempos geológicos, tienen el mismo tipo de organización que los actuales; por consiguiente tenían las mismas funciones y estaban sometidos a las mismas leyes.*

Ley deducida de la simple comparación de los restos fósiles con los actuales vivientes y de la constancia e invariabilidad de las leyes naturales.

**291. Facies.**—De la tercera ley paleontológica se desprende espontáneamente la noción de Facies, o sea *el aspecto peculiar de cada terreno*, según sea de formación *continental, lacustre o marina*; y ésta puede ser *litoral, batial o abisal*; y esas facies se dan a conocer, sobre todo, por los fósiles enterrados en el terreno.

---

### ARTICULO III

## APLICACION DE LOS PRINCIPIOS ESTRATIGRAFICOS Y PALEONTOLOGICOS

**292.** Con esos principios se tiene ya el fundamento para resolver varios e importantes problemas geológicos. Pongamos algunos casos y ejemplos. Se puede conocer: 1.<sup>o</sup> la época de una dislocación (falla, pliegue, etc.); por la 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> ley estratigráfica: así, por ejemplo, tenemos un pliegue que afecta a las capas del mioceno inferior y no afecta a las del mioceno superior superpuestas, diremos

que se formó entre el mioceno inferior y el superior, es decir, en el mioceno medio: tal es la formación de los pliegues alpinos. 2.º La época de la formación de una montaña; por las mismas leyes, y la noción de la discordancia: pues la formación de las montañas suele andar conjunta con la formación de los pliegues que las constituyen.

3.º La época de una erupción: por la 5.ª y 6.ª ley estratigráfica.

4.º La época de una trasgresión o regresión marina; por la 3.ª y 4.ª ley estratigráfica (la discordancia está, en algún modo, contenida en ellas); y por la 2.ª ley paleontológica, que indica si hay o no *hiatus* de terreno en una región dada.

5.º De la 3.ª ley paleontológica se deduce, como dijimos, la noción de facies, continental, lacustre y marina (litoral, pelagica...). Con eso se tiene ya un buen fundamento para conocer o vislumbrar la antigua distribución de tierras y mares (Paleogeografía): por ejemplo, se puede seguir una formación litoral, que nos indica la orilla del mar en una época dada, o sea, el límite de separación de tierras y mares.

6.º De esa misma tercera ley paleontológica y de la 4.ª se puede venir en conocimiento de las condiciones físico-biológicas de una región en una época determinada, por el estudio de los vivientes que allí existieron en tal época.

7.º Se deduce de las leyes paleontológicas, sobre todo de la 2.ª, el *sincronismo*, más propiamente *paralelismo*, de dos terrenos situados en regiones distantes; si tienen igual flora o fauna fósil: sobre todo cuando contienen especies, cuya área de dispersión es muy extensa. Ese *sincronismo* hay que entenderlo en sentido lato; pues formaciones similares pudieron tener lugar en dos regiones apartadas, no sincrónicamente, sino con alguna diferencia de tiempos: por eso más bien que *sincronismo* se emplea la palabra *paralelismo* (geológico) de dos terrenos.

De ésta o análoga manera se resuelven otros problemas de la historia física de la tierra. Hemos puesto estos ejemplos, para que se conozca el método seguido en geología y los fundamentos en que se apoyan sus conclusiones.

# CUARTA PARTE

## DISTRIBUCION DE LA CUARTA PARTE

### GEOLOGIA HISTORICA

		<u>NÚMS.</u>
<b>CAP. I. — GEOGONIA</b>		293
<b>CAP. II. — FASE ABIÓTICA</b>		300
	Taxonomía de los terrenos bióticos: Nomenclatura estratigráfica . . . . . 305	
<b>CAP. III — FASE BIÓTICA</b>	<b>ART. 1.º Era Primaria o Paleozóica</b>	§ 1.º Período Algonkiense. . . . . 309
		§ 2.º » Cámbrico. . . . . 313
		§ 3.º » Silúrico. . . . . 317
		§ 4.º » Devónico. . . . . 320
		§ 5.º » Antracolíptico. . . . . 322
		§ 6.º Erupciones paleozóicas . . . . . 332
		§ 7.º Fenómeno paleotermal. . . . . 333
		§ 8.º La Península Ibérica durante la era primaria. . . . . 334
	<b>ART. 2.º Era Secundaria o Mesozóica</b>	§ 1.º Período Triásico. . . . . 336
		§ 2.º » Jurásico. . . . . 338
		§ 3.º » Cretáceo. . . . . 342
		§ 4.º Terrenos secundarios de la Península Ibérica. . . . . 347
		§ 5.º Diferenciación de las estaciones y climas. . . . . 348
	<b>ART. 3.º Era Terciaria o Neozóica</b>	§ 1.º Período Eógeno . . . . . 351
		§ 2.º » Neógeno. . . . . 355
		§ 3.º Gran desarrollo de los mamíferos. . . . . 360
§ 4.º El clima durante la era Terciaria. . . . . 362		
§ 5.º La Península Ibérica durante la era Terciaria . . . . . 363		
<b>ART. 4.º Era Cuaternaria o actual</b>	§ 1.º Descripción general. . . . . 364	
	§ 2.º Epoca pleistocena. . . . . 368	
	§ 3.º Aparición del hombre. . . . . 372	
	§ 4.º Edad Paleolítica. . . . . 376	
	§ 5.º » Neolítica. . . . . 380	
	§ 6.º La civilización durante los tiempos prehistóricos. . . . . 381	

[E. M.]

## CAPITULO I

---

### GEOGONIA

---

**293. Cosmogonía y Geogonía.**—La cuestión sobre el origen del Universo, o *Cosmogonía*, y en particular sobre el estado primitivo y formación de nuestra tierra, o *Geogonía*, ha dado lugar a numerosas teorías.

**294. Teorías cosmogónicas.**—Entre las doctrinas antiguas sobre la formación del mundo, sólo la del pueblo hebreo, estampada en el primer capítulo del Génesis está exenta de errores y extravagancias mitológicas.

En ella se consigna que el estado primitivo de la tierra, era una materia confusa y caótica, que fecundada por el soplo del Criador, dió origen a la tierra actual con su ornato y variedades. Sobre esta doctrina mosaica acerca de la formación del mundo, hablaremos largamente más adelante en capítulo aparte (1).

Entre las teorías modernas, fundadas en los datos científicos, la que más celebridad ha logrado, es la de Laplace, aunque posteriormente reformada para acomodarla a los nuevos descubrimientos astronómicos. Pondremos aquí la síntesis de la teoría, según las modificaciones que hicieron Faye y Ligondés.

#### HIPOTESIS DE LAPLACE—FAYE—LIGONDES

**295. Estadio cosmogónico.**—*Fase nebular.* Según la nueva teoría todo el sistema solar era primitivamente una ingente nebulosa, que se extendía hasta más allá de la órbita de Neptuno. En esta nebulosa se encontraba la materia (partículas y moléculas lumínicas y vibrantes) en un grado sumo de enrarecimiento. En virtud de la atracción esas moléculas empiezan a girar en diversos sentidos al

---

(1) Véase 5.<sup>a</sup> parte, cap. 2 «La Geología y el primer capítulo del Génesis».

principio; originándose choques que tienden a elevar la temperatura de la masa y a concentrarla alrededor de ciertos núcleos. En virtud de esos movimientos y choques la nebulosa tiende a tomar la forma lenticular, en que sus partículas, a causa de la preponderancia de una de las corrientes, acaban por girar todas en sentido directo.

En esta nebulosa empieza a concentrarse la materia en zonas o anillos, de los cuales se formarán los planetas.

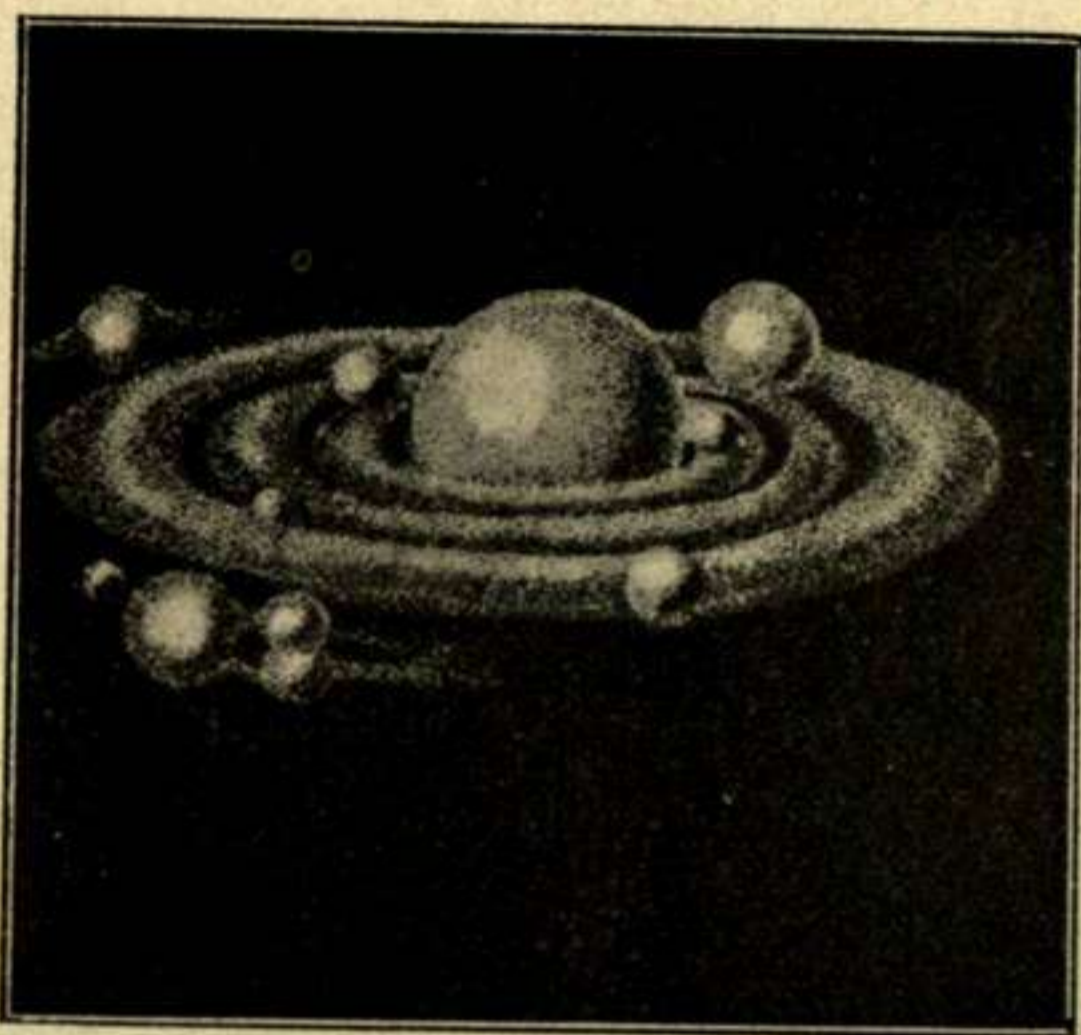


Fig. 130.—La Nebulosa de Laplace en la fase de condensación y formación de anillos y subanillos. (Mazo)

La masa central condensándose cada vez más por la caída y acumulación de materiales, formará el sol. Cada uno de los anillos también se irá condensando y reuniendo en un globo único, para formar un planeta. Nuestra tierra se formó de uno de los anillos. Cada planeta girando alrededor del sol corre la misma suerte que el núcleo primitivo; de él se concrecionan y desprenden otros anillos que vienen a formar los satélites (Fig. 130).

Esta es en términos generales la hipótesis cosmogónica, tal como la explicaron Faye y Ligondés, sin meternos en detalles, por ejemplo, cómo se explican en esta hipótesis los movimientos retrógrados de los satélites Urano y Neptuno que parecen incompatibles con el estado o forma, en que concebía Laplace la nebulosa primitiva; cómo se explica el movimiento asimismo retrógrado, del último satélite de Saturno y de los cuatro más externos de Júpiter; lo mismo que las particularidades del movimiento de los anillos de Saturno, la excentricidad excesiva de la órbita de los cometas, etc., etc. Explicar todas esas cuestiones nos sacaría fuera del terreno propio de la Geología.

También advertiremos que no todos los científicos están con-

formes con esa manera de concebir la nebulosa primitiva: así MOULTON emite la opinión de que el sistema solar tuvo origen por el choque de dos nebulosas, que formaron una nebulosa en espiral.

PICKERING explica el movimiento retrógrado de los satélites por la influencia de las mareas solares. Para SEE los planetas son extraños al sistema solar, cayeron de otra parte dentro de la esfera de atracción de nuestro sistema y acabaron por ser anexionados a él (1).

(1) TEORIA DE MOREUX.—Modernamente el Abate Moreux, que en Francia está llamando la atención por sus trabajos astronómicos, funda su hipótesis en la formación de una nebulosa en espiral, con la que explica todas las particularidades del sistema solar. Distingue en su explicación cuatro fases:

1.<sup>a</sup> Fase. Supone que una nube de meteoros por el estilo de nuestras estrellas fugaces, choca con el sol; cuando aun no es éste sino una masa nebulosa. De resultas del choque, de ésta como nevada de meteoros, quedan adheridas a la masa solar dos ramas o como montañas alargadas de meteoros, una por la parte que se opuso al choque, otra por la cara opuesta, en virtud de la atracción. (Fig. 131).



Fig. 131.—Teoría del Abate Moreux.

Formación de una espiral de dos ramas.  
(Mazo)

Modelo en relieve para la explicación  
de dicha teoría.

2.<sup>a</sup> Fase. *Formación de una espiral a dos ramas.*—Al girar el Sol alrededor de su eje, empieza a formarse una espiral a dos ramas, cuyos puntos girarán todos en planos diferentes, debido a la inclinación del eje solar. Su trayectoria nos la daría la cinta de acero de la cuerda de un reloj haciéndola girar como se indica en la figura.

3.<sup>a</sup> Fase. *Formación de los planetas.*—La condensación de la masa solar influye en la desviación del eje; provoca desprendimientos en las ramas de la nebulosa. Estas formarán los planetas, en planos distintos



Como se vé, no hay entera conformidad entre los autores en cuanto a las condiciones de la nebulosa primitiva hasta la fase estelar; pero una vez llegada la tierra a la fase de astro incandescente, todos están conformes en explicar las evoluciones sucesivas.

**296. Fase estelar.**—Cuando se condensó el anillo de la tierra, terminó ésta su fase nebulosa, y empezó la de astro luminoso. En efecto: en virtud de los choques y concentración de la materia, antes enrarecida, se elevó considerablemente su temperatura, hasta ponerse incandescente y brillar como una estrella. En esta fase, todos los materiales se hallaban en estado de fusión y fluidez.

Pero, poco a poco, irradiando calor hacia los espacios, se fué enfriando su masa hasta el punto de solidificarse en su parte periférica.

Así se formó la primera costra sólida, compuesta de los materiales más refractarios y ligeros, como son la sílice y feldespatos alcalinos, que forman las rocas más ligeras, cuyo tipo es el granito.

Al formarse esta primera costra sólida, terminó el estadio cosmogónico de la tierra, para dar comienzo el estadio geológico.

**297. Estadio geológico.**—Tan pronto como se formó la primera costra sólida empezó el ciclo sucesivo de erupciones, levantamientos, denudación y sedimentación; con lo cual da comienzo el estadio geológico de la tierra. Cuando la temperatura lo permitió empezaron a desarrollarse los animales acuáticos, y a vegetar las primeras plantas: con esto comienza la *Fase biótica*.

Al empezar esta fase, ya no se procede, como en las fases anteriores, por hipótesis, más o menos fundadas, sino que con documentos y testimonios reales y patentes, conservados en los fósiles y terrenos, describe el geólogo la historia física de la tierra, prescindiendo de cuál haya sido su estado primitivo.

**298. Resumen de las fases de la tierra.**—Según lo anteriormente dicho la historia de la tierra se divide en dos estadios: *cosmogónico*, desde el principio hasta la formación de la primera costra sólida; y *geológico*, desde la formación de esta costra sólida hasta nuestros días. El estadio cosmogónico se divide en dos fases: *nebulosa*, desde el principio hasta que la tierra quedó separada de la nebulosa, constituyendo un individuo planetario; y de astro luminoso

y aun inclinados unos respecto de otros. Como de hecho los vemos, v. g., el de Mercurio que forma con el de Júpiter un ángulo de 7°.

4.ª Fase. *Distribución de los planetas sobre las dos ramas.*—Al desprenderse los planetas, la línea ideal que determina su posición, viene dada por aquellas dos ramas de la espiral primitiva; en una de las cuales, más allá de Urano, supone Moreux que se encuentra el planeta transneptuniano que buscan los astrónomos. [E. M.]

o *estelar*, desde esta separación hasta que se formó la primera costra sólida. El estadio geológico comprende otras dos fases: *abiótica*, desde la primera costra sólida hasta la aparición de la vida; y *biótica* u *orgánica*, desde los primeros vivientes hasta nuestros días.

**299. Pruebas de la hipótesis nebular.**—Aunque la teoría que acabamos de exponer, en cuanto a su estado primitivo o nebular de nuestra Tierra, y aun de todo el sistema solar, no se pueda afirmar como verdad demostrada; pero la hacen en sumo grado verosímil y probable no pocos argumentos, que no haremos más que enume-

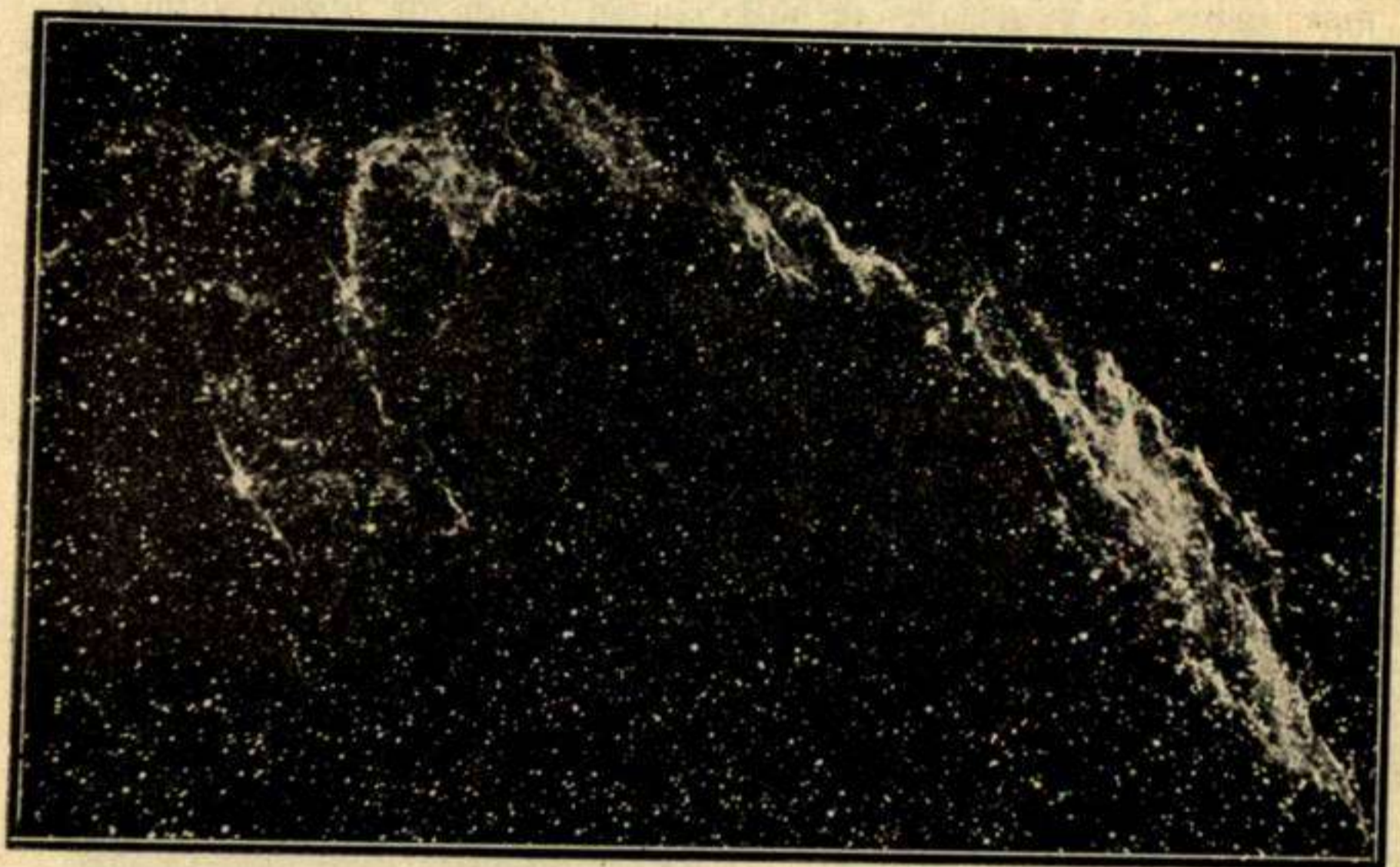


Fig. 132.—Masas de materia cósmica de forma estriada, en la constelación del Cisne.  
(Fot. Observatorio de Yerkes). (P. Rodés, S. J.)

rar: 1.º La existencia actual de numerosas nebulosas, compuestas de materias muy enrarecidas (fig. 132); 2.º el diverso grado de evolución que se observa en las diferentes estrellas; 3.º los anillos de Saturno, que parecen satélites en vías de formación; 4.º la forma elipsoidal de la misma tierra, achatada en los polos y ensanchada en el ecuador; lo cual parece suponer que en un principio se halló su masa en estado de fluidez; 5.º la existencia de volcanes y del núcleo incandescente, que parece provenir del calor antiguo, conservado en el interior; 6.º la distribución de materiales por orden de densidades, desde el exterior ligero al interior pesado o *barisfera*; como si esos materiales se hubiesen hallado un tiempo en estado de fusión; 7.º aun el estado de evolución tan avanzado de la luna, que por su menor masa se enfrió y envejeció más pronto.

## CAPITULO II

## FASE ABIOTICA

**300. Terreno árqueo. Constitución litológica.**—Se comprende bajo el nombre de terreno árqueo una potente serie de rocas, macizas unas y estratificadas otras, que forman la base o substratum de los terrenos sedimentarios bióticos. Se compone el terreno árqueo de diversas clases de rocas en este orden: 1) granito, en la base; 2) neis; 3) pizarras cristalinas. Tiene en conjunto una potencia o espesor de más de 20.000 metros.

**301. Origen.**—Los terrenos árqueos son ciertamente los más antiguos que se conocen. Pero ¿constituyen la primera costra de solidificación del globo? Esta cuestión, aplicada sobre todo al granito y al neis, ha sido muy debatida. Opinan algunos que no hay razón seria, para creer que sean la costra primitiva; pues pudieron formarse por metamorfismo de rocas sedimentarias, que en virtud de la presión y calor, a que estuvieron expuestas, cambiaron su estructura en cristalina, y aun en parte, su composición química; y prueba de ello parece ser que rocas de estructura granítica, se encuentran en terrenos relativamente modernos. Otros, por el contrario, se inclinan a creer, que pertenecen a la costra primitiva; pues su composición química es la misma, que, según la teoría de la fluidez primitiva, debía tener la primera costra solidificada; pues precisamente el granito y el neis se componen de los elementos litológicos más ligeros y más refractarios, que sin duda tuvieron que formar la primera costra sólida. El que se encuentre granito en terrenos recientes se explica por erupciones o inyecciones posteriores de esa sustancia, o por fenómenos de arrastre, por haber sido trasladado de regiones apartadas, como se ha comprobado en muchos casos.

**302. Distribución geográfica.**—El terreno árqueo forma una banda alrededor del polo N., llamada *banda paleártica*; principalmente aflora en Canadá, Groenlandia, Escandinavia y Finlandia.

También se encuentran restos de ese terreno en Africa, India y Brasil. En España se halla en Galicia y N. de Portugal, y formando el eje de las principales cordilleras de la Península.

**303. Caracteres paleontológicos.**—Hasta el presente no se han encontrado indicios claros de restos orgánicos en los terrenos árcueos; de ahí la denominación que les hemos dado de *abióticos*, o pertenecientes a la fase abiótica. Algunos creyeron encontrar el primer viviente en las pizarras cristalinas de Canadá, al cual llamaron *Eozoon Canadiense*: eran unos nódulos formados por capas alternas de calcita y serpentina o piroxeno, atravesados por unos conductos, que le daban cierto aspecto orgánico; pero hoy está averiguado que esos restos, lo mismo que otros análogos hallados en Europa, son una mezcla de calcita y serpentina o piroxeno; en todo semejantes en su estructura a otros compuestos análogos, hallados en rocas eruptivas modernas. Algunos han interpretado como señal de restos orgánicos ciertas materias carbonosas, intercaladas en los esquistos árcueos de la Finlandia meridional. Pero no está demostrado que todas las sustancias carbonosas son de origen orgánico; pues el carbón en forma de granito y carbonatos se ha encontrado en algunos aerolitos.

También en las cuarcitas de Finlandia se han encontrado concreciones de grafito rodeadas de una cáscara silícea, que semejan pseudomorfosis de conchas. Algo parecido es el llamado *Corycium enigmaticum*, hallado asimismo en Finlandia en las pizarras arcáicas, que no es más que una masa anular de materia carbonosa. Como se ve, hasta hoy no se conocen restos indudables de vivientes en los terrenos arcáicos. Por eso bien puede conservarse para ellos la denominación de terrenos abióticos.

**304. Primeras montañas.**—Las rocas estratificadas del árcueo, sobre todo las de neis, se hallan en todas partes muy dislocadas, y formando numerosos pliegues en todo semejantes a los pliegues que actualmente observamos en las montañas. Parece, pues, que son restos de antiguos pliegues montañosos, los más antiguos que se conocen; tal vez los primeros que se formaron en la primitiva costra sólida, relativamente muy flexible y movediza; por eso el neis está extraordinariamente plegado. En muchos sitios esos pliegues están profundamente denudados por la erosión; y sobre ellos descansa el algonkiense en estratificación discordante, como si los materiales sustraídos por la erosión a los pliegues montañosos del neis hubiesen servido para la formación del primer período biótico. En todo caso, sean o no los pliegues del neis los primeros que se efectuaron, son ciertamente los más antiguos que se conocen; y teóricamente algunos tuvieron que ser los primeros que se formaron para constituir las primeras montañas o tierras emergidas; a cuya emersión se siguió el ciclo de erosión y sedimentación, que fué sucediéndose después durante los diversos períodos geológicos.



## CAPITULO III

## FASE BIOTICA

**305. Taxonomía de los terrenos bióticos: Nomenclatura estratigráfica.**—En la Geología histórica suele emplearse como equivalente y convertible el nombre de terreno y el de tiempo. El terreno se refiere al conjunto de estratos de ciertos caracteres semejantes; y el tiempo indica el transcurso durante el cual se verificó la sedimentación de los terrenos. Pero, porque el tiempo está representado y como escrito en el terreno, de ahí que se toman como equivalentes.

Los principales grupos de clasificación geológica son: *Era*, *período*, *época*, *edad*. Para las subdivisiones se añade el prefijo sub: por ejemplo, subperíodo. Estos nombres se refieren principalmente al tiempo. Correspondientes a ellos son los nombres que algunos autores suelen emplear: *Serie*, *sistema*, *grupo*, *piso*, *zona*; que se refieren más bien al conjunto de terrenos. Se corresponden de este modo, según Haug:

Era	Período	Epoca	Edad	Subedad
Serie	Sistema	Grupo	Piso	Zona

Los nombres de las eras se toman de los numerales ordinales: *primaria*, *secundaria*, *terciaria* y *cuaternaria*, que son sinónimos de *paleozóica*, *mesozóica*, *neozóica* y *actual*. Los nombres de los grupos siguientes a las eras se toman generalmente de la localidad, donde primero se estudiaron, o donde se halla principalmente desarrollado el terreno: por ejemplo, *Jurásico* (del monte Jura). Algunos se refieren a un carácter petrográfico especial: *carbonífero*, *cretáceo*; ó al carácter de su fauna: *mioceno*... Uno sólo es tomado de cierta seriación en los estratos: *triásico*.

**306. Fundamentos de la división de los terrenos.**—Unos son de orden estratigráfico; por ejemplo, una gran transgresión o regresión marina; otros, de orden orogénico, por ejemplo, la for-

mación o levantamiento de una cadena de montañas; y otros de orden paleontológico, que se refieren al carácter peculiar de la fauna y flora propia de cada grupo de terrenos. Este último carácter es el más importante; ya por su universalidad, pues se puede aplicar a todas las regiones, al contrario de los anteriores, que suelen ser más o menos circunscritos y locales; ya porque los fósiles de un terreno nos indican las condiciones climatéricas, los cambios que van sufriendo las condiciones físico-biológicas, y otras particularidades importantes en la historia física de la tierra. La vista y estudio de un fósil, en sus múltiples aspectos, puede derramar copiosa luz, para esclarecer muchos problemas del pasado de la tierra.

### 307. División de la fase biótica.

ERA	PERIODO	ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD
PRIMARIA	Algonkiense Cámbrico Silúrico Devónico Antracolíptico	TERCIARIA	Eógeno  Neógeno	Eócena (Oligócena Miócena Pliócena	

Con frecuencia se subdividen los períodos en tres partes o subperíodos, anteponiendo los prefijos eo, meso, neo; como por ejemplo: *eocretáceo*, *mesocretáceo* y *neocretáceo*; que equivalen a *cretáceo inferior*, *medio* y *superior*, respectivamente; denominaciones que también se suelen emplear.

#### ARTICULO I

### ERA PRIMARIA O PALEOZOICA

**308. Límites.**—Comprende desde la aparición de la vida sobre la tierra hasta la purificación de la atmósfera y gran desarrollo de los animales terrestres.

**Caracteres generales.**—Formas vivientes arcáicas: predominio de la vida marina: al principio casi sólo se encuentran esquistos, arcillas, areniscas, etc., al fin ya abundan las calizas.

**División.**—Se divide en cinco grandes períodos: algonkiense, cámbrico, silúrico, devónico y permocarbonífero o antracolíptico.

## § 1.º PERIODO ALGONKIENSE (1)

**309. Constitución litológica y distribución geográfica.—**

Se dijo antes que el terreno árqueo, ya desde los tiempos más primitivos, quedó constituyendo una gran zona alrededor del polo N., llamada *banda paleártica*; pues bien, recostada sobre esa banda paleártica y al S. de ella se halla otra serie de sedimentos, formados por pizarras semicristalinas, conglomerados y otras rocas de sedimentación mecánica, fuertemente comprimidas, que constituyen un conjunto de estratos de más de 10.000 metros de espesor; forman el terreno llamado *algonkiense*. No sólo se halla este terreno junto a la banda paleártica, sino también en otras regiones; pero casi siempre recostado sobre el árqueo. Así sucede en el O. de España, como puede verse en Galicia, donde el Algonkiense se halla apoyado sobre el árqueo occidental.

**310. Caracteres paleontológicos.—**Se da como cosa cierta que se hallan restos de vivientes; pero indeterminables a causa del metamorfismo que sufrió la roca; por eso algunos llaman a este período agnostozóico (animales desconocidos), o mejor aun agnostobiótico (vivientes desconocidos). Se han descrito sobre todo en los Estados Unidos y Canadá, algunas formas como pertenecientes a Gusanos, Crustáceos y Moluscos (2). Los lechos de antracita y shungita (de Shunga en Finlandia, más rica en carbono que la antracita), intercalados entre ciertos esquistos parece que deben ser de origen vegetal, como la hulla.

**311. Movimientos orogénicos.—**Durante el algonkiense se formó una gran cadena, llamada Hurónica (del lago Hurón, Canadá), cuyos pliegues en extremo denudados se conservan principalmente en la región de los grandes lagos de América del N., y en Escocia, Finlandia y N. de China.

**312. Clima.—**Por ciertos indicios parece que el clima debió ser muy frío, propio del país dominado por un glaciar. Recordemos que la atmósfera era aún impenetrable a los rayos del sol. En los alrededores del lago Ontario (Canadá) se han encontrado unos conglomerados con superficies planas y a veces estriadas, que algunos creen de origen glaciar. Se han encontrado análogas señales junto al lago Superior y Michigan. La escasez de formaciones calcáreas, en los estratos algonkienses, confirma la baja temperatura que suponen los glaciares.

(1) Se llama así del país de los algonquinos (EE. UU.).

(2) Según las investigaciones de Cayeux, generalmente admitidas hoy, se encuentran también restos de Radiolarios y Espongiarios en algunos terrenos algonkienses del N. de Francia y de los EE. UU.

## § 2.º PERIODO CAMBRICO (1)

**313. Constitución litológica y distribución geográfica.—**

Con el levantamiento de la cadena hurónica en el período algonkiense empieza una fase de sedimentación mecánica, durante la cual se depositaron gruesas capas de arenas, conglomerado y arcillas. El mar empezó de nuevo a invadir las zonas plegadas del algonkiense, depositándose sedimentos cambrienses discordantes con los algonkienses. Estas capas se componen de *cuarcitas, pizarras, areniscas y pudingas*. Falta caliza. En algunos sitios (país de Gales, Inglaterra), alcanza un espesor de 10.000 metros. Los estratos cambrienses se hallan en general apoyados sobre los algonkienses, y se encuentran principalmente en el hemisferio N.: Inglaterra, Suecia, Rusia, N. de China, América del Norte. Está mal conocido en América del Sur y Africa; algo mejor en Australia. En España se conoce el terreno cambriense en Galicia, León, Asturias, Zamora, Salamanca, Ex-

tremadura, Ciudad Real y varias partes de Andalucía, con frecuencia apoyado sobre el algonkiense. Todas son formaciones marinas; no se conocen continentales.

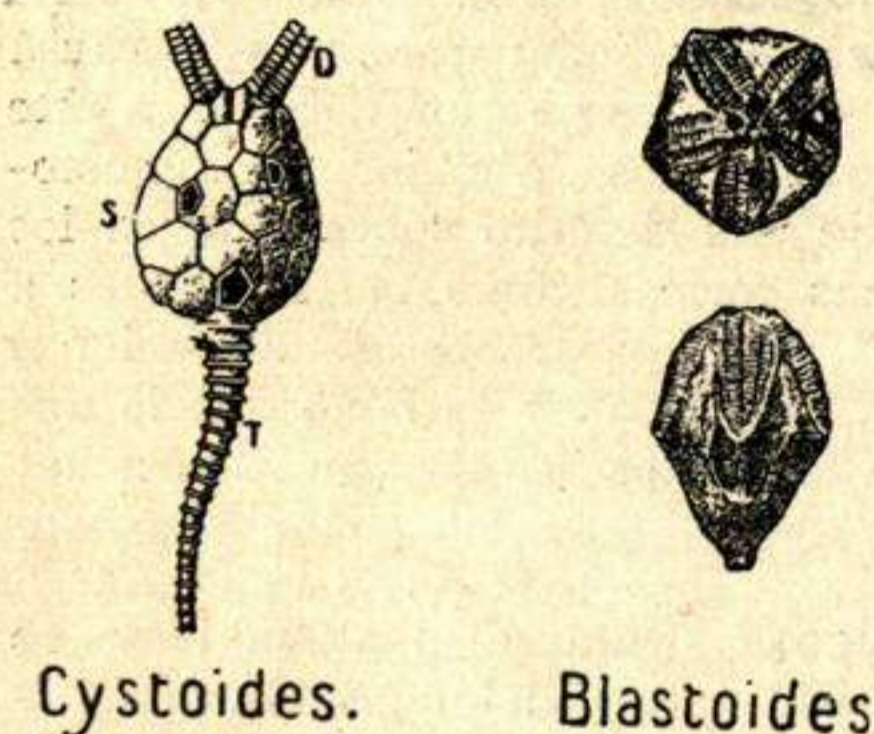


Fig. 133.—Equinodermos primarios. (Mazo) (2).

*Crinoides*: *Cystoides*, exclusivo del paleozoico. *Blastoides*, de simetría pentaradiada sucede al anterior (sobre todo vive en el carbonífero).

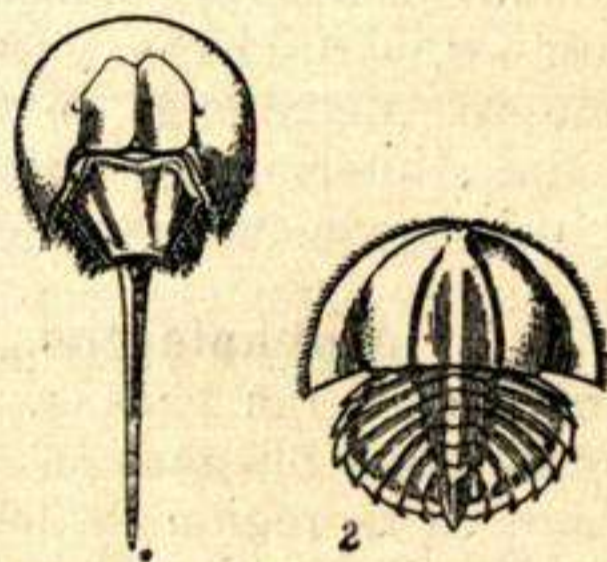


Fig. 134.—1, *Lingula*, y su larva, 2 (Mazo).

**314. Caracteres paleontológicos.** — En el cámbrico se encuentran los vivientes más antiguos bien determinados.

**VEGETALES.**—Hasta hace poco no se conocían con certeza; pero recientemente Walcott ha descrito una rica flora de algas en el cámbrico medio de la Columbia británica.

**ANIMALES.**—Se encuentran ya bien desarrollados todos los tipos menos los vertebrados. Los protozoarios son escasos. Los

(1) De Cambria, nombre antiguo del país de Gales en Inglaterra.

(2) Para ilustrar en las clases las explicaciones de Paleontología recomendamos la colección de diapositivas en papel transparente de la casa G. Mazo, 33 Boulevard St. Martin, París. A esta colección pertenecen los grabados que en esa parte de la obra insertemos con el nombre Mazo al pie. La colección completa de Geología es de 216 vistas. [E. M.].



Espongiarios y Celentereos son abundantes; los Equinodermos no mucho (Fig. 133). Abundan mucho los Braquiópodos: algunos como la *Lingula* (Fig. 134) se conservan actualmente casi sin variar. Los más importantes son los Crustáceos, representados por los *trilobites* (crustáceos de tres lóbulos longitudinales) (Fig. 135). El más antiguo es el gen. *Olenellus* del Cámbrico inferior (Georgiense); el gen. *Paradoxides* es característico del medio (Acadiense); y el *Olenus* del superior (Postdamiense). Los trilobites del Cámbrico parece que no se podían enrollar para su defensa como los del Silúrico. También hay Ostrácodos, Filópodos, y algunos Gigantostráceos.

Son escasos y dudosos los Lamelibranquios; en cambio son numerosos los Gastrópodos; también se encuentran Cefalópodos, aunque escasos (*Volborthella*).

### 315. Movimientos orogénicos. —

No se registra ninguno de importancia. Después del novimiento huroniense, se produjo en la banda paleártica un continuo y gradual hundimiento, que originó una transgresión marina, como se conoce por la transgresión de los estratos cambrienses sobre los algonkienses desnudados.

**316. Clima.**—Algunos quieren ver en ciertos conglomerados y rocas estriadas del Cambriense de China y Australia señales de Glaciarismo. Y lo confirman con el hecho de que en las formaciones marinas hay pocos organismos de secreción calcárea, lo cual puede ser indicio de la baja temperatura de aquellos mares.

## § 3.º PERIODO SILURICO (1)

### 317. Constitución litológica y distribución geográfica. —

Durante este período predominan también los mares; por eso todos los terrenos pertenecientes a él son de sedimentación marina. Abundan las pizarras, areniscas y algo las calizas. El conjunto de sus estratos tiene más de 10.000 metros de espesor. Se halla casi siempre sobre el cámbrico, como se observa en la banda cámbrica del hemisferio Norte, a la cual se superpone por el Sur. También se encuentra en otras regiones sobre el cámbrico, como sucede en España: en Asturias, León, Toledo, Ciudad Real, etc.

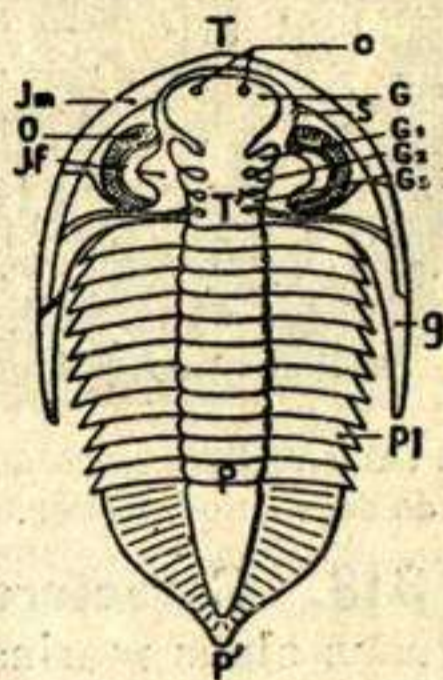


Fig. 135.—Trilobites (*Dalmanites*). Su cabeza, de T a T'; su tórax de T' a P'; su abdomen, de P a P'; G, glabela; O, ojos; Jm, mejilla móvil; Jf, mejilla fija; o, ojos secundarios; G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, lóbulos laterales de la glabela; Pl, pleon. (Mazo)

(1) Del antiguo país de los Siluros en Inglaterra, hoy Shropshire.

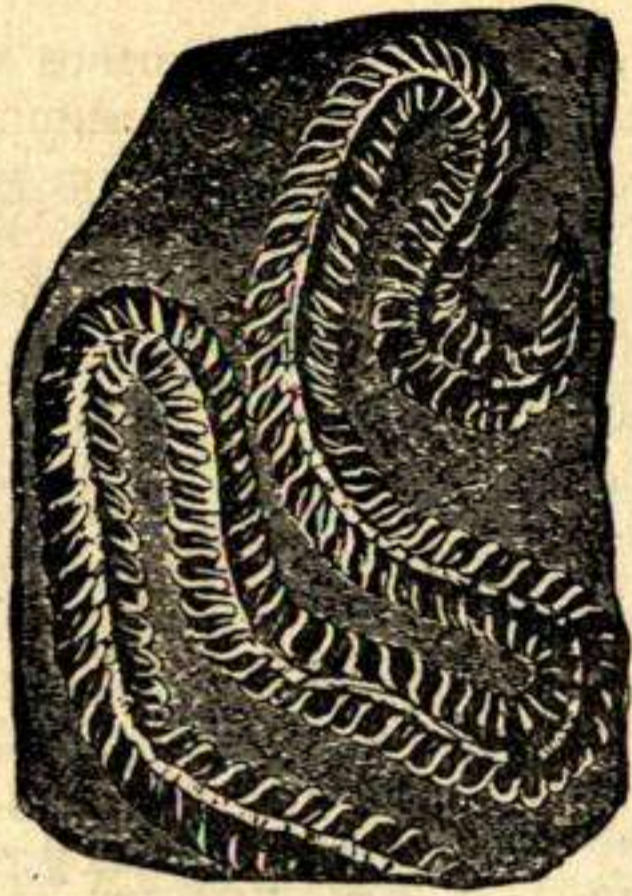


Fig. 136.—*Nereites cumbriensis*, anillado del silúrico.  $\frac{4}{5}$  del tam. nat.

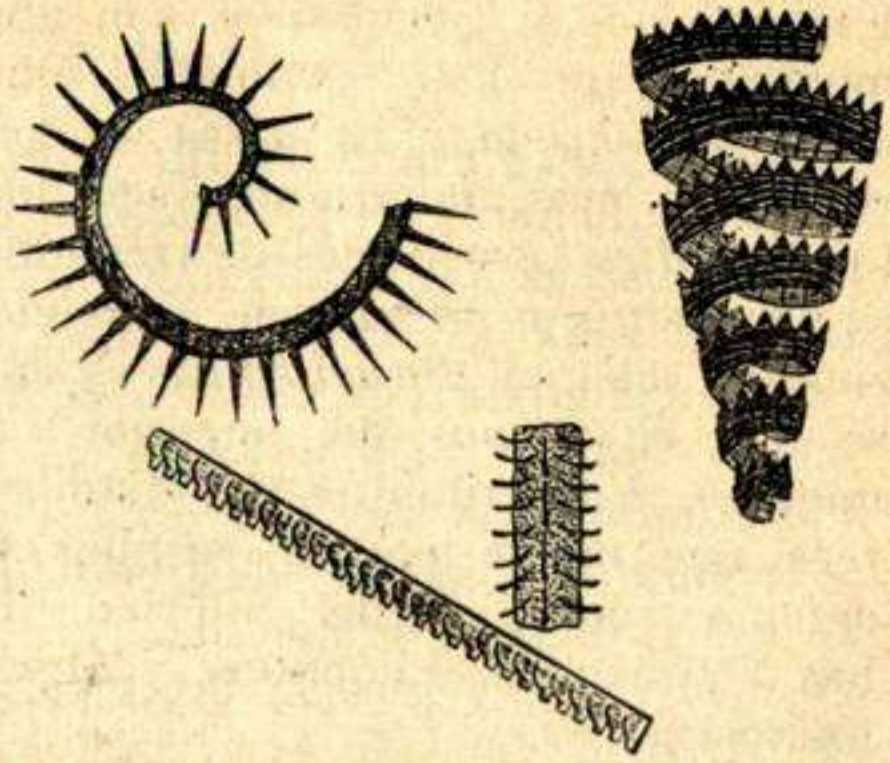


Fig. 137.—*Graftolitos* o *grafolitos* del silúrico; pequeños pólipos que vivían en colonias y envueltos en caparazones adheridos a las piedras que hoy nos aparecen como escritas con misteriosas inscripciones; de ahí su nombre.

**318. Caracteres paleontológicos FLORA.**—Sólo se conocen algunas algas marinas.

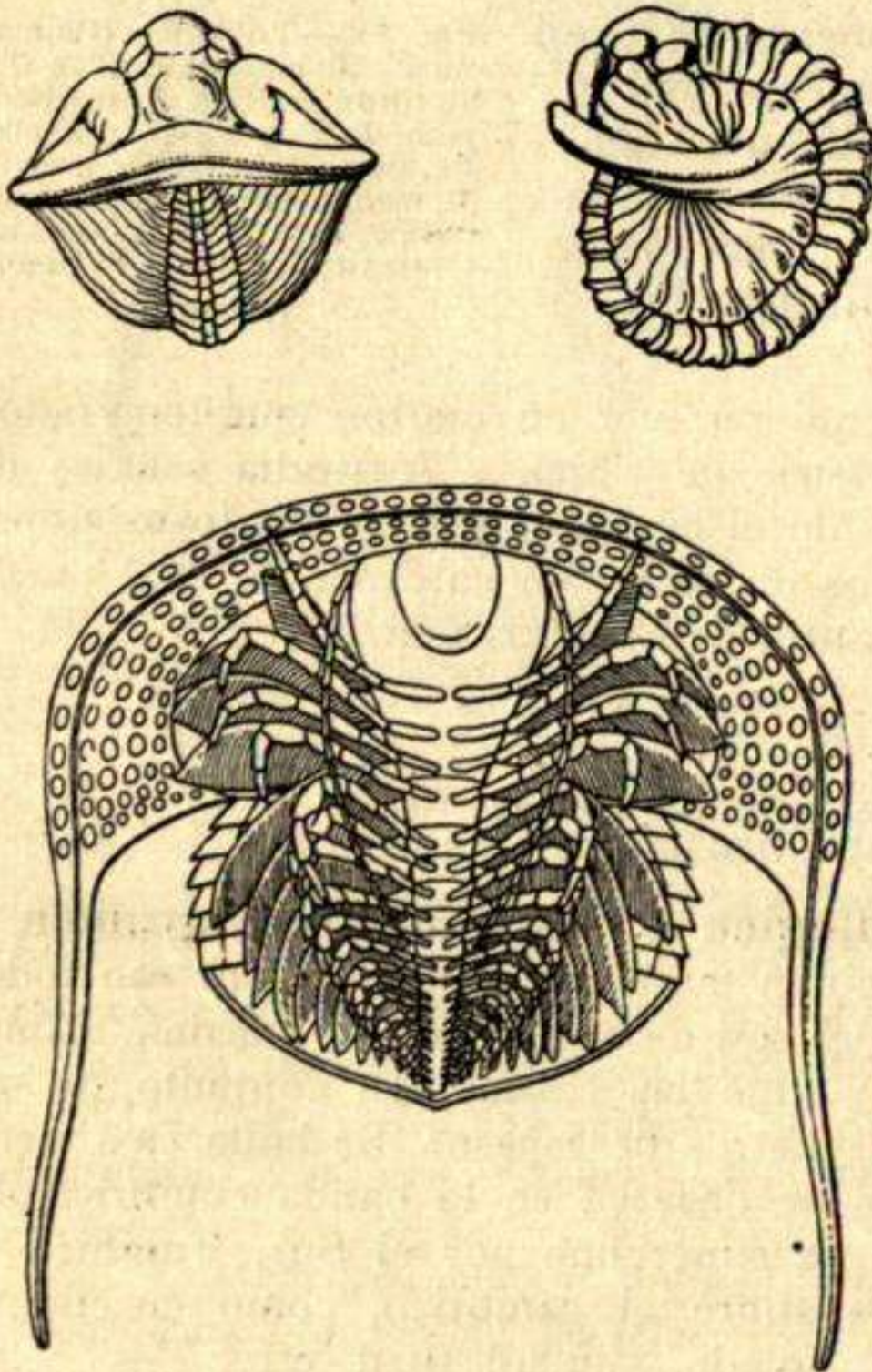


Fig. 138.—Trilobite *Trinucleus tessellatus* del silúrico medio, visto por debajo. Largura 0,012 metros.—Arriba dos trilobites enrollados para su defensa. (Mazo).

**FAUNA.**—Los protozoarios son muy escasos en el Silúrico. Se señala la presencia de un gusano, especie de anélido, el *Nereites cumbriensis* (Fig. 136). En cambio los Celentéreos abundaron bastante, sobre todo los tetracorales, o de simetría tetra radiada; y los Grafolitos o Grafolitos (Figura 137) que tienen forma de cinta alargada y con frecuencia arrollada y dentada por uno o los dos lados. Los Braquiópodos se encuentran también en gran abundancia (*Rhynchonella*, *Lingula*). Pero los animales más característicos son los trilobites, que aparecieron en el cámbrico y se desarrollaron extraordinariamente durante el período silúrico: son los mejores fósiles para la determinación del terreno, por su abundancia y gran extensión geográfica (*Caly-*

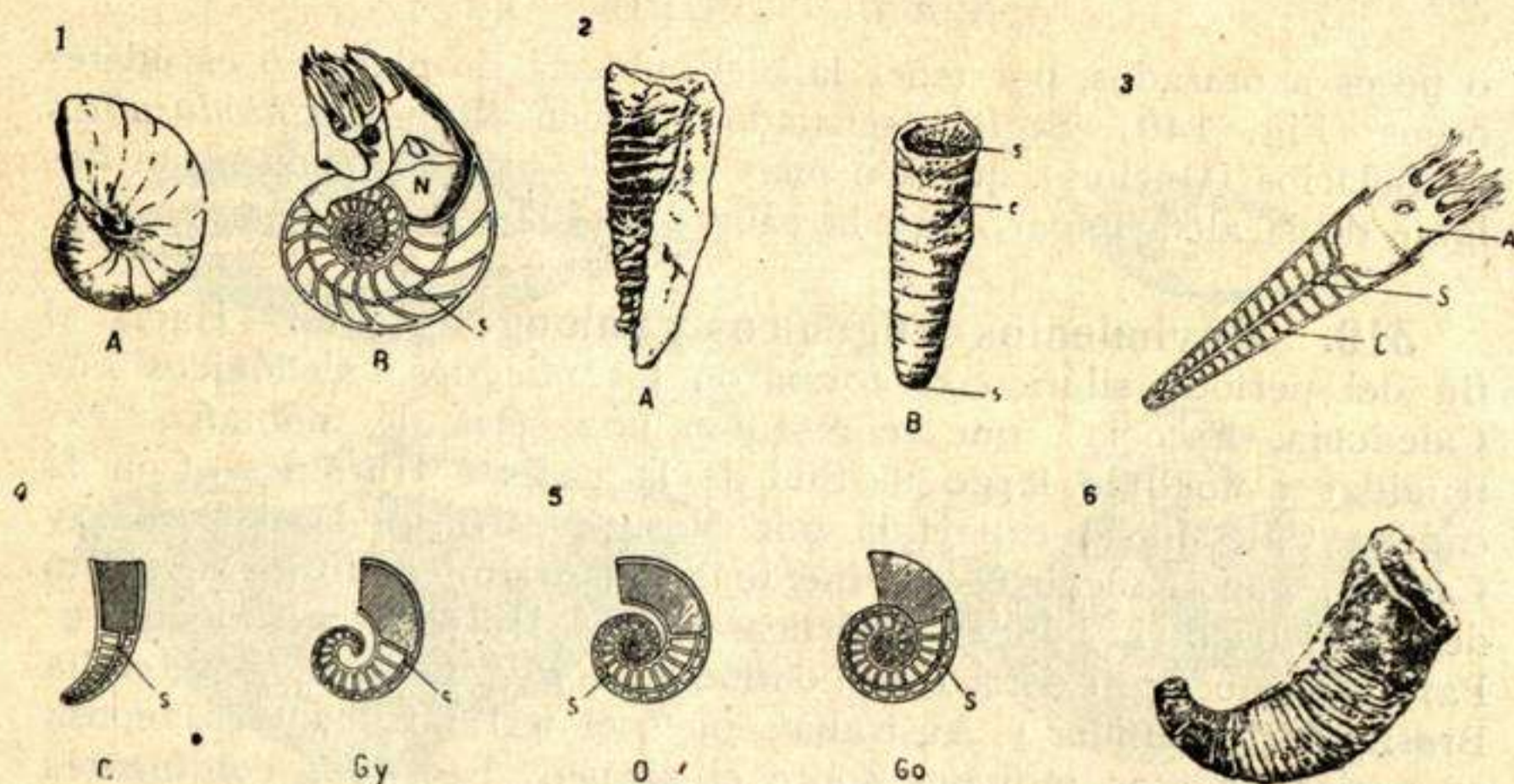


Fig. 139.—Cefalópodos tetrabranquios primarios. (Mazo)

Los tetrabranquios primarios van del *Orthoceras* (2 y 3) de concha recta, al *Nautilo* de concha enrollada, pasando por la forma del *Cystoceras* (4 C y 6).—Nótese que el sifón que es central en el *Nautilo* (1) y en el *Orthoceras* (2 S) tiende a hacerse ventral en ciertos tipos (4 Gy, 5 O y Go).—El sucesivo enrollamiento de estos cefalópodos puede apreciarse en 4 y 5.

*Trinucleus* (Fig. 138), etc.). También hay numerosos *Gigantostroáceos*, que alcanzaban a veces dos metros de largo. Pertenecen al grupo de los Merostomas, como los *Límulos* actuales. Después de los trilobites, los que más se desarrollaron fueron los *Nautilidos* (Cefalópodos tetrabranquios), que desplegaron una gran variedad de formas (Fig. 139). Las otras clases de Moluscos, Lamelibranquios, y Gastrópodos también están representadas en el silúrico; aunque menos abundantes que los Cefalópodos. Al fin del período aparecen los primeros vertebrados: son peces de esqueleto cartilagenoso. Se les denomina Placodermos

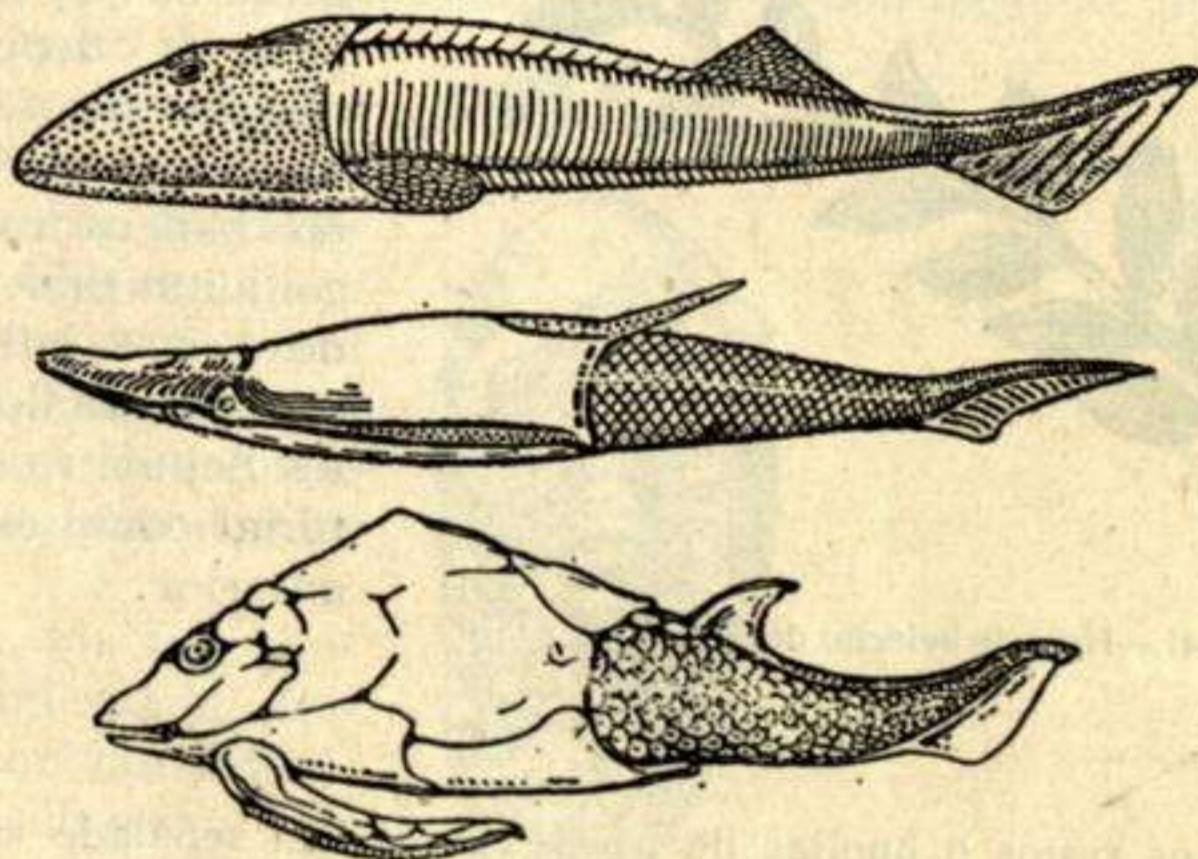


Fig. 140.—El *Cefalaspis Murchisoni* (arriba) y otros placodermos, o peces acorazados, del silúrico y devónico.

o peces acorazados, por tener la piel cubierta de placas o escudetes óseos (Fig. 140). Se han señalado también algunos *Ithiodorulites* de Selacios (*Onchus*), que son púas espinosas que se encuentran delante de la aleta impar, o en la cabeza de los Selacios (1).

**319. Movimientos orogénicos y paleogeografía.**—Hacia el fin del período silúrico se formaron los pliegues caledónicos (de Caledonia, Escocia), que representan una serie de montañas, extendidas a todo lo largo al Sur de la cadena Hurónica. Con la cadena Caledónica, extendida por Noruega, Rusia, lago Baikal y Canadá, ganó mucho el continente Nord-Atlántico, formado al fin del silúrico por la banda paleártica, cadena Hurónica y Caledónica. Parece cierto que existía otro continente ecuatorial, que comprendía Brasil, Africa, India y Australia; pues el terreno devónico reposa en varias de esas regiones sobre el árqueo. Esos dos continentes estaban separados por una gran depresión, la cual se extendía desde las Antillas al Mediterráneo, India y Australia; y estaba ocupada por un extenso mar, llamado Mediterráneo Central.

#### § 4.º PERIODO DEVONICO (2)

**320. Constitución litológica y paleogeografía.**—Una vez levantada la Cadena Caledónica, empezó un nuevo ciclo de erosión y sedimentación, durante el cual se depositaron considerables estratos de areniscas y pizarras. Hacia la mitad del período devónico tuvo

lugar una gran transgresión marina, que invadió muchas tierras antes emergidas; durante esta transgresión, que no duró mucho, se depositaron en muchos sitios, además de arenas y arcillas, potentes bancos calcáreos. El conjunto tiene un espesor de 7 a 8 mil metros.

Seguían los continentes Septentrional y Ecuatorial como en el período anterior.



Fig. 141.—Hoja de helecho del devónico.

(1) Los restos o huellas de peces que se han señalado en el silúrico inferior y en el cámbrico, son todavía muy vagos e indeterminables.

(2) Del país Devonshire (Inglaterra).

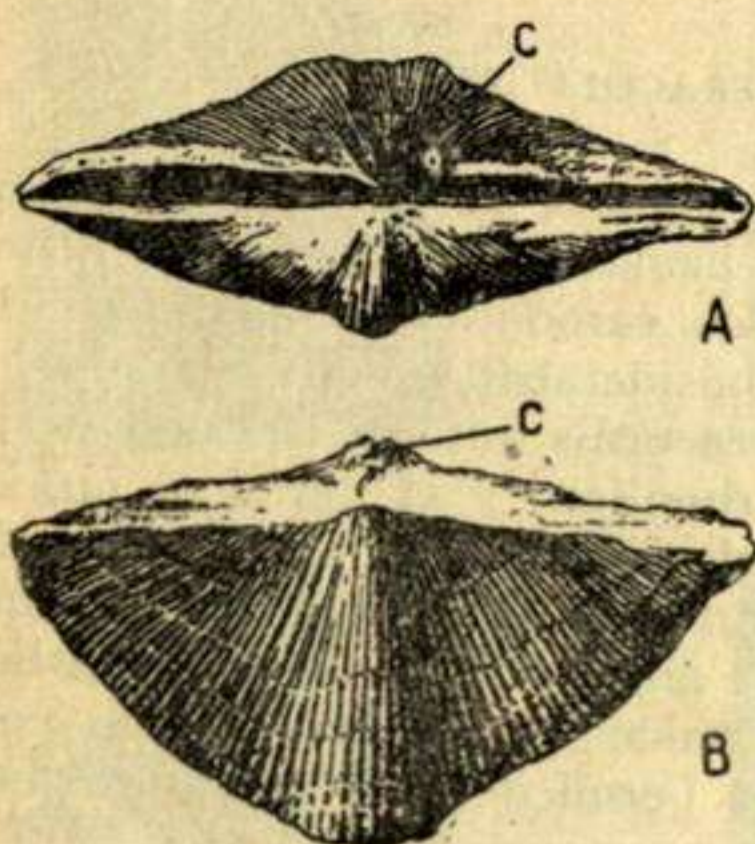


Fig. 142.—Braquiópodos primarios. A, Vista de frente por la charnela C; B, vista por encima de una de sus valvas.

(Mazo)

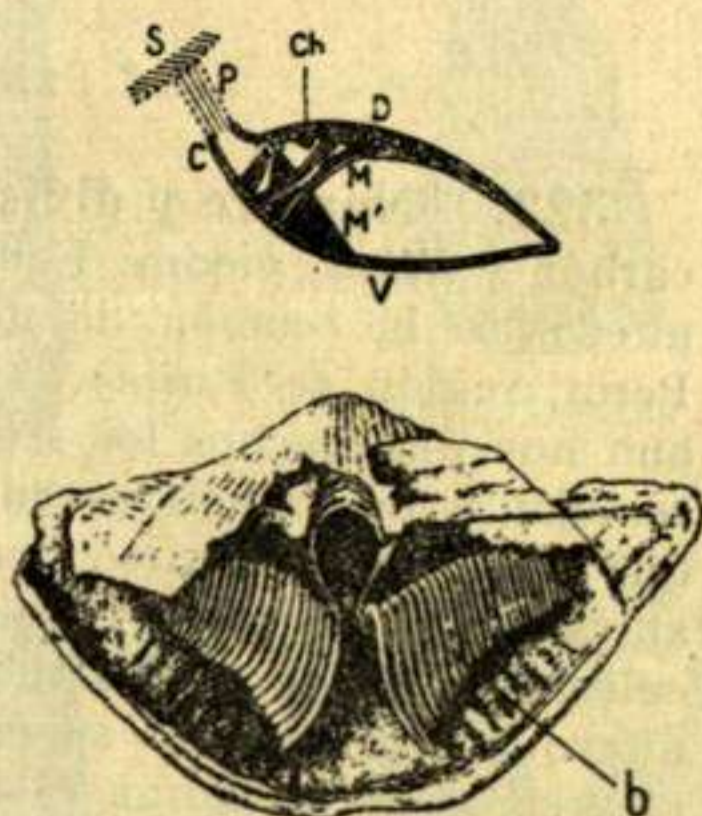


Fig. 143.—*Spirifer* abierto para que se vea su organización. V, valva ventral; D, valva dorsal; Ch, charnela; C, orificio por donde el braquiópodo emite el pedúnculo P, que le permite adherirse al soporte S; b, espiras del braquiópodo que justifican su nombre.

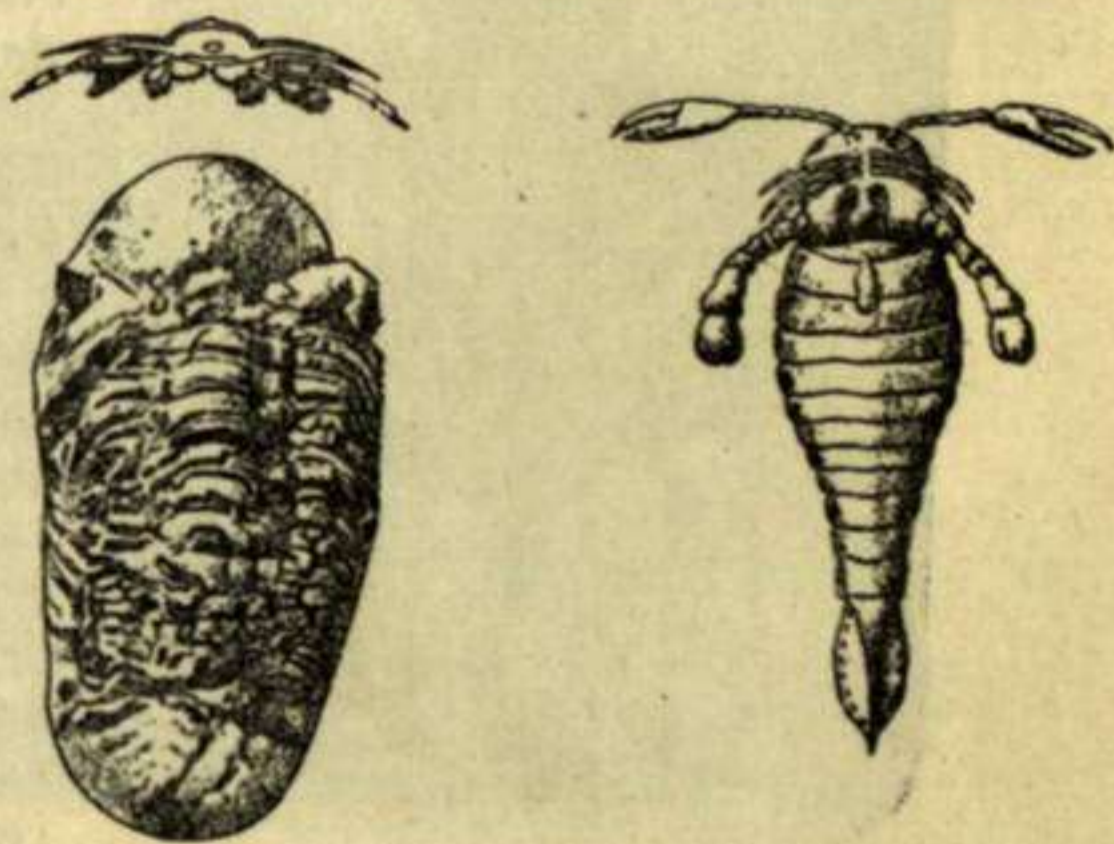


**321. Caracteres paleontológicos.** — FLORA. — Aparecen las plantas Criptógamas vasculares, con numerosas especies, sobre todo de helechos (Fig. 141).

FAUNA.—Entre los Equinodermos los Crinoides, que tuvieron su primera aparición en el Silúrico, adquieren en el devónico su mayor desarrollo; potentes bancos calcáreos están constituidos por tallos y tentáculos de crinoides (caliza espática o de entroncos). Los Braquiópodos aumentan considerablemente con numerosas especies de *Spirifer* y *Productus* (Figs. 142 y 143). En cambio los Trilobites decaen bastante; sin embargo, es abundante el género *Phacops* y *Proetus* (Fig. 144). Los Gigantostráceos son bastante numerosos.

Los peces se desarrollaron mucho durante este período, pero sin pasar de la categoría de cartilaginosos. Llegan a su apogeo y terminan con el período los Placodermos, y aparecen los Dipneustas y Ganoideos; abundan los Selacios.

La vida en los continentes comienza a desarrollarse con las Criptógamas vasculares y los primeros insectos: (Neurópteros, Hemípteros....)



*Phacops* y su corte transversal (arriba)

Figura 144. *Pterigotus*, gigantostráceo del devónico. (Mazo)

## § 5.º PERIODO ANTRACOLITICO

**322. Nombre y división.**—El nombre le viene de *Anthrax*, carbón y *lithos*, piedra. Este período llamado también permo-carbonífero, es la reunión de dos períodos carbonífero y pérmico (de Perm, región de Rusia). Antes se consideraban como separados, y aun hoy día muchos los separan; pero otros autores, a causa de la semejanza de caracteres entre el carbonífero y el pérmico, juzgan que deben considerarse como un solo sistema o período llamado antracolítico o permo-carbonífero. En este caso el período antracolítico se divide en dos subperíodos: antracolítico inferior o carbonífero y antracolítico superior o pérmico; y en este sentido emplearemos las palabras carbonífero y pérmico como unidades geológicas diferentes.

**323. Facies y constitución litológica.**—El período permo-carbonífero o antracolítico empieza con la gran expansión de la vida continental; debida entre otras causas, al acrecentamiento de los continentes. En los períodos anteriores apenas se encontraban formaciones de facies continental, pero en éste se encuentran ya numerosas, junto con las de facies marina. Las formaciones continentales son casi siempre pizarras, arcillas, areniscas y conglomerados; y las marinas son casi todas calcáreas. El conjunto de los sedimentos tiene un espesor de más de 10.000 metros.



Fig. 145.—Calamites del antracolítico.

**324. Caracteres paleontológicos.** FLORA.—Es en extremo exuberante, sobre todo en Criptógamas vasculares: se encuentran numerosas Equisetáceas (*Calamites* (Fig. 145), *Annularia*); Licopodáceas (*Lepidodendron*, *Sigillaria*); y Filicíneas (*Neurópteris*, *Glossópteris*) (Fig. 146). Alcanzaban a veces hasta más de 30 metros de altura, a juzgar por los gruesos y largos troncos que se encuentran petrificados. Las Fanerógamas sólo están representadas por los Gimnospermas, que también se desarrollaron considerablemente en este período. Hay Cordaitáceas, Cicadáceas y Coníferas, como la *Walchia pinniformis* (Figs. 147 y 148).

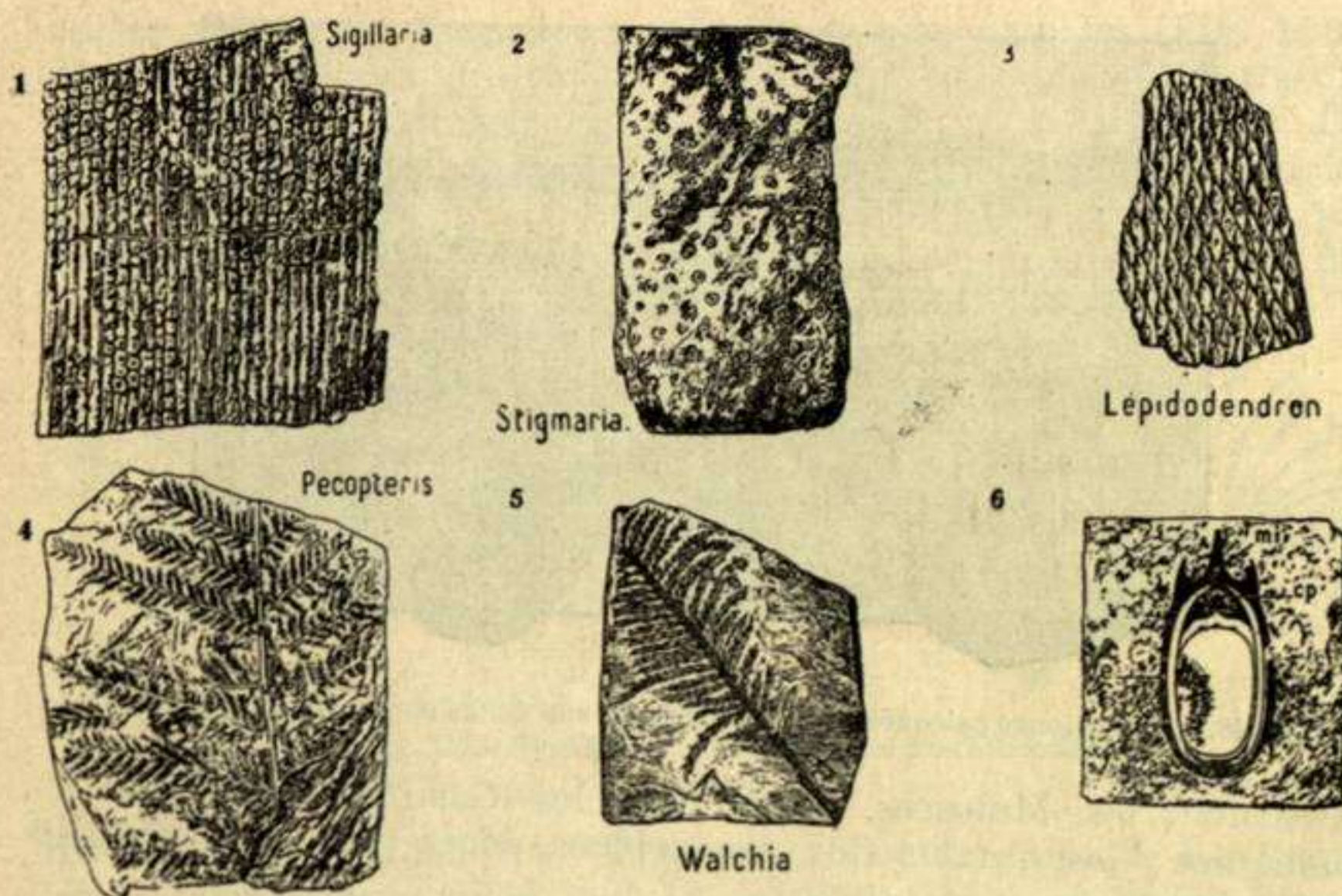


Fig. 146.—Vegetales del antracolítico. 1, 2 y 3, Licopodíneas; 4 y 5, Gimnospermas; 6, Grano de Stefanospermum (mi, microfila; cp, cámara polínica; e, tegumentos). (Mazo).

**325. FAUNA.**—*Animales marinos.* Los Protozoarios tan escasos en los períodos anteriores, adquieren gran desarrollo en este período; el más abundante es el género *Fusulina* (Foraminífero).

Se desarrollaron también mucho los Coraliarios y Espongiarios: los Tetracorales desaparecen en este período. Los Crinoides también abundan, aunque no tanto como en el devónico; forman con sus restos potentes bancos de calizas de entroncos, como sucede en los Picos de Europa.

Los Braquiópodos siguen también en gran abundancia. En este período se encuentran los últimos trilobites: *Proetus*, *Phillipsia*.



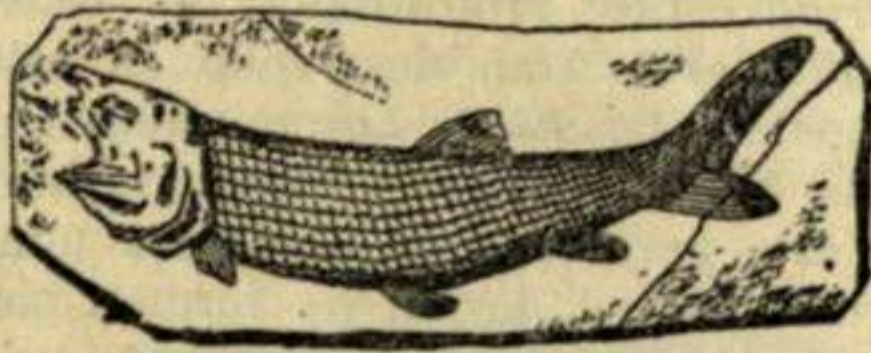
Fig. 147.—Bosque ideal del período carbonífero.



Fig. 148.—Formaciones paleozóicas. Fragmento de una de las láminas del Dr. Fraas (1).

Aumentan los Moluscos, sobre todo los Gastrópodos y Lamelibranquios; los Cefalópodos Amonoideos adquieren en el pérmico gran desarrollo.

Los peces Selacios y Ganoideos (Fig. 149) se desarrollan con nuevos géneros y especies.



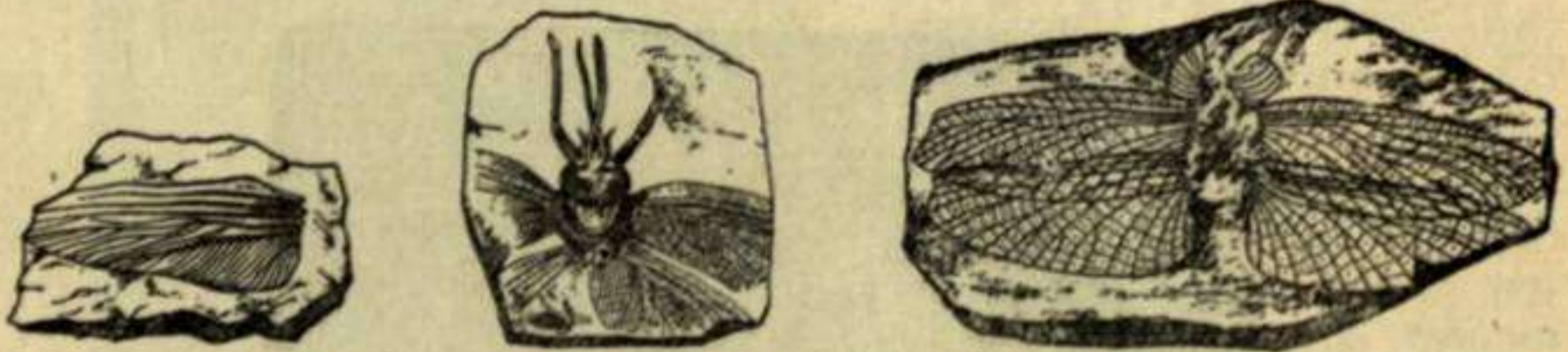
**Palæoniscus**

Fig. 149.—Pez ganoide del antracólitico (Mazo).

### 326. Animales terrestres.

—La vida continental se multiplica mucho en el período permo-carbonífero, sobre todo al fin de él, cuando los continentes ganaron mucha extensión con el levantamiento de la cordillera Herciniana.

Se desarrollaron los Arácnidos, Miriápodos e Insectos, los



**Palæoblattina.**

**Eugereon.**

**Lithomantis.**

Fig. 150.—Restos de insectos del antracólitico. (Mazo)

(1) Estas láminas son un poderoso auxiliar en las clases para la explicación de la Paleontología. Consta la colección de 7 láminas, tituladas «La evolución de la tierra y de sus habitantes».



cuales alcanzaron dimensiones mayores que los actuales (Fig. 150). Mucho más importantes como habitantes de los continentes antracólíticos, fueron los Reptiles, que aparecieron al final del carbonífero. Tienen vértebras anficelas. Los Teromorfos tan abundantes en el pérmico tienen dientes y extremidades algo parecidas a los Mamíferos, por lo cual no pocos trasformistas consideran a estos últimos como de-

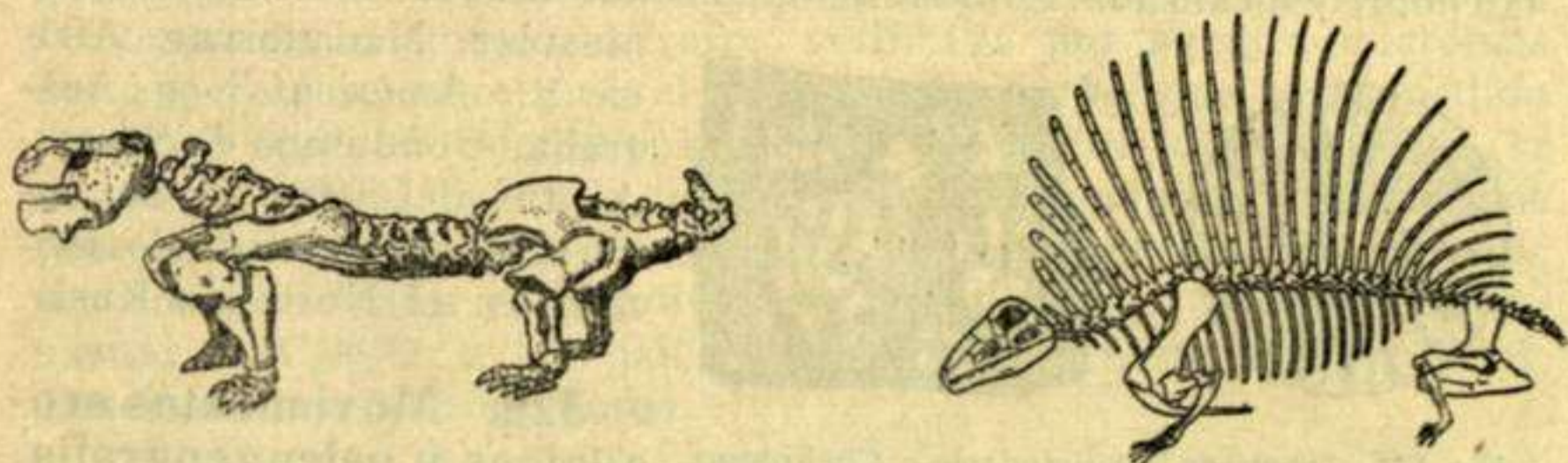


Fig. 151.—Reptiles teromorfos del permo-carbonífero  
*Pareisauro Baini.* (Mazo). *Pelicosaurio.*

rivados de los Teromorfos (Fig. 151). El otro grupo de los Reptiles que aparecieron en el período antracolítico, es el de los Rincocefalos, notables por tener muy desarrollado el agujero pineal (foramen perietale), y el hueso cuadrado inmóvil: son parecidos a la *Hatteria punctata*, que vive hoy en Nueva Zelanda.

Pero los principales animales terrestres de este período son los Anfibios. Un grupo de éstos, los Estegocéfalos, son propios del período permo-carbonífero, en que empezaron, y del trias en que desaparecieron; y son los únicos anfibios que entonces existían; tenían el cráneo sólido y macizo, y la piel cubierta de escamas córneas o púas (Fig. 152), a diferencia de los actuales anfibios que tienen la piel desnuda.

Los Estegocéfalos más importantes y perfectos del grupo se llaman también *Labirintodontes*, a causa de la complicación que presentan en sus dientes los pliegues de la dentina (Figura 153); también son llamados *Estereospóndilos*, por tener la columna vertebral mejor osificada. Aparecieron en el carbonífero inferior, y desaparecieron en el triásico.

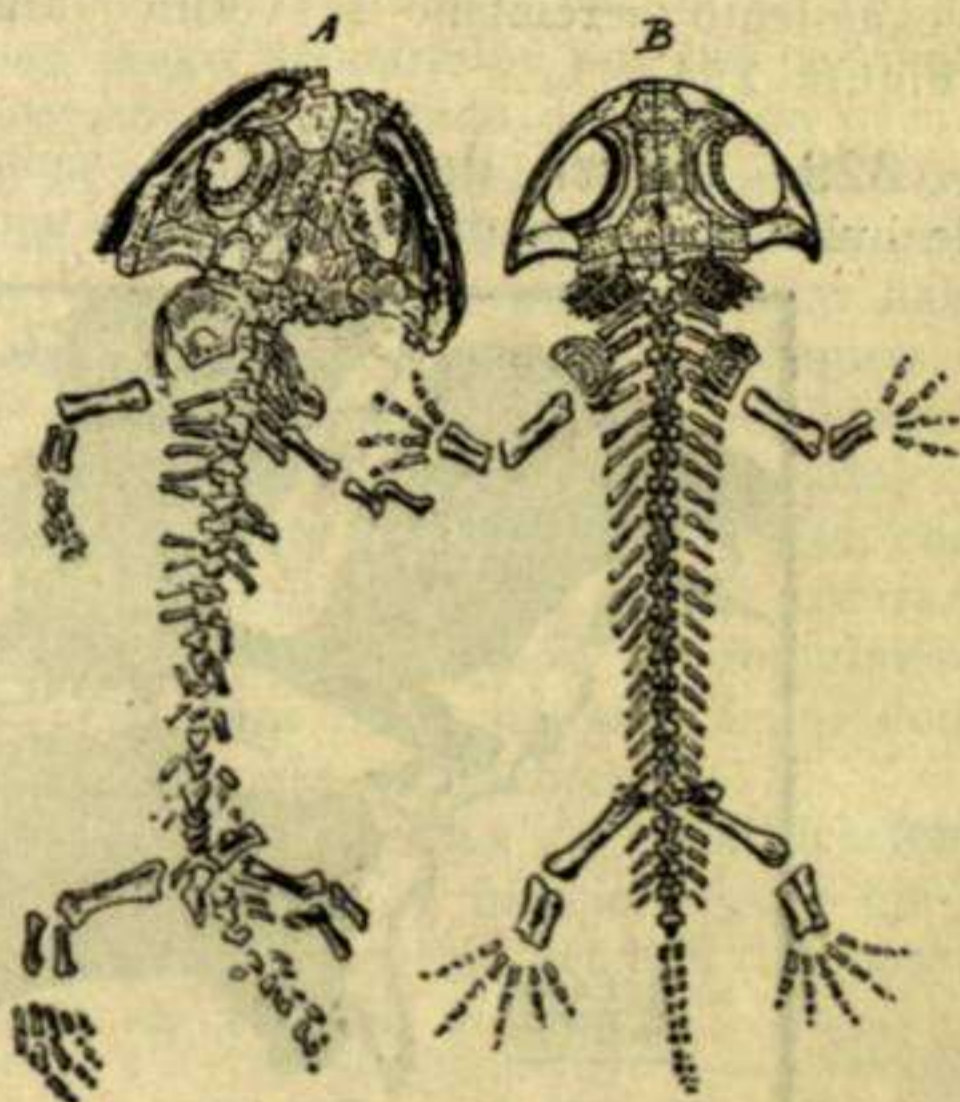


Fig. 152.—*Protriton Petrolei*, anfibio del antracolítico inferior (De Zittel). A, Esqueleto de un individuo adulto; B, Id. de su larva.

**327. Fenómenos glaciares.**—Se han encontrado conglomerados (antiguas morrenas) con rocas y cantos estriados, cuyo origen glacial ponen muchos como cierto. Se han hallado sobre todo en la India, Australia y Africa meridional. Estos fenómenos parecen ligados a la flora de *Glossópteris* (helecho) del carbonífero superior, tan pobre y localizada. Sólo se ha encontrado esta flora en la India peninsular, Madagascar, Africa S., América S. y Australia (Gondurana de Suess).



Fig. 153.—Diente de Labirintodonte o Cheiroterio mostrando los pliegues de la dentina. Huellas del mismo sobre arcilla. (Mazo)

Al fin del pérmico se encuentra el género *Glossópteris* en el Norte de Rusia.

**328. Movimientos orogénicos y paleogeografía.**

—Hacia la mitad del período se verificó el levantamiento

de una serie de cadenas de montañas importantes, llamadas en conjunto cadena *Hercínica* (de Hercinia, nombre antiguo de Alemania). Se halla al Sur de la Caledónica, y va de Irlanda a Silesia; se encuentran restos de ella en los montes Altai (Asia central) y Apalaches (EE. UU.). Con esta cadena el continente Nord-Atlántico ganó considerable terreno, a costa del Mediterráneo Central, que se redujo mucho en extensión.

El carbonífero superior con frecuencia es discordante con el medio e inferior, como sucede en Asturias; lo cual prueba que el plegamiento herciniano se verificó antes del carbonífero superior. (Figura 154).

**329. Origen de la hulla.**—Como los principales yacimientos de hulla o carbón de piedra se encuentran en terrenos de este pe-

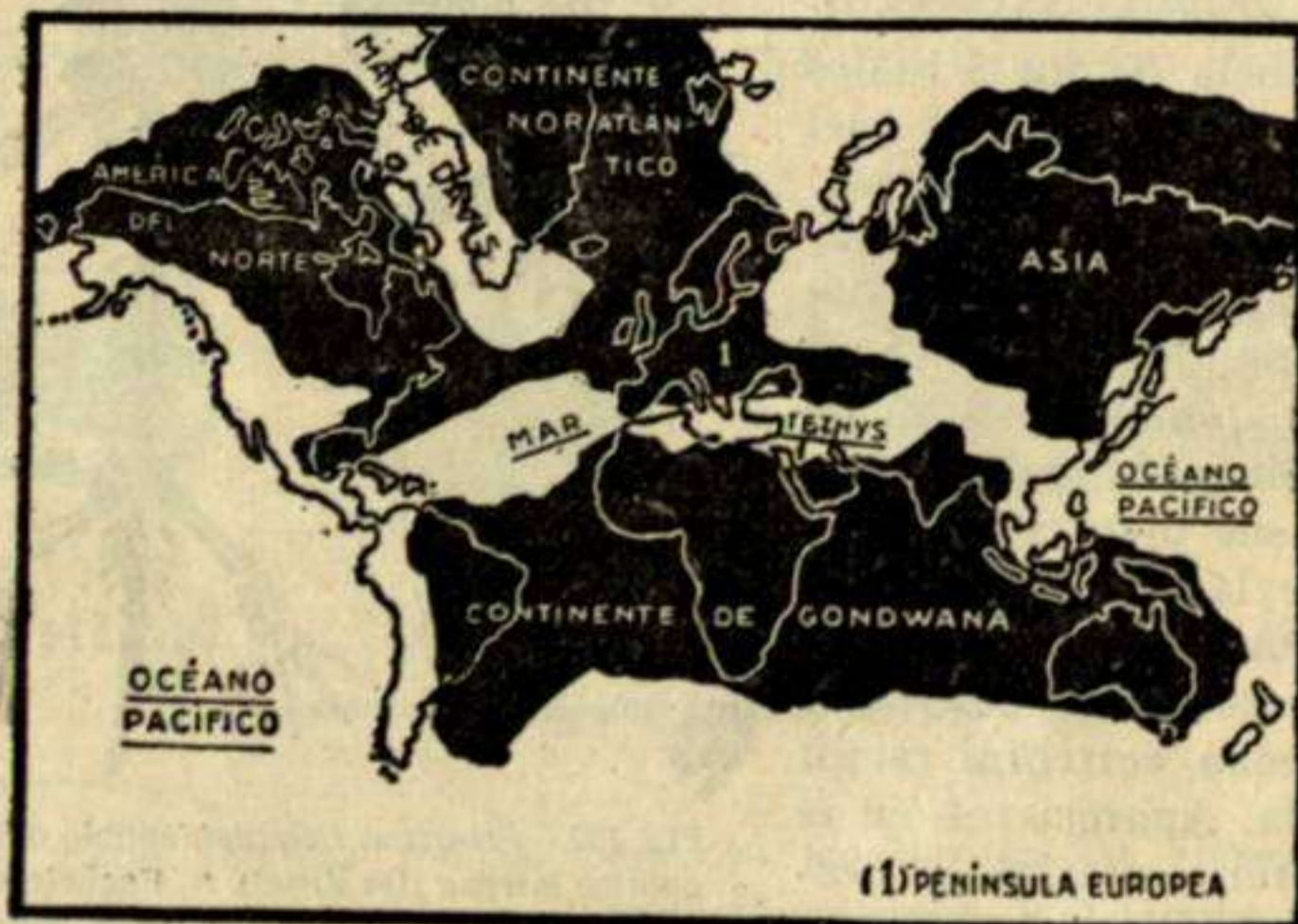


Fig. 154.—Continentes y mares durante el periodo carbonífero de la era Primaria.

río, parece oportuno hacer algunas indicaciones sobre su origen y modo de formación. En primer lugar es cosa bien clara que la hulla se formó de restos de vegetales, cuyas huellas se ven todavía patentes en los filones que se explotan. Ahora, ¿cómo se operó la transformación de la sustancia vegetal en carbón? Parece averiguado que esta transformación fué una verdadera *maceración* o *fermentación* al abrigo del aire, verificada por agentes microbianos anaerobios, sobre todo el *Micrococcus carbo*, que se ha podido descubrir con el microscopio. Estos microbios descomponían la sustancia vegetal, sobre todo la celulosa, desprendiéndose muchos compuestos volátiles, y dejando los componentes de carbono, que son los principales constitutivos de la hulla, cuya fórmula fundamental es  $C_9N_6O$ , a la cual se añaden otros compuestos volátiles, principalmente hidrocarburos.

**330. Formación de los filones.**—Para explicar la enorme acumulación de carbón en los filones, se han propuesto varias teorías. Según unos, la transformación carbonosa se verificó *in situ*, donde vivían las plantas, cuyos restos iban cayendo y acumulándose en el suelo; y enterrados luego por alguna avenida de agua con sustancias arcillosas, quedaban al abrigo del aire y en disposición de sufrir la descomposición anaerobia: esta teoría se llama *autóctona*. Otros opinan que los restos de vegetales eran arrastrados por las corrientes de agua a los lugares bajos, al fondo de algún lago, al delta de un río, y allí eran enterrados y transformados luego en carbón: esta es la teoría *alóctona* (sitio diferente). También pudo suceder que, verificada *in situ* la transformación en carbón, los detritus carbonosos fuesen luego arrastrados por las corrientes y depositados en forma de estratos, en el fondo de un lago o en la desembocadura de un río en el mar: teoría *auto-alóctona* o *mixta*. Todas estas tres maneras de formarse los filones pudieron tener lugar según las circunstancias; y así en cada caso particular habrá que aplicar la explicación conveniente, según lo que indiquen los documentos estratigráficos y paleontológicos. Si se ve, por ejemplo, en una mina de carbón que hay como un bosque enterrado, con numerosas plantas en pie, se puede decir que se formó *in situ*, como es el caso para muchas minas de Inglaterra. Si por el contrario, se encuentran los trozos en pedazos y tumbados horizontalmente, se puede creer que fueron arrastrados hacia un sitio bajo, donde fueron enterrados y convertidos después en carbón.

Si por fin, se ve el carbón formando capas de estratificación y aun guijarros carbonosos entremezclados, es indicio seguro que el filón de que se trata se formó por el arrastre de detritus carbonosos, como sucede en muchas minas de Francia y España.

**331. Regiones carboníferas de España.**—La principal es la región cantábrica, que comprende gran parte de Asturias, y el Norte de Palencia y de León. En Andalucía se encuentra la

cuenca de Bélmez (Córdoba), la de Villanueva del Río (Sevilla); en Castilla la Nueva, la de Puertollano (Ciudad Real); en Castilla la Vieja, la de Juarros (Burgos) y la de Fréjano y Turruncun (Logroño): estas dos últimas muy pequeñas.

### § 6.º ERUPCIONES PALEOZOICAS

**332.** La actividad eruptiva se ha manifestado con bastante intensidad en todo el transcurso de los tiempos primarios, acentuándose más a continuación de las fases orogénicas. Los productos de la erupción, unas veces se consolidaban en la profundidad en forma de rocas graníticas, que luego quedaron al descubierto por la erosión; otras veces se expansionaron al aire libre, tomando forma de lavas y tobas; pero debido a los efectos de la erosión, se han conservado pocos de esos productos efusivos. En general dominan las rocas ácidas; y tanto más cuanto más antiguas son. Los granitos predominan en el árcqueo, luego en el algonkiense abundan las sieníticas, dioritas y pegmatitas; en el silúrico y devónico, las diabasas; en el antracólítico, los *trapps* y *meláfiro*s.

En España la principal zona granítica del árcqueo se encuentra en Galicia; también forma el granito el núcleo de las principales cordilleras de la península, como la Penibética, Montes de Toledo, la cordillera Carpeto-Betónica, los Pirineos Centrales, etc.

Se encuentran también erupciones primarias de pórfido, dioritas, diabasas, serpentinas, etc., en varias regiones como Asturias, Badajoz, Huelva, Sevilla, etc.

### § 7.º FENOMENO PALEOTERMAL

**333.** La naturaleza y distribución de los vivientes durante la era Primaria nos suministran datos importantes para formarnos alguna idea del clima que reinaba en aquellos remotos tiempos.

Para mejor entender los documentos paleontológicos en lo referente al clima de la tierra en los diversos períodos geológicos, recordemos la distribución geográfica de los vivientes actuales y las causas de esa repartición.

Sabemos que hay animales y plantas que viven en los climas tropicales; otros en climas templados; y otros, en fin, en los climas fríos; asimismo se observa en las plantas actuales que unas prefieren aire y suelo seco y cielo despejado; otras, por el contrario, son propias de sitios húmedos y sombríos, y de cielos nublados. Recordemos también que los vivientes de las épocas pasadas estaban organizados bajo el mismo plan que los actuales; por consiguiente, estaban sujetos a las mismas leyes (4.º principio de Paleontología, núm. 290).

La temperatura que reinaba en toda la tierra desde los polos al

ecuador, a juzgar por los vivientes que entonces poblaban el globo, debía ser poco más o menos como la que existe hoy en la zona ecuatorial; así lo comprueban entre otros ejemplos, la fauna de corales constructores, cuyas formaciones se encuentran durante la era Primaria en todas las latitudes; y sabemos que los corales constructores actuales sólo se hallan en los mares cálidos intertropicales.

La fauna litoral y en particular la de *Trilobites*, para el silúrico, extendida con uniformidad en toda la tierra, son claro indicio de la uniformidad de temperatura que reinaba en todas las latitudes.

En el período permo-carbonífero además de los corales constructores tenemos la exuberante flora de criptógamas vasculares; en especial los gigantes helechos, esparcidos uniformemente por toda la tierra, cuyos similares vivientes están confinados en la zona de los trópicos.

Además de cálido, debía ser húmedo el clima del período permo-carbonífero; sin esas condiciones no se explica el rápido crecimiento de los helechos carboníferos. Casi todas las plantas de la era Primaria, a excepción de un pequeño número de Fanerógamas gimnospermas, pertenecen a las Criptógamas vasculares; plantas que viven de preferencia en sitios húmedos y sombríos. No se encuentra ninguna planta de hoja caduca ni de flores con cubierta; es decir, plantas que requieren para su propagación y desarrollo la acción directa de los rayos solares.

Los insectos hallados en terrenos primarios pertenecen a familias que viven en sitios sombríos y oscuros.

Parece, pues, que durante la era primaria, el clima era cálido, como el actual de los trópicos, y bastante húmedo; el cielo debía estar cubierto de nubes espesas, que impedían llegar a la tierra los rayos directos del sol; sólo llegaba la luz difusa a través de los espesos nubarrones, y un calor que se difundía con uniformidad por toda la tierra. Este hecho de una temperatura uniforme en todas las latitudes durante gran parte de la era Primaria, es lo que constituye el *fenómeno paleotermal*.

#### § 8.º LA PENINSULA IBERICA DURANTE LA ERA PRIMARIA

**334.** El primer esbozo de la Península Ibérica estaba representado ya antes del período carbonífero, por el macizo granítico de Galicia y Norte de Portugal del terreno árqueo (Fig. 155).

En el permo-carbonífero se verificó el levantamiento de la cordillera Cantábrica y Montes de León, haciendo de contrafuerte el macizo árqueo galaico-lusitano. Con la Cordillera Cantábrica quedó también fuera de las aguas la gran meseta Ibérica, que desde entonces no volvió a ser cubierta por los mares, sino sólo en parte y pasajera por algunas de las transgresiones marinas, como después veremos. La meseta Ibérica primitiva quedó, pues, constituida en el período permo-carbonífero, y comprendía parte de las dos Cas-

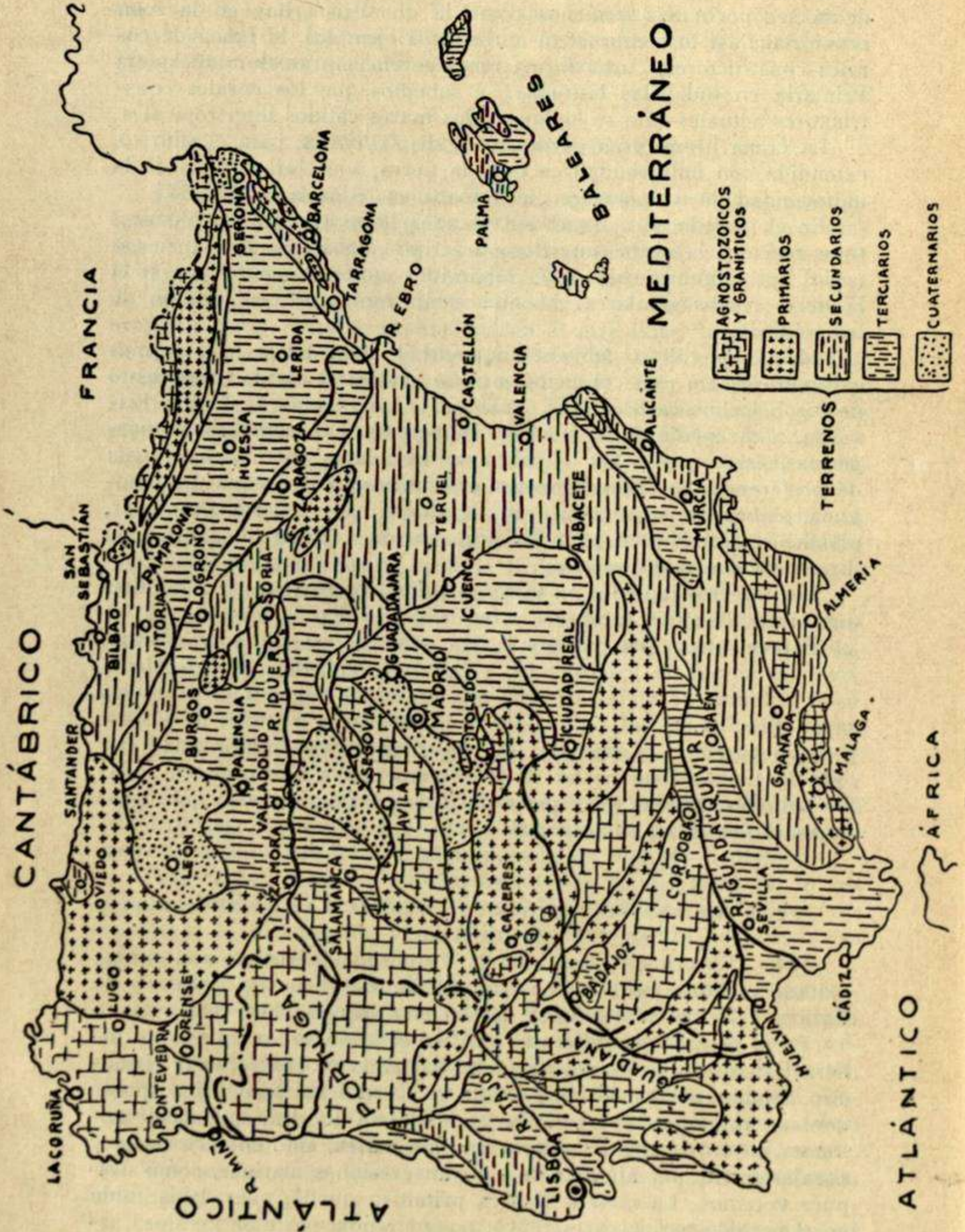


Fig. 155.—Mapa geológico de la Península Ibérica.

tillas, Galicia y Norte de Portugal, formada por terreno árqueo y primario. A esta primitiva España o Iberia se fueron añadiendo después nuevas tierras por la parte oriental y meridional, durante los tiempos secundarios, y sobre todo de los terciarios, como iremos viendo en el estudio de estos terrenos. ¿Era la meseta Ibérica primitiva una isla separada del continente Nord-Atlántico, o se hallaba unida a este continente por alguna lengua de tierra, como algunos han sospechado? Los documentos geológicos todavía no son suficientes para resolver esta curiosa cuestión.

### Resumen sinóptico de la era Primaria

CARACTERES: Formas vivientes arcaicas; predomina la vida marina; al principio sólo hay esquistos, calizas..., al fin abundan las calizas.

PERÍODOS	SUELO	CARACTERES PALEONTOLÓGICOS		MOVIMIENTOS OROGÉNICOS	CLIMA
		FLORA	FAUNA		
<i>Algonkiense</i>	Rocas (sed. mecán.)	Agnostobióticas		Cadena Hurónica	Glacial
<i>Cámbrico</i>	Sedim. mecán. marit. supra-algonkiense.	Algas	Crustáceos (Trilobites)	Poco importantes (bund. paleártico)	Glacial (probable)
<i>Silúrico</i>	Sed. marina (pizarras, areniscas)	Algas	Trilobites	Pliegues caledónicos	Calor.—Uniforme en toda la tierra
<i>Devónico</i>	Grand. erosión y sediment.	Criptógamas	Crinoides (Prims. peces e insectos) Mar. Terr.	Erupciones volcánicas	Tropical o glacial (según regiones)
<i>Antracolítico</i>	Acrecent. de continentes	Helechos gigantes-cos	Protos. Insect. reptiles Anfibios	Cadena Herciniana	Húmedo, cálido (en general)

ESPAÑA: Aparece en el antracolítico la cordillera Cantábrica y Montes de León, a los que había precedido el macizo galaico-lusitano. No consta si esta Meseta Ibérica estaba unida o no al continente Nord-Atlántico.

[E. M.]

## ARTICULO II

## ERA SECUNDARIA O MESOZOICA

**335. Límites.** —Comprende desde la purificación de la atmósfera terrestre hacia el fin del período antracolíptico y la primera gran expansión de animales terrestres, hasta el gran desarrollo de los Mamíferos.

**Caracteres generales.** —Mucha calma orogénica. Formas vivientes menos arcaicas, *mesozóicas*; gran exuberancia de vida marina; extraordinario desarrollo de los reptiles.

*División.* —Se divide en tres períodos: triásico, jurásico y cretáceo.

## § 1.º PERIODO TRIASICO (1)

**336. Constitución litológica y paleogeografía.** —Comprende este período una serie de estratos de 5.000 a 6.000 metros de espesor, compuestos principalmente de arenisca, calizas y arcillas salíferas y yesosas, de formación lacustre y nerítica la mayor parte de ellas.

Siguiendo el movimiento de inmersión, comenzado al fin del permo-carbonífero, Europa quedó dividida en islas y lagos intermedios, unidos al mar, en los cuales se depositaron los yacimientos de sal y yeso, tan abundantes en los estratos triásicos. Esta precipitación abundante de materiales disueltos en el agua indica un clima relativamente cálido y seco; lo cual prueba que la gran humedad del período anterior había disminuído mucho. El triásico es a veces transgresivo sobre el carbonífero, lo que prueba la inmersión o transgresión marina.

**337. Caracteres paleontológicos.** —**FLORA.** Decae mucho la flora de Criptógamas vasculares del permo-carbonífero; en cambio aumenta la de Gimnospermas con numerosos géneros y especies.

**FAUNA. ANIMALES TERRESTRES.** —Los principales vivientes del período triásico cuyos restos se encuentran entre sus estratos, son en primer lugar los animales terrestres, que se expansionaron mucho en este período. Prosiguieron los *Labirintodontes* (anfibios), que

---

(1) El nombre alude a los tres pisos diferentes bien caracterizados, que presenta en la cuenca del Neckar (Alemania): 1) *bunder-sandstein* o arenisca abigarrada; 2) *muschelkalk* o caliza conchífera; y 3) *keuper* o arcillas irisadas.



alcanzaron en los tiempos triásicos su mayor tamaño y extensión geográfica. También continuaron abundantes los *Teromorfos* y los *Rincocéfalos* entre los reptiles. Aparecen nuevos e importantes grupos de reptiles, como los Ictiopterigios, Cocodrilos, Dinosaurios y Quelonios (Fig. 156). Al fin del período vivieron los primeros Mamíferos, algunos pequeños marsupiales, como el *Microlestes antiquus* de Würtemberg (Alemania), y el *Dromatherium* y *Triconodon* de Carolina (Estados Unidos).



Fig. 156.—Dinosaurio del triásico. *El Zanclodón* (diente encorvado como cuchillo) de unos 8 metros de longitud, de pescuezo y cola largos, pies delanteros cortos y traseros fuertes, de andar quizás a saltos y en posición erguida. (De Fraas).

ANIMALES MARINOS.—La vida de los mares también sufrió algunas modificaciones. Aparecen los primeros peces Teleósteos, y disminuyen los Ganoideos. Los Amonites se desarrollan considerablemente. Las demás clases de Moluscos (Gastrópodos y Lamelibranquios) aumentan con nuevos grupos; en cambio los Braquiópodos tan abundantes en la era Primaria decaen notablemente. Entre los Crinoides se desarrollan los articulados *Encrinus liliformis* (Fi-

gura 157); en cambio, casi desaparecen los otros grupos. Aparecen también hacia la mitad del período los Hexacorales o Zoontoarios.



*Crinoide*  
(*Encrinus liliformis*)

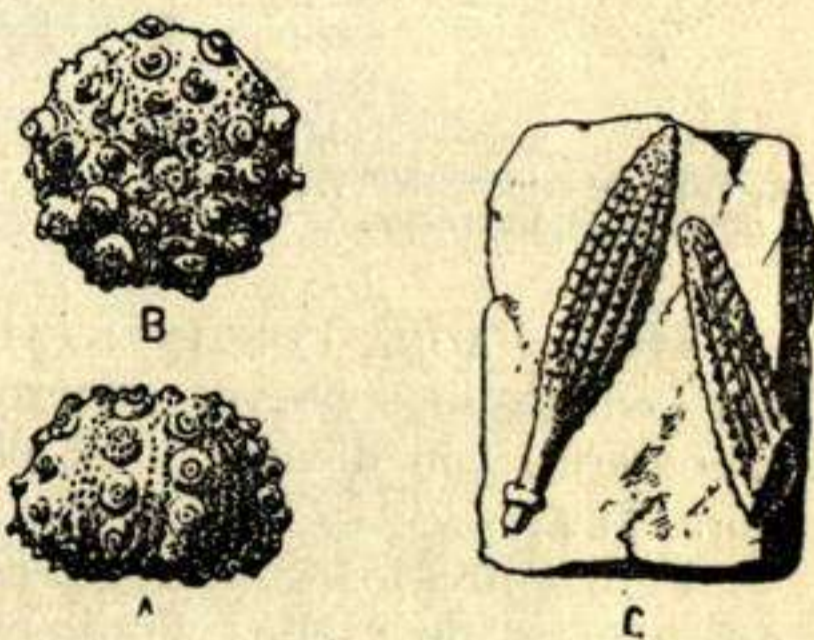


Fig. 157.—Equinodermos del triásico. (*Mazo*).

Hemicidarís. A, vista de costado; B, vista por encima (3 cms. diámetro); C, púa del mismo.

## § 2.º PERIODO JURASICO (1)

**338. Constitución litológica y paleogeografía.**—Al jurásico pertenece una serie de capas de varios miles de metros de espesor (6 a 7 mil), compuestas principalmente de calizas, margas y algunas arcillas. La sedimentación en la región de Europa, se verificó generalmente en aguas más profundas que en el triásico, como lo comprueba la misma roca, y sobre todo los fósiles; lo cual arguye una inmersión considerable de los continentes. Esta inmersión hizo que el continente Nord-Atlántico quedase separado del Sino-Siberiano por el geosinclinal de los Urales; asimismo el continente ecuatorial se dividió en dos por el geosinclinal de Mozambique.

**339. Caracteres paleontológicos.**—FLORA. Las Criptógamas vasculares del jurásico ya se asemejan mucho a las actuales; tanto que muchos géneros persisten hoy (*Gleichenia*, *Alsophila*...). Pero las más importantes son las plantas Gimnospermas, sobre todo las *Cicadáceas* (*Zamia*, *Bennetites*) y las Coníferas (*Araucaria*, *Pinus*, *Sequoia*, géneros actuales) (Fig. 158).

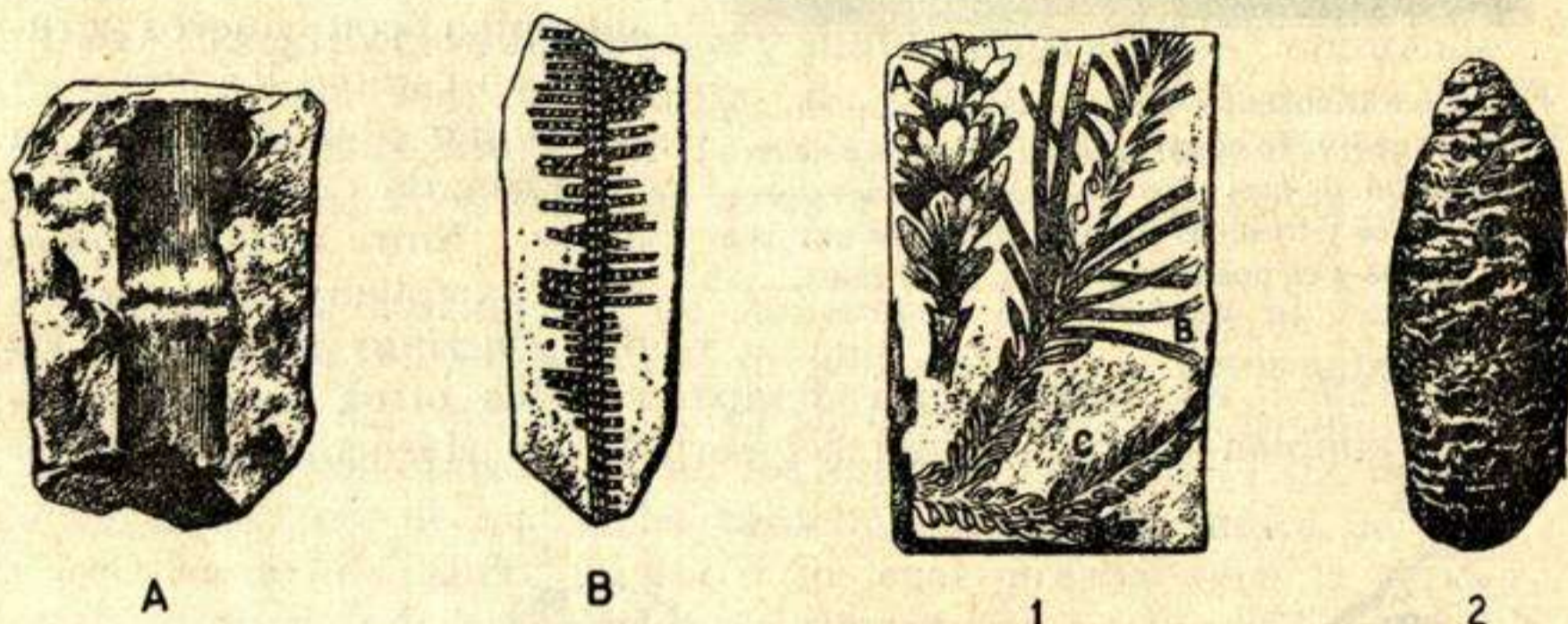


Fig. 158.—Vegetales secundarios. (Mazo).

A, Tallo de criptógama, *Equisetum araneum*; B, Impresión de Cycadácea.

1, *Voltzia heterófila* (A, B, C, diferentes clases de hojas de esta planta. 2, Su fruto.

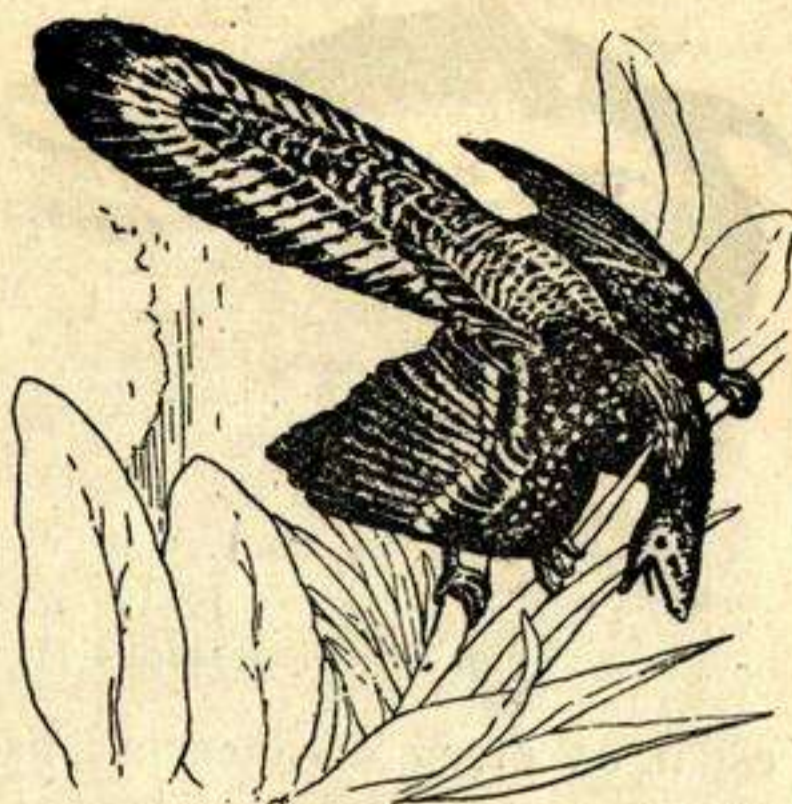
**340. FAUNA CONTINENTAL.**—Los mamíferos marsupiales aumentan con algunos nuevos géneros. Aparecen las primeras aves (*Archaeopteryx*) con dientes en el pico y cola de muchas vértebras (Figura 159).

Pero entre los animales terrestres, los reptiles son los que predominan. Entre ellos unos eran acuáticos o estaban adaptados para vivir en el agua; tenían sus extremidades en forma de aletas natatorias; tales son los *Ictiosauros*, *Plesiosauros* (Figs. 160 y 161), etcétera. Vivían generalmente en las orillas del mar o en la deseni-

(1) Del monte Jura.



Archeopteryx litográfica.



Su restauración.

Figura 159. (Mazo)

bocadura de los ríos o estuarios. Otra clase de reptiles, los *Pterosaurios* o reptiles voladores se desarrollaron también en este período (Fig. 162). Estaban adaptados para el vuelo, para lo cual tenían membranas aliformes, análogas a las de los murciélagos, que les permitían la vida aérea. Por lo demás, la organización de estos reptiles presenta diferencias en extremo grandes, para hacerlos progenitores de las aves. Por fin, otros reptiles estaban adaptados para la vida terrestre, como los gigantes *Dinosaurios* (Fig. 163), y muchos *Quelonios*. En general los reptiles del jurásico son de grandes dimensiones; hay hasta de 20 y 30 metros de largo. Los Anfibios

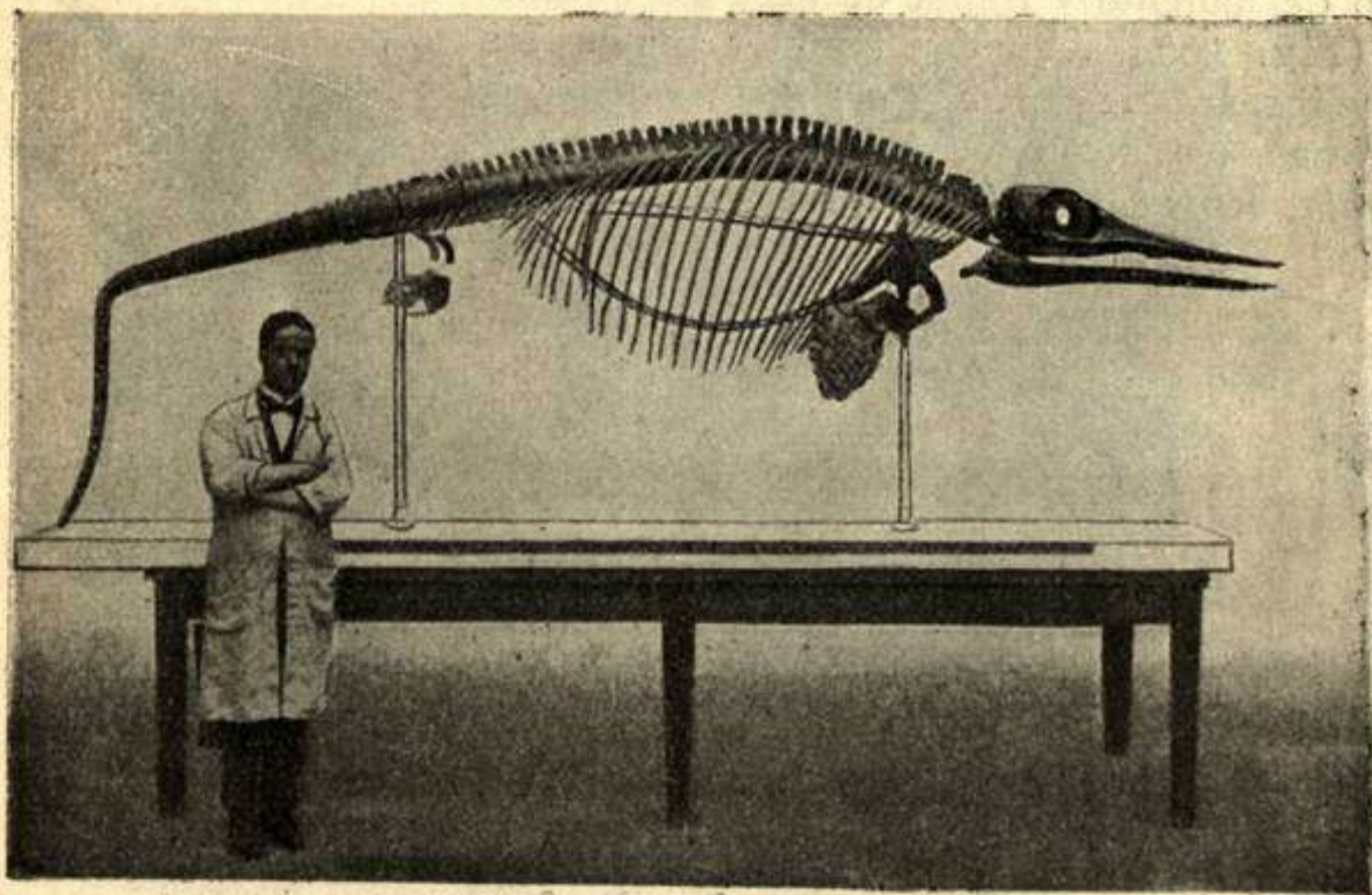


Fig. 160.—Esqueleto de Ictiosaurio exhibido en el «Museo Británico». (Cl. Iberica).

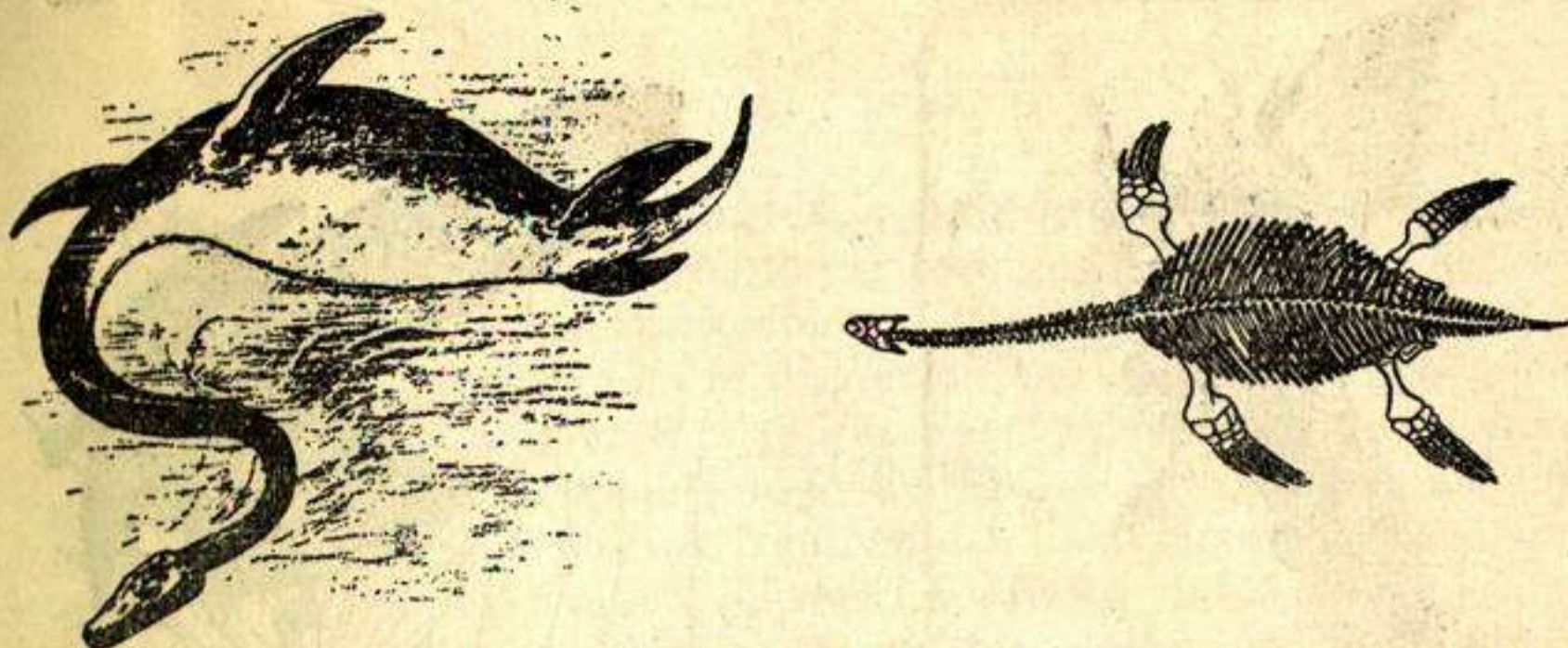


Fig. 161.—Plesiosauro del jurásico, hábil nadador, torpe raptador. (Mazo)

están en plena decadencia; hasta ahora no se ha encontrado más que un anuro (*Paleobatrachus*) en España, en el jurásico superior de Montsech (Lérida) (Fig. 164).

**341. La vida en los mares.**—La vida marítima es en extremo exuberante durante este período. Aumentan considerablemente los peces Teleósteos. Pero el predominio de los mares lo obtuvieron los Amonites (Cefalópodos tetrabranquios), que despliegan una variedad de formas notablemente caprichosas y abundantes. Las suturas de sus tabiques se presentan en extremo complicadas por sus adornos ramiformes (Figs. 165 y 166). Entre los géneros principales se pueden citar por orden de antigüedad los *Arietites*, *Amaltheus*, *Harpoceras*, *Perisphinctes*, etc. Los *Belemnites* (dibranquios) también se desarrollaron mucho en este período; de ellos casi no se conserva más que el sustentáculo esquelético, que es un cono alargado del tamaño y forma de un puro o cigarro (Fig. 167). Abundan también mucho los Lamelibranquios (*Lima*, *Pecten*, *Pholadomya*, etcétera), así como los Braquiópodos (*Terebratula*, *Rhynchonella*) (Figura 168).



Fig. 162.—Pterodáctilo, reptil volador de los tiempos secundarios (Mazo)



Fig. 163.—*Styracosaurus*; dinosaurio con cuernos.

Entre los Equinodermos adquieren gran desarrollo los equinoides o erizos de mar, que habían sido muy escasos en los períodos anteriores, desde el silúrico en que aparecieron. En el período jurásico predominan los Equinoides Regulares.

§ 3.º PERIODO CRETACEO

**342. Constitución litológica y paleogeografía.** —Al terminar el período jurásico, se verificó un levantamiento o emergencia, que dió origen a un régimen sedimentario lacustre y nerítico muy extenso en toda Europa. En este tiempo se formaron potentes capas de pudingas, gredas, arcillas y calizas lacustres. Hacia la mitad del período se verificó una notable transgresión marítima (transgresión cenomanense), que cubrió muchas tierras antes emergidas, sobre todo en Europa y América del Norte.

Entonces se depositaron los grandes y numerosos estratos



Fig. 164.—*Paleobatrachus Gaudri* Vidal; batracio del jurásico sup.

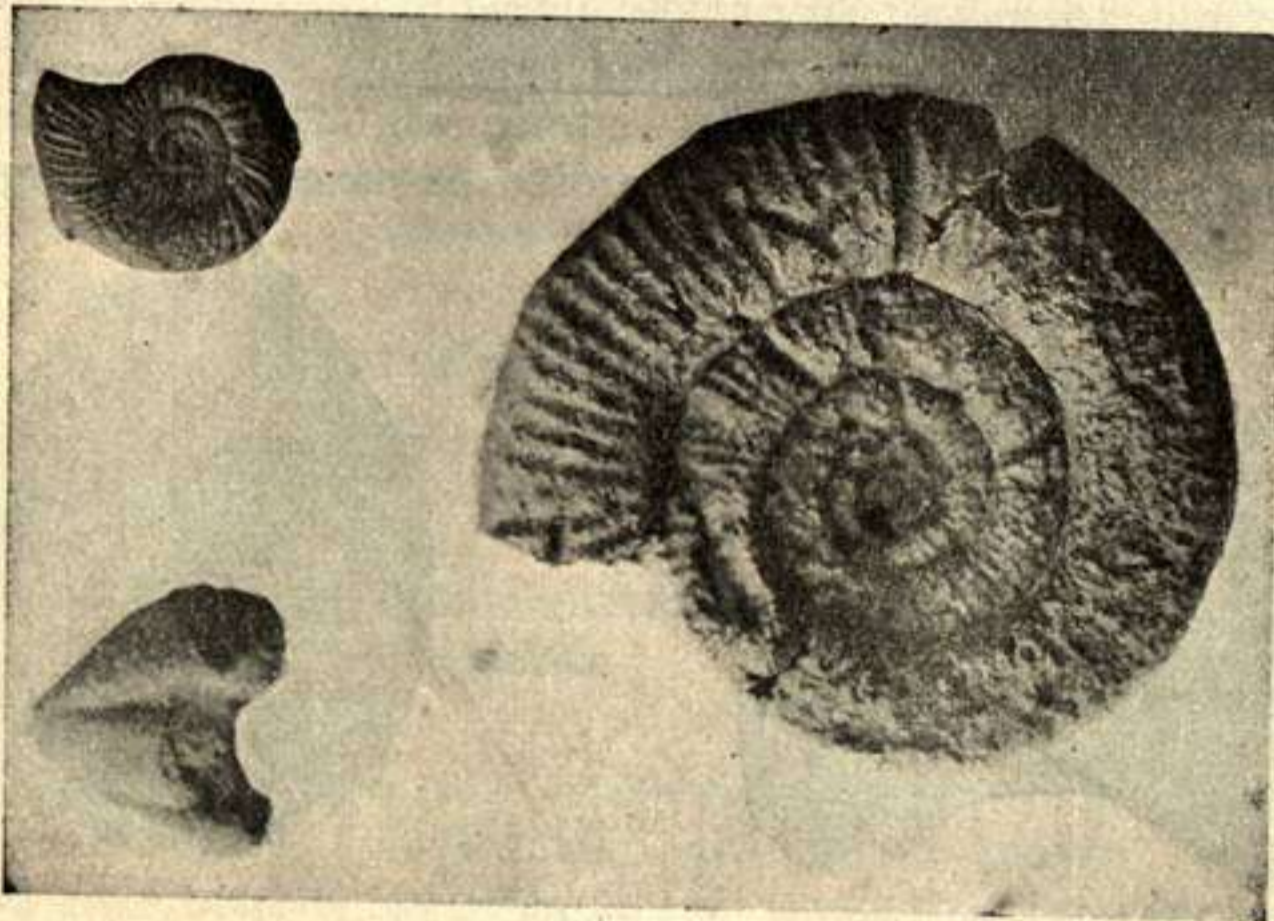


Fig. 165.—Amonites del jurásico de Crevillente, Alicante. *Perisfinctes plicatilis* Sow; figura superior derecha. *Simoceras Neum*; figura inferior. (Ilustr. de D. Daniel Jiménez de Cisneros en un trabajo publicado en «Ibérica», 24 mayo, 1919).



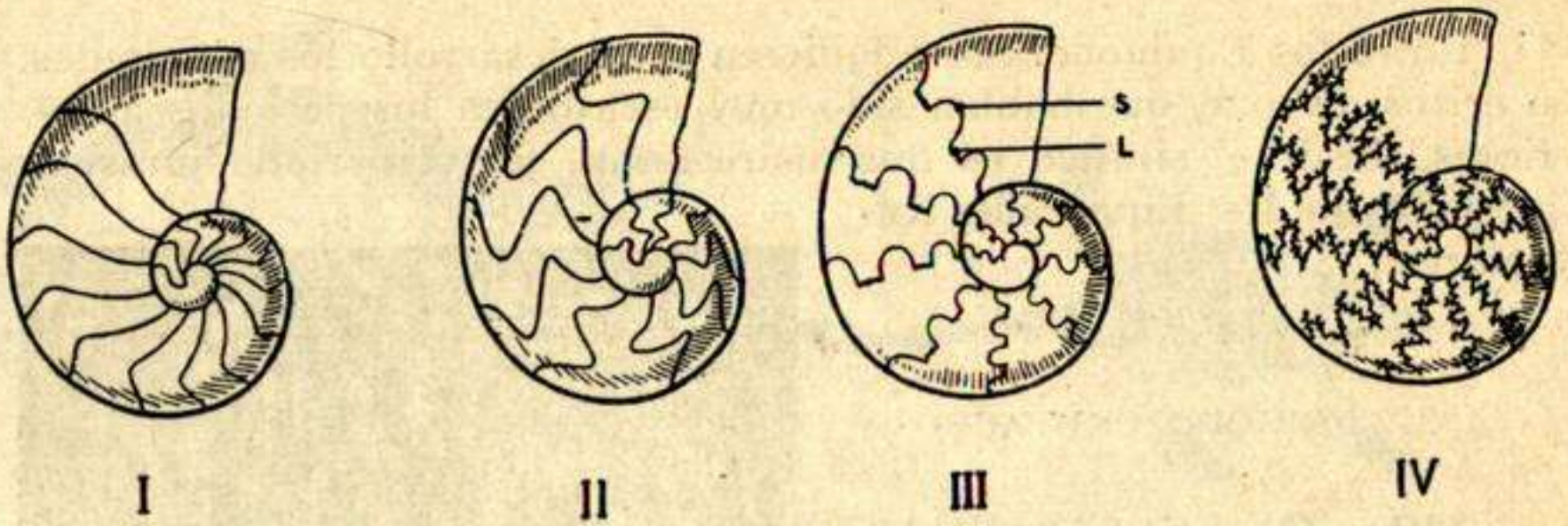


Fig. 166.—Complicación progresiva de la línea de sutura de los amonítidos. I, Clymenia; II, Goniatites; III, Ceratites; IV, Amonites. (Mazo)

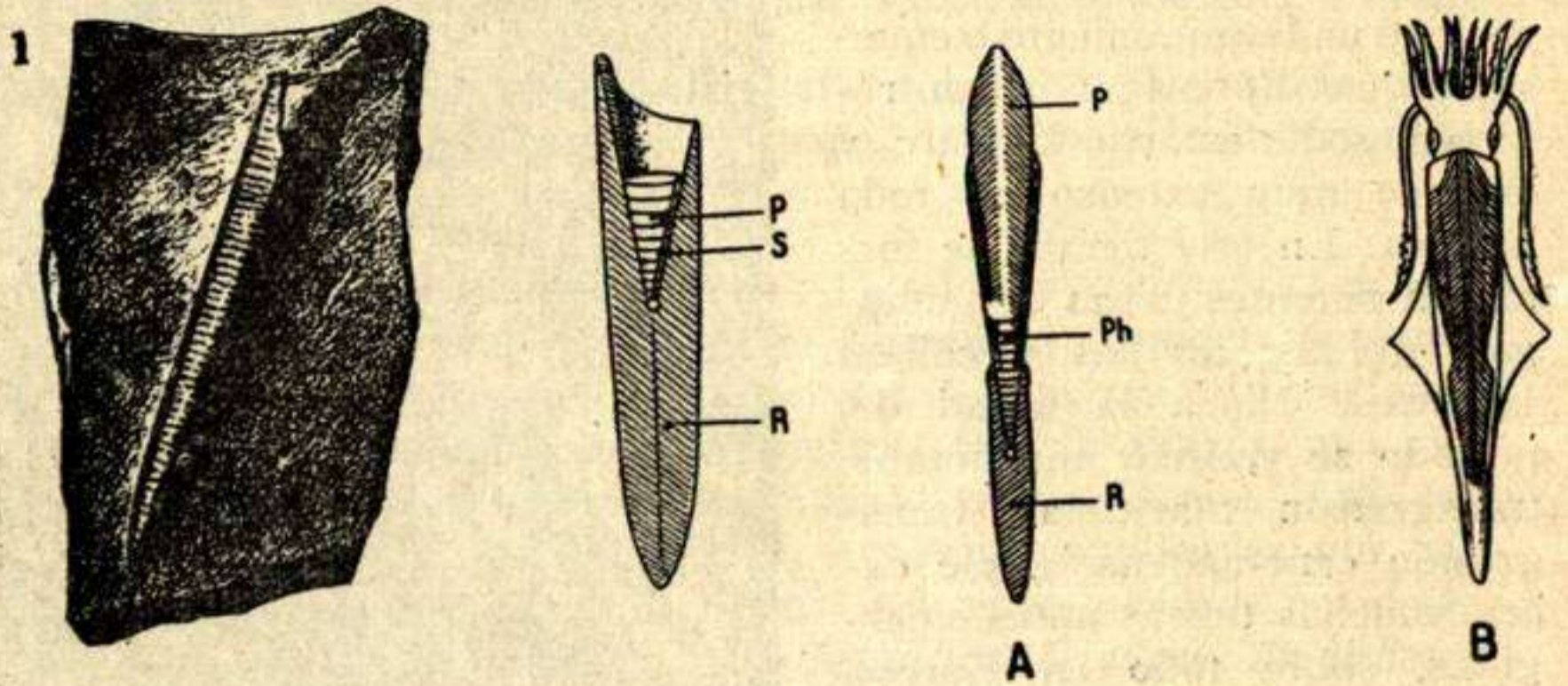


Fig. 167.—Belemnites fósil y su restauración. R, rostro; P, fragmocomo; S, sifón; A, esquema de la habitación y habitador; B, belemnites restaurado. (Mazo)

calcáreos, compuestos en gran parte de creta, a cuya formación contribuyeron mucho los micro-organismos Foraminíferos. El conjunto tiene un espesor de 7 a 8 mil metros.

La transgresión cenomanense cubrió algunas partes del continente ecuatorial, que desde el paleozóico había estado emergido. Así en las regiones litorales de la India y Africa se encuentran sedi-



Figura 168

*Rhynchonella tetraedra* Sow; braquiópodo del jurásico sup. de la Moleta de Togores.

*Rhynchonella Canavarii*; de la sierra de la Espada.

(Ilustración de D. Daniel J. de Cisneros en un trabajo publicado en Ibérica, 18 jun. 1921).

mentos marinos cenomanenses sobre los continentales paleozóicos. También fué invadida la región oriental de América del Norte.

**343. Caracteres paleontológicos. Flora.**—Un hecho notable de este período es la aparición de las primeras plantas Angiospermas. Ya al principio del período se encuentran numerosos géneros y especies; hacia la mitad y el fin se enriquece con numerosos grupos, muchos de los cuales tienen representantes de plantas de hojas caducas. Entre las Monocotiledóneas hay *Aráceas*, *Palmáceas*, *Liliáceas*, etc. y entre los Dicotiledóneas predominan las Apétalas

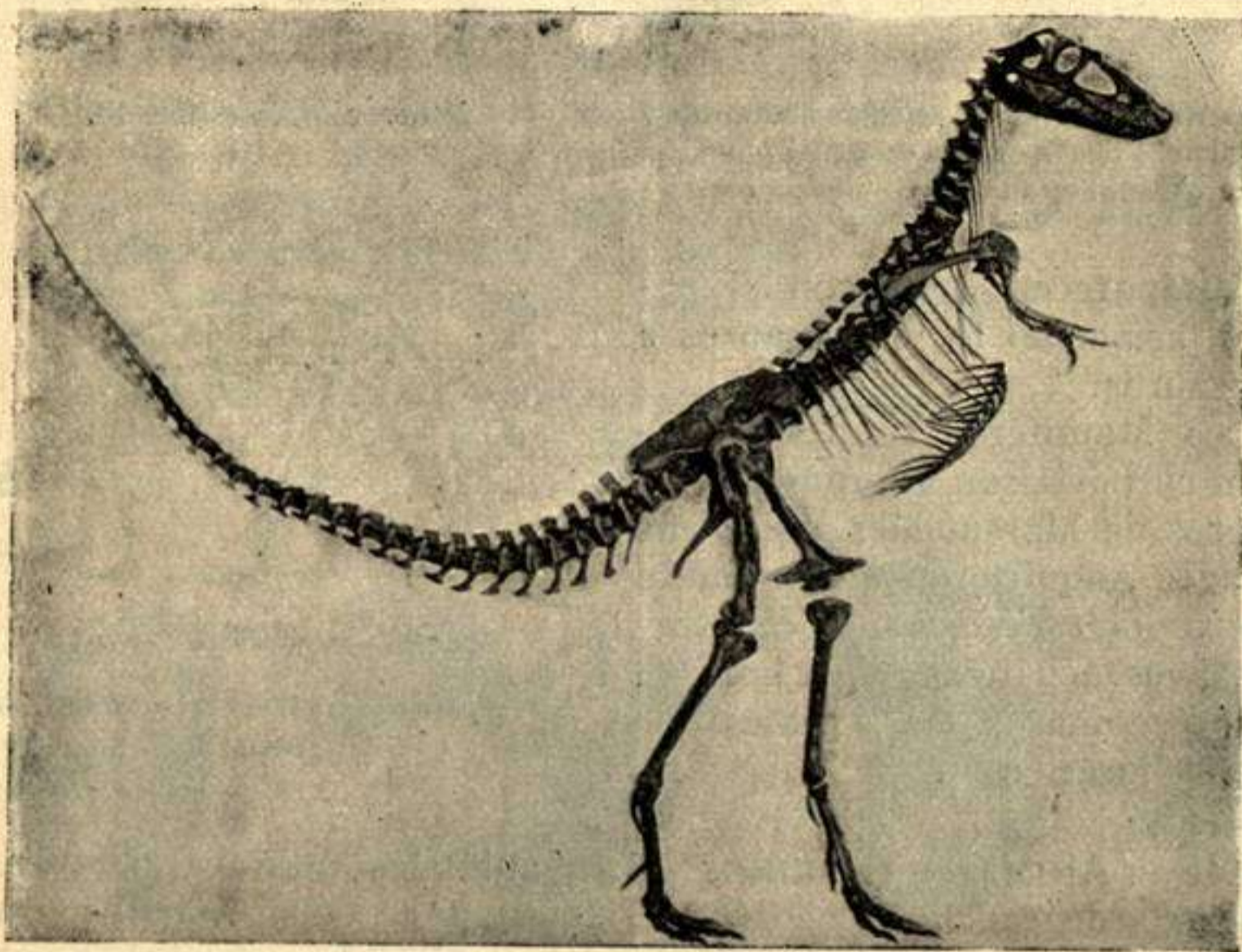


Fig. 169.—Esqueleto del gran dinosaurio *Deinodón* del cretáceo. (3'65 m. de altura). «Museo Americano» de Washington.

(*Populus*, *Salix*, *Quercus*, *Credneria*) y las Polipétalas (*Laurus*, *Cinnamomum*, *Acer*, *Hedera*, *Eucaliptus*, etc.). Son escasas las Monopétalas. Las Gimnospermas se asemejan a las actuales más que durante el triásico y jurásico; lo mismo puede decirse de las Criptógamas vasculares, que se enriquecen con un nuevo grupo: las Hidropteríneas (*Salvinia*, *Marsilia*).

**344. Fauna. ANIMALES TERRESTRES.**—Entre los animales terrestres, los reptiles son los que alcanzaron mayor predominio; sobre todo los corpulentos Dinosaurios, como los *Iguanodontes*, que tenían las patas posteriores mucho más desarrolladas; y *Diplodocus*, *Estegosauro*, etc., que alcanzaron hasta más de 20 metros de longitud (Figs. 169, 170 y 171).

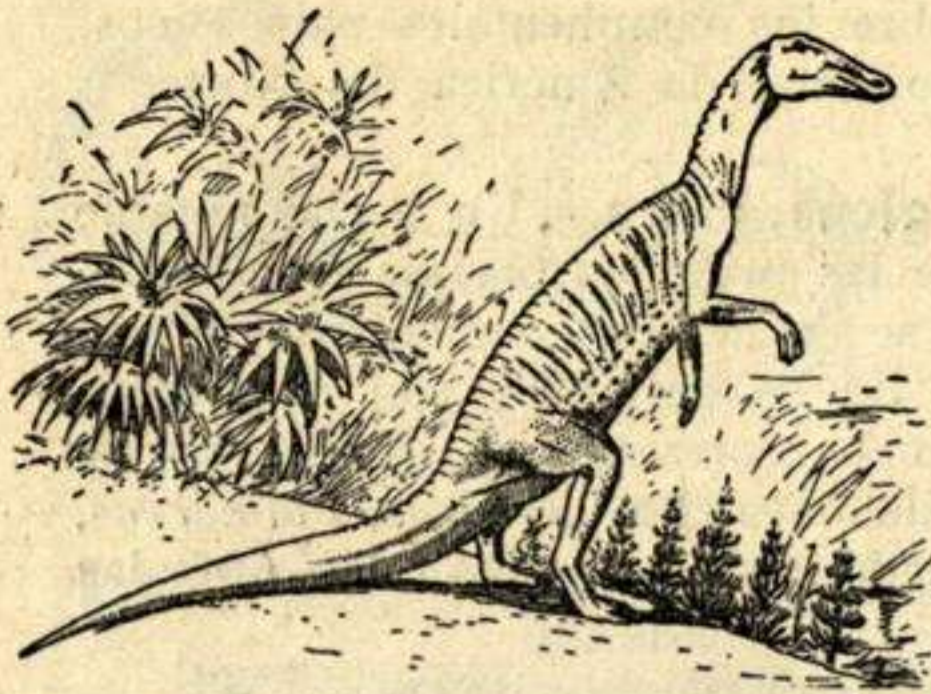
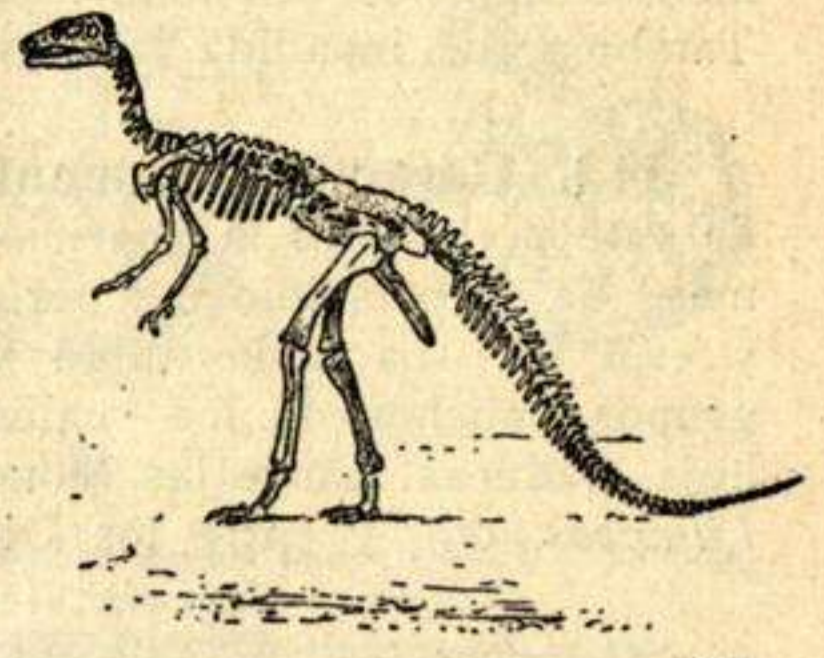


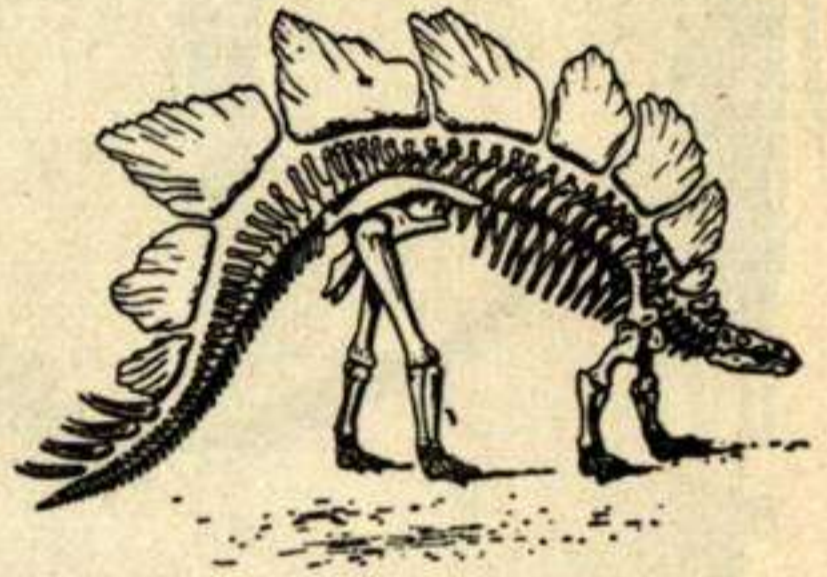
Figura 170

*Iguanodón* restaurado de «pico de abutarda» de 9 mts. Vivía a orillas de las lagunas y en general eran buenos nadadores.

*Iguanoaón*, su esqueleto.

Desaparecen éstos con el período, así como los Pterosauros e Ictiosauros.

Los Mamíferos se desarrollaron muy poco, con algunos nuevos géneros de Marsupiales. Asimismo las aves adquirieron algún nuevo género (*Hesperornis*, *Ychthyornis*), aves acuáticas, cuya cola ya se parece más a las actuales que las del jurásico.

*Estegosauro* de unos 7 mts. de largura. (Mazo)

**345. ANIMALES MARINOS.**—Los animales marinos también se desarrollaron mucho. Los peces Teleósteos se expansionan extraordinariamente con muchos géneros y especies. Los Amonites continuaron, aunque más decadentes que en el jurásico; y al fin del cretáceo desaparecieron por completo. Es de notar que los últimos Amonites del cretáceo superior tenían las suturas de sus tabiques sencillas, o muy poco adornadas; casi lo mismo que las que tuvieron muchos Amonites del triásico (Fig. 172).

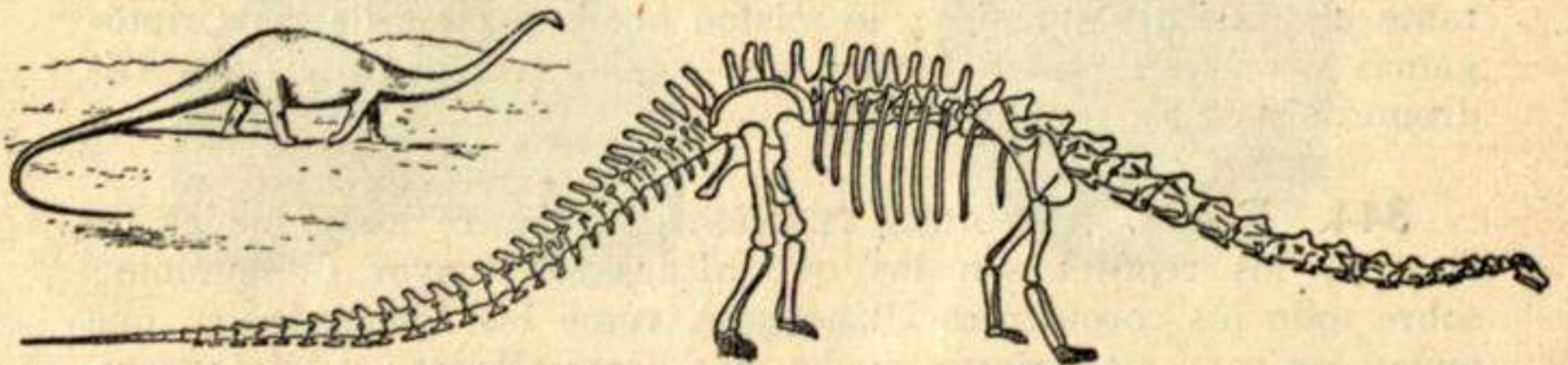
Fig. 171.—*Diplodocus*, uno de los dinosaurios más largos (18 metros) que han existido. Arriba el mismo animal restaurado.





Fig. 172.—Los Amonites poco antes de su desaparición, en el cretáceo. Obsérvese que sus espiras tienden cada vez más a la forma recta del Baculites. Las suturas de sus tabiques carecen ya de adornos y vuelven a ser sencillas como al principio de su aparición. (Mazo)

Los Gastrópodos se multiplican muchísimo; lo mismo que los Lamelibranquios, entre los cuales es notable la familia de los Rudistos (Fig. 173) por su concha tosca, algo parecida a un cuerno, y porque aparecieron en el cretáceo y desaparecieron con él; por eso son muy característicos de este período.

Los erizos de mar, sobre todo los irregulares, despliegan gran variedad de formas.

Entre los Foraminíferos abundan principalmente las *Orbitolinas* y *Alveolinas*, cuyas testas calcáreas forman considerables bancos de rocas.

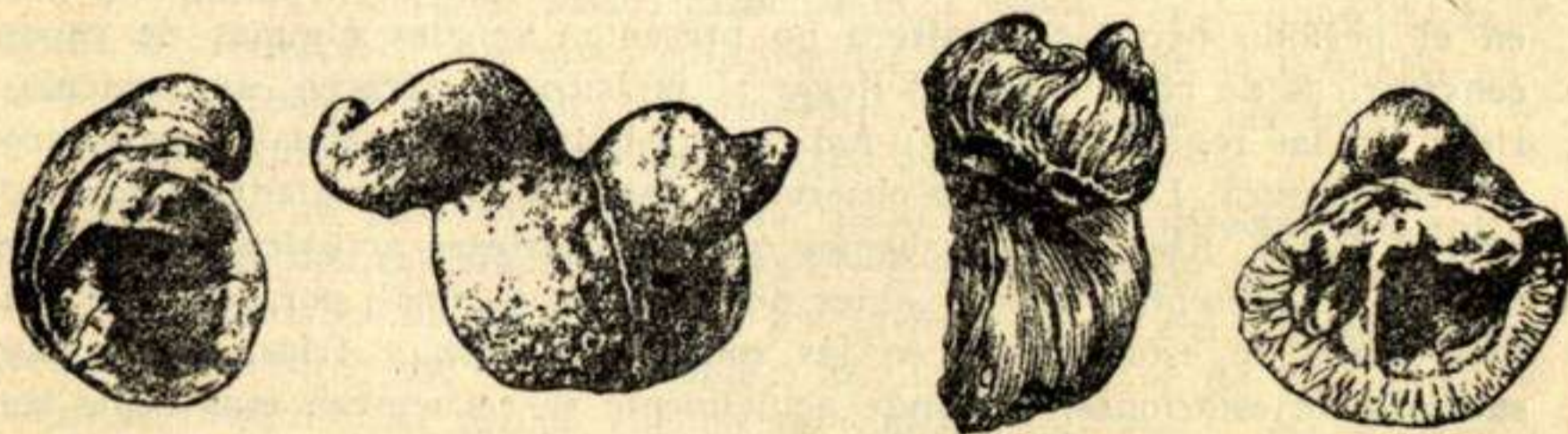


Fig. 173.—Rudistos, lamelibranquios exclusivos del cretáceo. (Mazo)

**346. Erupciones secundarias.**—Son relativamente escasas, debido a la gran calma orogénica que reinó durante toda la era.

Se encuentran meláfiros, ofitas, sienitas, etc. En los Andes de América, tuvo mayor intensidad que en Europa la actividad eruptiva; abundan allí las erupciones porfíricas.

#### § 4.º TERRENOS SECUNDARIOS DE LA PENINSULA IBERICA

**347.** Ya vimos, como, al terminar la era Primaria, estaba ya constituida la meseta Ibérica, cuyos límites eran la cordillera Cantábrica, costas de Galicia y del N. de Portugal, Sierra Morena y la cordillera Ibérica; pues bien, durante la era Secundaria, el mar bañaba esas orillas, y formó numerosos terrenos pertenecientes a los tres períodos. Los que actualmente afloran forman una línea si-

nuosa, que va desde Santander, montes Ibéricos, recurvando por la cordillera Penibética, hasta cerca de Gibraltar. Otra pequeña zona se encuentra en Portugal al N. de Lisboa. Otros terrenos secundarios, que se formaron en la Península, o fueron recubiertos por sedimentos más recientes, como en el valle del Ebro y del Guadalquivir; o quedaron sumergidos bajo el océano como en las costas de Galicia y N. de Portugal.

#### § 5.º DIFERENCIA DE LOS CLIMAS Y ESTACIONES

348. En la era Primaria, sobre todo durante el permo-carbonífero se purificó mucho la atmósfera, debido principalmente a la exuberante flora carbonífera.

Los depósitos de cal y yeso, abundantes en el triásico, indican ya un clima bastante seco; pues pudo dar lugar a la evaporación intensa, necesaria para la precipitación de las sales disueltas en las aguas salobres de los lagos marítimos.

En el período jurásico ya se notan indicios de comienzo de climas. En efecto, los corales constructores abandonan los polos y se van retirando a latitudes más bajas, hasta el punto de que al fin del período ya no se les encuentra al Norte del paralelo 50º.

Asimismo se notan comienzos de estaciones; pues las araucadias, que en el período permo-carbonífero no presentan señales algunas de capas concéntricas de crecimiento, al llegar al jurásico, ya ofrecen esa particularidad en las regiones polares; indicando algún cambio anual o periódico de temperatura. Lo mismo se observa en las abietíneas, halladas a los 78º latitud Norte. Ahora bien, sabemos que las coníferas actuales de la zona tropical no presentan capas visibles de crecimiento anual, por no haber allí diferencias de estaciones y en las zonas templadas y frías, donde hay sucesión de estaciones, es donde actualmente se encuentran esas capas de crecimiento.

Pero en el período cretáceo se acentúa mucho más la diferencia de climas y estaciones; en efecto, las formaciones de corales constructores, los moluscos de testa calcárea gruesa, en particular los rudistos, las orbitolinas (foraminífero) de gran talla, etc., se van alejando más y más de la zona boreal, y retirándose hacia la ecuatorial; prueba clara de que la zona del polo Norte se va enfriando poco a poco, dando lugar a la diversidad de climas. Asimismo las capas de crecimiento de las coníferas polares se acentúan cada vez más; prueba de estaciones más marcadas.

Pero el hecho más notable, que indica un gran cambio de clima en la tierra durante el período cretáceo, es la aparición de plantas angiospermas, de hoja caduca; ya en la flora eocretácea (307) están representadas por numerosas especies y géneros; y las plantas de hoja caduca son propias de climas con estaciones. Ahora bien; sabemos que las plantas fanerógamas, y sobre todo las de hoja caduca, no pueden vivir y multiplicarse sin la acción directa del sol; éste por consiguiente, debió por primera vez aparecer a través de los espesos nubarrones, y beneficiar de una manera

bastante permanente con sus rayos directos la flora cretácea, dando origen con la mayor o menor oblicuidad de sus rayos a los diferentes climas y estaciones.

**349. Explicación del fenómeno paleotermal y diferenciación de las estaciones.**—Varias son las causas que se han aducido para explicar el fenómeno paleotermal y la consiguiente diferenciación de climas y estaciones. Prescindiendo de otras hipótesis, fundadas en causas ya geográficas, ya astronómicas, ya geodésicas y geológicas, que ofrecen dificultades insuperables, indicamos brevemente la explicación más satisfactoria expuesta por Blandet y ampliada y confirmada por Lapparent.

Según la teoría de la nebulosa solar, al principio de su evolución estaba el sol mucho menos condensado, su diámetro era por consiguiente mayor: en esas condiciones los rayos que caían sobre la tierra no eran paralelos sino caían en varias direcciones sobre las diversas zonas; con eso no podía haber desigualdad de estaciones, la cual es producida por la diversa dirección con que caen los rayos solares sobre las varias zonas terrestres en las diferentes épocas del año. La condensación solar fué avanzando; los rayos que enviaba a la tierra iban siendo cada vez más paralelos y capaces de producir diversidad de estaciones.

Por otra parte, la atmósfera terrestre durante la era Primaria estaba muy cargada de gases como el  $\text{CO}_2$ , de vapores, sobre todo el acuoso, como lo indica la flora permo-carbonífera; con lo cual impedía la llegada a la tierra de los rayos directos del sol: el calor se difundía a través de la espesa atmósfera con uniformidad en todas las latitudes. En el permo-carbonífero se purificó mucho la atmósfera; por eso en la era Secundaria ya pudieron llegar a la tierra los rayos directos del sol, cuya influencia aparece clara en la flora cretácea. A medida que la atmósfera se iba purificando, la acción de los rayos directos del sol sobre la superficie terrestre era más constante; la diversificación de los climas se iba acentuando. Al mismo tiempo la condensación de la masa solar iba progresando; y juntas ambas causas fueron produciendo la diferenciación progresiva de estaciones y climas.

Tenemos, pues, que, al empezar la era Terciaria ya existían zonas climatéricas, aunque sus límites eran algo diferentes de los actuales; pues en la zona boreal era todavía el clima bastante templado; ya existía en las zonas extratropicales esa vicisitud de estaciones, de verano y de invierno, aunque no tan marcada como en los tiempos cuaternarios y actuales.

### Resumen sinóptico de la era Secundaria

CARACTERES: Calma orogénica, formas vivientes intermedias, exuberante vida marina, gran desarrollo de los reptiles.

PERÍODOS	CONST. LITOLÓG.	CARACTERES PALEONTOLÓGICOS		MOVIMIENTOS OROGÉNICOS	CLIMA	
		FLORA	FAUNA			
			Mar.			Terr.
<i>Triásico</i>	Estratos de arenisca (formac. lacustre).	Gimnospermas	Ammonites	Anfibios reptiles	Europa dividida en islas y lagos	Cálido, seco
<i>Jurásico</i>	Calizas, margas y arcillas.	Gimnospermas y coníferas	Ammonites y Belemaites	Reptiles y aves gigant.	Divis. del N Atlántico y Sino Siberiano, y del Cont. Ecuator.	Aparecen dos zonas climáticas.
<i>Cretáceo</i>	Sedim. lacustre: creta, pudingas.	Mono- y dicotiledóneas	Foraminíferos	Reptiles: Dinosaurios Diplodocus	Erupciones poco importantes.	Mayor diferencia de estación

ESPAÑA: Son de esta era: Una línea de montañas desde Santander, por la cordillera Ibérica y Penibética hasta Gibraltar, una zona al N. de Lisboa y los valles del Ebro y Guadalquivir (recubiertos después por sedimentos más recientes).

[E. M.]

#### ARTICULO II

#### ERA TERCIARIA O NEOZOICA

**350. Límites.**—Abarca desde la gran expansión de los Mamíferos hasta la gran invasión de los glaciares.

**Caracteres generales.**—Fauna y flora ya casi como la actual: la tierra firme va constantemente ganando extensión y adquiere al fin de la era la forma geográfica actual. Mucha actividad volcánica y orogénica.

**División.**—Se divide en dos períodos y cuatro épocas :

PERIODO	EPOCA
Eógeno. . . .	{ Eocena Oligocena
Neógeno . . . .	{ Miocena Pliocena

Los nombres se refieren al mayor o menor número de formas vivientes de cada época, comunes a la edad actual.

### § 1.º PERIODO EOGENO

**351. Facies sedimentarias y constitución litológica.**—Al terminar el período cretáceo, se verificó una gran regresión marina, que dejó en seco muchas tierras, antes ocupadas por el mar cretáceo: entonces se depositaron numerosas capas de arena, pudingas y gredas, la mayor parte de formación litoral; también en algunas regiones marinas algo más profundas, aunque todavía neríticas, se formaron potentes bancos de caliza de foraminíferos, constituida principalmente por los caparzones de *Nummulites*.

Son frecuentes y abundantes las formaciones de facies continental como las de travertino, depositadas por aguas cargadas de sales calcáreas; también abundan las calizas y margas lacustres, así como las gravas, arenas y lodos fluviales.

**352. Caracteres paleontológicos. Fauna.**—ANIMALES MARI-NOS.—Entre los molustos decaen considerablemente los Cefalópodos, pero aumentan los Gastrópodos y Lamelibranquios. Los Equinodermos (equinoides) como el *Clipeaster* (Fig. 174) también son abundantes, así como los Coraliarios. Los *Nummulites* (foraminíferos) son los más abundantes y característicos de los vivientes marinos; pues empiezan con el período y desaparecen con él. Al prin-

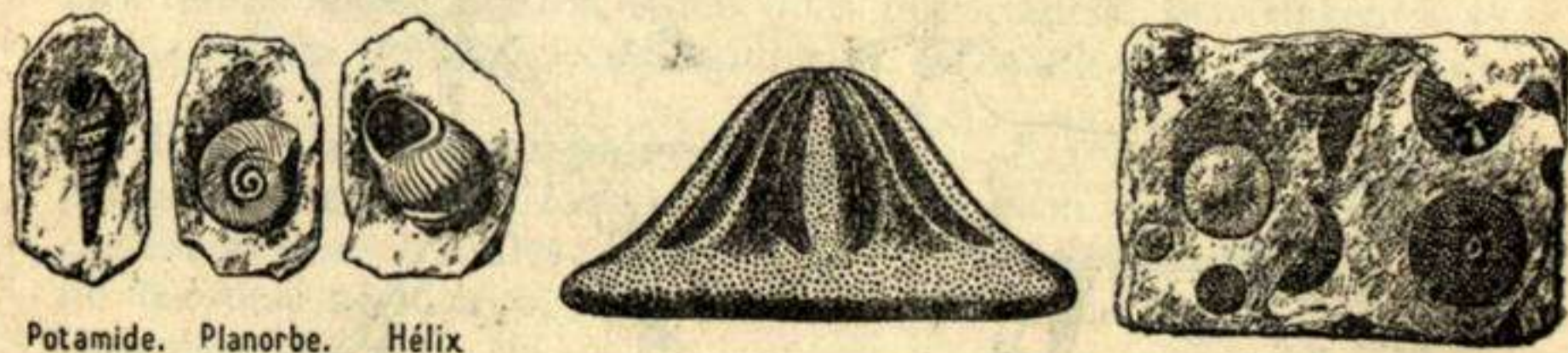
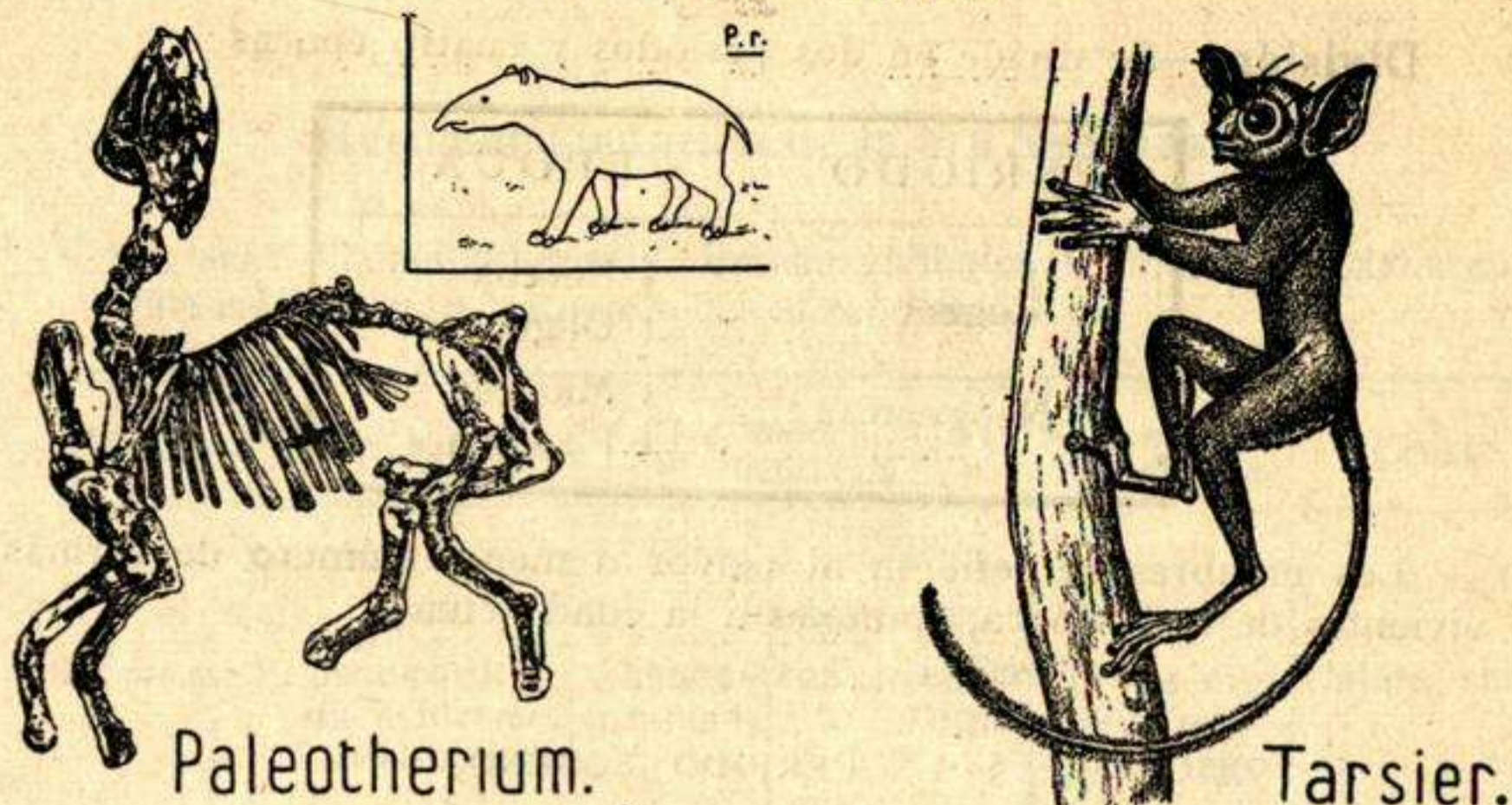


Figura 174

Gasterópodos eógenos.

*Clipeaster* equinoide petaloide.  
(Mazo)

*Numulites* foraminíferos  
exclusivos del eógeno.



Paleotherium.

Tarsier.

Fig. 175.—Paleotherio (esquel. y rest.).—Los primeros Simios. (Mazo)

comienzo del período se encuentran en el N. de Europa hasta el paralelo 52°; pero al fin del mismo sólo se hallan hacia la región del Mediterráneo; prueba de que la Europa se iba enfriando.

ANIMALES TERRESTRES.—El período eógeno empieza con la gran expansión de los Mamíferos, que son los animales terrestres más numerosos y característicos. Aparecen los primeros Placentarios con los Cetáceos, Zeuglodontes (dientes en forma de yugo), Perisodáctilos (*Paleoterio*), Arquiodáctilos (*Xifodonte*, *Anoploterio*), Simios, etc. (Figs. 175 y 176). Todo un grupo de mamíferos, los Creodontes, son exclusivos del período eógeno; tienen dentadura de carnívoro, pero cerebro menos desarrollado y patas cortas y pesadas: a este grupo pertenece la *Pachyaena*, *Proviverra*, etc. Entre los Ungulares hay un grupo llamado Condilartros, plantígrados de cinco dedos, exclusivo de la época eocena. Los Ambli-

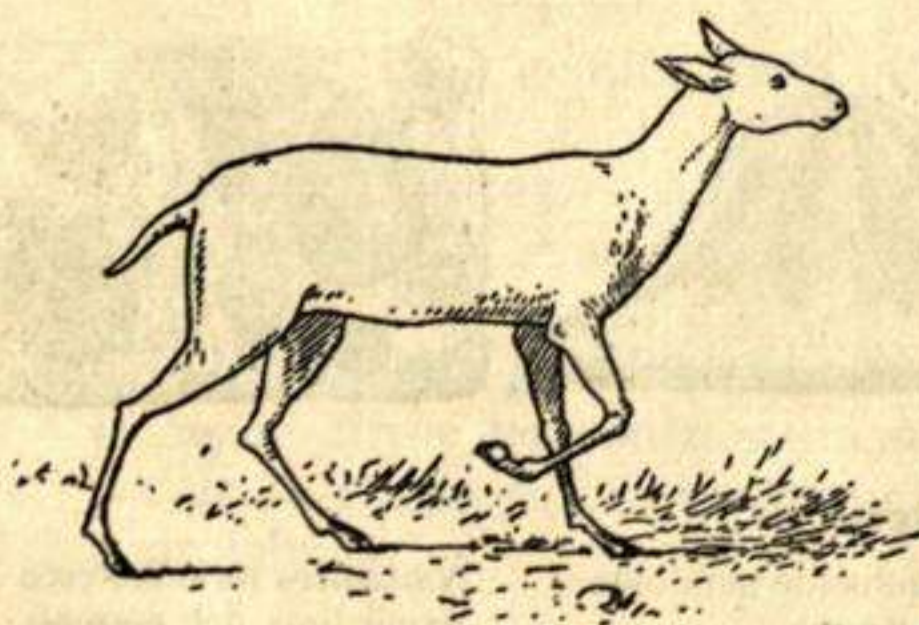


Fig. 176.—Xifodonte restaurado. (Mazo)



Fig. 177.—Gigantesca ave fósil eocénica: *Diatryma Steini*, corredora. Su cráneo tiene una longitud de 33 cms. y su pico 24 de longitud y 16 de altura. Su talla iguala al *Dinormis giganteus*, de 3,5 a 4. m.

podos, ungulados de formas grandes, plantígrados, con cinco dedos cortos y anchos son exclusivos del eoceno; ejemplo: *Coryphodon*, *Dinoceras*... También abundan los Marsupiales, que se extienden por Europa y América. Las aves también aumentan con nuevos géneros, algunos de tamaño gigantesco (Fig. 177).

**353. Flora.** —La flora aumenta considerablemente: en Europa vivían plantas tropicales y subtropicales; lo cual demuestra una temperatura bastante superior a la actual. Citaremos entre las plantas existentes entonces en Europa, el *Haya*, *Cinamomo*, *Sasafrás*, y numerosas palmeras tropicales (Fig. 178).

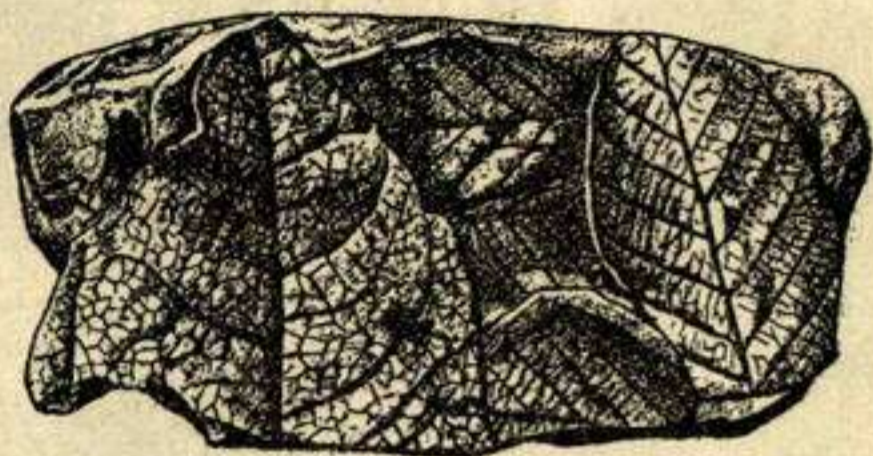


Fig. 178.—Impresiones de hojas de haya terciaria.

**354. Movimientos orogénicos.** — LEVANTAMIENTO DE LOS PIRINEOS Y DE LA CORDILLERA IBERICA. — PALEOGEOGRAFIA DE EUROPA.

—Al fin de la época eocena se formó la Cordillera Pirenaica, con lo cual se interrumpió la comunicación del Atlántico con el Mediterráneo, que antes tenía lugar por el valle del Ebro y la depresión vasca. También es del mismo tiempo la formación de la Cordillera Ibérica. Después de una transgresión no muy duradera, en la época oligocena, el mar Mediterráneo se retiró de nuevo de Europa y disminuyó mucho en su extensión.

## § 2.º PERIODO NEOGENO.

**355. Facies sedimentarias y constitución litológica.** — Abundan mucho las formaciones de facies continental, ya *fluviales* (gravas, arenas), ya *lacustres* (calizas, margas yesíferas, salíferas, etc.), ya *pantanosas* (depósitos de turba).

Las de facies marina son principalmente formaciones *neríticas*, litorales o de estuario o lagos salados en comunicación con el mar. Las formaciones batiales tienen poca importancia, se reducen a algunas calizas de Moluscos Briozoarios, y Zoantarios (Fig. 179).

**356. Caracteres paleontológicos.** — FAUNA MARINA. — En el período neógeno, las formaciones marinas, son como dijimos, casi exclusivamente litorales; por eso los animales marinos son todos de la zona nerítica o poco profunda; abundan especialmente los Gastrópodos.

FAUNA CONTINENTAL. — Los principales animales en este período son los mamíferos terrestres, entre los cuales predominan los Proboscídeos, como *dinoterios*, *mastodontes* y *elefantes* (Fig. 180).



Fig. 179.—Mioceno típico de Castilla. Paisaje de Hermosilla (Burgos).

También son abundantes los Perisodáctilos con los Equidos (Figura 181) (*Anchitherium*, *Hipparion*) (Fig. 184), y los Rinoceridos (*Diceratherium*). Los Arquidáctilos tienen representantes, entre los Paquidermos, a los Hipopótamos, y entre los Rumiantes a muchos Cérvidos y Bóvidos.

En general tienen gran desarrollo los animales Herbívoros, muchos de los cuales eran de grandes dimensiones. Los Marsupiales desaparecen de Europa al principio de la época miocena, para ir confinándose en América y Australia. También se encuentran en el período neógeno numerosos géneros de aves que pertenecen casi todas a géneros actuales.

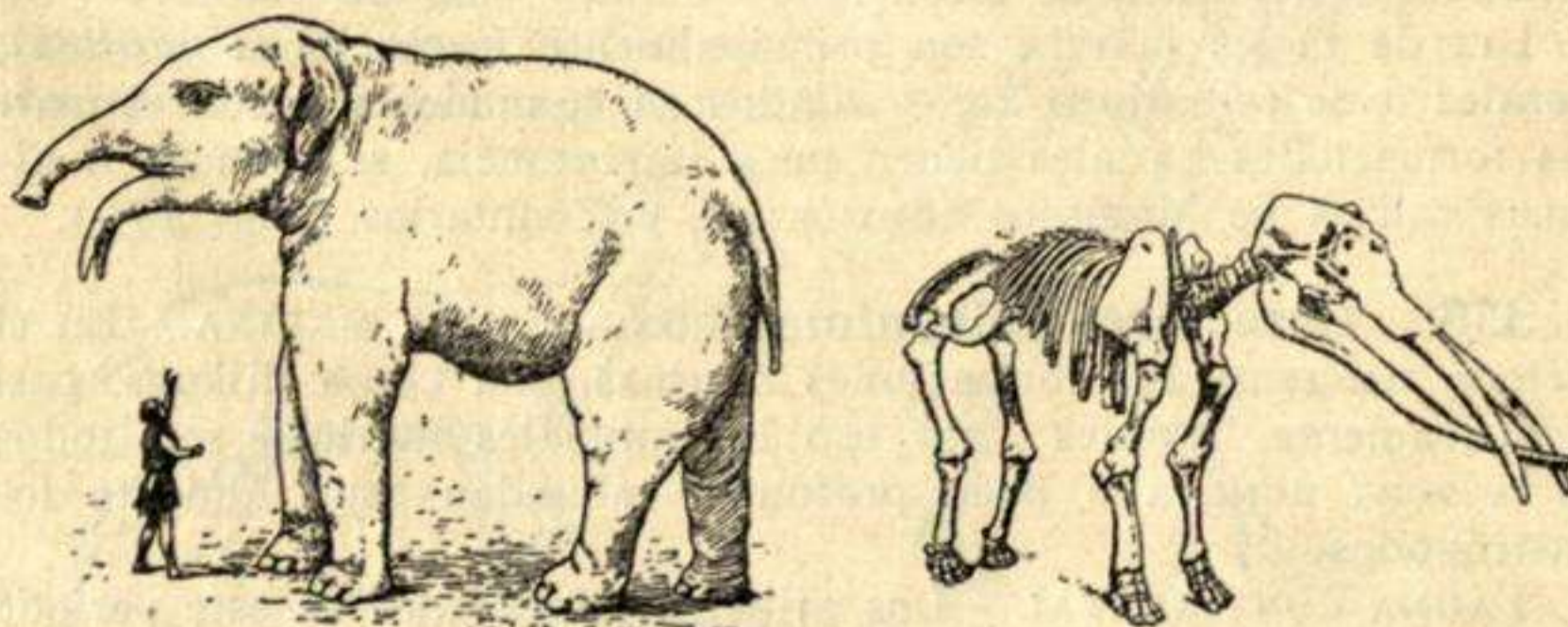


Fig. 180.—Proboscídeos del neógeno. (Mazo)  
*Dinotero*, restaurado. *Mastodonte*.



**357. Flora.**—Es en extremo exuberante y rica en especies, sobre todo en la época miocena. El clima aunque todavía muy templado era mucho menos cálido que en el período anterior; como lo comprueban las numerosas plantas subtropicales, que entonces vivían en Europa, como el alcanfor y liquidámbar: y el laurel y plátano que se extendían hasta el Norte de Europa. Las praderas debían ser extensas y abundantes a juzgar por los numerosos herbívoros que tuvieron que alimentar. El yacimiento de Cluingen, cerca del lago de Constanza (Suiza), es célebre por sus insectos y plantas fósiles (mioceno medio).



Mesohippo

Fig. 181.—Equidos del neógeno. (Mazo)

Hipohippo (esquel.)

Hipohippo (rest.)

**358. Plegamiento alpino.**—En la época miocena se verificó un movimiento orogénico muy importante, que originó el levantamiento de los Alpes; los depósitos eocenos y oligocenos forman parte de sus pliegues; prueba de que la formación alpina es posterior al período eógeno; en cambio, los sedimentos pliocenos de sus faldas, se hallan sin plegar y discordantes con los eógenos; señal de que se depositaron después de plegados los sedimentos eógenos, lo cual demuestra que la formación de los Alpes se verificó en la época miocena.

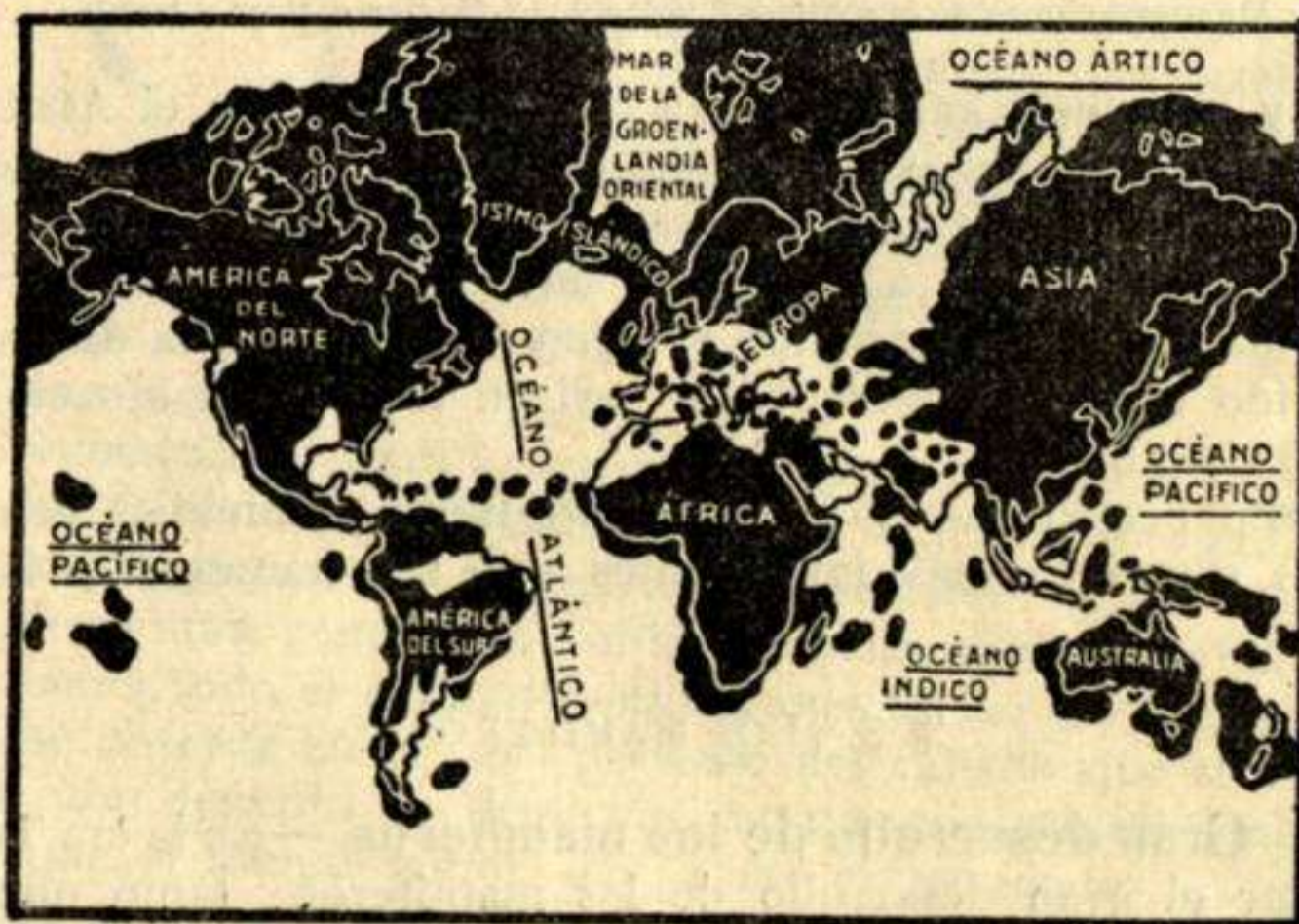


Fig. 182.—Continentes y mares durante la era Terciaria. Silueta anterior y silueta definitiva.

De ese tiempo data el levantamiento de la cordillera Penibética, la más elevada de nuestra península.

Asimismo se levantaron los Cárpatos, el Cáucaso, Himalaya, Andes y otras montañas importantes. Fué época de mucha actividad orogénica.

**359. Paleogeografía y volcanismo.**—En esta época el mar Mediterráneo se redujo a mucho más de lo que está actualmente, hasta quedar por algún tiempo camino abierto por tierra entre Africa y Europa por Sicilia e Italia y por el estrecho de Gibraltar que transitoriamente quedó convertido en istmo. Así pudieron pasar del Africa algunos grandes mamíferos, como el Rinoceronte, Hipo-



Fig. 183.—Paisaje peculiar de la era Terciaria. Fragmento de una de las láminas del Dr. Fraas. Manifestaciones de la actividad volcánica de la tierra, flora y fauna.

pótamo, y algunos Elefantes. Esta comunicación con el Africa duró poco tiempo; pues antes de terminar la época miocena ya se había interrumpido. En la época pliocena, última de la era Terciaria, el Mediterráneo se volvió a ensanchar un poco; se sumergió en gran parte el mar Tirreno, Adriático y Egeo; y al fin de la época quedó restablecido un relieve geográfico casi en todo igual al actual (Figuras 182 y 183).

En este período se observa extraordinaria actividad volcánica; las rocas eruptivas más importantes son las traquitas y basaltos.

### § 3.º LOS MAMIFEROS.

**360. Gran desarrollo de los mamíferos.**—En la era Terciaria tuvo lugar el gran desarrollo de los mamíferos; tanto que al fin de ella se encuentran ya casi todas las especies que existen en la

actualidad. Los Placentarios se presentan repentinamente ya desde el principio de la época eocena, y con gran abundancia y variedad de especies; al cual fenómeno han dado el nombre de *explosión* de los mamíferos placentarios por lo repentina y abundante.

Para clasificar y determinar los terrenos de la era Terciaria, los principales son los restos de mamíferos; ya porque en esta época predominan las formaciones continentales, ya porque en ella abundaron mucho los mamíferos, cuyos esqueletos se han podido conservar o fosilizar con relativa facilidad.

Muchas especies, y aun familias enteras, sobre todo las del período eógeno, desaparecieron antes de terminar la era y no pocas antes de terminar el período; baste citar los Creodontes y Condilartros, antes mencionados, que no sobrevivieron al período eógeno. Aun muchos géneros del neógeno desaparecieron con él, como es caso del *Dinoterio* (Proboscídeo enorme del mioceno), y de numerosos géneros de Cérvidos, Bóvidos, Cánidos, Símidos, etc...

**361. Paleoterio, Hiparión, Mastodonte.**—Célebres se han hecho el Paleoterio e Hiparión, por ser considerados por muchos transformistas como progenitores del caballo; además de otros géneros intermedios que asignan en la genealogía del género *Equus*.

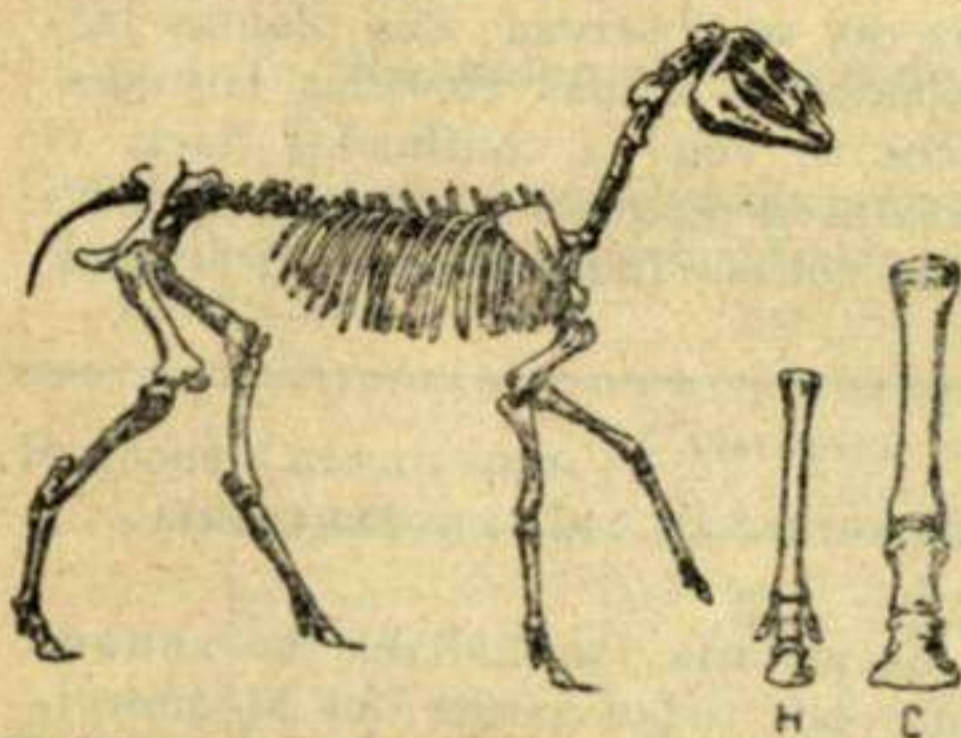


Fig. 184.—*Hiparión*. H, pata posterior del hiparión.  
C, id. del caballo actual.

El Paleoterio vivió en el eoceno y oligoceno; en el mioceno le siguió el Anquiterio, y en el plioceno le sucedió el Hiparión, del cual procede el caballo. Esta es una de las genealogías equinas admitida entre los transformistas; pero no es la única; otras varias asignan diferentes autores, por creer deficientes las de los otros. Hasta seis genealogías del caballo bien diferentes han sido propuestas por diversos autores; lo cual es buen indicio de la incertidumbre de esas su-

puestas genealogías.

Con frecuencia se fijan estos autores para establecer su genealogía en un miembro particular, como en el caso presente, en el mayor o menor desarrollo de los dedos laterales; siendo así, que, para establecer una genealogía verdaderamente científica, había que tener en cuenta todo el conjunto del organismo, no un miembro aislado; así se observa en el caso presente del caballo que si tenemos en cuenta por ejemplo la dentición habría que poner genealogía diferente, que si atendiéramos solo a las extremidades. Adviértase por fin que aquí se trata de animales muy afines y semejantes; a pesar de lo cual presenta tantas dificultades y dudas el estableci-

miento de la genealogía transformista; y eso que la genealogía del caballo la dan los evolucionistas como una de las mejor averiguadas (Fig. 184).

Consideraciones análogas se podrían hacer sobre el Mastodonte, que es tenido como progenitor de los elefantes. Y aquí hay mayores dificultades, por ser más brusco el tránsito de la dentición del mastodonte a la del elefante.

#### § 4.º EL CLIMA DURANTE LA ERA TERCIARIA

**362.** Durante la era Terciaria el clima siguió la marcha comenzada en la Secundaria. Las zonas polares se fueron enfriando poco a poco, y ensanchando sus límites hacia la ecuatorial; la cual fué estrechándose hacia el Ecuador, hasta alcanzar los límites actuales.

Esa marcha de zonas climatéricas hacia la línea ecuatorial está señalada por el repliegue que siguieron hacia el Ecuador los corales constructores y otros animales de testa calcárea muy desarrollada, como los *Nummulites* y varios otros Foraminíferos.

La flora terciaria, compuesta de plantas ya casi en todo iguales a las actuales, indica asimismo que el clima iba adquiriendo paulatinamente las condiciones que hoy día se observan. Las plantas tropicales, que al principio se encontraban a más elevadas latitudes, al terminar los tiempos neozóicos se ven ya confinadas hacia el Ecuador; y al fin de la era Terciaria la repartición geográfica de las plantas indica ya un régimen de zonas climatéricas y estaciones, en todo semejantes al actual.

#### § 5.º LA PENINSULA IBERICA DURANTE LA ERA TERCIARIA.

**363.** Al terminar la era Secundaria, se hallaba la antigua meseta castellana rodeada de mar por todas partes; el Mediterráneo comunicaba con el Atlántico por el geosinclinal del Ebro. Al verificarse al fin del eoceno y principio del oligoceno, el levantamiento de los Pirineos y de los montes Ibéricos, esa comunicación quedó interrumpida, y el valle actual del Ebro quedó convertido en un gran lago.

Entonces, de isla que era antes, empezó a ser península nuestra España. En la época oligocena ese lago del Ebro se fué desecando en la parte Norte; pero en la región mediterránea se conservó hasta los tiempos miocenos.

En la época miocena las dos Castillas eran también el asiento de extensos lagos o lagunas pantanosas, como se conoce hoy por los depósitos lacustres de las llanuras castellanas. Durante los tiempos pliocenos, debido a la salida hacia el Atlántico, verificada por la erosión de las aguas, y a un pequeño movimiento bascular

que determinó una ligera pendiente hacia el Océano, esos lagos castellanos se desaguaron por el occidente y dejaron de existir.

En la época miocena se levantó, como dijimos antes, la cordillera Penibética contemporánea de los Alpes y de los montes del Norte de Africa, con quienes comunicó algún tiempo por el estrecho de Gibraltar; y quedó entre Sierra Nevada y el borde meridional de la meseta un gran golfo, que tal vez comunicaba con el Mediterráneo por entre Murcia y Valencia.

En la época pliocena todavía comunicaba un brazo de mar por el valle del Guadalquivir, y llegaba hasta cerca de Jaén, como se conoce por los depósitos marinos de esa época, existentes en casi toda la llanura del citado río.

Lo mismo se observa en la desembocadura del Tajo, por donde el mar penetraba bastante adentro.

Pero al fin de la época pliocena se retiró definitivamente el agua de todas estas regiones, y quedó la península en su configuración actual.



### Resumen sinóptico de la era Terciaria

CARACTERES: Flora y fauna casi modernas; aumenta la tierra firme, que tiene al fin de esta edad la actual forma geográfica; gran actividad volcánica y orogénica.

PERÍODOS	CONSTIT. LITOL.	CARACTERES PALEONTOLOGICOS		MOVIMIENTOS OROGENICOS	CLIMA	
		FLORA	FAUNA			
			Mar.			Terr.
<i>Eógeno</i>	Formac. de facies continental y marina	Planta tropic. y subtropicales	Nummulites	Grandes mamíf. Creodont	Se levantan los Pirineos e Ibéricos	Cálido; tendencia a actual
<i>Neógeno</i>	Formación de facies continental ( <i>fluv., lac., pant.</i> ) y marina ( <i>nerítica</i> )	Exuberante: ( <i>praderas</i> )	Gastrópodos	Grandes herbívoros; aves	Se levantan: Alpes, Cárpatos, Himalaya, Andes; gran activ. volc.	Casi como el actual

ESPAÑA: Surgen: en el Eógeno los Pirineos e Ibéricos, y en el Neógeno los Penibéticos; al fin de esta era queda la Península en su configuración actual.

[E. M.]

## ARTICULO IV

## ERA CUATERNARIA O ACTUAL

## § 1.º DESCRIPCION GENERAL

**364. Límites.**—La era Cuaternaria comienza, cuando se verificó la primera manifestación del glaciario en Europa y se continúa hasta nuestros días.

**Facies sedimentarias.**—Al terminar la era Terciaria con la época pliocena ya se había constituido el relieve terrestre, que había de proseguir durante la era Cuaternaria; por eso, las formaciones de esta era son casi todas continentales, a excepción de algunos pocos depósitos marinos litorales, que se encuentran en algunas costas levantadas, como los que se hallan en los contornos del mar Báltico.

**Facies continentales.**—Pueden ser: *lacustres*, como en los alrededores del mar Negro y Caspio; *glaciares*, morrenas, cantos erráticos, lodo glaciario, etc.; *fluviales*, arenas, gravas, toba calcárea, etcétera; *eólicas*, o formadas por el arrastre de los vientos; así se cree que fué formado el *loes*, que es una roca gris, amarillenta, porosa, inconsistente, compuesta de pequeños granos de sílice y carbonato cálcico.

El *loes* se encuentra muy extendido en Europa Central, América del Norte, en las pampas de Argentina, China, etc. Si el *loes* es de origen eólico supone un clima estepario, como se confirma por la fauna que en él se encuentra, *Pupa muscorum*, *Helix hispida*, etc.

**365. Caracteres paleontológicos. Flora.**—La flora de la era Cuaternaria es la misma de hoy; únicamente su distribución geográfica fué algo diferente durante las fases de glaciario: así en Europa Central, por ejemplo, se encuentra en una misma región flora polar y flora meridional en capas alternas. Durante la fase glaciario se encuentra *Betula nana*, *Salix polaris*, *Salix herbácea*, etc., que hoy se hallan en la región polar; en cambio en las fases interglaciares había en el centro de Europa: nenúfares, tilos, hiedra, etcétera, que hoy se encuentran en las regiones meridionales.

**366. Fauna.**—La fauna de Mamíferos está compuesta de muchos géneros terciarios, *Elephas*, *Mastodon*, *Prolagus* (roedor), *Machairodus* (carnívoro). Los géneros exclusivos de la era Cuaternaria son muy escasos, un *Elasmotherium*, por ejemplo (rinocerido), un *Glyptodon*, desdentado de las Pampas (Fig. 185). Mu-

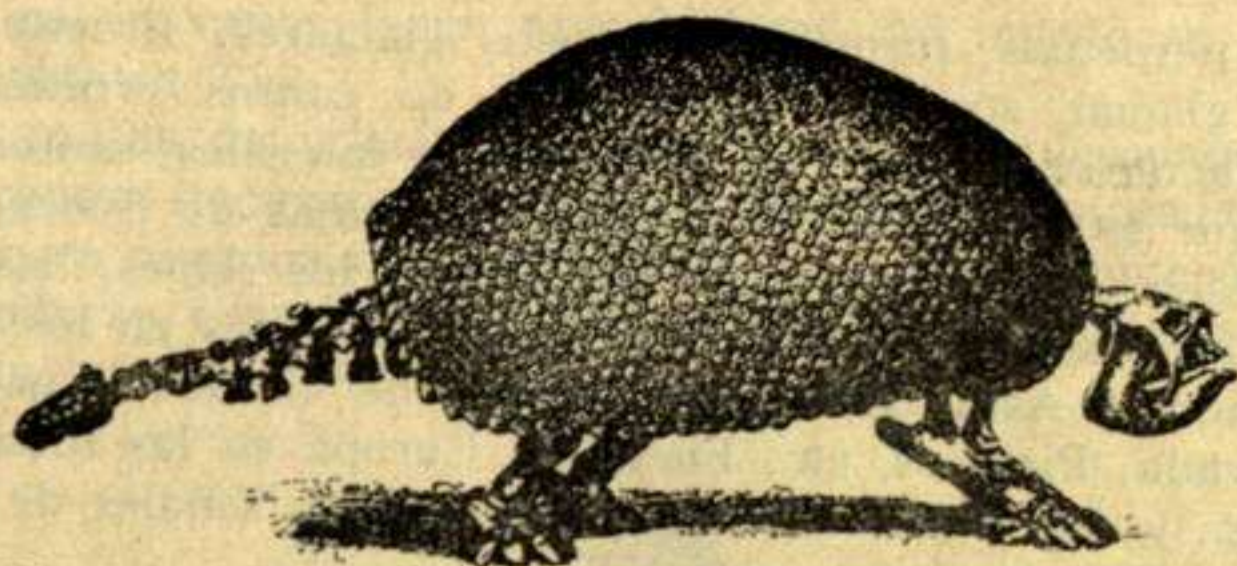


Fig. 185.—*Glyptodon reticulatus* Owen, desdentado, de hasta 2,50 m. de largo, protegido como la tortuga de un armazón de placas óseas.

chos géneros y especies se extinguieron durante la era Cuaternaria; ejemplo: *Mastodon*, *Elephas primigenius*, *Ursus spelaeus*, etc., y aun algunas especies son de extinción muy reciente; según algunos en los tiempos históricos; ejemplo: *Neomylodon* (desdentado) de Patagonia; los grandes Lemúridos y el *Aepiornis* (ave) de Madagascar (Fig. 186); en la isla Mauricio el Dronte (*Didus ineptus*, ave gigante); en Nueva Zelanda el *Dinornis* (ave áptera) (Figura 187).

**367. División.**—La era Cuaternaria geológicamente se divide en dos épocas: *pleistocena* y *holocena*. La primera comprende desde el principio de la era, hasta la retirada definitiva de los glaciares al límite actual; y la segunda desde esa retirada, hasta nuestros días.

#### § 2.º EPOCA PLEISTOCENA

**368. Gran extensión de los glaciares.**—Un considerable enfriamiento, junto con mayor abundancia de precipitaciones atmosféricas, hizo que la Europa del Norte y aun la central, que antes había gozado de un clima benigno, quedase cubierta en gran parte



Fig. 186.—*Epiornis*, ave cuaternaria de Madagascar.



Fig. 187.—*Dinornis*, ave áptera de más de 3 m. de talla.

de nieves perpetuas, formando extensos glaciares. Prueba de esta extensión glaciaria son las formaciones de cantos erráticos, lodo glaciario característico, morrenas terminales y laterales, cantos y rocas estriadas que se conservan en las regiones bajas de Suecia, en Inglaterra, Alemania, en las bajas laderas de los Alpes, hasta cerca de Lyon. En España se notan huellas de glaciares en los Picos de Europa, montes Astúrico-leoneses, Sierra de Gredos, Guadarrama, Sierra Nevada, Pirineos, etc. Fuera de Europa en las montañas de Asia, Africa y América, se encuentran asimismo señales de extensos glaciares cuaternarios.

**369. Fases glaciares.**—El gran desarrollo de los glaciares no fué continuo sino interrumpido con fases interglaciares de clima benigno. Casi todos los autores están conformes en admitir cuatro fases glaciares con tres interglaciares intermedias. Una de las pruebas principales para demostrar la existencia de varias fases glaciares, es el hallazgo en numerosos sitios de varias capas cuaternarias superpuestas, de las cuales unas denotan origen glaciario o frío y otras atestiguan un clima benigno; pues en ellas se encuentran con la misma alternancia, animales y plantas propios de clima frío y templado; citemos por vía de ejemplo el Reno (Figs. 188 y 189), Mammut, Castor, etc., que vivieron en algunas de las fases frías; y el Hipopótamo, Rinoceronte, Elefante antiguo, etc., que habitaban



Fig. 188.—Reno (*Rengifer tarandus*), cohabitador durante un período glaciario con el hombre primitivo de Europa.



la Europa en varias fases interglaciares. Lo mismo se puede decir de las plantas (1).

Las causas del glaciario cuaternario son desconocidas; unos ponen causas geográficas; otros, astronómicas; otros, físico-geológicas; pero ninguna de ellas explica satisfactoriamente el fenómeno, sobre todo su gran universalidad y su existencia, al parecer, simultánea en ambos hemisferios de la tierra.



Fig. 189. — El *Mammut*, habitante de los heleros europeos durante los periodos glaciares cuaternarios.

**370. Diluvium rojo.**—Se llama así por su color rojo, una zona superficial formada por el producto de la descalcificación juntamente con la ferrificación u oxidación de las sales de hierro.

El *diluvium gris* es la zona inferior, no alterada ni enrojecida de color grisáceo.

**371. Epoca holocena o actual.**—Después de la cuarta fase glaciario quedó establecido el clima que había de durar hasta los tiempos actuales; tiempo señalado con el nombre de época *holocena*.

### § 3.º APARICION DEL HOMBRE

**372.** Hasta ahora hemos considerado los fenómenos de la era Cuaternaria desde el punto de vista meramente geológico; ahora los consideraremos desde el punto de vista antropológico.

---

(1) En la época pleistocena como había mucha humedad, y muchas precipitaciones atmosféricas, se producían enormes corrientes de agua, sobre todo en el tiempo del deshielo, que excavaban y ahondaban los valles, y formaron grandes depósitos de arenas, gravas y arcillas en las faldas de las montañas y en los valles: se llaman depósitos *diluviales*.

Así como no hay señal alguna demostrativa de la existencia del hombre terciario, como lo afirman hoy aun los mismos evolucionistas, así se encuentran señales manifiestas de la coexistencia del hombre con alguna de las fases glaciares. ¿Presenció el hombre todas las fases glaciares? ¿En qué fases aparecen los primeros vestigios de la existencia del hombre?

Ante todo conviene advertir que principalmente se trata de la aparición del hombre en Europa, donde más particularmente se ha estudiado la cuestión; lo cual no prejuzga el que antes de venir a Europa, haya vivido largo tiempo en otras regiones; es más, hay indicios prehistóricos, para creer que el hombre vino a Europa de Asia, tal vez por Africa.

Hay quienes afirman la existencia del hombre en Europa, durante la primera fase glacial; otros, como Obermaier, creen que sólo hizo su primera aparición durante la segunda fase. Pero los descubrimientos hechos hasta el presente no fuerzan a establecer la existencia del hombre antes de la última fase interglacial; así como prueban con bastante evidencia, que los primeros hombres de Europa coexistían con una fauna de clima templado, el Elefante meridional, Rinoceronte, Hipopótamo, etc., y que luego se vió acompañado de otros animales de clima frío, como el Reno, Mammut, Oso de las cavernas y otros propios de la última fase glacial [Véase más adelante n.º 455 y siguientes].

### Resumen sinóptico de la era Cuaternaria

CARACTERES: En un clima glacial no continuo se dan la flora y fauna actuales; gran actividad volcánica.—Aparición del hombre.

CONSTIT. LITOLÓG.	CARACTERES PALEONTOLÓGICOS			MOVIMIENTOS OROGÉNICOS	CLIMA
	FLORA	FAUNA			
		Mar.	Terr.		
Facies continent. lacustres, glaciares y fluviales	Actual	Actual	Actual	Erupc. volcán.	Glacial discontinuo

ESPAÑA: es una de las naciones que más interesantes datos ha suministrado, principalmente para la Prehistoria. Merecen citarse las cuevas de Altamira (cerca de Santillana en Santander) y la del Castillo (en Puente Viesgo, junto á Santander).

[E. M.]

**373. Prehistoria.** —Se llama *Prehistoria el estudio del hombre y de las manifestaciones de su arte e industria en tiempos de que no se conserva ningún documento histórico escrito*. A falta de documentos escritos se utilizan para el estudio otros monumentos o restos del Hombre prehistórico, como son los instrumentos de que se valía para sus necesidades y usos, y los monumentos de arte que se conservan.

Con justa razón encuadra la Prehistoria en la Geología, sobre todo la edad paleolítica, siquiera sea como el último capítulo, porque los métodos que se emplean en su estudio e investigación, son los mismos empleados en geología: a saber, el método estratigráfico, y paleontológico. Con estos métodos se han establecido cierto número de épocas sucesivas, aplicables a todas o casi todas las regiones del globo. Vamos a exponer brevemente el método seguido en esta materia, poniendo un caso concreto, el de la cueva del Castillo de Puente Viesgo (Santander), por ser uno de los yacimientos mejor y más científicamente investigados.

**374. Antigüedad relativa de las edades prehistóricas.** — En las numerosas excavaciones que se han hecho en diversas regiones de Europa, sobre todo en Francia y España, ya en yacimientos humanos al aire libre, ya dentro de las cavernas, se ha descubierto y extraído la serie sucesiva de instrumentos, objetos de arte y adorno, etc., que usaron las razas, que sucesivamente poblaron esas regiones. Como ejemplo podemos citar el interesante yacimiento que hay a la entrada de la cueva del Castillo en Puente Viesgo, no lejos de Santander. Allí se ha encontrado una serie de capas superpuestas, caracterizadas por cierta clase de instrumentos y restos de animales; así en las capas inferiores se encontraron sólo hachas de piedra tallada, con restos de Reno, Oso de las cavernas y otros animales; luego en otras sucesivas, juntamente con hachas de piedra, pero de talladura diferente de las de la primera capa se encuentran ya instrumentos de hueso; en otras superiores aparecen ya dibujos grabados en los huesos, y hachas de formas diferentes, etc. Así se ha podido establecer la cronología relativa de las diferentes tribus que habitaron sucesivamente la caverna. Esta misma sucesión se encuentra, aunque con algunas variantes de cada región, en otros países de España y del extranjero; así se ha podido establecer una cronología relativa de las diversas edades paleolíticas, aplicable a todas las regiones de Europa. La cronología y época de las pinturas y grabados de las cavernas se ha averiguado, paralelizándolos con los restos de animales que se encuentran en los estratos y con las figuras semejantes que se hallan grabadas en los huesos de los diversos niveles arqueológicos (1).

---

(1) Se prueba también la antigüedad del arte rupestre: 1) porque la entrada de muchas cavernas ha estado obstruída desde el cuaternario:

**375. División de la Prehistoria.**—Conforme a esos descubrimientos se han dividido los tiempos prehistóricos en tres edades: *paleolítica* o de la piedra tallada; *neolítica* o de la piedra pulimentada; y *de los metales*. De esta última prescindimos por no tener apenas relación con la Geología.

§ 4.º EDAD PALEOLITICA

**376. Límites y división.**—La edad paleolítica comprende desde la aparición del hombre en Europa hasta que empezó a usar la piedra pulimentada. Durante ella los únicos instrumentos que usa son: la piedra tallada, sola al principio y después junto con instrumentos de hueso. Modernamente suelen dividir la edad paleolítica según indica el siguiente cuadro (1):

SUPERIOR O ELIPTICA		SUB - EDAD
Raza de Cro-Magnon dolicocefala; torus supraorbitario sólo en la parte interna; frente saliente.	Trogloditismo.	Muchas pinturas. <i>Magdaliense</i> (recrudescencia glaciario). La talladura más perfecta. <i>Solutrense</i> (templado). Primeros grabados. <i>Auriñaciense</i> (frío).
INFERIOR	Empieza el trogloditismo o vida en las cavernas y el uso del hueso.	<i>Musteriense</i> (4.ª fase glaciario, frío). <i>Acheulense</i> (al principio cálido, al fin frío).
Raza neandertaloide; dolicocefala; torus supraorbitario completo; frente baja.	Vida al aire libre; sólo piedra tallada; sin instrumentos de hueso.	<i>Chelense</i> (3.º interglaciario clima cálido).

**377. El paleolítico en España.**—En España se encuentra el chelense en Torralba, cerca de Soria, donde se han hallado piedras toscas talladas junto con huesos humanos y restos de Elefantes; en Jaén, Cádiz, Córdoba, Madrid, etc. Se encuentra el acheulense en Santander, Asturias, Madrid y pocas más localidades; escasea en España. El musteriense y siguientes se encuentran abundantes en muchas cavernas de la costa Cantábrica, sobre todo en Asturias y Santander.

ejemplo la de Altamira; 2) muchas pinturas y grabados estaban cubiertos por un sedimento cuaternario, que hubo de ser removido para estudiar las pinturas y grabados; 3) muchos animales figurados se extinguieron en la región desde la época glaciario: ejemplo Elefantes, Mammút, Osos de las cavernas, etc., etc...

(1) Para seguir este cuadro conforme a la cronología hay que leerlo de abajo para arriba.

Las famosas pinturas de la caverna de Altamira son de la sub-edad magdaleniense en la que llegó a su mayor grado de desarrollo la pintura y grabados prehistóricos, por lo cual y por haberse verificado en esa caverna el primer hallazgo de pinturas rupestres algunos han propuesto para la edad el nombre de *altamirensis* en vez de *magdaleniense* (1).

En la región de Levante en España, sincrónicas con el paleolítico superior, se encuentra una clase especial de pinturas, que indica una civilización bastante diferente de la del Norte; en éstas no se encuentran pinturas ni grabados de figura humana, mientras que en el Oriente de España aparecen con frecuencia, como en Alpera (Albacete) y Cogul (Lérida). Esa civilización suele ser denominada capsiana (de Cafsa, Túnez) (Figura 190).

### 378 Epipaleolítico.—

Entre el paleolítico y el neolítico colocan muchos autores una serie de restos o hallazgos, procedentes de civilizaciones postpaleolíticas. Los niveles arqueológicos llenan en parte el *hiatus* o laguna que antes se creía existir entre el paleolítico y el neolítico; y el conjunto de ellos es denominado *epipaleolítico* por el profesor Obermaier. Corresponden a un clima suave y templado.

Según este autor, deben referirse a ese grupo epipaleolítico las etapas aziliense, tardenoisiense y asturiense; etapas que considera como descendientes póstumos del paleolítico. El piso aziliense (de Mas-D'Azil, Francia) está caracterizado por cantos rodados con pinturas en rojo, de formas geométricas; y por unos disquitos raspadores de sílex y otros microlitos de formas geométricas. Pertenecientes a este piso se encuentran numerosos yacimientos, en la región cantábrica.

El tardenoisiense (de Fere-en-Tardonnois, Francia) está caracterizado por sus finos sílex de formas geométricas trapezoidales, rom-

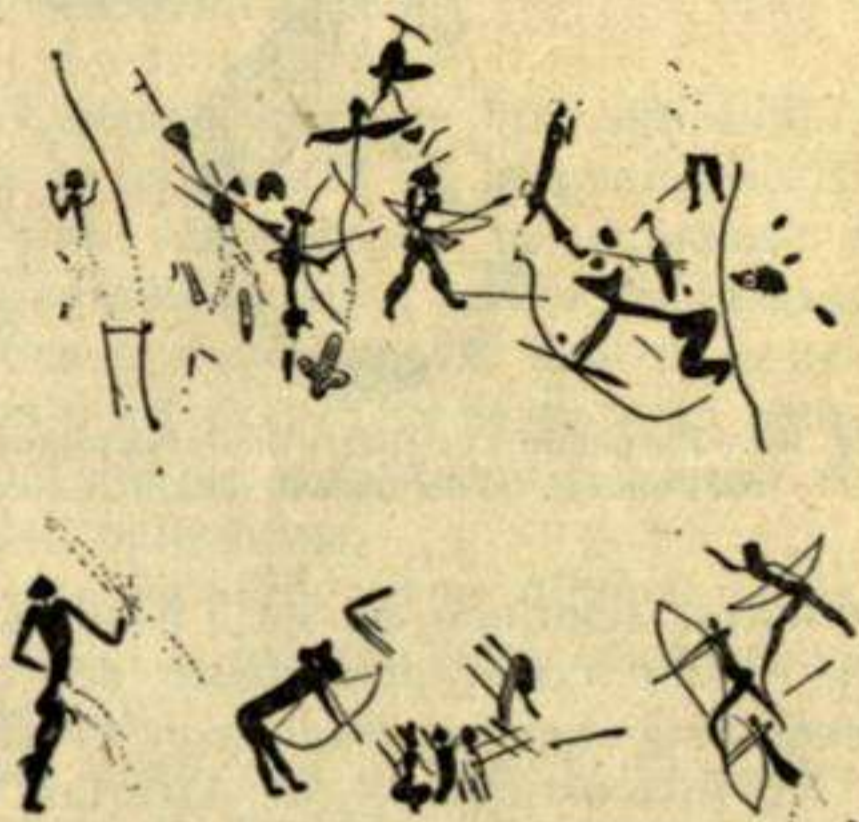


Fig. 190.—La figura humana en el arte rupestre paleolítico. Escenas bélicas pintadas en el abrigo de «La vieja», Alpera, Alicante.

(1) I. Cabré: Mem. del Congr. de Oporto de 1921; Madrid 1921. Tomo Cienc. Nat. pág. 33. En esa misma Memoria propone el Sr. Cabré el nombre de *calapatense* en vez de capsiana al arte prehistórico de España oriental, en recuerdo de Calapatá (Teruel), donde se encontraron notables pinturas rupestres en un peñón al aire libre.

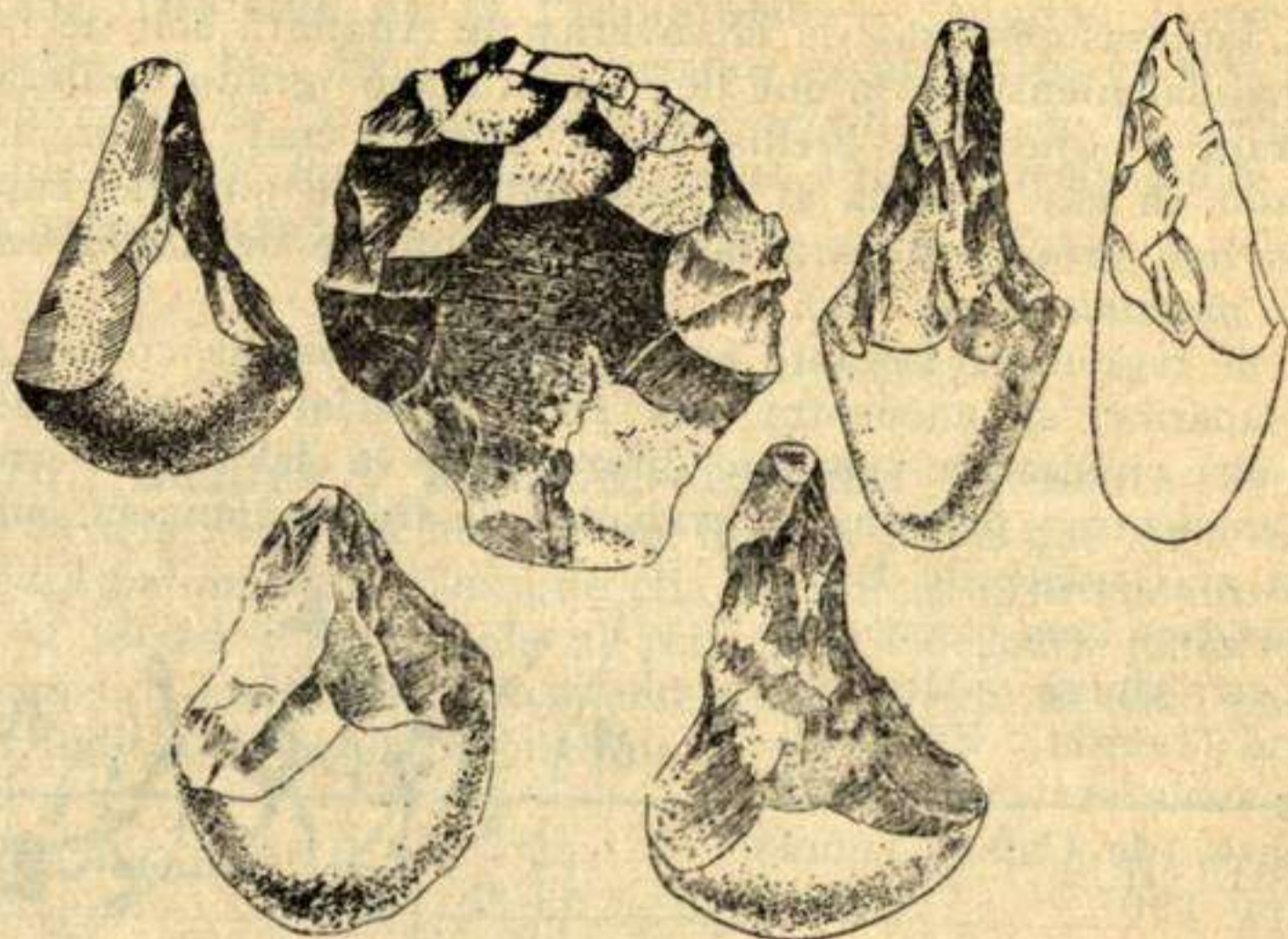


Fig. 191.—Raspadores de sílex y otros microlitos de formas geométricas del asturiense: cueva del Penical. 1/3 del tamaño natural. Colección del Conde de la Vega del Sella.

boidales, semilunares, etc. Este tardenoisiense es considerado por Obermaier como procedente del capsense final español. Muchas veces está compenetrado con el aziliense.

El piso asturiense (de Asturias, España) se encontró por primera vez en Asturias; se caracteriza por sus picos típicos, que son cantos rodados aguzados por talladura en uno de sus extremos (Fig. 191). Se encuentran también enormes montones de conchas, restos de sus comidas, en la entrada de muchas cavernas de las costas Cantábricas.

### 379. Distribución geográfica del paleolítico y epipaleolítico.

**PALEOLITICO INFERIOR.**—Es bastante universal. El *chelense* y *acheulense* se encuentra en Europa occidental y meridional; no en la del Norte y Oriente, al otro lado del Rin. Se encuentra además en el N. y S. de Africa, en Palestina, China, Indostán; y últimamente parece que se ha encontrado también en Australia. Acerca de América no se sabe de cierto.

El *musteriense*, además de esos sitios, existe en la parte oriental de Europa. Según Obermaier a Europa vino del S. por España.

**PALEOLITICO SUPERIOR.**—Este no es tan universal como el inferior. Se halla principalmente en la región mediterránea europeo-africana. Obermaier distingue dos provincias: una mediterránea, que comprende Siria, Africa del N. y Sur de Europa (capsense áfrico-ibérico); otra que abarca el centro y occidente de Europa (Auriñaciense-solutrense-magdalenense). A ésta pertenece la región cantá-

brico-pirenáica, a la cual según el mismo autor se propagó del Norte de Europa.

EPIPALEOLITICO.—Las zonas del epipaleolítico (aziliense, tardenoisiense, maglemoisiense, asturiense) son muy limitadas. Se hallan confinadas en alguna región, como en la del Pirineo francés (azilio-tardenoisiense); región cantábrica (asturiense); Dinamarca (maglemoisiense). Tal vez no sean más que modalidades sincrónicas de una misma edad.

### § 5.º EDAD NEOLITICA

**380.** De la edad neolítica no haremos más que brevísimas indicaciones, porque apenas encaja ya en el cuadro de la geología. El clima, la fauna y la flora son del todo semejantes a los actuales; y de allí para acá apenas se observa cambio notable en los fenómenos geológicos; por eso la edad neolítica pertenece ya de lleno a la actualidad geológica. Además, apenas pueden aplicársele para su estudio los métodos geológicos (paleontológico y estratigráfico) que se emplearon para el estudio de la edad paleolítica.

La edad neolítica geológicamente empezó, como dijimos antes, cuando se verificó la definitiva retirada de los glaciares, estableciéndose un clima todo semejante al actual.

Arqueológicamente empieza esta edad con el uso de la piedra pulimentada. El grabado y la pintura se simplificó bastante; pues se reducían a ciertos signos simbólicos consistentes en líneas rectas o curvas dispuestas en formas más o menos regulares, como cruces, horquillas, simples trazos rectos, etc. para simbolizar animales y aun la misma figura humana. A este grado del arte se ha llamado de *estilización* de las figuras.

A la edad neolítica y principio de los metales pertenecen los *palafitos* o ciudades lacustres, tan abundantes en Suiza; los *Kiokemodings* o restos de cocina, de Dinamarca; los *dólmenes* (dos piedras verticales enclavadas en el suelo y una horizontal superpuesta), los *menhires* (piedras aisladas enormes, de formas más o menos cilíndricas, colocadas verticalmente); los *cromlechs* (alineamientos circulares de piedras levantadas); etc., etc. Todos estos monumentos *megalíticos* parece que tienen relación con los ritos funerarios religiosos y sepultura de los muertos.

También los neolíticos empezaron a usar objetos y utensilios de cerámica, aunque muy basta y rudimentaria.

A la edad neolítica siguió la edad de los metales; primero del *cobre*, luego del *bronce*, y por fin del *hierro*, donde empiezan los documentos escritos o historia propiamente dicha.

## § 6.º LA CIVILIZACION DURANTE LOS TIEMPOS PREHISTORICOS

**381. Industria.**—Los objetos de industria que se han conservado de los tiempos prehistóricos son los instrumentos de que se valía el hombre para sus usos y necesidades. Estos instrumentos son de dos clases, según la materia de que están contruídos: instrumentos de piedra y de hueso.

**INSTRUMENTOS DE PIEDRA.**—La piedra fué el material que primero usó el hombre, para construir los utensilios y artefactos. Usó el hombre de esa clase de instrumentos desde las primeras edades

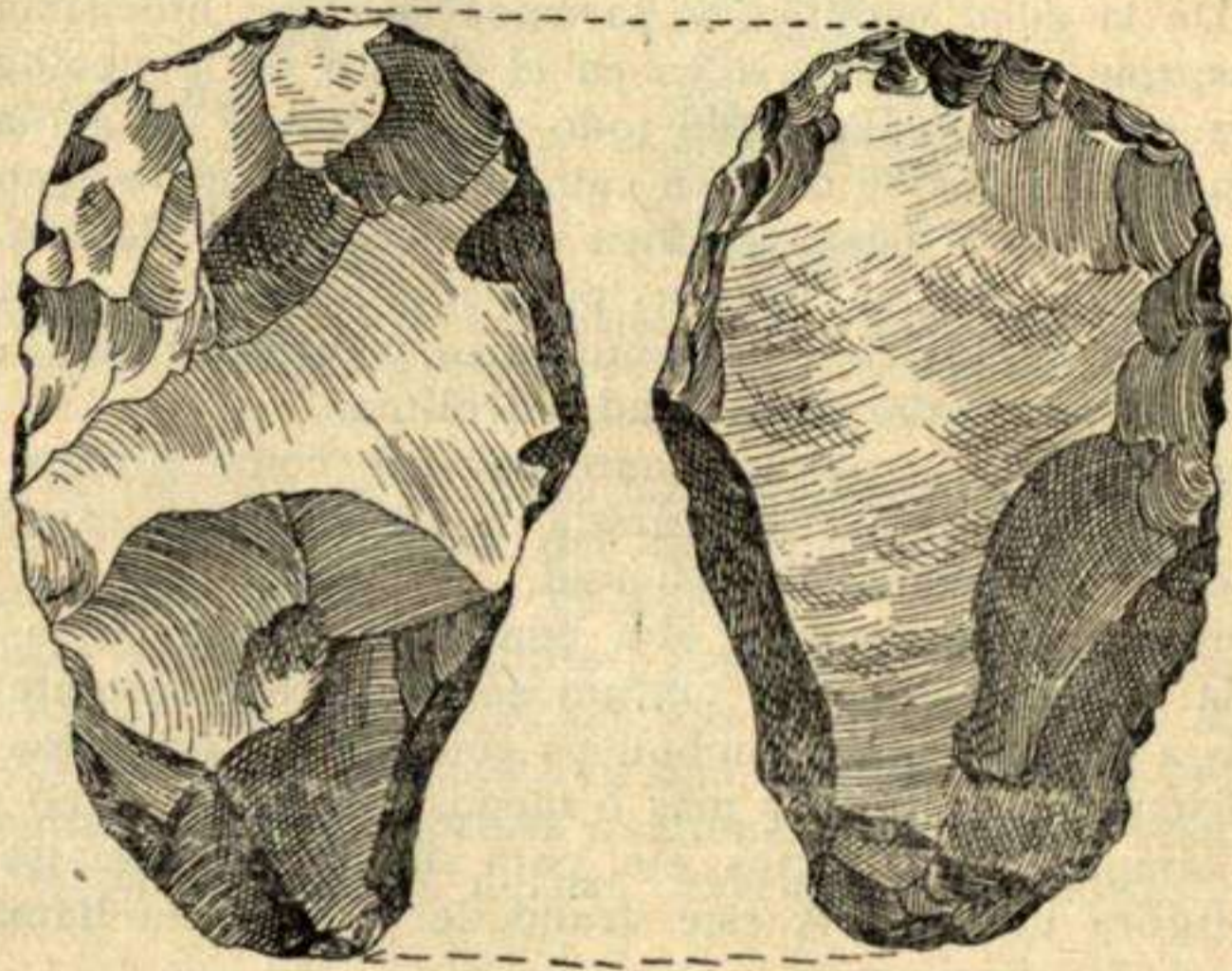


Fig. 192.—Hachas de mano de sílex; tipo *Chelense*.

prehistóricas hasta el fin de la neolítica. El material principal que usaba era el sílex o pedernal, cuando lo podía adquirir; y cuando no, la cuarcita, ofita o alguna otra roca de dureza considerable.

Según la naturaleza de la construcción de los instrumentos de piedra, se dividen los tiempos prehistóricos en dos grandes grupos: el grupo *paleolítico* o de la piedra tallada; y el *neolítico*, o de la piedra pulimentada.

El tallado consistía en producir por percusión varios retoques en la piedra; desgajando lascas, hasta desarrollar un corte, o punta, más o menos perfectos. El principal instrumento de piedra fué el hacha; y cada época está caracterizada por tipos especiales de hachas, según su forma y perfección en el tallado (1).

(1) Además del hacha propiamente dicha se encuentran otras piezas, que debían servir como de buriles, percusores, raspadores, etc.



El tipo *chelense*, el más antiguo, representa formas grandes y toscas; el *acheulense* es de formas más pequeñas y mejor retocadas, con frecuencia amigdaloides. (Fig. 192 y 193).

El tipo *musteriense* se caracteriza en general por la perfección en los retoques; pues presenta varias series de ellos muy finos por una sola cara. (Fig. 194). El *auriñaciense* tiene menos retoques, y presenta formas alargadas; en cambio el *solutrense* ofrece un retoque en extremo perfecto, el que mayor perfección alcanzó; y las hachas suelen ser con frecuencia de forma de hoja de laurel, a veces con una muesca en la enmangadura.

El tipo *magdalenense* decae mucho en magnitud y perfección; tiene menos retoques, y formas generalmente alargadas.

El tipo *epipaleolítico* (aziliense, tardenoisense)

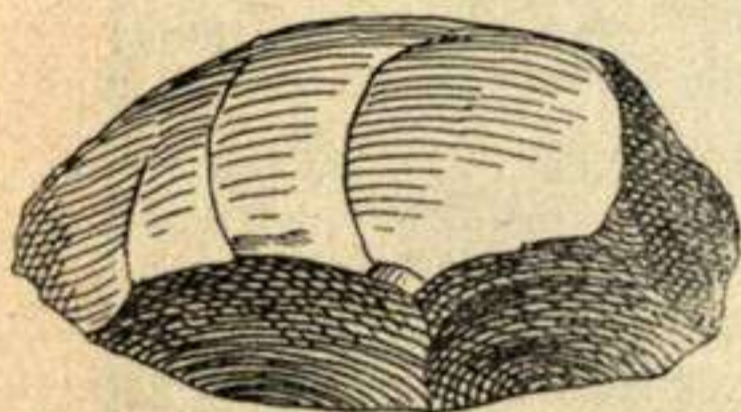


Fig. 193.--Pequeño utensilio de sílex: tipo *Chelense*.

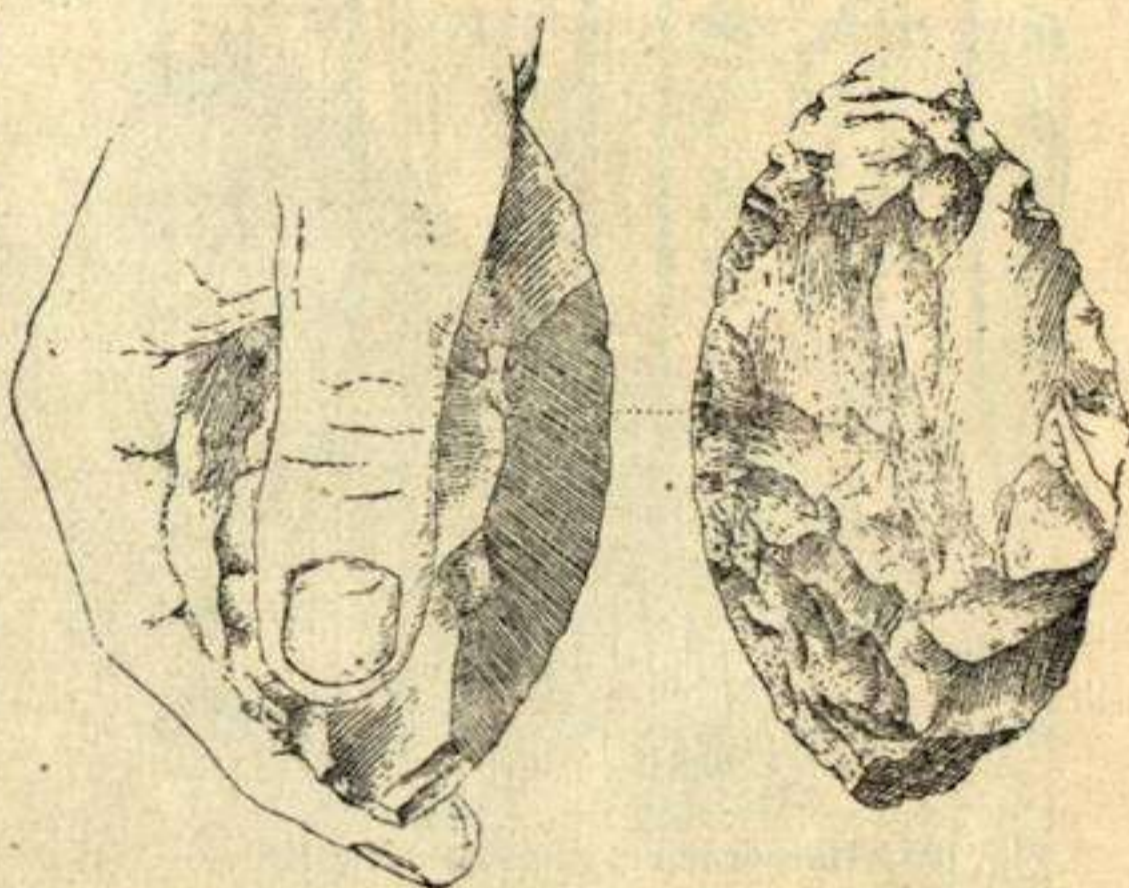


Fig. 194.—Raedera musteriense de sílex: 1/2 del tamaño natural. (Dibujo de E. P. Arbeláez, S. J.)

casi no presenta más que pequeñas piedras o discos, más o menos tallados, llamados *microlitos*.

El tipo *asturiense* tiene una forma curiosa especial; se reduce a cantos rodados, tallados por una cara en forma de pico alargado; son abundantes en la costa cantábrica.

Por fin el hacha del *neolítico* se presenta fina y pulimentada por frotamiento, en vez de la talla del paleolítico.

**382. INSTRUMENTOS DE HUESO.**—Hasta la sub-edad musteriense no empiezan a usarse instrumentos de hueso; por lo menos no se han encontrado de épocas anteriores. Los instrumentos de hueso del musteriense son punzones más o menos trabajados. No alcanzó mucho

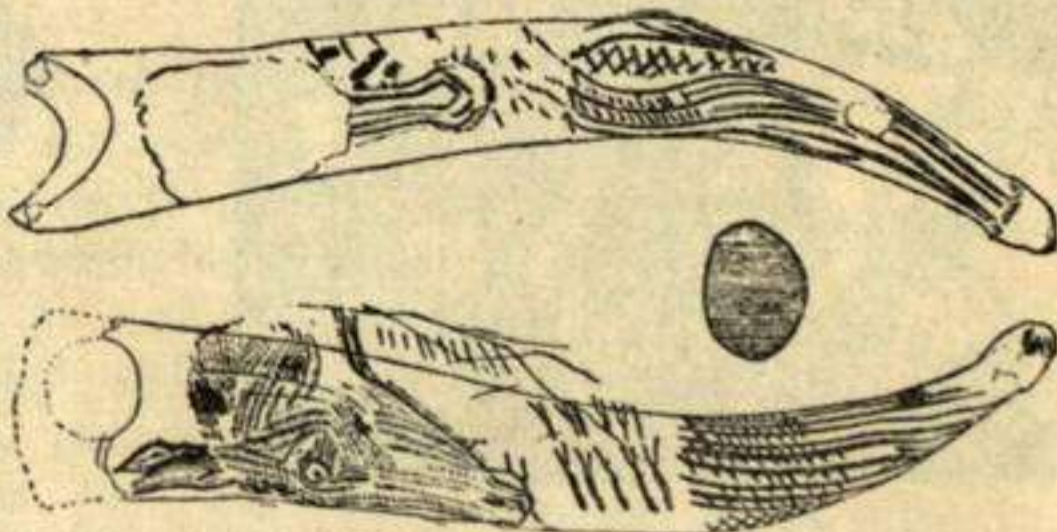


Fig. 195.—Bastoncitos de mando, de asta de ciervo cuidadosamente labrados. 1/2 del tamaño natural.

desarrollo la industria del hueso durante las épocas auriñaciense y solutrense. Donde alcanzó su mayor perfeccionamiento fué en la magdaleniense; pues pertenecientes a ellas se encuentran numerosos punzones, leznas, azagayas, anzuelos, harpones, agujas, etcétera (Figs. 195 y 196), de esmerada construcción.

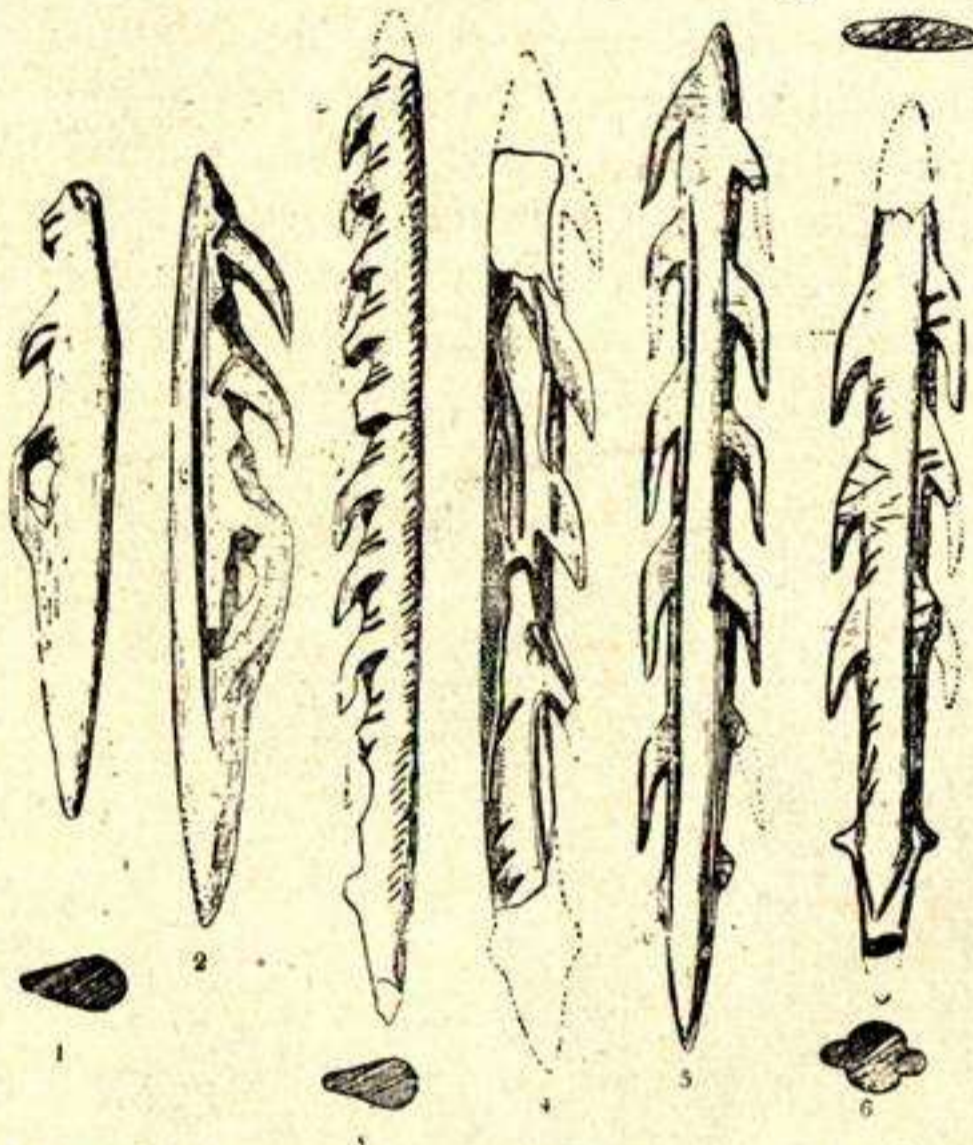


Fig. 196.—Harpones del magdaleniense labrados en hueso, de sencilla (1, 2, 3 y 4) y doble fila de dientes (5 y 6).

Son también dignos de mención los llamados *bastones de mando*, que se reducían a un trozo cónico de cuerno, generalmente un candil de ciervo, con uno o varios agujeros en su base, y bien pulimentado y con frecuencia adornado con dibujos en grabado. No se sabe con certeza para qué lo usaban los paleolíticos.

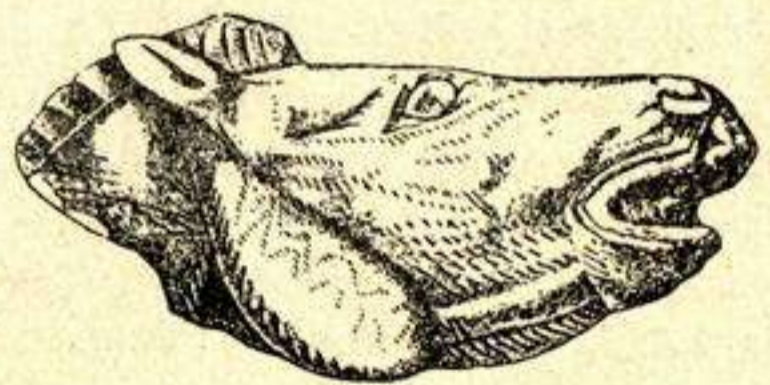
**383. Arte.**—Nos fijaremos solamente en la escultura y pintura.

**ESCULTURA.**—Las esculturas más antiguas datan de la época auriñaciense. Son figurines de formas humanas, esculpidos ya en marfil, ya en esteatita o arcilla; otras análogas se han encontrado

de la época solutrense. También pueden referirse a obras de escultura, ciertos animales modelados en hueso o marfil, así como algunos bajo-relieves en piedra y arcilla (Fig. 197). De la misma



Bisonte esculpido y modelado en arcilla (cueva de Tuc d'Audoubert, Francia) Magdaleniense



Cabeza de caballo modelada en asta de ciervo.

Figura 197. (Mazo)

manera algunos grabados representando animales o dibujos geométricos o signos varios, todavía indescifrables, hechos, ya en objetos de hueso, ya en piedras y en las paredes de las cavernas, pueden considerarse también como objetos de arte escultoria.

**384. Pintura.** ARTE RUPESTRE.—El hallazgo de pinturas en las paredes de las cavernas fué uno de los descubrimientos más maravillosos del arte prehistórico. La primera caverna que se descubrió con pinturas fué la de Altamira, cerca del pueblo de Santi-

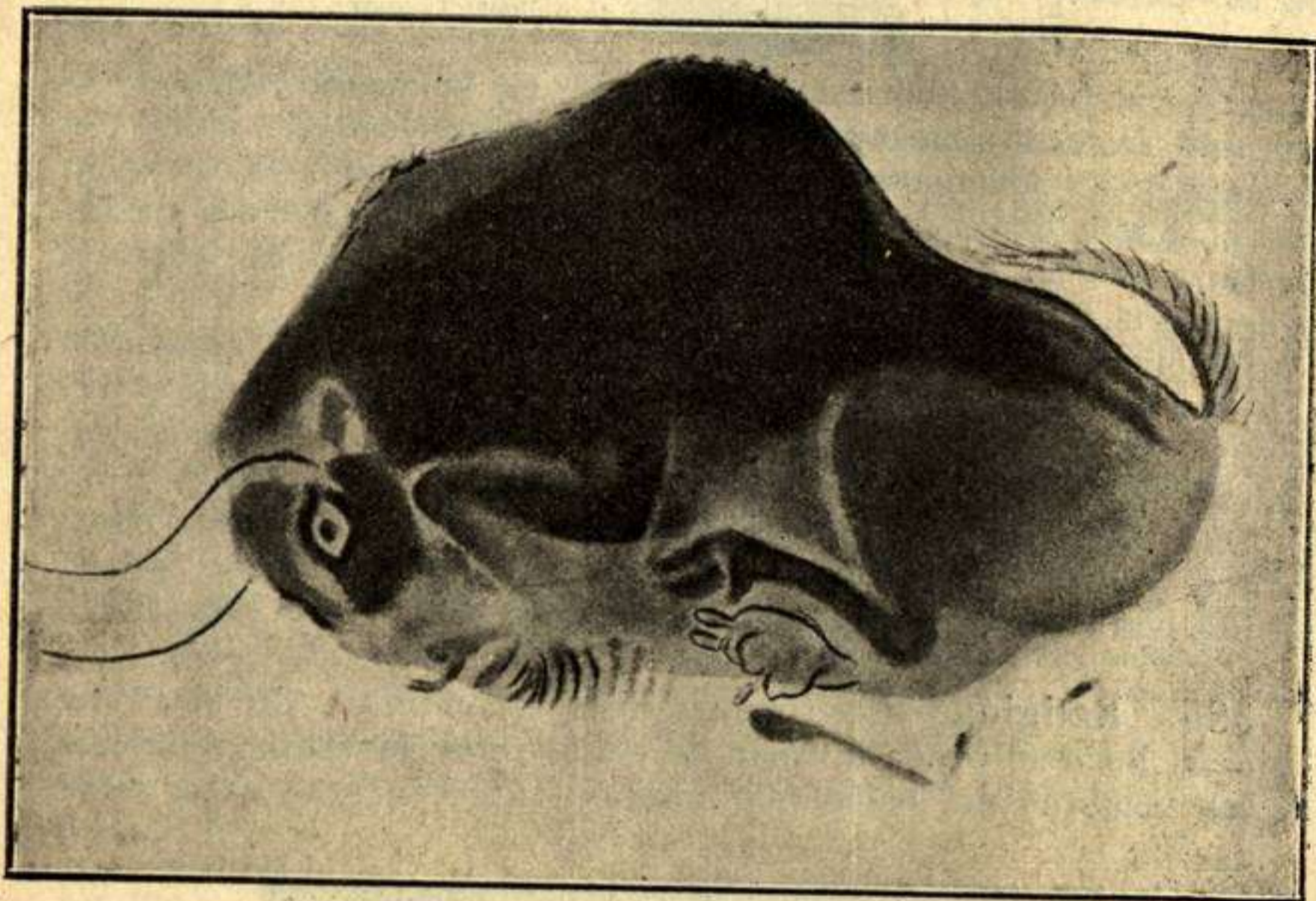


Fig. 198.—Bisonte de la cueva de Altamira; pintura del paleolítico magdaleniano.

llana, en la provincia de Santander. Así como fué la primera en el tiempo, así es sin disputa la primera en mérito artístico. El descubrimiento de las pinturas fué hecho por el santanderino Marcelino Santuola en 1878.

Las primeras pinturas rupestres pertenecen a la edad auriñaciense; en la solutriense se encuentran también algunas; pero éstas y las auriñacienses son muy imperfectas y rudimentarias.

Donde alcanzó su mayor perfección la pintura prehistórica fué en la época magdalenense, a la cual pertenecen las de la notabilísima cueva de Altamira (Fig. 198).

Los objetos pintados son principalmente animales: caballos, cabras, ciervos, renos, bisontes, etc., etc. Se distinguen estas pinturas por su realismo maravilloso en las actitudes y movimiento de los animales pintados.

En la región del Norte de España apenas se han hallado pin-

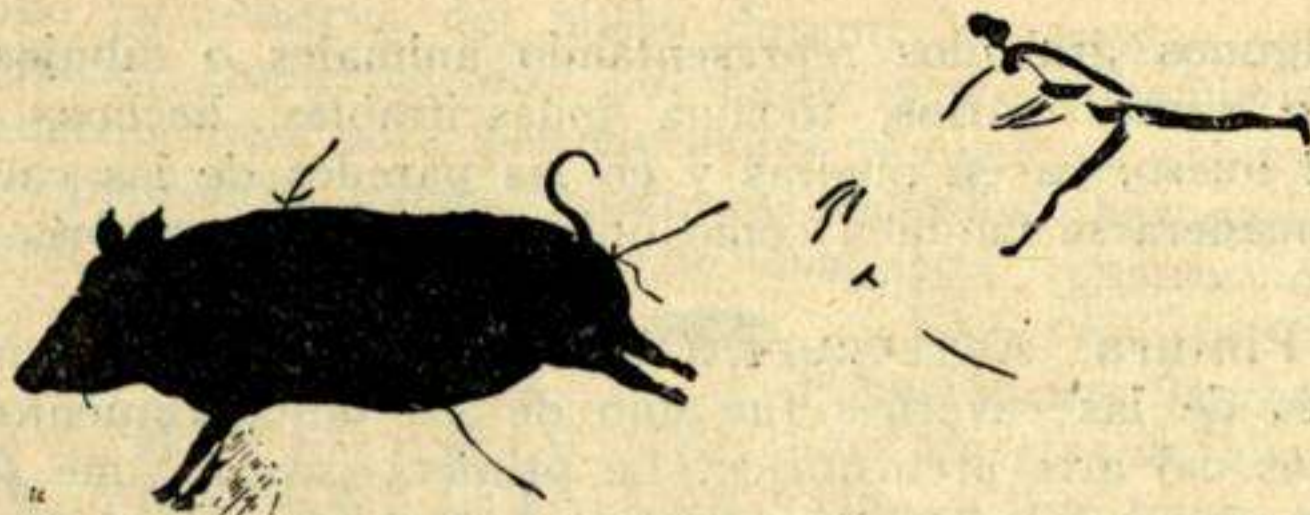


Fig. 199.—Escena de caza. Un jabalí herido con tres flechas huye del cazador. (Cueva de Charco del Agua Amarga, cerca de Alcañiz, Teruel).

turas de la figura humana; en cambio, en la región oriental, es bastante frecuente encontrarla; y las pinturas de esa región se encuentran no solamente en las cavernas, sino también a veces en rocas, al aire libre, en abrigos, más o menos resguardadas de las lluvias, como las composiciones de los abrigos de Alpera, Albacete y de Cogul, Lérida (Fig. 199).

La pintura y grabado decayó mucho en ejecución después de la época magdalenense; tanto que en los tiempos neolíticos se reducen a signos simbólicos, estiliformes, de una ejecución muy rudimentaria.

*Objetos de adorno.* También pueden considerarse como obras de arte varios objetos de adorno, como conchas y dientes y aun piedras perforadas, para hacer collares, dijes o arracadas (Fig. 200).

**385. Religión.**—Los prehistóricos no carecían de ideas religiosas. Poco se puede afirmar de cierto sobre las ideas religiosas de los hombres del paleolítico inferior. Algo más se sabe sobre

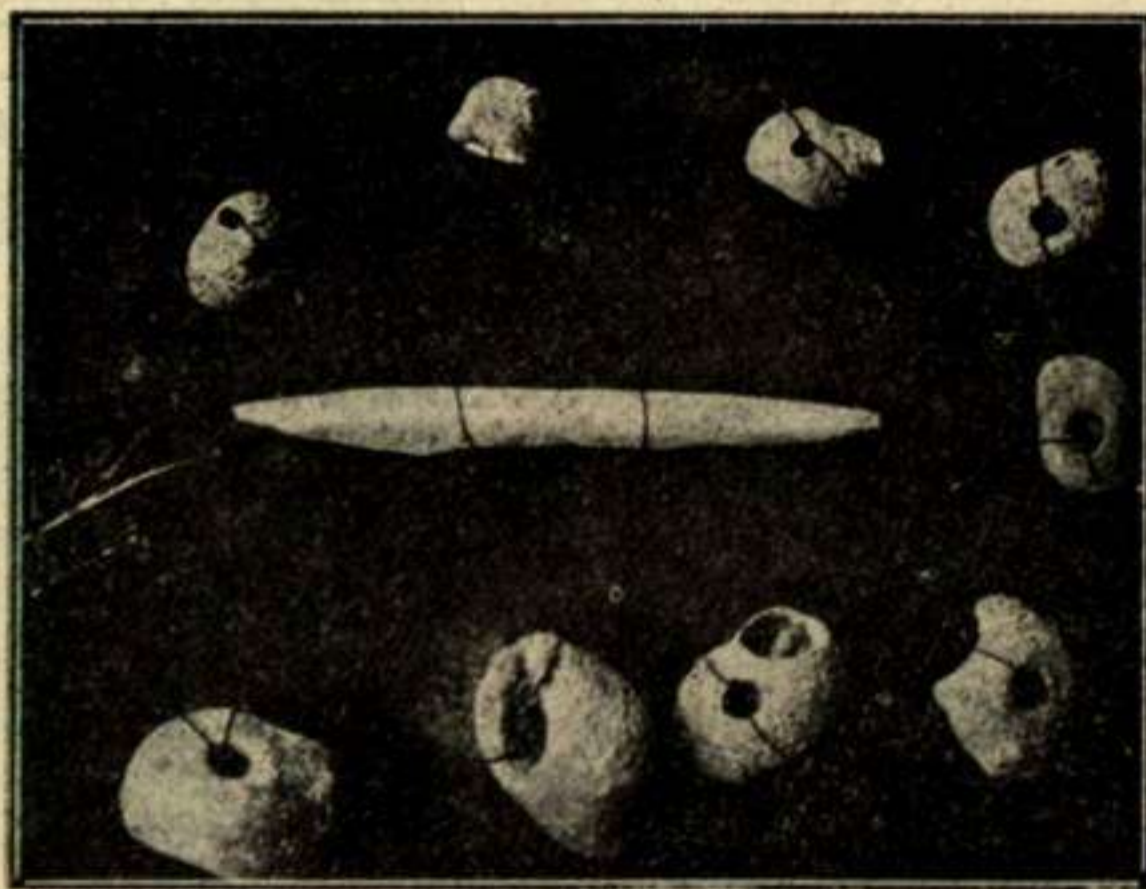


Fig. 200.—Punzón de hueso y objetos de adorno (litorinas perforadas) halladas en la cueva de «El Bufón» en las excavaciones efectuadas por el Sr. Cura de Vidiago, Oviedo, D. José F. Menéndez.

los del paleolítico superior y neolítico. Algunos autores creen que el hacer las pinturas y grabados en sitios tan retirados y poco accesibles, como algunos rincones de las cavernas, era por fines religiosos; como si aquellos fueran santuarios, donde adoraban a aquellos animales, protectores de la tribu. Otros creen que más bien los pintaban como medio de conseguir la multiplicación de esos animales: cabras, ciervos, caballos, etc. (Fig. 201), de que tanto necesitaban para su sustento; pues aquellos pueblos eran eminentemente cazadores (1).

Y aun parece que tenían creencia en la otra vida, como se deja ver en los ritos funerarios, o manera de enterrar los cadáveres.

Eso parecen significar las curiosas actitudes en que los colocaban; lo mismo que los objetos de comida, instrumentos, etc., que ponían con los cadáveres en las sepulturas: como si creyesen que tenían necesidad de esas cosas en la otra vida después de la muerte de acá.

De todo lo dicho acerca de la civilización de los prehistóricos se deduce claramente, que aquellos pueblos eran sí atrasados, o degradados si se quiere, pero de ninguna manera medio brutos, como algunos los pintan. Muestran verdadera inteligencia y progreso, señal de una elevación muy grande sobre el resto de los animales. Si escogían a veces las cavernas como lugar de habitación, eran porque esos sitios estaban protegidos como otro ninguno

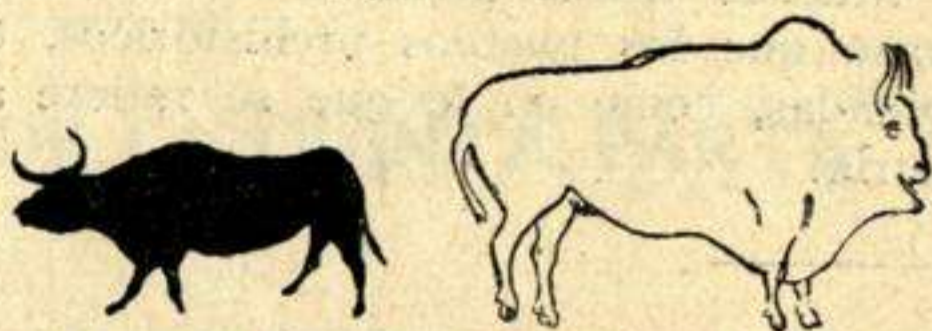


Fig. 201.—*Bos primigenius* (en negro a la izq.). Pintura rupestre en rojo, de Albarracín; según Cabré. *Bos priscus* (a la derecha) o Bisonte. Grabado de la cueva de Pindal; según H. Breuil.



(1) Es posible, dice Hoernes, que el talento y la ociosidad hayan sido la causa de una parte de estos trabajos; pero es de creer que la ejecución de la mayor parte de ellos ha tenido otro objeto. Naturalmente, no puede atribuirse a casualidad el hecho de que los habitantes de las cuevas se rodeasen casi exclusivamente con las imágenes de los animales que les servían de alimento y que no se cansaran de representarlos en todas partes donde encontraban lugar hábil y medios para ello. Una de las representaciones primitivas de las ideas elementales humanas es la que supone que por la posesión de la imagen de un sér se adquiere un gran poder sobre el objeto representado y se pueden ejercer sobre él influencias secretas; seguramente se pensaba que, por medio de la ejecución artística de las imágenes de los animales, se adquiriría un poder mágico sobre ellos, lográndose asegurar y aumentar los productos de la caza, atraer los animales, acelerar su fecundidad y otras cosas semejantes. V. Hoernes «La edad de la piedra», traducido por C. Serra, 1925. Barcelona [E. M.].

de las inclemencias de un clima tan duro, como el de las fases glaciares. Si al principio no se dedicaban a la agricultura, lo cual no podemos asegurar de cierto, podía provenir de que eran tribus errantes, que no se detenían el tiempo necesario para establecer cultivo en los campos, como pasa hoy por ejemplo con los gitanos y otras tribus nómadas (1).

Muchas tribus actuales de Africa y Oceanía viven en mayor atraso que los pueblos prehistóricos, tanto en lo que toca a sus viviendas, como en lo que se refiere a sus objetos de arte e industria.

---

(1) Tampoco se puede asegurar que no utilizaban animales domesticados, ni usaban el fuego; antes hay indicios muy poderosos de lo contrario, como son los ceniceros, que se han encontrado, y la convivencia con animales domesticables.



# QUINTA PARTE

## DISTRIBUCION DE LA QUINTA PARTE

### CUESTIONES COMPLEMENTARIAS

	<u>NÚMS.</u>		
<b>CAP. I.— DURACION DE LAS EPOCAS GEOLOGICAS</b>	Larga duración de los tiempos geológicos . . . . .	387	
	Incertidumbre de los cálculos. . . . .	388	
	Cálculos geológicos. Velocidad de sedimentación . . . . .	389	
	Duración de cada era. . . . .	390	
	Otros cálculos geológicos. . . . .	391	
	Métodos físicos. Velocidad de enfriamiento . . . . .	392	
	Métodos químicos. Desintegración del torio y uranio. . . . .	393	
	Métodos astronómicos. Precesión de los equinoccios . . . . .	394	
	Método paleontológico. Velocidad de la evolución biológica. . . . .	395	
	Conclusión. . . . .	396	
	<b>CAP. II.—LA GEOLOGIA Y EL PRIMER CAPITULO DEL GENESIS</b>	La ciencia geológica y el Génesis. . . . .	397
		Resumen de la historia geológica de la tierra. . . . .	398
Los seis días de la creación. . . . .		399	
Los días se compenetran. . . . .		400	
Orden sistemático y orden cronológico. . . . .		401	
Fin religioso de Moisés . . . . .		402	
El mandato de Dios. . . . .		403	
Explicación de los días Genesíacos . . . . .		404	
Día 1.º Creación de la luz. Duración del día 1.º . . . . .		407	
Día 2.º Formación del firmamento. . . . .		410	
» 3.º Formación de los mares y continentes. . . . .		411	
Creación de las plantas . . . . .		412	
Día 4.º Formación del sol, luna y estrellas. Dificultades científicas. . . . .		417	
Resolución de las dificultades científicas . . . . .		421	
Día 5.º Creación de los peces y aves. . . . .		423	
» 6.º Creación de los animales terrestres. . . . .	425		
Creación del hombre . . . . .	429		

<b>CAP. III—EL DILUVIO MOSAICO Y LA GEOLOGIA</b>	}	Tradición del diluvio. Su universalidad geográfica, antropológica y regional	431
		Dificultades científicas contra las dos primeras. . . . .	432
		Las pruebas geológicas del diluvio . . . . .	435
		Causas del diluvio. . . . .	436
		El diluvio y las épocas prehistóricas. . . . .	441
<b>CAP. IV. — ORIGEN DEL MAR MUERTO</b>	}	Condiciones geográficas . . . . .	446
		Constitución geológica. . . . .	447
		Narración del Génesis. . . . .	448
		Explicación y concordia. . . . .	449
		La destrucción de Pentápolis. . . . .	452
<b>CAP. V. — ANTIGÜE- DAD DEL HOMBRE</b>	}	Las cronologías bíblicas. . . . .	453
		Primera aparición. . . . .	455
		Comienzo de los tiempos históricos. . . . .	456
		Fecha de la época Neolítica. . . . .	457
		Duración de la época Paleolítica. . . . .	458
		Incertidumbre de los cronómetros. . . . .	459
<b>CAP. VI.—EL TRANS- FORMISMO Y LA GEOLOGIA</b>	}	Teoría creacionista y evolucionista. . . . .	463
		Las dos tesis transformistas. . . . .	464
		Importancia del argumento paleontológico. . . . .	465
		Aparición sucesiva de las especies . . . . .	466
		Algunos hechos inexplicables en la hipótesis transformista. . . . .	467
		Conclusión: por qué ha sido condenado el evolucionismo materialista . . . . .	479
<b>CAP. VII.—EL TRANS- FORMISMO DE LA ESPECIE HUMANA</b>	}	Recurso de los transformistas a los tiempos prehistóricos. . . . .	480
		Razas prehistóricas: raza de Neandertal	481
		El hombre de Heidelberg. . . . .	482
		El hombre de Piltdown. . . . .	483
		Los monos antropomorfos . . . . .	484
		Los monos argentinos. . . . .	485
		El Pitecantropo de Java. . . . .	486
		Conclusión. . . . .	488



## CUESTIONES COMPLEMENTARIAS

**386. Introducción.**—En esta quinta parte trataremos algunas *cuestiones filosófico-religiosas, que se relacionan con la Geología*, y cuyo conocimiento es muy conveniente al filósofo y teólogo católicos. Pues ciertamente es muy importante que sepan defender el dogma de las impugnaciones que se han hecho contra él, tomadas de las ciencias. Aquí pondremos y rebatiremos las impugnaciones fundadas en la Geología. Y para conseguirlo no hay mejor método que proponer sencillamente por una parte lo que nos dice el dogma de nuestra religión y por otra lo que nos enseñan los documentos geológicos, y luego compararlos entre sí. De esa manera se verá claramente que la pretendida oposición entre la religión y la verdadera ciencia no existe más que en la cabeza de sus impugnadores.

Las cuestiones que aquí trataremos son: el primer capítulo del Génesis y la Geología; el diluvio mosáico y la Geología; el origen del mar Muerto; antigüedad del hombre; el transformismo en Geología; el transformismo aplicado al hombre.

Cada una de esas cuestiones la trataremos en capítulos separados, después de tratar brevemente en el primer capítulo la cuestión de la duración de los tiempos geológicos, como preámbulo y preparación para las demás cuestiones.

---

## CAPITULO I

## DURACION DE LAS EPOCAS GEOLOGICAS

**387. Larga duración de los tiempos geológicos.**—Por todo lo dicho en la Geología histórica se deja entrever la inmensa duración de los tiempos geológicos, comparada con la duración de los tiempos históricos y aun prehistóricos. Los terrenos cuaternarios, únicos en los que se encuentran restos del hombre, son de un valor insignificante, comparados con la inmensa mole de todos los terrenos sedimentarios.

El espesor de los terrenos sedimentarios alcanza por término medio unos 30.000 metros; habiéndose formado por sedimentación lenta, ya se ve el tiempo considerable que debió durar su formación. Además, hemos visto las numerosas renovaciones de faunas y floras, que tuvieron lugar en los diversos períodos; las variaciones sucesivas del clima de la tierra; los cambios de la distribución de tierras y mares; el hundimiento de continentes bajo las aguas del océano y el resurgimiento de otros nuevos; hemos presenciado las varias fases orogénicas de la tierra, y hemos asistido al levantamiento de montañas en sitios donde antes existía un mar profundo, y al desgaste obrado en ellas por la erosión, hasta desmoronarlas por completo y nivelarlas de nuevo con la llanura, haciéndolas desaparecer para siempre.

Todos estos fenómenos y otros análogos, que hemos estudiado en la geología histórica, indican bien a las claras que el tiempo durante el cual se verificaron, debió ser inmensamente largo.

Sin embargo, no conviene exagerar demasiado la duración de los tiempos geológicos. Algunos se complacen en decir que es tan larga esa duración, que al querer calcularla en años, se pierde la imaginación y aun el entendimiento; como si superara a todo cálculo. Eso es una ciega exageración que procede de la ignorancia de las causas geológicas.

**388. Incertidumbre de los cálculos.**—Examinemos algunos ensayos de cálculo que se han hecho, para hacernos cargo de lo

que acabo de decir. Conviene advertir que en esos cálculos no se funda ninguna de las conclusiones geológicas que antes hemos estudiado; y que los geólogos y los físicos que los proponen, no los dan como ciertos e incontrovertibles, sino como hipotéticos y más o menos verosímiles.

La razón fundamental de la incertidumbre de casi todos ellos está en que no conocemos con certeza la intensidad con que obraron las causas geodinámicas durante los tiempos geológicos; y desconocido ese factor tan importante, se hace imposible calcular el factor tiempo; pues el uno está en función del otro; se hallan en razón inversa; pues un fenómeno dado tanto más pronto se producirá, cuanto más intensos sean los agentes; y viceversa, tanto más durará su producción, cuanto las causas sean menos intensas y poderosas.

Los fundamentos en que se basan los cálculos que se han hecho, para evaluar en años la duración de los períodos geológicos, son de varias clases; unos son geológicos; otros físicos, algunos químicos, y no faltan astronómicos ni paleontológicos. Veamos brevemente algunos de ellos.

**389. Cálculos geológicos.—Velocidad de sedimentación.**—El cálculo más racional y menos expuesto a exageraciones, es el fundado en la velocidad de sedimentación en los tiempos actuales. Tomemos como punto de partida lo dicho en la geodinámica sobre la acción mecánica de los ríos y de los mares. Vimos allí (72 y 75) que sumada la acción mecánica de ríos y mares, quitan a los continentes cada año 12 kilómetros cúbicos de materiales. Estos materiales son luego sedimentados mecánicamente en los mares pericontinentales. De los 365 millones de kilómetros cuadrados que tiene la superficie de los mares, sólo un 20 % la ocupan los sedimentos detríticos, o sea 73 millones de kilómetros cuadrados. Repartidos esos 12 kilómetros cúbicos de materiales en los 73 millones de superficie, da un cociente de 0,00015, o sea 15/100 de milímetro; cantidad que representaría el espesor de la capa o sedimento que se formaría con 12 kilómetros cúbicos de materiales repartidos uniformemente en 73 millones de kilómetros cuadrados.

Pero esa uniformidad no tiene lugar en la sedimentación marina; y así en algunas localidades, como cerca de las costas y en la desembocadura de los ríos, se verifica la sedimentación con mucha mayor intensidad; y en muchos sitios se forma una capa hasta triple de la cantidad media. Tomemos esa cantidad triple que equivale poco más o menos a 1/2 milímetro por año. Según eso en un millón de años se formará una serie de capas, cuyo conjunto alcanzará 500 metros de espesor. Como el espesor de los terrenos sedimentarios se calcula por término medio en 30.000 metros, tardarían 60.000.0000 de años en sedimentarse, siguiendo la sedimentación la misma intensidad del proceso actual de sedimentación.

En este cálculo no se han tenido en cuenta otras acciones im-

portantísimas en la formación de los sedimentos, como son las acciones químicas, que llevan anualmente de los continentes al mar 5 kilómetros cúbicos de materiales disueltos; ni la acción de los organismos vivientes, que tan poderosamente han contribuido a la formación de los terrenos sedimentarios. Asimismo, se ha supuesto que la intensidad de los agentes geodinámicos ha sido en los tiempos geológicos la misma que actualmente; lo cual es bien poco verosímil; pues más bien hay indicios para creer que antiguamente esos agentes eran más intensos. Teniendo en cuenta todas estas circunstancias, la cifra de 60 millones de años hay que rebajarla por lo menos en un tercio; y así quedaría una duración máxima de los tiempos sedimentarios de 40 millones de años.

**390. Duración de cada era.**—Si quisiéramos ahora calcular, cuánto corresponde de esa cifra a cada una de las eras, no tendríamos más que comparar el espesor relativo de sus sedimentos.

Este espesor relativo es para las cuatro eras:

Era Primaria . . . . .	12	Era Terciaria . . . . .	1
Era Secundaria . . . . .	3	Era Cuaternaria . . . . .	0,075

Repartiendo ahora proporcionalmente los 40 millones de años, calculados para el conjunto de todas las cuatro eras, nos daría las cifras siguientes para la duración absoluta de cada era, en números redondos y aproximados.

ERAS	AÑOS	ERAS	AÑOS
Primaria. . . . .	30.000.000	Terciaria. . . . .	2.350.000
Secundaria . . . . .	7.500.000	Cuaternaria . . . . .	150.000

Esta valuación sólo se refiere a la fase biótica, desde el período cámbrico en adelante. La duración de la fase abiótica, o desde la formación de la primera costra sólida hasta la primera aparición de la vida, queda todavía mucho más incierta y entre tinieblas. Y aún más incierta es la duración del estadio cósmico, desde el origen de la nebulosa hasta la primera costra sólida; los cálculos tienen que ser muy infundados, cuando la misma concepción geogónica no pasa de la categoría de una hipótesis, si bien muy verosímil y fundada.

**391. Otros cálculos geológicos.**—Muchos otros métodos geológicos se han propuesto para evaluar la duración de los tiempos sedimentarios. Mencionaremos algunos de ellos.

En primer lugar se presenta el método *tectónico*, o sea el fundado en el tiempo que tardaron en formarse los pliegues montañosos por la reducción del radio terrestre. Este método es sumamente incierto e hipotético; pues es muy poco lo que se sabe sobre la

reducción del radio de la tierra, y aun sobre la formación de los pliegues. Algo semejante se puede decir del método *marino*, o sea, el tiempo que necesitaron las aguas del mar en adquirir las sales que contienen, sobre todo la sal común; pues éste se funda en que, las aguas del mar, al principio, no eran saladas sino dulces; y las sales las fueron adquiriendo poco a poco por el aporte de los ríos. Este supuesto lo niegan muchos geólogos, según los cuales sucedió todo al revés; es decir, que las aguas del mar estaban antiguamente mucho más cargadas de sales; y después las fueron perdiendo poco a poco por la sedimentación química y por la acción de los organismos.

**392. Métodos físicos.**—*Velocidad de enfriamiento.*—Sir William Thomson, fundándose en la velocidad de enfriamiento desde el estado de incandescencia de la tierra hasta el estado actual, dedujo una duración de unos cien millones de años; aunque más tarde redujo esta cifra a una cantidad que oscila entre 20 y 40 millones; bastante concorde, como se ve, con la deducida por el método de sedimentación.

La incertidumbre del método de enfriamiento está en que no se puede calcular la velocidad de enfriamiento después de la formación de la costra sólida; pues en la superficie terrestre no puede tener apenas influencia el calor interno desde los tiempos bióticos por el espesor de la litosfera. Además la temperatura inicial, que se toma como punto de partida, puede ser muy varia y diferente de la realidad. Thomson suponía una temperatura inicial de 3.000 grados.

**393. Métodos químicos.**—*Reintegración del torio y uranio.*—Estos se fundan en la desintegración que sufren algunos elementos radioactivos. Se sabe que el *torio*, por ejemplo, se desintegra en *helio*, y éste en *plomo*. La *torianita*, mineral de *torio*, se desintegra y deja como residuo el *helio*. Conociéndose la velocidad de esa desintegración y formación de *helio*, podemos calcular cuánto tiempo habrán tardado en formarse ciertas cantidades de *helio*, que se encuentran en los terrenos. Así por ejemplo, si un pedazo de *torianita* encierra un millón de veces más *helio* que el que puede desprender el *torio* en un año, es señal que el desprendimiento comenzó hace un millón de años.

Análogo cálculo se puede hacer acerca del *plomo* contenido en un mineral de *uranio*; pues se sabe que el *uranio* por desintegración produce *plomo*. De este modo se ha llegado a evaluaciones de muchos centenares de millones de años para los terrenos sedimentarios.

Muchos reparos se han puesto a la exactitud de este procedimiento de evaluación. Uno muy digno de tenerse en cuenta es que el *radio* debe perder la mitad de su actividad en 2.000 años; y que también la actividad del *uranio* desaparece con el tiempo. Si, pues, existen en la litosfera materias radioactivas, es señal de que se formaron, o de que vinieron del interior de la tierra hace pocos

millones de años. Y que las materias radioactivas se formen sucesivamente por causas desconocidas, parece demostrarlo el hecho de que, tomando como base la cantidad de cuerpos radioactivos de la costra exterior de la tierra, se ha deducido por el cálculo la existencia de una cantidad de *radio* 20 veces mayor, que la necesaria para mantener el calor interno de nuestro globo; la tierra, según eso, en vez de enfriarse debía calentarse. Por consiguiente, el *radio* debe disminuir en las profundidades, al contrario de lo que exige su elevado peso atómico.

#### 394. Métodos astronómicos.—*Precesión de los equinoccios*.—

Algunos aplicaron métodos astronómicos para evaluar la duración de ciertos fenómenos geológicos, suponiendo que estuvieran relacionados con otros astronómicos. Así Croll calculó la duración de las fases glaciares del cuaternario en muchos centenares de miles de años, relacionándolos con los períodos de gran excentricidad de la órbita terrestre juntamente con la precesión de los equinoccios.

Mayer aplicó a la evaluación de los tiempos terciarios el fenómeno astronómico de la precesión de los equinoccios juntamente con el movimiento de la línea de los ápsides; lo cual hace que la duración de las estaciones se repita en el mismo orden cada 21.000 años. Así admite Mayer para la era Terciaria 15 edades de 21.000 años cada una, caracterizadas por 15 grandes trasgresiones marinas; lo que daría un conjunto para toda la era Terciaria de unos 325.000 años.

Lo difícil e hipotético en este método es el relacionar los fenómenos geológicos con los astronómicos; lo cual hasta hoy todavía no se ha conseguido. Cuando eso se consiga, se tendrá sin duda en el método astronómico el mejor cronómetro para medir la duración de los tiempos geológicos.

#### 395. Método paleontológico.—*Velocidad de la evolución biológica*.—Para terminar, diremos dos palabras sobre el método de evaluación empleado recientemente por algunos paleontólogos.

Suponiendo como cosa real y cierta el hecho de la evolución, no ha faltado quien se haya lanzado a calcular la velocidad de esa evolución y así deducir la duración de algunos períodos geológicos. W. D. Mathew, paleontólogo americano, tomando por base el *phylum equidae*, y representando por la unidad el conjunto de cambios sufridos desde el pleistoceno inferior hasta las especies actuales de *equus*, cree que el conjunto de esas transformaciones daría un número próximamente igual a 85 desde el comienzo de la era Terciaria. Por consiguiente, los tiempos terciarios habrían durado como 85 veces desde el pleistoceno hasta nuestros días.

Este método es sumamente incierto e hipotético, porque, además de que, como dice a este propósito Launay, el mismo hecho de la evolución no pasa de ser una simple hipótesis, tampoco el modo y marcha de la evolución ha sido siempre uniforme, según confiesan

comúnmente los mismos transformistas; por eso cualquiera evaluación, fundada en esa uniformidad está desprovista de todo fundamento.

**396. Conclusión.**—De todo lo dicho acerca de la duración de los tiempos geológicos una cosa resalta a la vista y es que debieran ser inmensamente largos con respecto a los tiempos antrópicos. Pero, cuando se trata de evaluar en años o en siglos su duración absoluta, no hay sino hipótesis o conjeturas, más o menos ingeniosas, pero siempre arbitrarias e inciertas.

Los cronómetros de que actualmente se dispone para esa evaluación, no permiten mayor seguridad y certeza. Sin embargo, la antigüedad relativa de los terrenos y la serie sucesiva de eras, períodos y épocas, con todos los fenómenos y acontecimientos que en ellos tuvieron lugar, conservan su valor íntegro y bien fundado; y esto es lo que constituye el objeto principal de la Geología histórica.



## CAPITULO II

## LA GEOLOGIA Y EL PRIMER CAPITULO DEL GENESIS

**397. La ciencia geológica y el Génesis.**—Trataremos en este capítulo la cuestión tan interesante y debatida de la historia de la creación que hace Moisés en el primer capítulo del Génesis, y su concordia con los descubrimientos de la Geología, hechos hasta nuestros días.

Ya en los albores de la ciencia geológica, cuando se demostró la existencia de larguísimos períodos antes de la aparición del hombre sobre la tierra, creyeron algunos racionalistas poder sacar de ahí un argumento contundente contra la historicidad, y más aún contra la inspiración divina del libro del Génesis. En éste se cuenta la historia de la creación como sucedida en el breve tiempo de seis días; y en cambio, por la Geología estaba comprobado que la formación de la tierra hasta nuestros días, ha exigido larguísimos períodos de tiempo. Por consiguiente, parece que la narración genesiaca está en este punto en oposición con los descubrimientos geológicos.

Vamos, pues, a ver si es verdad que los descubrimientos de la Geología están en oposición con la narración mosaica; o si más bien, por los descubrimientos geológicos se descubre cuán admirablemente descrita está la historia física de la tierra en la narración hexamérica de Moisés.

Y para que aparezca más claro esto, procuraremos tener en cuenta los últimos adelantos y descubrimientos geológicos obtenidos hasta estos últimos tiempos; y pondremos especial cuidado en hacernos cargo de las dificultades, sin disimular su fuerza, dando a ellas la solución que nos parece más obvia y razonable.

Antes de entrar en la explicación de los días genesiacos, es conveniente poner delante un resumen de la historia geológica de la tierra.

**398. Resumen geológico de historia de la tierra.**—Recordemos a grandes rasgos la historia de la tierra, tal cual hoy la



conoce la ciencia geológica. Ya dijimos que la historia física de nuestro globo abarca como dos estadios, el *estadio cosmogónico* desde el principio de la nebulosa hasta la formación de la primera costra sólida de la tierra y comienzo de la sedimentación, y el *estadio geológico*, desde la formación de la primera costra sólida hasta nuestros días. El estadio cosmogónico comprende dos fases: la *fase nebular*, y la *fase estelar*, de que se trató en su lugar (295...). Asimismo, el estadio geológico abarca dos fases, la *fase abiótica* y la *biótica*. La fase biótica es la más estudiada y conocida, y se divide, como sabemos, en eras, períodos, épocas y edades; caracterizado cada uno de esos grupos por sus fósiles, o sea por su fauna y su flora. El cuadro siguiente puede dar una idea de conjunto de la primera aparición, apogeo, decadencia y desaparición de los principales grupos de vivientes durante los períodos geológicos, juntamente con la sucesión de otros fenómenos físico-geológicos, como las fases orogénicas o de formación de montañas, la sucesiva purificación de la atmósfera y acción directa del sol sobre la superficie terrestre y el desarrollo de la masa continental.

Como aparece en el cuadro, en el período antracolíptico las plantas tuvieron el primer gran apogeo, el mayor de todos, si no en variedad, indudablemente en intensidad. Los Peces se expansionaron extraordinariamente en el período cretáceo, sobre todo, los Teleosteos, grupo al cual pertenecen la principal mayoría de los peces actuales. Los reptiles propiamente dichos tuvieron principal apogeo en el período jurásico y cretáceo: las aves y los Mamíferos se expansionaron sobre todo en la era Terciaria; y por fin el hombre aparece y se desarrolla en la era Cuaternaria.

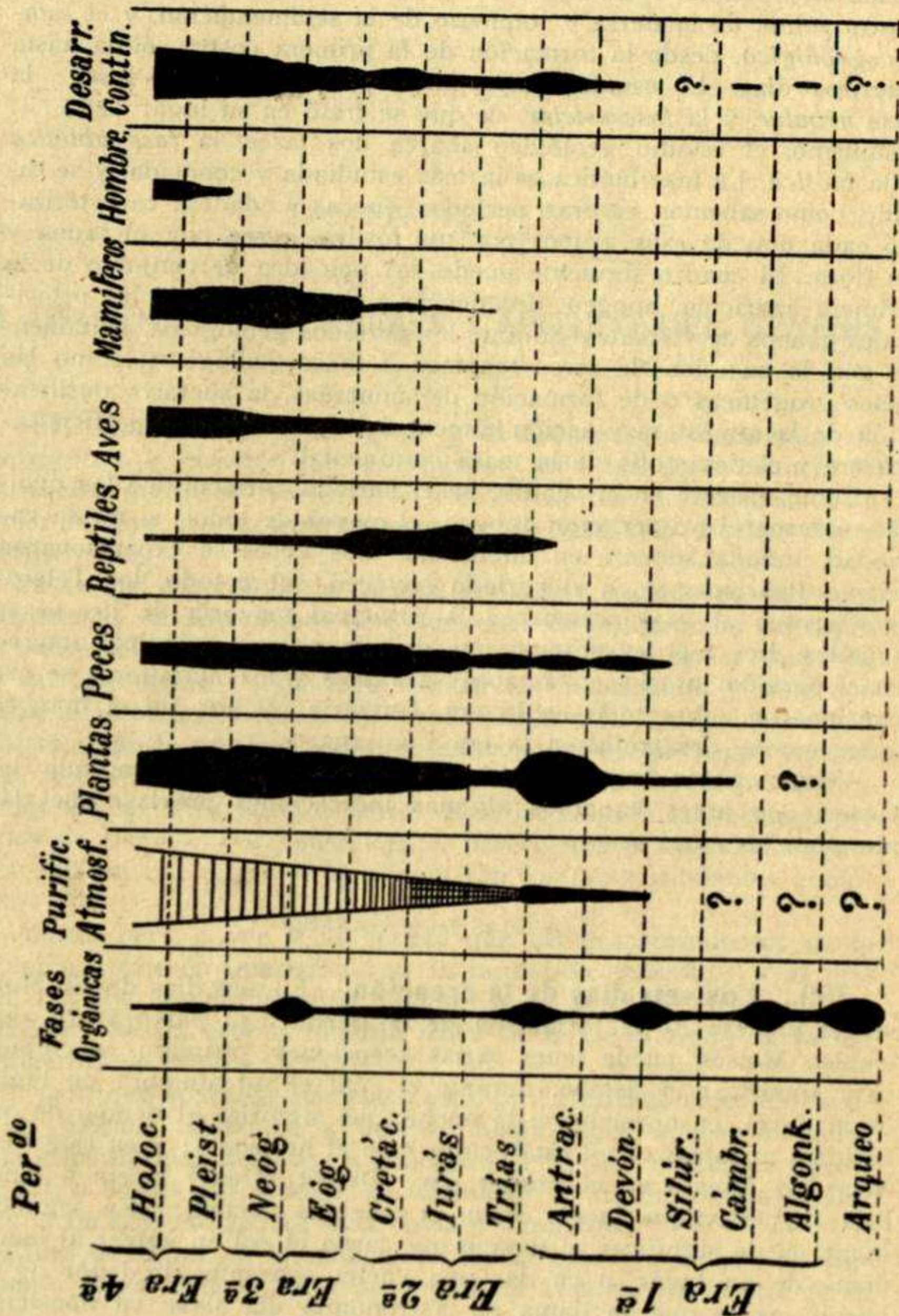
Veamos ahora lo que nos dice Moisés en el primer capítulo del Génesis; y antes hagamos algunas indicaciones previas, que darán gran luz en el asunto.

#### LOS DIAS DEL GENESIS

**399. Los seis días de la creación.**—En seis días dividí Moisés el proceso de la formación de la tierra. Esa palabra *día*, que emplea Moisés, puede tener varias acepciones: primero, se emplea para significar el tiempo, durante el cual el sol alumbra un lugar de la tierra, en oposición a la noche, que significa el tiempo de oscuridad, mientras el sol está oculto bajo el horizonte; y en este sentido dijo Moisés en el primer día: *Divisit (Deus) lucem a tenebris; appellavitque lucem diem, et tenebras noctem*. En segundo lugar puede significar el tiempo que tarda el sol en volver al meridiano de un lugar, o en dar una vuelta aparente alrededor de la tierra: es lo que se llama en Astronomía *día solar* en oposición al *día sideral*.

En tercer lugar, se emplea la palabra *día* para determinar un lapso de tiempo indeterminado que puede ser más o menos largo.

ESQUEMA DE LA HISTORIA FISICO-BIOLÓGICA DE LA TIERRA



Así en el capítulo 2.º del Gén. el tiempo de los seis días se nombra como un solo día: «Istae sunt generationes caeli et terrae, quando creata sunt, in *die* qua fecit Dominus, caelum et terram». «Éstas son las generaciones del cielo y de la tierra, cuando fueron criados, en el *día* en que el Señor hizo el cielo y la tierra» Gén. 2, 4, y el día séptimo todavía perdura hasta el presente, pues Moisés le dejó abierto, sin añadirle las cláusulas terminales. Y con frecuencia se toma por un tiempo indeterminado, por el tiempo en que se realiza o empieza un acontecimiento: Os. 12, 1; Jer. 20, 7-8. Y delante de Dios mil años son como un día: Salm. 89, 4; 2 Ptr. 3, 8. Por esto y porque la Geología exige para el proceso de la formación del mundo períodos muy largos de tiempo, la palabra día empleada en el hexameron puede significar un período largo e indefinido de tiempo. En esto convienen ya hoy todos los exégetas modernos, y por eso no hemos de insistir en confirmarlo. Sobre todo, que nuestro intento no es hacer crítica de las distintas interpretaciones de los días genesíacos, sino hacer un paralelo sencillo entre lo que nos enseña la Geología y lo que nos refiere Moisés en la narración de los seis días, tomada la palabra *día* en el sentido de tiempo indeterminado que puede significar períodos largos, como antes se dijo.

**400. Los días se compenetran.**—Otra advertencia que conviene tener en cuenta, es que los *días-períodos*, en que Moisés divide la formación de la tierra, no son días separados, de manera que todas las obras de un día terminan, cuando comienzan las obras del día siguiente, sino que muchas veces se compenetran las obras de un día con las del día inmediato. Así la creación de las plantas, que se cuenta en el día 3.º, se compenetra en muchos rasgos con la creación de los peces, que se refiere en el día 5.º; porque muchas plantas fueron formadas después de la aparición de numerosos peces. Lo que hace Moisés, es dividir la creación en varios grupos de cosas, y referir la formación de esas cosas en cierto orden, atendiendo ya a su primera formación, ya al mayor desarrollo o apogeo que alcanzaron.

Así como un historiador, que se propusiese escribir la historia por ejemplo de los antiguos imperios, podía dividir su historia en varios capítulos: p. ej. primero, el imperio de los Faraones de Egipto hasta su destrucción; segundo, el imperio babilónico; tercero, el de los Asirios, etc. Y es natural que, al ir contando los hechos de cada imperio, se refirieran en el capítulo primero hechos contemporáneos y aun posteriores a otros que se cuentan en los capítulos siguientes. De la misma manera Moisés divide la historia en seis días o períodos, como en capítulos aparte; según el método sistemático elegido; pero en muchos de los días se refieren acontecimientos contemporáneos y aun posteriores a los referidos en capítulos sucesivos. Pero ese orden será racional y objetivo, si en la naturaleza de las cosas hay fundamento para ello.

**401. Orden sistemático y orden cronológico.**—Se pregunta ahora: ¿Hay fundamento geológico, para escoger ese orden en la narración de los hechos; o ese orden es meramente ideal de Moisés, sin tener en cuenta la realidad de las cosas? Decimos que hay fundamento geológico para ese orden de narración; y por consiguiente ese orden concuerda perfectamente con la realidad geológica. De modo que Moisés en su relato escogió, es verdad, un orden, por decirlo así, sistemático o de clasificación; y así divide la creación en partes, según las obras producidas: luz, firmamento, continentes y mares, plantas, sol, animales marinos y aéreos, animales terrestres y hombre: pero además señala el historiador sagrado un orden cronológico, día 1.º, 2.º, etc. Y la razón de este orden cronológico, supuesto el orden sistemático elegido por Moisés, está conforme con los hechos que registra la Geología; o dicho de otro modo, hay fundamento geológico para seguir ese orden cronológico de enumeración; y eso procuraremos hacer ver al explicar los días mosaicos.

**402. Fin religioso de Moisés.**—Tampoco hay que olvidar que el fin propuesto por Moisés en la narración examérica, es religioso, no científico; por eso no se ha de buscar en él un tratado de Geología, sino una narración sencilla de la creación en seis días o etapas, para establecer la semana religiosa de seis días con el descanso en el séptimo o sábado; y para inculcar al pueblo escogido que los dioses que adoraban los gentiles, sol, animales, etc., no eran dioses, sino obras del único Dios omnipotente; y así apartarlos de la peste idolátrica que podría infiltrárseles en el roce con las gentes.

**403. El mandato de Dios.**—Por fin, hacemos notar que el mandato de Dios, cuando se dice: «hágase la luz»; «sepárense las aguas superiores de las inferiores»; «produzca la tierra hierba verde», etc., no se ha de entender que siempre en esos casos intervenga Dios con acción especial; sino que interviene como causa universal con esas causas naturales, que van produciendo todo el proceso de la creación. Sólo se ha de entender que interviene Dios de un modo especial, cuando lo pide la naturaleza de las cosas; como en la formación del hombre, principalmente en la creación del alma humana, en la del primer viviente y de los principales tipos de organización, etc. Pero en otros casos no hace falta que Dios intervenga especialmente; como para la formación de la luz, de los mares y continentes, etc. La intervención especial de Dios, más que de la frase imperativa, se ha de deducir de la misma naturaleza de la obra, según pueda ser producida por las solas fuerzas que Dios imprimió en la materia, o necesite de una intervención particular del criador.

Esto supuesto, veamos ahora en concreto los fundamentos geológicos de ese orden escogido por Moisés en la narración de los días de la creación.

## EXPLICACION GEOLOGICA DE LOS DIAS GENESIACOS

## INTRODUCCION DE MOISES

**404. Creación de la materia y su estado primitivo.**—Antes de contar Moisés el proceso de la formación de la tierra, quiere dejar bien asentada la idea de la creación de la materia de que fué formado el mundo, para dar a entender que Dios no sólo era formador de la tierra, sino criador de la materia, de que ésta se halla compuesta. Y así en el primer versículo declara la creación de la materia, y el estado informe en que ésta se encontraba en aquel primer momento o principio; y así dice: «En el principio crió Dios el cielo y la tierra»; es decir, toda la materia de que se compone la tierra y los astros, que se hallan en el firmamento o cielo.

Y ese principio de los tiempos, ese acto criador se deduce también científicamente como una consecuencia del estado de evolución de los mundos. Porque si la materia fuera eterna, hubiera terminado su evolución hace muchísimo tiempo; y estaríamos en el equilibrio *entrópico*, en la inmovilidad absoluta. «Y como el universo, dice el célebre geólogo español Adán de Iarza, no podía hallarse todavía en marcha hacia ese estado de equilibrio, si no hubiese tenido principio, se llega lógicamente a la necesidad de un acto creador».

**405. Materia primitiva: datos de la ciencia.**—«La tierra, continúa el historiador sagrado, era una materia informe y vacía o caótica; las tinieblas estaban sobre la faz del abismo y el espíritu de Dios se movía sobre las aguas». v. 2.

Estas palabras de Moisés tienen una significación muy natural en las concepciones modernas acerca de la formación del sistema solar y aun de todos los cuerpos celestes. Hoy se cree como sumamente probable, que todo nuestro sistema solar proviene de una nebulosa, cuya materia al principio se hallaba en alto grado de enrarecimiento y que luego fué condensándose poco a poco, para producir el sol y los planetas. Al principio esa nebulosa, sumamente enrarecida, estaba fría y sin luz; sus materiales se hallaban en un estado el más elemental de la materia; hoy se los llama *protoelementos* a muchos de los componentes de las nebulosas, porque sus espectros dan rayas que no tienen análogas en los cuerpos terrestres; y así a uno de ellos, por ejemplo, se le ha llamado *nebulio*, porque se ha encontrado solamente en las nebulosas. Esos materiales o protoelementos estaban mezclados y confundidos unos con otros, antes que la fuerza de atracción y las afinidades químicas empezasen a reunirlos en grupos, según sus densidades y afinidad selectiva.

Como se ve, el estado primitivo de la materia, que hoy se supone en la nebulosa primitiva, está admirablemente declarado en aquellas

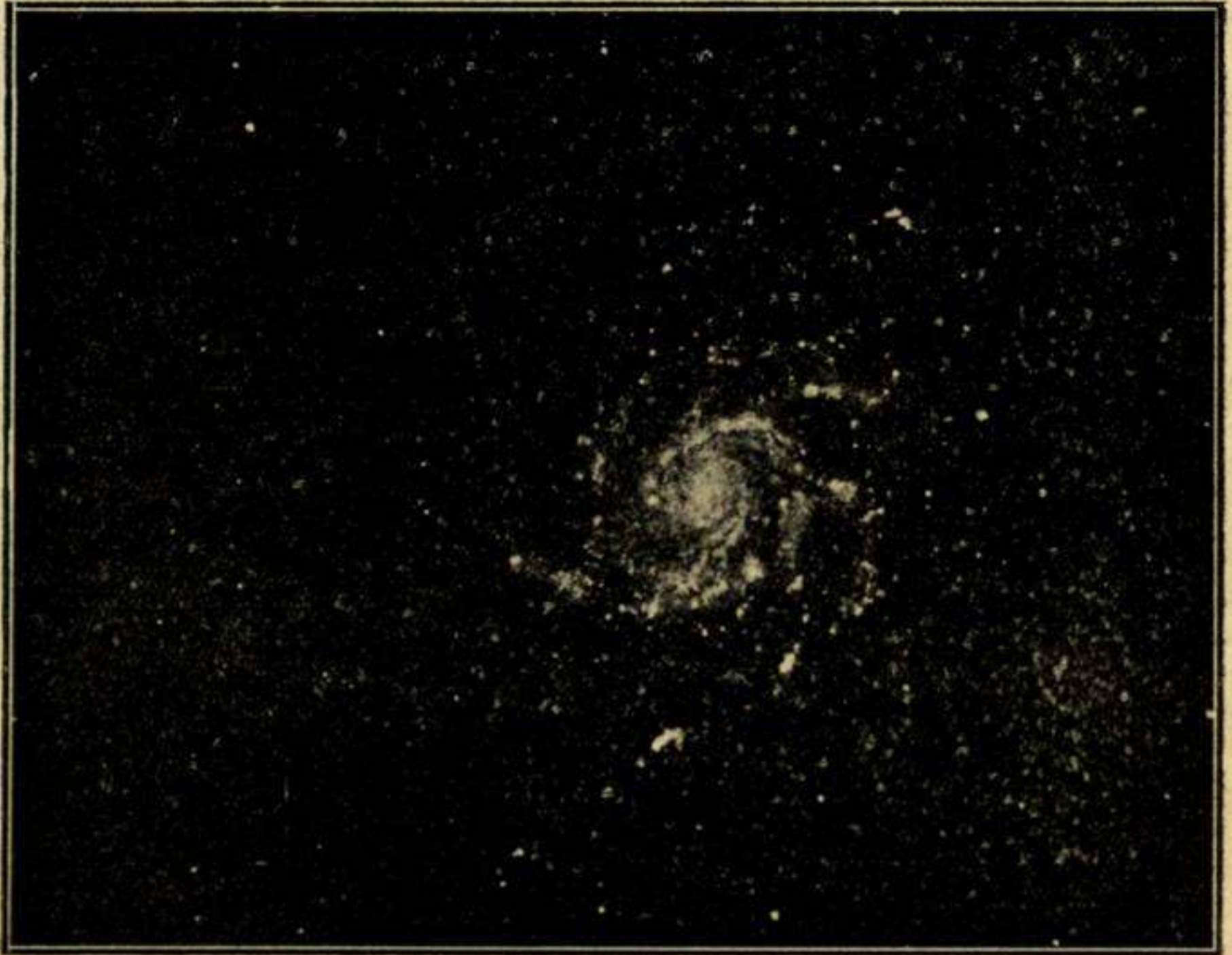


Fig. 202.—Actual nebulosa en espiral de la *Osa Mayor*, en la que se piensa al estudiar la nebulosa de donde salió la tierra.

palabras de Moisés: «y la tierra se hallaba informe y vacía o impalpable; y las tinieblas cubrían la superficie de los abismos». Esos abismos son las inmensas extensiones que debía ocupar en sus comienzos la nebulosa, debido al sumo grado de enrarecimiento en que se encontraba.

**406.** «Y el espíritu de Dios se movía sobre las aguas», continúa el escritor sagrado. Aquella nebulosa, al principio fría y sin luz, empezó a moverse, ya por un primer impulso dado por el Criador, ya por las fuerzas atractivas impresas en la materia. Ligonés cree explicar suficientemente el primer movimiento de la materia nebular con solas las fuerzas atractivas de la materia. Pero sea lo que quiera, toda aquella masa informe y difusa empezó poco a poco a ponerse en movimiento rotatorio alrededor de su centro, en virtud de las fuerzas que Dios imprimió en la materia. Ese movimiento de la nebulosa está admirablemente declarado por aquellas palabras «y el espíritu de Dios se movía sobre las aguas» entendiéndolo aquí por aguas toda aquella materia difusa, flúida y sumamente movediza, de que fueron después formados los mundos, según interpreta San Agustín.

## DIA 1.º—CREACION DE LA LUZ

**407. «Fiat lux».** —«Y dijo Dios; hágase la luz; y la luz fué hecha. Y vió Dios que la luz era buena, e hizo separación entre la luz y las tinieblas. Y llamó Dios a la luz día y a las tinieblas noche. Y con tarde y mañana se hizo un día». v. 3-5.

Como dijimos arriba, la nebulosa, según las concepciones modernas, antes de condensarse y adquirir un movimiento bastante rápido, se hallaba fría y sin luz; pero poco a poco, en virtud de la creciente condensación y de los frecuentes choques entre sus partículas, empezó a elevarse progresivamente la temperatura, hasta el punto de ponerse incandescente y brillante. Tal parece ser el estado de muchas nebulosas, que se observan actualmente en las inmensidades del espacio. Pues bien, a ese momento en que la temperatura de la nebulosa solar se elevó hasta ponerse incandescente, cuadra perfectamente aquel «fiat lux», intimación del Criador del universo.

**Objeción.** —Algún tiempo se criticó a Moisés porque habló de la luz antes de haber hecho mención del sol, luna y estrellas, porque no se conocía otro origen o foco de luz en los espacios del firmamento. Cuando Simón Marius en 1612 descubrió las nebulosas, se desvaneció ese reparo y se pudo admirar la exactitud del historiador sagrado. «Esta luminosidad fosforescente sin sol central, dice Marius, ha llamado la atención de los sabios de esta época; ¿no había hablado Moisés en el Génesis de la creación de la luz antes del sol? Los nuevos descubrimientos han venido a darle la razón». Y el mismo Laplace, que blasonaba de incrédulo, se vió obligado a confesar: «Estas nebulosas responden plenamente a la dificultad que muchos habían levantado contra la descripción que Moisés hace de la creación, diciendo que es imposible luz sin sol».

**408. «Y separó la luz de las tinieblas».** — Cuando la tierra formaba parte de la nebulosa solar, su masa brillaba también como una parte de ella, con luz propia; la luz que poseía era continua, sin las alternativas de días y noches, puesto que ella brillaba como astro luciente. Pero siguiendo la nebulosa su marcha en la elevación y condensación de su materia, ésta se fué condensando en anillos; y éstos a su vez en globos planetarios. También nuestra tierra fué formada de un anillo, que se condensó para formar este nuestro globo. Aun después de reunirse sus partículas, para formar este nuestro planeta, siguió algún tiempo con luz propia como estrella brillante (fase brillante), hasta que la condensación llegó a su apogeo y por consiguiente cesó la principal causa de la elevación de la temperatura. Irradiando calor a los espacios, se fué enfriando su masa, hasta formarse la primera costra sólida; entonces dejó de ser astro brillante y comenzó a ser astro apagado:

es el comienzo de los tiempos *geológicos*. Desde este momento la superficie de la tierra sólo era iluminada por la luz recibida de la masa central de la nebulosa, todavía en vías de condensación y que había de constituir el futuro sol. Con esto comenzó en la superficie terrestre la sucesión del día y de la noche, producida como sabemos por el movimiento rotatorio terrestre, que va exponiendo sucesivamente al sol cada uno de sus hemisferios meridianos. Este fenómeno está expresamente indicado por Moisés en aquellas concisas palabras: «Y vió Dios que la luz era buena y la separó de las tinieblas y llamó a la luz día y a las tinieblas noche. Y se hizo de la tarde y de la mañana el día primero».

Esta separación de la luz y de las tinieblas se refiere al comienzo de los días y de las noches; si bien al principio no era tan marcada como ahora esa diferencia, debido al gran diámetro de la masa solar, todavía en vías de condensación, y a la gran refracción de la atmósfera terrestre, densa y cargada entonces de muchos gases y vapores; todo lo cual hacía que el crepúsculo fuese de larga duración, hasta casi tocarse el vespertino con el de la mañana. Esa distinción de días y noches se fué acentuando poco a poco a medida que la masa central o solar se fué condensando y al irse purificando más y más la atmósfera terrestre.

**409. Duración del día primero.**—Según esto tenemos que el primer día de Moisés abarca desde que empezó a brillar la nebulosa solar, hasta que se formó la primera costra sólida de la tierra; o sea el estadio *cosmogónico* de nuestro globo. Y en esa descripción del historiador sagrado no hay nada, como se ve, que no encaje perfectamente en las teorías cosmogónicas modernas; y aun podríamos decir que es un bellísimo compendio de la teoría nebular, hoy tan en boga entre los sabios.

#### DIA 2.º—FORMACION DEL FIRMAMENTO

**410. «Fiat firmamentum in medio aquarum»...**—«Dijo también Dios: Hágase firmamento en medio de las aguas, que establezca separación entre aguas y aguas. Y Dios hizo el firmamento, el cual puso separación entre las aguas que estaban debajo y las que estaban encima del firmamento; y así se hizo. Y llamó al firmamento cielo; y se hizo de la tarde y de la mañana el día segundo». v. 6-8.

Esta es la letra de la narración mosaica del día segundo. Veamos qué interpretación geológica puede dársele.

Al comenzar los tiempos geológicos con la formación de la primera costra sólida, debido a la elevada temperatura que todavía reinaba en la superficie terrestre, toda el agua de ella se hallaba en estado de vapor en la atmósfera. Al ir enfriándose paulatinamente, cuando llegó al punto crítico de la condensación del vapor



de agua, que es 360° para una presión de 94 atmósferas (presión crítica), debieron precipitarse sobre la costra solidificada enormes diluvios de agua que cubrieron casi toda la superficie terrestre y formaron los primeros mares u océanos.

De modo que según las concepciones modernas, el agua antes estaba toda en la atmósfera en estado de vapor; se condensó parcialmente, al descender suficientemente la temperatura; y parte de ella quedó en estado gaseiforme, formando las nubes y vapor acuoso atmosférico; y otra parte, la mayor sin duda, quedó en forma líquida, constituyendo los mares. Y entre ambas aguas se estableció un espacio divisorio, que la Vulgata traduce firmamento, pero en la palabra original hebrea *rakià*, significa espacio o extensión o expansión.

Esa separación no se hizo toda de un golpe, sino que la condensación se fué verificando conforme se iba enfriando la atmósfera y la superficie terrestre. Si bien es verdad que al llegar el vapor de agua a su temperatura y presión crítica de liquidación, se debió verificar con mucha rapidez la condensación de gran masa de agua, produciendo diluvios gigantescos que formaron bien pronto los primeros mares.

### DIA 3.º

#### 1.ª PARTE.—FORMACION DE MARES Y CONTINENTES

**411. «Et appareat arida».** — «Y dijo Dios: reúnanse las aguas de debajo de los cielos en un lugar, y déjese ver la seca (tierra) y así se hizo. Y llamó Dios a la seca, *Tierra*; y a la reunión de las aguas llamó *Mares*. Y vió Dios que era cosa buena». v. 9-10.

En esta primera parte del día tercero se describe la formación de la tierra firme o de los continentes. Supone Moisés que antes de constituirse los continentes, un mar universal cubría casi toda la superficie terrestre; pero luego, obedeciendo al mandato del Señor, se levantan las montañas y las masas continentales, que permanecen en seco; y las aguas se recogen a las hoyas o partes bajas, quedando así separadas las dos porciones, la marítima y la continental.

**412. Explicación geológica.**—¿Y qué dice la Geología acerca de este fenómeno señalado por el historiador sagrado? Dos hechos fundamentales señala la Geología respecto a la formación de las montañas y de la masa continental. En primer lugar todos los terrenos que se conocen del cámbrico y silúrico son de facies marinas; sólo en el devónico empiezan a encontrarse formaciones continentales, que se desarrollaron mucho en el período antracólitico. No quiere decir esto que en realidad antes del devónico no se formaran terrenos de facies continental, pero si en realidad se

formaron, no debieron ser de gran consideración, cuando ninguno se ha conservado, habiéndose conservado terrenos de varios miles de metros de espesor de sedimentación marina. Por consiguiente bien se puede afirmar que al principio de la era Primaria, los mares cubrían casi toda la superficie de nuestro globo; había un mar universal, la *pantalosa* del célebre geólogo austríaco E. Suess. Exactamente como lo supone Moisés antes del tercer día.

Además, por los documentos que nos proporciona la Geología, sabemos que la masa continental se ha ido formando paulatinamente con el levantamiento sucesivo de varias series de montañas.

Prescindamos ahora de los terrenos estrato-cristalinos del árcqueo, que están extraordinariamente plegados y cuyos pliegues tal vez fueron los primeros que se formaron en la primera costra sólida, muy flexible y movediza en sus principios y por lo mismo muy fácilmente plegable. Prescindiendo, pues, de los pliegues del árcqueo, cuyas capas constituyen como una corona al rededor del círculo polar ártico, llamada banda paleártica, los primeros pliegues verdaderamente montañosos son los pliegues que tuvieron lugar en el período algonkiense, y que se hallan apoyados por el lado sur sobre la banda paleártica. Con estos pliegues ya se ensanchó un poco hacia el sur la banda paleártica, y fué el primer esbozo del continente Nord-atlántico, que tanta importancia había de tener, a partir de los tiempos carboníferos. Ese continente se ensanchó todavía un poco más hacia mediados del silúrico con la cadena caledónica y mucho más en el carbonífero con la cadena hercínica. A partir de esta fecha ya se encuentran bastante marcados y limitados dos continentes, el Nord-atlántico y el ecuatorial, separados por el gran mediterráneo *central* o *mesogea*. Y por fin, hacia mediados de la era Terciaria (época oligocena y miocena), tuvo lugar el último plegamiento y formación de montañas, que registra la Geología, con el levantamiento de los Pirineos, Alpes, Himalaya, Andes, etc. y quedó así constituido el relieve actual y la actual distribución de tierras y mares. Como se ve, los continentes no tuvieron realmente gran importancia hasta partir del período antracolíptico; pues antes apenas se encuentran manifestaciones continentales, si no son tal vez algunas señales de glaciario en ciertos conglomerados algonkienses del Canadá, y Cambrienses de China y Australia; señales que todavía son susceptibles de discusión. Pero en todo caso, el predominio casi absoluto de los mares durante los primeros períodos de la era Primaria, es hoy un hecho indiscutible. Véase el esquema: desarrollo continental (pág. 256). Ni más ni menos como lo da a entender Moisés en la descripción de las obras del tercer día.

## SEGUNDA PARTE DEL DIA 3.º—LAS PLANTAS

**413. Creación de las plantas.**—No cierra Moisés el día tercero con la formación de la *seca* o continentes y su separación del elemento líquido; añade además la creación de las plantas; tal vez para no dejar imperfecta la obra del tercer día; pues los continentes sin vegetación son de apariencia triste y melancólica; y así añade:

«Y dijo Dios: brote la tierra gérmenes, hierbas que produzcan semilla según su propia especie; árboles que den fruto donde esté contenida la semilla según su propia especie, y así se hizo. Y brotó la tierra hierbas que producen semilla según su propia especie; y árboles que dan fruto donde está contenida la semilla según su propia especie; y vió Dios que era cosa buena. Y con esta tarde y mañana se hizo el día tercero». Gén. 1, 11-13.

Como se ve, en esta segunda parte del día tercero describe Moisés la creación de las plantas, que distribuye en dos grandes grupos; hierbas y árboles; y de todas ellas dice que producen germen según su propia especie, lo cual está en todo conforme con los conocimientos de la Biología actual, según la cual todas las plantas tienen facultad de reproducirse, aunque en el modo varían bastante según los grupos o categorías.

**414. Aparente contradicción con la Geología.**—Veamos ahora qué nos dice la Geología respecto a la aparición de las plantas en nuestro planeta.

Los primeros restos de plantas bien determinables se encuentran en terrenos cámbricos; son algas marinas, parecidas muchas de ellas a las *nostocáceas* actuales. En el silúrico también se encuentran numerosas algas marinas. Llama un poco la atención el que se encuentren animales en el cámbrico inferior en tanta abundancia, y hasta en el algonkiense, aunque en estado indeterminable; y las plantas más antiguas se encuentren en terrenos del cámbrico medio.

Es decir que geológicamente hablando los animales son más antiguos que las plantas; y sin embargo Moisés pone la creación de los primeros animales en el día quinto, y la de las plantas en el tercero; parece que la narración mosaica no está conforme con la realidad geológica.

Esta es una de las razones, por las cuales muchos autores católicos niegan orden objetivo en la narración de Moisés, y le atribuyen sólo orden ideal o sistemático, sin tener en cuenta la cronología, que marcan los hechos geológicos.

Pero la dificultad se desvanece fácilmente, teniendo en cuenta que aunque no se encuentran restos de plantas en los terrenos anteriores al cámbrico medio, es razonable creer que existieron y que sus restos no se han conservado por ser de organización muy blanda y sencilla. Y que realmente existieron plantas desde los comienzos de

la vida, aparece con toda claridad, si se tiene en cuenta que es imposible la vida animal al menos como actualmente la conocemos, sin el concurso de la vida vegetal; pues es bien sabido que las plantas, por medio de la clorofila son las que organizan la materia mineral.

Por otra parte, las plantas encontraron primero condiciones biológicas para su existencia; pues necesitan menos requisitos por su organización más sencilla y mayor dominio del medio ambiente; pues, como dijimos, tienen poder y dominio sobre la materia mineral, para convertirla en orgánica.

Para mayor abundamiento podemos añadir que muchos de los animales antesilúricos, tal vez la mayor parte, eran herbívoros, como aparece por el estudio de sus fósiles. Así por ejemplo, entre los gastrópodos ctenobranquios, casi los únicos que se encuentran en el cámbrico son del grupo *holóstomos* o sea de boca sin tubo o sifón; y esos, como sabemos, se alimentan de plantas. Todos los ciclobranquios son herbívoros y se encuentran bastante abundantes en el cámbrico. De la misma manera los braquiópodos inarticulados tienen un intestino largo de herbívoros; y se alimentan en gran parte de algas diatomáceas. De éstos se encuentran numerosos en el cámbrico inferior como la *Lingula* y *Lingulella*, que se han conservado con pequeñas variantes hasta nuestros días.

Algunos consideran también como de origen vegetal ciertos yacimientos de *antracita* y *shungita*, hallados en terrenos algonkieneses de Finlandia. Por consiguiente la existencia de plantas desde el comienzo de la vida está fuera de toda discusión; y no habrá geólogo alguno que en esto muestre la menor incertidumbre. Y si no fueron producidas antes de los animales, como parece muy verosímil, por lo menos las primeras plantas fueron criadas al mismo tiempo que éstos.

Por todo esto aparece claro, cómo no hay en este punto nada de inverosímil en la narración mosaica, ni contrario a las afirmaciones de los geólogos; antes se ve en ella un orden verdaderamente racional y muy conforme con la realidad de las cosas.

#### 415. Desarrollo de la flora en la superficie terrestre.—

Desvanecido este reparo, fácil es ya seguir la marcha del desarrollo de las plantas en la superficie terrestre.

En el período devónico se encuentran las primeras *criptógamas* vasculares, *helechos*, *licopodíneas* y *equisetíneas*; aunque todavía no con mucha abundancia. Sigue luego el período antracolíptico, que es uno de los más importantes en la historia de las plantas, por el gran desarrollo que adquirieron sobre todo algunos grupos de ellas.

En ese período alcanzaron su apogeo las *criptógamas* vasculares, y aparecieron las primeras *gimnospermas*, que se desarrollaron también considerablemente. En conjunto la flora del período carbonífero es la flora de mayor intensidad, sin duda, que ha existido en toda la historia de la tierra. No digo que entonces existió mayor número de especies y más variedad de tipos de organización; pues faltaba todo

el grupo de las angiospermas; pero en intensidad es la vegetación más exuberante que ha existido, como aparece indicado en el cuadro de la página 256.

Para convencerse de ello no hay más que tener en cuenta los innumerables filones de hulla o carbón de piedra, que se formaron durante ese período, para cuya formación se requiere una inmensa cantidad de plantas. Y como restos de esas plantas, además del carbón, se encuentran muchísimos troncos, ramas, hojas, esporas, etc., en tan grande abundancia, que supone una vegetación extraordinariamente potente y vigorosa.

Al empezar el período triásico, primero de la era Secundaria, el reino de las criptógamas decae tan notablemente, que apenas es sombra de lo que había sido en el período anterior o antracólico. En cambio las gimnospermas adquirieron algunos nuevos géneros. Esta misma marcha siguió la vida vegetal durante el período jurásico, hasta que en los albores del cretáceo, último de la era Secundaria, sobreviene una fase importantísima en la historia de las plantas, y es la aparición repentina de las angiospermas, el grupo más elevado de los vegetales. Aparecen ya desde el principio diferenciadas las *mono-* y *dicotiledóneas* con numerosos géneros y especies, y se fueron aumentando notablemente durante el cretáceo, con la particularidad de que muchas especies eran de hoja caduca, indicando distinción de estaciones.

Durante la era Terciaria siguió aumentando el número de plantas angiospermas, hasta que, al empezar la era Cuaternaria, ya quedó definitivamente la flora que tenemos actualmente; si bien en cuanto a su distribución geográfica algunas vicisitudes sufrió, que ahora no nos interesan.

**416. Coordinación de flora y fauna.**— Como vemos, la aparición de las plantas se fué verificando paulatinamente durante todos los períodos geológicos; y muchas de ellas, y las más importantes, aparecieron después de haber existido y desaparecido numerosos animales. Sin embargo, Moisés pone la creación de todas las plantas antes que la de ningún animal, debido al orden sistemático de clasificación que adoptó en su narración; lo cual es una prueba más de que los días no están completamente separados entre sí, sino que se compenetran muchas veces las obras de días diferentes. Pero en todo caso, dado su plan, es mucho más lógico el haber puesto la formación de las plantas antes que la de los animales, como largamente queda demostrado.

Otro de los reparos y dificultades no pequeñas, con que se ha pretendido poner la narración mosaica en desacuerdo con la ciencia, es el haber contado la creación de las plantas en el tercer día, poniendo en el cuarto la creación del sol, sin cuya influencia parece imposible toda vegetación. Pero este reparo se desvanecerá mejor, al estudiar las obras descritas en el cuarto día genesiaco.



## DIA 4.º—FORMACION DEL SOL, LUNA Y ESTRELLAS

**417. «Fiant luminaria in firmamento caeli». Controversias.**

—«Y dijo Dios: haya lumbreras en el firmamento de los cielos, para separar el día de la noche, y sirvan para señalar los tiempos, los días y los años; y hagan oficio de lumbreras en el firmamento de los cielos y para iluminar la tierra; y así se hizo. E hizo Dios las dos grandes lumbreras; la lumbrera mayor, para presidir el día; y la lumbrera menor, para presidir la noche, y las estrellas. Y púsolas Dios en el firmamento de los cielos, para esparcir luz sobre la tierra, y para tener soberanía sobre el día y sobre la noche, y para poner separación entre la luz y las tinieblas. Y vió Dios que era cosa buena. Y fué tarde y fué mañana día cuarto». v. 14-19.

La obra de este día cuarto es la que más controversias ha suscitado entre la crítica heterodoxa y aun ortodoxa. Por no entender cómo podía concordarse con los hechos geológicos, muchos exegetas católicos han visto en esta narración un argumento poderoso, para afirmar que Moisés no sigue un orden objetivo o cronológico, sino más bien ideal o subjetivo. Vamos a exponer sencillamente lo que dice la Geología respecto a la formación del sol y su primera aparición permanente en la superficie terrestre, para deducir en conclusión lo acertadamente que obró Moisés, al poner la formación del sol, luna y estrellas y su aparición en la tierra, en este orden cronológico, en que lo puso.

**418. Explicación geológica.**—Es común sentir de los geólogos y suficientemente comprobado por los fenómenos geológicos, que durante el transcurso de la era Primaria no se encuentran indicios de la acción directa del sol sobre la superficie terrestre. No aparece en este tiempo distinción de zonas climatéricas ni de estaciones, sino una temperatura uniforme en todas las latitudes, como lo atestigua la distribución geográfica de plantas y animales durante la era Primaria. Ese hecho es comúnmente llamado *fenómeno paleotermal*, sobre el cual ya se habló largamente, al describir la era Primaria (333).

**419. Purificación de la atmósfera.**—La causa de ese fenómeno, por lo menos en parte, parece ser el que la atmósfera se hallaba tan cargada de gases y vapores, que impedía la llegada de los rayos directos del sol a la tierra. Por lo menos la flora del carbonífero, tan abundante en criptógamas vasculares, indica una gran cantidad de humedad atmosférica, que formaría sin duda densos nubarrones, los cuales hacían que el sol, la luna y las estrellas no pudieran ser vistos desde nuestro globo.

Pero a medida de que iban condensándose los vapores acuosos y combinándose los gases de la atmósfera con los cuerpos de la su-

perficie terrestre, empezó esa atmósfera a ser progresivamente menos densa. Sin duda que la exuberante flora carbonífera contribuyó no poco a la purificación de la atmósfera, librándola de gran cantidad de vapor de agua y de anhídrido carbónico, de cuyos materiales, por lo menos en gran parte, se compone la hulla, que en tan gran cantidad se encuentra en los terrenos de ese período.

Por esa disminución de vapor atmosférico, ya pudo en el período triásico verificarse una evaporación suficientemente rápida, para que se formasen depósitos de sal, yeso, etc., por precipitación química; depósitos abundantes en los terrenos triásicos. Y avanzando más la purificación, se empiezan a notar en el jurásico indicios de zonas climatéricas con retirarse de las regiones polares los corales constructores. También se notan indicios de estaciones por las capas concéntricas de crecimiento, que presentan las coníferas de este período. Ahora bien, ese primer esbozo de zonas climatéricas y de estaciones indica que el sol iba ya rompiendo en parte los nubarrones y con su mayor o menor oblicuidad empezaba a deslindar los climas y estaciones (349).

**420. Climas y estaciones.**—Pero en el período cretáceo es donde se presenta ya más patente la acción directa del sol en la superficie terrestre, acentuando más y más la diferenciación de climas y estaciones. En efecto, los animales calcáreos constructores siguen su avance hacia la región ecuatorial, las capas de crecimiento de las coníferas se acentúan más; y sobre todo, la presencia de plantas dicotiledóneas, muchas de ellas de hoja caduca, son argumento cierto de la acción permanente de los rayos directos del sol, beneficiando con su influjo la flora cretácea. Por consiguiente, bien puede decirse que en el período cretáceo se dejó ver el sol de una manera permanente, lo mismo que la luna y las estrellas.

Esta misma marcha de diferenciación de climas y estaciones siguió durante la era Terciaria, como ya dijimos en su lugar, hasta que, al comenzar la era Cuaternaria, quedó establecido un régimen climatérico semejante al actual, aunque tuvo algunas notables vicisitudes en la sucesión de las fases glaciares.

Estos son los documentos que nos presenta la Geología respecto a la influencia y aparición del sol en la superficie terrestre, y consiguientemente a la aparición de la luna y de las estrellas.

**421. Narración de Moisés.**—Volvamos ahora a la narración mosaica.

Parece verdaderamente maravilloso el que Moisés haya puesto la formación del sol, luna y estrellas en el cuarto día, cuando ya en el primer día nos había hablado de la separación entre la luz y las tinieblas, o sea de la formación o sucesión de los días y de las noches; la cual sucesión de días y noches supone ya formado el sol, pues su luz, que va iluminando sucesivamente las distintas zonas terrestres, es la que va produciendo esa sucesión. Y este nos parece un

argumento bastante fuerte, para desechar la opinión de aquellos que suponen en Moisés un orden meramente ideal o subjetivo, que algunos llaman lógico; pues nos parece bien poco lógico el que Moisés incurriera en esa, que parece extravagancia y hasta ridiculez o indicio de muy poco ingenio, exponiéndose así a la risa y mofa del pueblo; en poner, digo, la formación del día y de la noche en el día primero, y la del sol en el día cuarto. Todo esto parece poco lógico, si no se supone más que un orden subjetivo o ideal sin relación con alguna realidad objetiva o cronológica.

Pero mirando lo que nos dice la Geología respecto a la aparición directa del sol y su influencia en la superficie terrestre, lejos de parecer extravagante e ilógica, la narración genesíaca aparece admirablemente sublime, e indica evidentemente que esa noticia tan exacta del orden de los acontecimientos geológicos no la pudo tener Moisés en su tiempo, si no es por inspiración o revelación del Criador.

En efecto, supuesto lo que nos dice la Geología, durante la era Primaria el sol no dejaba sentir sus efectos directos sobre la tierra, debido a la espesa atmósfera que le ocultaba. Y aunque es verdad que desde que se formó la primera costra sólida en la tierra, ya daba origen al día y a la noche, pero esa separación del día y noche era entonces, como queda dicho arriba, mucho menos manifiesta, por la gran duración de los crepúsculos. Por otra parte, no se notaba esa diferencia de climas y estaciones, porque la luz y calor se difundía por todas las regiones a través de la espesa atmósfera; de ahí que no pudiese conocerse directamente desde la tierra, cuándo su altura meridiana era mayor o menor, ni qué posición ocupaba en la esfera celeste; y por eso no podía servir para señalar diferencia de tiempo. Lo mismo se diga, y con más razón, de la luna y las estrellas.

Por otra parte, Moisés en las obras del cuarto día no dice que crió, sino que *haya* o *existan* luces en el firmamento, para señalar los tiempos; y para ese fin formó o fabricó las lumbreras del cielo, cuya fabricación quedó acabada en este cuarto día, para poder empezar a desempeñar sus oficios de señalar los tiempos, los días y los años. Todo esto está muy conforme con lo que nos dice la ciencia; pues la formación o condensación del sol se fué verificando paulatinamente y aumentando así su poder emisor de luz y calor hasta un máximo, después del cual empezó a disminuir la velocidad de condensación, y por lo mismo de la producción de calor; y ese máximo pudo ser el acabamiento o perfeccionamiento de la formación del sol.

Hoy el sol parece tener unos 6.000° de calor y se cree que pasó por un máximo de 9.000°. De modo que el sol no se formó de un golpe, sino que su evolución y condensación desde la masa nebular, ha durado largos períodos de tiempo; y así es muy natural que, al describir su formación, se fije un momento en que ya se encuentra bien perfeccionado y acabado y en que empieza a desempeñar el



oficio, que el Criador le señaló. Y ese momento ninguno mejor que el señalado por Moisés, cuando empezó a ejercer su influencia directa sobre la superficie terrestre, y a desempeñar los oficios para que había sido formado. Ese momento en la historia de la tierra, según los documentos geológicos, se puede colocar muy bien hacia los fines del período jurásico y principios del cretáceo, en que su influencia directa en la flora y fauna aparece más eficaz y manifiesta; y en que aparece y se acentúa la diferenciación de climas y estaciones; y por eso desde entonces, y no antes, pudo servir, lo mismo que la luna y las estrellas, para señalar los tiempos, los días y los años. (Véase el esquema: purificación atmosférica. Página 256).

**422. Aparición de las plantas antes que el sol.**— Resta responder a otra dificultad o reparo que algunos ponen contra la narración de Moisés; dificultad que se mencionó, al describir las obras del tercer día, pero cuya solución quedó aplazada para este lugar, y ahora, después de lo que acabamos de decir, se presenta más fácil y natural.

He aquí el reparo. Moisés cuenta la producción de las plantas en el tercer día; y la formación del sol en el cuarto; ahora bien, el sol parece necesario para la vegetación de las plantas; por consiguiente Moisés pone un orden inverosímil y contrario a la realidad de las cosas. Por esta razón muchos autores han creído ver en la narración mosaica un orden meramente ideal, no objetivo o cronológico; de una manera semejante a lo que se dijo, tratándose de la formación del sol y separación de días y noches.

La solución es fácil y sencilla, después de lo dicho en el día tercero acerca de la producción y aparición de las plantas, y de lo que queda expuesto sobre la aparición directa del sol en la superficie terrestre. Ya dijimos que en la historia de las plantas el período antracolíptico es de una importancia extraordinaria. Su vegetación fué la más intensa, que se ha visto en la tierra; es un punto culminante en el desarrollo de las plantas. Siendo así, pudo muy bien Moisés escoger ese punto o momento para señalar la obra de la producción de las plantas. Ahora bien, ese momento tuvo lugar bastante antes de la aparición directa y permanente del sol en la tierra, que empezó, como dijimos antes, a fines del período jurásico, y principios del cretáceo. Y para la flora antracolíptica, que se componía en su mayor parte de criptógamas vasculares, con algunas gimnospermas, bastaba la luz difusa del sol a través de la espesa atmósfera.

Verdad es que en el antracolíptico no existía todavía el grupo más importante de vegetales, las *Angiospermas*, al cual parecen referirse principalmente las plantas, cuya producción menciona Moisés; y así pudo relatar la creación de las plantas, o bien antes de la aparición del sol, tomando por fundamento la flora antracolíptica; o bien, después de la aparición del astro rey, cuando empe-

zaron a desarrollarse las plantas Angiospermas. Moisés optó por lo primero; y no le faltaron razones geológicas para ello; pues siempre es verdad lo dicho anteriormente, que la flora carbonífera es un hecho culminante en el desarrollo geológico de las plantas; y por eso puede tomarse como punto de partida de su historia. Y como Moisés, según su orden elegido, debía poner en un mismo día la producción de todas las plantas, nada extraño es que, tomando ese punto de partida, muy racional y objetivo, ponga en ese mismo día tercero la formación de las plantas que se desarrollaron más tarde, aun después de la aparición del sol. No olvidemos lo que se dijo al principio, a saber, que los días no están completamente separados, sino que muchas veces sus obras se compenetran; pero el orden de colocación siempre está fundado en alguna razón objetiva geológica, como queda largamente explicado.

#### DIA 5.º—CREACION DE LOS PECES Y DE LAS AVES

**423. Animales acuáticos y aéreos.**—«Y dijo Dios: pululen en las aguas reptadores de alma viviente, y vuelen volátiles sobre la tierra por el firmamento de los cielos. Y crió Dios los grandes monstruos de cuerpo prolongado, y toda clase de vivientes reptadores, que bullen en las aguas, según sus especies; y todos los volátiles alados según sus especies; y vió Dios que era cosa buena. Y bendíjolos Dios, diciendo: creced y multiplicaos y llenad las aguas en los mares, y multiplíquense las aves en la tierra. Y fué tarde y fué mañana día quinto.» v. 20-23.

En los días quinto y sexto describe Moisés la creación de los animales. Para esa descripción divide a los animales en tres grupos, según el medio en que viven; animales *acuáticos*, *aéreos* y *terrestres*; en este quinto día señala la producción de los acuáticos y aéreos, dejando para el día sexto la creación de los animales terrestres, juntamente con la del hombre.

Describe, pues, Moisés en este día quinto la formación de los animales que viven en el agua, y de los volátiles que vuelan por los aires; y entre los primeros hace mención expresa de los animales grandes o monstruos de cuerpo alargado, que nadasen por las aguas.

**424. Correspondencia de la narración mosaica con la Geología.**—Veamos ahora la correspondencia en Geología.

Los primeros animales, o los más antiguos, que se conocen del cámbrico, o tal vez del algonkiense, son marinos. Por eso Moisés, con mucho acierto, empieza la formación de los animales, por los animales marinos. Y bajo este nombre sin duda, comprende todos los animales moradores del líquido elemento; moluscos, crustáceos, etcétera, pero en particular se refiere a los más conocidos de los hombres, como son los peces y los reptiles.

Cabe ahora preguntar: ¿Cómo Moisés pone la creación de los animales en el día quinto y la de las plantas en el día tercero, siendo

así que según los datos de la ciencia debieron aparecer simultáneamente? A esta cuestión ya queda respondido con lo dicho, al hablar de la producción de las plantas. En primer lugar dado el orden sistemático escogido por Moisés, con razón puso la creación de las plantas antes que la de los animales, como queda declarado arriba; pues las plantas son las primeras en orden a sencillez de organización y en orden a la facultad de organizar la materia. Por otra parte, también hubo razones, para poner la creación de las plantas antes del día cuarto, según se dijo al describir las obras de ese día.

En cambio, aunque los animales marinos existieron ya desde los primeros tiempos bióticos, hay razones geológicas muy poderosas, para describir su creación después de las obras del día cuarto. Es verdad que antes de comenzarse a sentir en la tierra la influencia de los rayos directos del sol, innumerables vivientes poblaron las aguas de los tiempos paleozóicos. Basta mencionar los trilobites, que tanto se desarrollaron en especies e individuos durante los períodos cámbrico y silúrico. Lo mismo se diga de los espongiarios, corales y moluscos. Y hasta se presenta abundancia de peces ya en el período devónico y antracolíptico. Sin embargo, el orden que pone Moisés en su narración examérica es el más propio y razonable, si atendemos a los datos que nos presenta la Geología.

En efecto; sin duda que los vivientes acuáticos más importantes a que alude Moisés, son los peces propiamente dichos; pues son los habitantes más característicos de los mares y los más conocidos de los hombres. Pues bien, el grupo de los peces Teleósteos, al cual pertenecen casi la totalidad de los peces actualmente vivientes, y que son los más útiles al hombre y los más vulgarmente conocidos, aparecieron en el período triásico, cuando, como hemos dicho empezaba a alborear la diferenciación de climas y estaciones o sea la aparición permanente del sol en la superficie terrestre, que corresponde según queda expuesto atrás, al comienzo del día cuarto. Pero aunque empezaron los Teleósteos en el triásico, no se desarrollaron de una manera notable hasta entrado el período cretáceo, en que realmente se expansionaron de una manera prodigiosa, cuando ya se había dejado sentir la influencia del sol en la tierra; o sea, bien entrado ya el día cuarto. Por consiguiente puede muy bien considerarse esa expansión de los peces Teleósteos como punto culminante en su historia geológica; y por lo tanto, elegirse ese punto para señalar su producción. Y ese punto, como acabamos de decir, tuvo lugar después de haberse verificado la producción de las obras del día cuarto.

Además, refiriéndonos a los animales acuáticos de grandes tamaños y formas alargadas, parece que están señalados con el dedo aquellos reptiles gigantescos marinos, que vivieron durante la era Secundaria en las orillas de los mares o en las desembocaduras de los grandes ríos; aquellos Ictiosauros, Plesiosauros, Teleosauros, etcétera, que en grande abundancia pululaban por los mares jurásicos y cretáceos, cuando ya habían empezado a dejarse sentir en las regiones polares las diferencias de estaciones.

Es más, los Amonites, esos Cefalópodos habitantes del piélago, se desarrollaron también de una manera extraordinaria en esos dos períodos, jurásico y cretáceo; y para mayor abundamiento los erizos del mar, habitantes típicos de los océanos, tuvieron un desarrollo prodigioso durante el cretáceo.

Por todas estas causas aparece bien claro, que el lugar señalado por Moisés para la producción de los animales acuáticos, está bien fundado en razones geológicas, y es el que realmente les corresponde con más propiedad en el orden elegido por el historiador sagrado.

**425. Coordinación de las obras del quinto día con las del sexto.**—Alguna más dificultad ofrece a primera vista el justificar la narración de Moisés, por lo que se refiere a los animales aéreos o volátiles, cuya producción describe también en este día quinto. Y esta dificultad proviene no solamente de las relaciones, que presentan las obras de este día quinto con las obras del día cuarto, como sucedía en lo relativo a los animales acuáticos, sino principalmente con las del día siguiente o sexto, por lo cual podía reservarse su relación para cuando tratásemos las obras de este último día; pero para dejar completa la descripción del día quinto, trataremos aquí de resolver esa dificultad o reparo.

Pone Moisés la creación de los volátiles en el día quinto, antes de la aparición de los reptiles terrestres y de los mamíferos, cuya producción se cuenta en el día sexto; ahora bien, según la Geología, al fin del período antracolíptico ya existieron reptiles terrestres, cuyos restos se encuentran en gran abundancia en terrenos pérmicos, y más todavía en triásicos; los primeros mamíferos conocidos se encuentran en las capas superiores del sistema triásico; y sin embargo, las primeras aves no se descubren sino en terrenos del jurásico superior; tenemos pues que, según la Geología, los reptiles terrestres y mamíferos son más antiguos que las aves; y, sin embargo, Moisés pone la creación de éstas antes que la de aquéllos. Aquí, pues, parece que la narración genésica está en contradicción con los documentos paleontológicos.

Examinemos un poco de cerca las cosas, antes de aventurar un juicio definitivo.

En primer lugar, el hecho de no encontrarse verdaderas aves antes de los tiempos jurásicos, puede provenir de que sus huesos son más fácilmente descomponibles, por ser más porosos; y por otra parte, dada su facultad de volar, es más difícil que mueran en sitios donde sus restos sean enterrados y así puedan ser fosilizados; lo más frecuentemente quedan al aire libre, donde fácilmente se descomponen y desaparecen.

Además, en ese lugar Moisés habla en general de los volátiles o voladores, o habitantes de los aires, no en sentido restringido a las aves, a ese grupo zoológico de vertebrados ovíparos de sangre caliente y con plumas, cual corresponde al grupo zoológico actual, lla-

mado Aves; sino en sentido más genérico habla de todos los vivientes aéreos, «et omne volatile», sean o no aves en sentido estricto; y así entran en el sentido señalado por Moisés no sólo las aves propiamente dichas, sino también innumerables insectos voladores, y aun podríamos añadir los numerosos reptiles voladores, que tan abundantes fueron durante la era Secundaria.

Ahora bien, tomadas así esas palabras en este significado general de animales alados o volátiles, se desarrollaron mucho antes que los reptiles terrestres y con más razón antes que los mamíferos. En efecto, ya en el devónico se encuentran insectos voladores, hemípteros y neurópteros; pero sobre todo en el carbonífero tuvieron gran expansión esos órdenes de insectos juntamente con los ortópteros, y durante ese período eran los habitantes de los aires, los equivalentes, diríamos, a las aves; sobre todo si se tiene en cuenta que algunos tenían unas dimensiones relativamente gigantes, cuales no las han vuelto a alcanzar después. Algunas especies (*Meganeura*) tenían hasta 75 centímetros de envergadura, o sea de punta a punta de las alas extendidas.

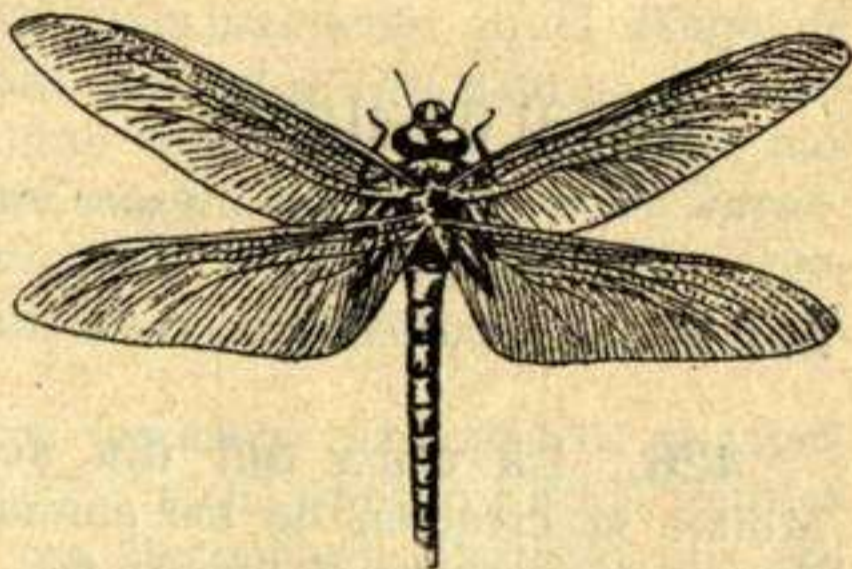
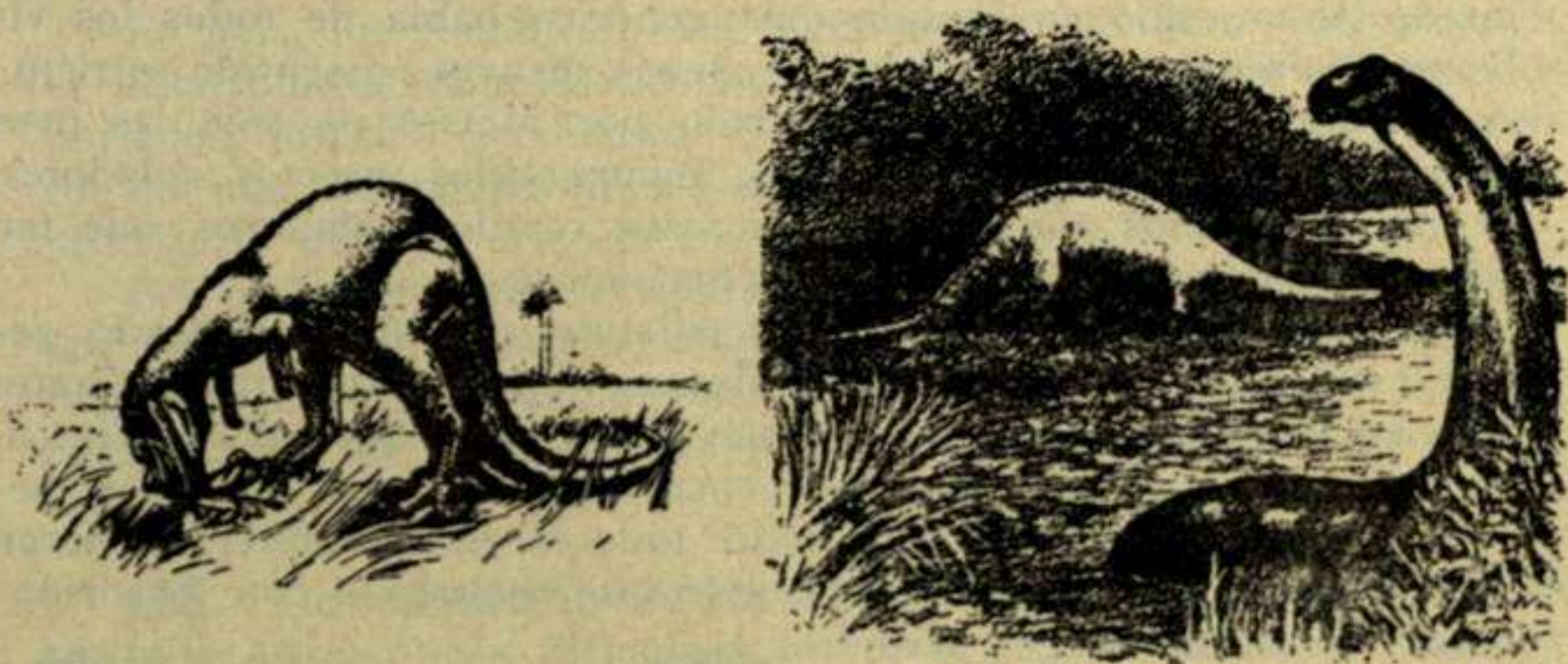


Fig. 203.—*Meganeura*, especie de libélula de 75 centímetros de envergadura.

Por todo lo dicho se ve que el lugar en que Moisés señala la producción de los animales voladores, es el más lógico y natural; pues los coloca después de los animales marinos y antes de los animales que andan por la tierra; y ese precisamente es el lugar que les corresponde en el orden de la paleontología estratigráfica, como queda bien evidenciado.

Y aunque hayan existido muchos insectos voladores antes de la purificación de la atmósfera y de la aparición del sol, o sea antes del cuarto día, con razón pone Moisés la creación de los volátiles el quinto día; pues su principal desarrollo tuvo evidentemente lugar después del período jurásico, en que, como dijimos, comienza a alborear el cuarto día del Génesis. En efecto, los insectos se desarrollaron bastante en ese mismo período jurásico, y sobre todo en los tiempos terciarios; y en estos mismos tuvo lugar el gran desarrollo de las aves. Pero en general los volátiles empezaron mucho antes que los animales terrestres, por lo cual hay fundamento geológico de gran importancia, para colocar la producción de aquéllos antes que la de estos últimos.



Cératosaurus.

Brontosaurus. (Cr.)

Figura 204. (Mazo)

DIA 6.<sup>o</sup>—CREACION DE LOS ANIMALES TERRESTRES Y DEL HOMBRE

**426. La obra del día sexto.**—En este sexto día refiere Moisés la creación de los animales terrestres y del hombre. Contiene, pues, según el historiador sagrado, dos partes: 1.<sup>a</sup>) la creación de los animales terrestres, y 2.<sup>a</sup>) la creación del hombre.

1.<sup>a</sup> PARTE.—CREACION DE LOS ANIMALES TERRESTRES

«Y dijo Dios: produzca la tierra almas vivientes, según sus especies, jumentos, reptiles, y bestias del campo según sus especies; y así se hizo. Y produjo Dios los vivientes de la tierra, según sus especies y los jumentos por sus especies y todos los reptiles de la tierra por sus especies; y vió Dios que era cosa buena.» v. 24-25.

En esta primera parte del día sexto describe Moisés la producción de los animales terrestres, o sea, de los que andan o caminan por la tierra, en oposición a los animales acuáticos o nadadores y a los aéreos o voladores.

Los animales terrestres son distribuidos por Moisés en tres grupos: jumentos, o bestias domésticas, reptiles y bestias del campo. Estos animales en el lenguaje científico actual se pueden distribuir en dos grupos zoológicos distintos, que son dos clases de vertebrados, a saber: Reptiles y Mamíferos; pues las bestias domésticas y las bestias salvajes pertenecen ambas a la clase Mamíferos. Por consiguiente, entre los animales irracionales pone en último término como más modernos a los reptiles terrestres y mamíferos.

Veamos qué nos dice la Geología.

**427. Reptiles terrestres.**—Habla aquí de los reptiles que se arrastran por la tierra; no entran por consiguiente los reptiles na-

dadores, que aunque reptiles en el sentido zoológico, son separados por Moisés de los reptiles terrestres; y la creación de los nadadores se pone en el día quinto, como dijimos, reservando a los reptiles terrestres para el día sexto.

Los reptiles terrestres, geológicamente hablando, son muy antiguos: pues datan del antracolítico superior, donde se desarrollaron los Teromorfos y Rincocéfalos. En el triásico también aumentaron bastante; pero su principal desarrollo le tuvieron en el jurásico, y sobre todo en el cretáceo. En el cretáceo alcanzaron un desarrollo colosal, tanto en especies como en tamaño o dimensiones; en tal grado, que los reptiles actuales son como miniatura en número y dimensiones comparados con los reptiles de los tiempos secundarios. En el cretáceo se desarrolló principalmente aquel grupo de reptiles corpulentos de varias formas, llamados Dinosaurios, o reptiles feroces; entre los cuales unos eran saltadores, por tener sus patas traseras mucho más largas, como los *iguanodontes*, *ceratosauros*; otros andadores, como los *atlantosauros*, *brantosauros*, *diplodocos*, algunos de los cuales tenían más de 30 metros de largo, y el atlantosauro de 35 a 40.

La mayor parte de esos reptiles terrestres gigantescos desaparecieron al terminar los tiempos cretáceos. El apogeo de los reptiles en general tuvo lugar durante la era Secundaria, llamado por eso era de los reptiles: pero entre los tres grupos de reptiles, acuáticos, aéreos y terrestres, los acuáticos se desarrollaron principalmente durante el período triásico y jurásico, como dijimos en el día quinto; los aéreos tuvieron su apogeo en el jurásico superior; y los terrestres, en el cretáceo. Pues precisamente en ese mismo orden de antigüedad enumera Moisés los reptiles; primero los acuáticos y aéreos en el día quinto, y luego en el día sexto los terrestres.

**428. Mamíferos.**—Son los últimos animales irracionales, que refiere Moisés en el primer capítulo del Génesis, y son también los que tuvieron su apogeo en períodos geológicos más recientes.

En efecto, en el triásico superior ya se encuentran algunos restos de mamíferos marsupiales; pero son relativamente escasos. Durante el jurásico y cretáceo aumentaron algún tanto; pero bastante poco y sin salir de la categoría de marsupiales. Donde comienza verdaderamente el reino de los mamíferos es al comenzar los tiempos terciarios, en que aparecen los primeros placentarios y ya desde el principio se presentan en formas numerosas y variadas; de manera que se expansionan repentinamente. Y como dicen algunos, al comenzar la era Terciaria, se verifica o tiene lugar una verdadera *explosión* de los mamíferos. Siguen aumentando durante el período eógeno, primero de la era Terciaria; pero su apogeo o mayor desarrollo tal vez lo alcanzaron durante la época miocena, primera del período neógeno. Luego en la época pliocena ya parecen decaer un poco, de modo que en la era Cuaternaria ya habían pasado su edad de oro y comienza una ligera decadencia.

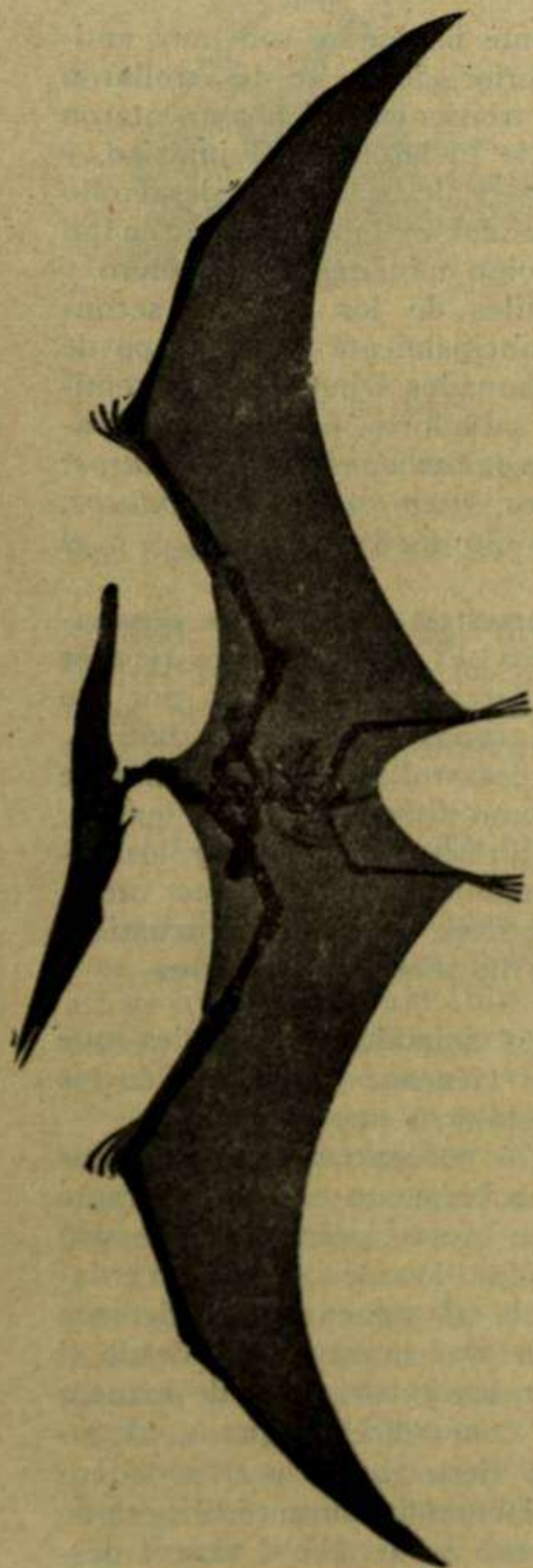


Fig. 205.—*Pteranodon*, gigantesco reptil volador que tuvo su apogeo en el jurásico y duró toda la época secundaria.



Fig. 206.—*Ichthyosaurus* (o pez reptil) acuático fósil. Abundó mucho en el triásico, jurásico y cretáceo y desapareció en los primeros periodos del terciario. (Clichés de Ibérica).



2.<sup>a</sup> PARTE.—CREACION DEL HOMBRE

**429. Aparición del hombre sobre la tierra.** — «Y dice Dios): hagamos al hombre a modo de semejanza, que represente nuestra imagen; y tenga señorío en los peces del mar y en las aves del cielo, y en los cuadrúpedos y en la tierra entera, y en todo reptil que se atrastra por la tierra. Y crió Dios al hombre a semejanza suya, a semejanza de Dios le crió, y los crió varón y hembra.» (v. 26-27).

En estas palabras se ve que, según el escritor sagrado, el hombre es el ser más perfecto de la creación sensible; pues es hecho a imagen y semejanza de Dios y es constituido señor y rey de toda la creación.

También es el último en orden de todos los vivientes que crió en la tierra; es pues el fin y corona de la creación entera.

Esto mismo se observa en el campo de la Geología; el hombre es el último que aparece en la escena de la vida. Dejando a un lado la cuestión del hombre terciario, cuya existencia es hoy universalmente negada y del cual no se encuentran indicios serios o verosímiles, los primeros vestigios ciertos e indudables se presentan entrada ya la era Cuaternaria; de modo que el hombre es netamente cuaternario. Si su primera aparición tuvo lugar en la segunda o penúltima, o en la tercera o última fase glacial, es cuestión que discutiremos al tratar de la antigüedad del hombre. Para el objeto que nos ocupa, basta dejar sentado que el hombre aparece en la era Cuaternaria o por lo menos que es el último en el orden de aparición de los vivientes, según los documentos de la Geología; y ese mismo orden es el que estampa Moisés en su narración examérica.

**430. Inspiración del Génesis.** —Por lo expuesto se ve que la narración mosaica de los seis días es un breve y claro compendio del desarrollo físico de nuestro planeta, tal cual hoy nos le presenta la ciencia después de los maravillosos descubrimientos hechos en el campo de la Geología. Y ese maravilloso compendio podía ser firmado por cualquier geólogo de nuestros días, sin que cayese en el menor descrédito por ello; pues como dice Launay, nada sospechoso en ideas religiosas: «en el Génesis aparece esa bella tradición, donde el soplo de Dios, principio de fuerza y de vida, deshace el primitivo caos, para producir en seguida la luz y las formas sucesivas de la vida, en un orden casi estrictamente conforme al que nosotros deducimos de nuestras observaciones, por una gradación progresiva».

Con esto queda demostrado este dilema: O Moisés fué un eminente geólogo, o fué iluminado en su narración por un ser superior: lo primero es un absurdo para su tiempo; luego la narración mosaica fué inspirada por un principio superior; y ese principio superior, iluminador o inspirador de Moisés es el mismo principio criador y formador del mundo; pues hay un acuerdo admirable entre la narración inspirada de Moisés y la historia geológica de nuestro globo.

## CAPITULO III

## EL DILUVIO MOSAICO Y LA GEOLOGIA

**431. Tradición del diluvio.**—Fué tradición de muchos pueblos antiguos que en época muy remota de la humanidad tuvo lugar una gran inundación de la tierra, en la cual perecieron la mayor parte de los hombres, fuera de unas pocas personas providencialmente conservadas. Así lo atestigua la tradición de los griegos, de los egipcios, de los caldeos y de otros muchos pueblos. En el Génesis se describe también minuciosamente la catástrofe y las providencias que tomó Dios, para salvar a Noé y a su familia.

No pocas dificultades se han propuesto contra la narración mosaica del diluvio, tomadas principalmente del campo de la Geología. Vamos pues a exponer brevemente lo que hay en esta materia relacionado con la ciencia geológica.

**432. Universalidad del diluvio.**—¿Fué universal el diluvio descrito por Moisés en el Génesis? Para resolver esta cuestión, conviene distinguir tres clases de universalidad: *geográfica*, *antropológica* y *regional*.

Los Santos Padres de la Iglesia y los antiguos expositores del Génesis afirmaron y defendieron generalmente la *universalidad geográfica* del diluvio, o sea, su extensión a todas las regiones de la tierra. Se fundaban principalmente en algunos textos del Génesis, como aquel que dice: «Las aguas prevalecieron extraordinariamente sobre la tierra, y fueron cubiertos todos los montes altos, que hay debajo del cielo» Gén. 7, 19; y en otros análogos, que parecen indicar una universalidad absoluta sin restricciones.

Modernamente, en el siglo pasado, muchos intérpretes de la Sagrada Escritura, para evadir las serias dificultades, que se oponían contra la universalidad geográfica, tomadas de las Ciencias naturales, abandonaron la explicación de los antiguos; y en vez de la universalidad geográfica, admitieron una universalidad *antropológica*, es decir, la extensión del diluvio, no a toda la tierra, sino solamente a las regiones habitadas por el hombre. Con esta universalidad

creen que se pueden conciliar muy bien las frases universales del Sagrado texto, y se cumplía suficientemente el fin, para que Dios había mandado el diluvio, que era para castigar a la humanidad prevaricadora.

No faltan tampoco comentadores católicos, tal vez demasiado avanzados, que sostienen la no universalidad antropológica; y creen que el diluvio no hizo perecer a todos los hombres de todas las regiones, sino solamente los habitantes de la región en que vivía Noé, por los enormes crímenes que habían cometido. Por otra parte, las frases universales, *toda la tierra, todos los animales*, etc. se pueden entender según esos autores, de la tierra, los montes y los animales de aquella región conocida por Noé y por Moisés, conforme al lenguaje hiperbólico de los orientales.

No nos meteremos a discutir las razones exegéticas, que militan en favor de cada una de esas opiniones, por no ser propio de esta obra; sólo indicaremos las razones que se presentan en el campo de las ciencias naturales. Por lo demás, aunque ninguna opinión está condenada o reprobada por la Iglesia, sin embargo creemos que la que defiende la no universalidad antropológica, es exegética y teológicamente aventurada y por lo menos poco segura.

### 433. Dificultades contra la universalidad geográfica. --

Las razones que han movido a casi todos los exegetas modernos a abandonar la interpretación de la universalidad geográfica, están tomadas de varias fuentes: unas de la Zoología, y otras de la Geología.

En primer lugar difícilmente cabrían en el arca una pareja de las 7.000 especies de Mamíferos y 20.000 de Aves, con todas las provisiones necesarias para sustentarlos durante los 364 días que estuvieron en el arca. Además, sin una numerosa serie de milagros no podía Noé recoger todos esos animales, sobre todo las fieras y las aves, de todos los continentes de la tierra. También se explica difícilmente cómo pudieran después del diluvio propagarse de nuevo a través de mares, montañas y desiertos.

Por su parte la Geofísica encuentra también considerables dificultades, para explicar la acumulación de una capa de agua, que pudiese cubrir toda la tierra hasta las más elevadas montañas. Aún suponiendo que todos los continentes se hubiesen hundido momentáneamente, y elevándose al mismo tiempo todos los fondos submarinos, hipótesis que llega al colmo de la inverosimilitud, todavía nos veríamos en grandes apuros, para explicar la permanencia de las aguas sobre las más elevadas montañas durante los días que duró el diluvio.

Verdad es que a todo esto se puede responder que el diluvio fué un castigo, mandado expresamente por Dios, para castigar la humanidad prevaricadora; y por eso Dios intervino inmediatamente en ello; y así con su acción e intervención especial fácilmente se explican los hechos más inverosímiles en el curso natural de las cosas.

Eso es verdad, pero tampoco tenemos que olvidar que no debemos admitir milagros en cosas y hechos, que se pueden explicar naturalmente, si no hay necesidad imprescindible de ellos, o si hay otra explicación obvia y racional del sagrado texto, en que no haya que acudir a cada paso a lo milagroso y sobrenatural. Por eso, como decíamos antes, la mayor parte de los intérpretes modernos han abandonado la universalidad geográfica, para admitir solamente la universalidad antropológica.

¿Pero se resuelven fácilmente todas las dificultades con afirmar la sola universalidad antropológica? Ciertamente en esta explicación se presentan incomparablemente muchas menos dificultades que en la explicación de la universalidad geográfica, pero no dejan de presentarse también algunas bastante serias y fundadas.

#### **434. Dificultades contra la universalidad antropológica.**

—Por no ser propio de la materia que tratamos prescindiremos de la *dificultad filológica*, que algunos ponen, fundada en el poco tiempo que, a su parecer, hubo desde Noé, para formarse las lenguas que luego aparecen en los diversos pueblos. Esa dificultad a decir de los filólogos, no es de gran fuerza, y ha sido satisfactoriamente resuelta por los especialistas en lenguas orientales.

La *dificultad etnográfica* ya entra más en el campo de las ciencias naturales. Esta consiste en que Moisés, no mucho después de contar el diluvio, habla de razas y pueblos que aparecen en varias regiones.

Ahora bien, la formación de las razas, dicen los defensores de la no universalidad antropológica, requiere un lapso de tiempo bastante largo; y así no se explica cómo en tan poco tiempo, pudieran formarse razas tan diferentes de la blanca, como la amarilla, y sobre todo la raza negra.

Hoy día esa dificultad no es de gran peso; pues por las leyes mendelianas de la herencia, está bien averiguado que en poco tiempo y bruscamente se pueden formar nuevas razas de vivientes, cuyos caracteres se pueden perpetuar, con tal que se conserven en cierto aislamiento, sin mezclarse con otras razas.

Pero tal vez una de las dificultades más serias, que se pueden poner contra la universalidad antropológica, es la tomada de *la prehistoria*. Ya dijimos, al hablar de la distribución geográfica del paleolítico, cómo los yacimientos del paleolítico inferior se hallan muy extendidos por gran parte de la tierra: lo cual es prueba de la gran extensión geográfica, que ocupaba el hombre en aquellas remotas épocas.

Por consiguiente, si el diluvio hizo perecer a todos los hombres de todas las regiones, debió ser casi universal geográficamente; y entonces se presentan de nuevo gran parte de las dificultades aducidas contra la universalidad geográfica.

Pero esta dificultad, que tendría fuerza si se supiera ciertamente que el diluvio fué en el paleolítico inferior, se desvanece fácilmente

y pierde su valor, porque no sabemos en qué época prehistórica tuvo lugar la catástrofe diluviana y por consiguiente qué extensión geográfica ocupaba entonces la humanidad. Y si el diluvio tuvo lugar, como es muy verosímil, y después discutiremos, al fin de la edad paleolítica, esa dificultad queda de hecho en gran parte desvanecida; pues la distribución geográfica del hombre en el paleolítico superior es bastante restringida, como dijimos al hablar de esta materia en el número 379. Así que hoy día, no se conoce razón alguna tomada de las ciencias, que obligue a sostener la no universalidad antropológica. Por lo cual no hay motivo que obligue a abandonar la doctrina tradicional en esta materia. Sin embargo, no estará demás advertir, como antes dijimos, que la Iglesia no ha condenado ninguna de esas opiniones, por si acaso alguno encontrase dificultades, a su juicio insuperables, contra la universalidad antropológica.

No insistimos sobre ese punto de la universalidad del diluvio, porque dados los conocimientos que actualmente poseemos, no se puede hacer más luz en el asunto. Y así pasamos a otra cuestión también oscura, o sea, a la cuestión de las pruebas geológicas de la existencia del diluvio mosaico, sobre la cual se han emitido las más peregrinas opiniones, que conviene brevemente examinar.

**435. Pruebas geológicas del diluvio.**—No faltaron en el siglo pasado algunos comentadores, que creyeron ver una prueba palmaria del diluvio mosaico en la existencia de fósiles o restos orgánicos marinos en muchos terrenos de elevadas montañas y de regiones continentales muy apartadas de los mares. Defendían estos autores la interpretación literal de los días del Génesis, o sea, días de 24 horas; y para resolver la dificultad que ponían los *periodistas*, es decir, la existencia de largos *períodos* antes del hombre, atestiguada principalmente por los terrenos fosilíferos, acudieron al diluvio para explicar la formación de esos terrenos fosilíferos; por eso, los que sostuvieron esa hipótesis, fueron denominados *diluvianistas*; en oposición a los *periodistas*, o defensores de largos períodos geológicos antes de la existencia del hombre.

Hoy día la teoría *diluvianista*, para explicar la formación de los terrenos sedimentarios, está y con razón completamente abandonada. Por eso no es necesario que nos detengamos a refutar cómo la existencia de terrenos sedimentarios y fósiles marinos en regiones hoy muy alejadas del mar, no puede explicarse por la acción de las aguas del diluvio, sino por una sedimentación lenta en el fondo de antiguos mares, como largamente hemos visto en Geología histórica.

Y a la verdad, esa serie de sedimentos fosilíferos de unos 30.000 metros de espesor, tan ordenada y con sus faunas y floras características, mal puede explicarse por la acción breve y tumultuosa de las aguas del diluvio, que según el relato bíblico, duró solos 364 días. Además, las montañas que, según el Génesis, fueron

cubiertas por las aguas del diluvio, estaban ya compuestas de terrenos con fósiles, generalmente marinos; por consiguiente las aguas diluvianas ya encontraron formados los terrenos fosilíferos.

Por estas y otras poderosas razones, nadie actualmente aduce en favor del hecho del diluvio la existencia de terrenos y fósiles marinos en las regiones continentales; pues sólo por una grande ignorancia de la Geología, excusable en los primeros tiempos de la ciencia geológica, pudo admitirse la explicación diluvianista de los terrenos.

Otros han creído ver señales del diluvio mosaico en los terrenos cuaternarios, llamados por los geólogos *aluviales* o *diluviales*, como son, las graveras que se encuentran en muchos valles a un nivel muy superior a las corrientes actuales; el limo denominado *diluvium gris* y *diluvium rojo*; el relleno de las cavernas por brechas óseas y gravas, etc., etc. Y aun la extinción de los grandes mamíferos cuaternarios, *Mamut*, oso de las cavernas, los rinocerontes europeos, etcétera, etc., eran atribuídos por algunos a las aguas del diluvio de Moisés.

Hoy se sabe que todos esos sedimentos y formaciones tuvieron origen en la fase de deshielo, que siguió a las épocas glaciares cuaternarias; pues están íntimamente relacionadas con el glaciario de los tiempos cuaternarios. Por eso es una ridiculez el querer actualmente atribuir al diluvio mosaico, relativamente efímero y extraordinariamente violento, esos sedimentos llamados diluviales o aluviales en Geología, para cuya formación se requiere un lapso de tiempo bastante considerable y la acción pausada y duradera de los agentes geodinámicos.

A decir verdad, hasta el presente no se han encontrado huellas geológicas de un diluvio, que se pueda identificar con el diluvio mosaico. Y no es fácil que puedan encontrarse esas huellas, dada la naturaleza rápida y pasajera del diluvio descrito por Moisés; pues esas huellas, por lo débiles y poco intensas, no pudieron durar mucho tiempo; debieron ser bien pronto borradas por los agentes geodinámicos.

Además, aunque en algún sitio privilegiado hubiesen quedado algunos vestigios del diluvio mosaico, sería muy difícil distinguirlos de los fenómenos diluviales cuaternarios de la Geología.

De lo cual se deduce que no se puede traer argumento alguno geológico, ni en favor ni en contra de la existencia del diluvio descrito por Moisés en el Génesis.

**436. Causas naturales del diluvio.**—Pasamos ahora a otra cuestión muy importante, relativa a las causas y naturaleza del diluvio mosaico. No pocos exegetas heterodoxos tacharon de fabuloso y mitológico el relato de Moisés sobre el diluvio, por contar un hecho, a su parecer de todo punto inverosímil y aun geológicamente imposible. Vamos, pues, a ver si entre los fenómenos geológicos se encuentran algunos, que puedan tener analogía con el diluvio noé-

tico. No queremos decir que, si no se encuentran esos fenómenos naturales semejantes, entonces había que relegar el relato bíblico a la categoría de los mitos o fábulas; pues estando como está, tan bien comprobada históricamente la existencia de ese diluvio como castigo de la humanidad prevaricadora, si no se pudiese explicar por causas naturales, derecho habría para recurrir a una acción especial de Dios, como ejecutora del castigo decretado por su justicia. Pero si entre los fenómenos naturales encontramos algunos cataclismos semejantes al diluvio mosaico, aparecerá todavía más clara la historicidad del texto sagrado, y se refutarán más fácilmente las objeciones propuestas por la crítica heterodoxa; pues la divina Providencia pudo servirse de esas causas naturales, para ejecutar el castigo.

Ciertamente, cuanto mayor extensión se atribuya al diluvio, mayor dificultad se encontrará para explicarlo por causas naturales. Y así, en la hipótesis de la universalidad geográfica, nos veríamos de todo punto imposibilitados, para explicarlo sin una intervención especial de Dios, que hiciese los innumerables milagros necesarios, para cubrir de agua todos los continentes hasta las más elevadas montañas.

Pero restringiendo la extensión del diluvio a las regiones ocupadas entonces por el hombre, no se hace tan difícil concebir cómo Dios N. S. pudo valerse de fenómenos naturales, que produjesen la catástrofe diluviana.

**437. Explicación de Suess.** —El célebre geólogo austríaco Eduardo Suess, nada afecto a las doctrinas ortodoxas de la Iglesia, admite la historicidad de un gran cataclismo o inundación, cuya memoria se ha conservado en la tradición de muchos pueblos orientales antiguos, que la dejaron estampada en muchos de sus escritos. Esa tradición es muy detallada en algunos escritos de los antiguos caldeos y asirio-babilónicos. Por eso cree Suess que realmente en la región de Mesopotamia y en todas aquellas llanuras, donde probablemente habitaba Noé, tuvo lugar una inmensa inundación, que él explica de la manera siguiente.

Cerca del golfo Pérsico o algo más al sur se desarrolló un violento terremoto, precedido de numerosas sacudidas secundarias: a este temblor de tierra se siguió una inmensa oleada o *ras de marea*, que inundó la llanura del *Eufrates*. Al mismo tiempo que tenían lugar las más violentas sacudidas, se debió desencadenar un violento y devastador ciclón, venido del sur, que invadió el golfo Pérsico y coadyuvó poderosamente a la oleada producida por el terremoto. Las sacudidas sísmicas se debieron dejar sentir también en la llanura de la Mesopotamia, cuyo terreno sufrió un considerable hundimiento; y al mismo tiempo por las grietas abiertas por el terremoto brotaron fuentes subterráneas, que serían las fuentes del abismo abiertas, de que habla Moisés. El ciclón y la oleada marina produjeron lluvias torrenciales, que ayudaron también a completar la

inundación; y Moisés atribuye también a las lluvias torrenciales durante cuarenta días la producción del diluvio.

Tales fenómenos de terremotos violentos con aberturas de fuentes, acompañados de ciclones devastadores, de lluvias torrenciales y consiguientes inmensas inundaciones, no son cosa inaudita aun en los tiempos históricos, según confiesa Suess. Y trae para confirmarlo varios hechos análogos ocurridos en los cuatro últimos siglos en el bajo Ganges y en el Indo, que produjeron inundaciones devastadoras y destrucción de ciudades y pueblos enteros (1).

Ciertamente no estamos conformes con Suess en restringir la catástrofe diluviana a las *llanuras* de la Mesopotamia, pero nadie puede negar que ese cataclismo pudo extenderse también a otras regiones, con sólo aumentar su intensidad; sobre todo, que se pueden señalar otras causas geológicas, que contribuyeron a extender el cataclismo a las demás regiones habitadas por el hombre.

**438. Explicaciones de otros geólogos.**—En efecto; muchos geólogos explican las sucesivas fases glaciares, con sus correspondientes interglaciares, por amplios movimientos epirogénicos, o sea, elevaciones y hundimientos sucesivos verificados en extensas áreas continentales: una fase de elevación correspondería a una fase glacial; y la fase de hundimiento, a otra interglacial. Creen algunos explicar suficientemente las fases glaciares con suponer una elevación de los continentes de 200 metros, o una correspondiente baja de nivel del mar.

Tal vez no pocos geólogos juzguen insuficiente esa cifra, ya que la diferencia entre el límite de las nieves perpetuas de la época actual y de las fases glaciares del pleistoceno, con frecuencia no baja de 1.000 metros. Pero siempre es verdad que no pocos geólogos creen que los hundimientos y levantamientos continentales contribuyeron poderosamente al glaciario cuaternario. Y esos movimientos epirogénicos se verificaron con alternancias rítmicas, cuyas leyes nos son hoy desconocidas (2).

Ahora bien, como sabemos que el hombre presenció por lo menos la última fase glacial, sin duda debió presenciar también esos movimientos epirogénicos, y debió ver hundirse bajo las aguas del mar numerosas tierras antes emergidas. Y aunque esos movimientos no se verificaron en general con gran rapidez y violencia, pero nada de inverosímil tiene el que de cuando en cuando hiciesen alguna sacudida rápida, y así tuviese lugar una violenta transgresión marina en las partes continentales bajas, habitadas por el hombre.

**439. Hundimientos conocidos.**—Numerosos ejemplos suelen citar los geólogos de *hundimientos* sucedidos durante los tiempos

(1) E. Suess: «La Face de la Terre», traduc. franc. de Das Anlitz der Erde: I. p. 56 y sigs. París, 1912.

(2) E. Haug: «Traite de Geologie», p. 1.901. París 1911.



cuaternarios, y muchos de ellos, sin duda, contemporáneos del hombre.

De ese tiempo data el hundimiento del mar Adriático y Egeo; la comunicación entre el mar Egeo y el mar Negro (1). En algún tiempo del período pleistoceno el mar Rojo y el Mediterráneo estaban unidos por el estrecho de Suez, que luego se convirtió en istmo por un levantamiento del *terreno* (2).

Hasta no hace mucho se tenía por fábula o mito legendario, de todo punto inverosímil, la narración de Platón en el Timeo, donde refiere que antiguamente existía una gran isla, llamada Atlántida, más al occidente de las columnas de Hércules. De allí salieron, dice, unos fuertes guerreros, que se echaron sobre Europa y vencieron muchos pueblos, hasta que, al llegar a Atenas, fueron vencidos por los valerosos atenienses. Más tarde, temblores de tierra e inundaciones marinas tragaron en un día y una noche la poderosa Atlántida, que desapareció bajo las olas del océano. La existencia de esa Atlántida, tenida antes por fabulosa e inverosímil, aparece hoy día muy verosímil y hasta muy probable, después de los estudios geológicos, verificados en la costa occidental de la península Ibérica, en las islas del Atlántico y en sus fondos submarinos. Por eso ningún geólogo toma en ridículo la leyenda de Platón sobre la Atlántida.

Esos fenómenos bruscos, de hundimientos, inundaciones y submersiones no pueden ser hoy día negados. «Y que tales fenómenos, dice el geólogo P. Termier, se hayan producido y aún repetido varias veces, en el transcurso de los últimos períodos geológicos, y que a veces hayan alcanzado una amplitud gigantesca, es cosa de que ningún geólogo tiene derecho a dudar. Y si alguno se extraña de que tales cataclismos no hayan dejado huellas en nuestras costas, reflexione que la misma rapidez y poca duración hacen difícil que dejen rastros permanentes de su paso» (3).

**440. Verosimilitud de tales fenómenos.** — De lo dicho aparece claro que esas invasiones repentinas y devastadoras de las aguas del mar sobre los continentes, ya sean producidas por hundimientos de éstos, o por levantamientos de fondos y montes submarinos; ya por terremotos formidables, acompañados de ciclones desencadenados y seguidos de una oleada inmensa de agua, o por otra causa geodinámica cualquiera, no son imposibles ni inverosímiles; sino antes muy verosímiles y probables; y por eso, si los datos históricos nos aseguran de alguno de esos acontecimientos, no se puede rechazar sin más ni más, como mitológico y fabuloso, sin ponerse en ridículo con la ciencia geológica. El actualismo absoluto

---

(1) Lapparent: «Traite de Geologie», p. 1.638. 4.<sup>a</sup> edic. París, 1900.

(2) Haug: loc. cit. p. 1.896.

(3) Pierre Termier: «A la gloire de la Terre». L. Atlantide, p. 114; París, 1922.

es el que ha pasado de moda en Geología. Nadie duda hoy que de cuando en cuando los agentes geodinámicos, a la manera de quien despierta de un largo sueño, obran brusca y rápidamente, produciendo efectos desastrosos; como acontece con los terremotos, erupciones volcánicas, hundimientos y levantamientos de islas, etc., etc., que hemos presenciado en nuestros tiempos (1).

Podrá restringirse más o menos la extensión del cataclismo diluviano, según las dificultades que uno encuentre, para explicar su mayor o menor universalidad; pero negar la existencia de una tal inundación, y tener por fabulosa la narración donde se refiere, sólo por considerarla imposible o inverosímil, no puede hacerse hoy día, sin manifestar una grave ignorancia de los fenómenos geológicos.

Las causas del diluvio, que se señalan en el sagrado texto son: las lluvias torrenciales o aberturas de las cataratas del cielo, y la ruptura de las fuentes del abismo. Estas últimas pueden entenderse ó de las aguas subterráneas que suelen a veces salir con impetuosidad durante los terremotos, o bien las cavidades inmensas del océano cuyas aguas invadieron con grandes oleadas a la tierra, según se desprende del texto bíblico, donde se dice que las olas iban y venían: «*euntes et redeuntes*».

Todos estos fenómenos no tienen nada de inverosímil; y obrando juntos con gran intensidad, bien se ve la inmensa inundación que podían haber producido.

Por lo que se refiere a las aguas subterráneas, donde parece que hay más dificultad, muchos casos se cuentan de cómo salieron del interior de la tierra numerosos chorros de agua con gran abundancia e impetuosidad, después de una violenta sacudida sísmica.

Tal sucedió el 6 de enero de 1812 en el Valle del Misisipí, cerca de Nueva Madrid; y del 11 al 23 de enero de 1838, en el bajo Danubio, cuando el terrible terremoto de la Valaquia; en las orillas del lago Baikal el 12 de enero de 1862, etc., etc. Si a todas esas causas se añade, como dijimos antes, la acción de un ciclón devastador, que perturbó la atmósfera y produjo las lluvias torrenciales, y al mismo tiempo coadyuvó al impulso de la oleada marina, se ve claro que ese cataclismo descrito por Moisés, encaja perfectamente en el cuadro de los fenómenos naturales, que registra la Geología. Por eso hoy día se guardará muy bien de ridiculizarlo, como imposible, cualquiera que tenga conocimientos un poco profundos de la ciencia geológica, aunque por otra parte alardee de incrédulo o descreído.

A lo más descartará de él toda intervención sobrenatural o divina; o restringirá la inundación más o menos, según la intensidad

---

(1) Prescindimos de otras causas del diluvio asignadas por algunos, como el desplazamiento del eje terrestre, o la condensación de un anillo, semejante a los de Saturno, que antes rodeaba a la Tierra, porque nos parecen muy inverosímiles y arbitrarios.

máxima que en su opinión puedan alcanzar ciertos fenómenos geológicos; pero seguramente no se atreverá a negar rotundamente la sustancialidad del hecho narrado por Moisés, sólo por creerlo geológicamente imposible. Los mismos incrédulos van mitigando sus negaciones rotundas contra las verdades reveladas, a medida que van progresando los conocimientos de la verdadera ciencia.

**441. El diluvio y las épocas prehistóricas.**—Muy a oscuras y a tientas tenemos que andar, al tratar este asunto de sincronizar la fecha del diluvio noético con alguna de las épocas prehistóricas. Apenas encontramos documentos, que puedan darnos alguna luz, ni tampoco hemos visto escrito alguno sobre la materia, ni sabemos que alguno la haya tratado. Por eso escribimos con algún recelo y temor; y sólo lo hacemos por satisfacer, en cuanto se pueda, a la curiosidad, que asalta en seguida, de saber la época prehistórica del diluvio.

Si nos atenemos a las genealogías estrictas de la Biblia, resulta para el diluvio una fecha de unos 3.285 años antes de Jesucristo: según eso el diluvio sucedió en los albores de los tiempos históricos, cuyas fechas más antiguas se computan en unos 3.300 a 4.000 años a. J. C. para Egipto, Palestina y Mesopotamia. Pero se cree fundadamente que en las genealogías genesíacas existen lagunas, es decir, que no siempre representan genealogías inmediatas, sino a veces generaciones mediatas, más o menos separadas, omitiendo algunas generaciones intermedias. Esto se cree que sucede no sólo en las genealogías antediluvianas, sino también en las postdiluvianas desde Noé hasta Abraham. Por eso comúnmente admiten hoy día los comentadores del Génesis, que se debe hacer retroceder considerablemente la fecha del diluvio, mucho más de lo que resulta de la cronología genealógica estricta. Con dar mucha mayor antigüedad al diluvio, los partidarios de la universalidad antropológica resuelven mucho más fácilmente la dificultad filológica y etnográfica; pues se admite así un tiempo suficientemente largo para la formación lenta y gradual de las lenguas y de las razas después de la dispersión postdiluviana. Por eso se admite hoy bastante comúnmente que la fecha del diluvio hay que colocarla lo menos 6 ó 7 mil años antes de J. C.; y aun se tiende a adelantarla considerablemente más por las razones filológicas y etnográficas, antes indicadas.

En suma, que no se puede asignar una fecha fija y concreta del diluvio mosaico.

Con todo sin darle más valor que el de una conjetura, admitiendo esa fecha de 7 mil, o si se quiere, 8 mil años antes de Jesucristo, vendría a coincidir poco más o menos con la fecha que se atribuye al comienzo de la época neolítica, fecha deducida de otros cronómetros geológicos, más o menos fundados, aunque inciertos e hipotéticos. El máximo de antigüedad que se atribuye al

comienzo del neolítico, son 10.000 años antes de nuestros días; y aun algunos consideran exagerada esta cifra (1).

**442. «Hiatus» del paleolítico al neolítico.**—Y puestos en el terreno de hacer conjeturas, podríamos aducir algunas razones etnográficas y arqueológicas, que abogan en favor de la colocación del diluvio mosaico entre el paleolítico y el neolítico.

Aunque el *hiatus* o laguna que antes existía entre el paleolítico y el neolítico, se ha llenado en parte con el descubrimiento de los yacimientos azilienses, tardenoisienses, maglemoisienses y asturien-ses; pero se ha llenado sólo parcialmente; no se puede decir que sean como un anillo de unión, o de paso entre el paleolítico y el neolítico.

Por esta razón rechazan muchos el nombre de *mesolítico*, que algunos dieron a la época de esos yacimientos.

«Tal denominación, dice Obermaier, no puede ser más errónea; pues solamente en un caso sería acertada: en aquel que estas etapas representaran realmente la evolución natural, la transformación progresiva del paleolítico para pasar al neolítico, lo que en alguna manera acaece» (2).

Por eso, en vez de la denominación de *mesolítico*, propone Obermaier el nombre de *epipaleolítico*, por considerarlas como descendientes póstumos del paleolítico. Las civilizaciones que vienen después, no están relacionadas con las anteriores por lazo alguno orgánico; vienen a instaurar un mundo de civilización completamente distinto; son como las primeras etapas de la época neolítica; y a las cuales da el citado Obermaier el nombre de *protoneolítico*.

También el célebre explorador prehistoriógrafo, Conde de la Vega del Sella, afirma resueltamente que existe realmente todavía el *hiatus* entre el paleolítico y el neolítico (3). Y aun los más adversos a la hipótesis del *hiatus* confiesan que aunque en parte se ha llenado con los yacimientos azilienses y análogos, el *hiatus* existe realmente, entre el paleolítico y el neolítico.

**443. Explicación del «hiatus».**—Esto supuesto, volviendo a la cuestión de la fecha del diluvio, se podría explicar muy bien ese *hiatus*, suponiendo que entonces tuvo lugar la catástrofe diluviana, en que perecieron todos los habitantes del globo; y que la raza y la civilización neolítica, es la que procedió de los descendientes de Noé, después de la dispersión de Babel.

Por otra parte, a la edad aziliense siguió una temperatura muy suave en Europa. Ahora bien, aplicando la teoría de los movimientos epirogénicos a la explicación del glaciario, se deduce

(1) Véase más adelante en el capítulo «Antigüedad del hombre».

(2) H. Obermaier: «El hombre fósil», p. 314: Madrid, 1916.

(3) El Conde de la Vega del Sella: «Notas para la Climatol. cuatern.», p. 44: Junta para la Ampli. de Estud. Madrid, 1921.

que precisamente esa fecha debió coincidir con un hundimiento continental, que pudo dar lugar a grandes transgresiones o inundaciones marinas, las cuales hicieron perecer muchos pueblos con sus habitantes, llegando a extinguir la antigua raza de Cro-Magnon, que luego fué sustituida por los neolíticos.

Esta raza o pueblo nuevo debió proceder, según Boule (1), de la parte del Mediterráneo africano o del Asia occidental; caminos ambos, que pudieron tomar los dispersos de Babel.

No quisiéramos dar demasiada importancia a estas conjeturas, que son ciertamente bien arriesgadas; pero no dejan de llamar la atención las coincidencias apuntadas, que pueden dar pie para investigaciones ulteriores sobre este curioso e interesante asunto.

#### 444. El diluvio entre el Musteriense y Aurignaciense?—

Tal vez podría también colocarse la fecha del diluvio entre la edad musteriense y la aurignaciense; es decir, en ese *hiatus*, que existe entre el paleolítico inferior y el superior. Pues, según dice Breuil, entre el paleolítico inferior y el superior hay un cambio tan notable, social e industrial, hay una sustitución tan profunda de raza, que la separación entre el paleolítico inferior y el superior es tan marcada como la que existe entre el paleolítico y el neolítico (2). Hay un verdadero contraste, dice Boule, entre los hombres del paleolítico antiguo y del paleolítico moderno (3).

Los aurignacienses de Europa occidental y central no provienen, según Obermaier, de los musterienses. Con la edad aurignaciense empieza una transformación y modificación total y fundamental de los elementos de civilización; lo cual se corresponde con la entrada de otras nuevas razas superiores (4).

En efecto, la raza de Neandertal es sustituida casi totalmente por la raza de Cro-Magnon, por un pueblo nuevo, que invadió la Europa, según opina Breuil, por la vía mediterráneo-africana. Y Obermaier afirma que los primeros aurignacienses pasaron de Africa a Francia por España (5).

Estos hechos tienen como se ve, fácil explicación, suponiendo que los hombres musterienses perecieron en el diluvio; y que la nueva raza que vino, eran los descendientes de Noé, después de la dispersión de Babel.

Por otra parte, se han encontrado yacimientos musterienses con fauna cálida; lo cual, es la hipótesis de los movimientos epirogénicos para explicar el glaciario, supone un abajamiento, por lo menos pasajero y oscilatorio del terreno en algunas localidades;

(1) M. Boule: «Les Hommes fossiles», p. 351-3. París 1923.

(2) H. Breuil: «Les subdivis. du Paleolith super. XIV Sesión Ginebra: 1912: p. 165 y siguientes.

(3) M. Boule: «Les hommes foss.», p. 250: París 1923.

(4) «El hombre fósil», p. 114. 1916.

(5) Obra citada, p. 204.

y esto puede dar lugar a la invasión o inundación diluviana, como antes dijimos.

En el caso de colocar el diluvio noético entre la época musteriense y la aurignaciense, sería necesario hacer retroceder considerablemente la fecha del diluvio; y esto tal vez ofrezca alguna dificultad contra esa suposición; pues había que suponer un intervalo de tiempo extraordinariamente largo entre Noé y Abraham.

Menos verosímil nos parece aún la idea de colocar todas las épocas prehistóricas después del diluvio. Verdad es que así se hallarían menos dificultades contra la universalidad antropológica, suponiendo al hombre muy poco extendido todavía por la tierra; pero en ese caso habría que adelantar muchísimo más la fecha del diluvio, y habría que dar mucha mayor antigüedad al hombre; pues sobre lo que exigen las épocas prehistóricas, habría que poner el tiempo transcurrido desde Adán hasta Noé.

**445. Aceptabilidad de tales hipótesis.** — Entre todas esas suposiciones la que nos parece más verosímil, es la primera; o sea, la que coloca el diluvio entre el paleolítico y el neolítico, por las razones antes indicadas. No queremos decir que esa renovación de raza y civilización, que se estableció al comienzo del neolítico, no tenga más explicación que la extinción de la antigua raza por el diluvio, y la llegada de nuevos dispersos de Babel; sólo decimos que esta última hipótesis explica satisfactoriamente ese fenómeno etnológico. Por lo demás, el que crea muy arbitrarias esas conjeturas, o encuentre otras más fundadas en favor de otra época, puede seguirlas con toda libertad, pues creo que cualquier fecha algo fundada puede caber perfectamente en la amplitud y generalidad del texto sagrado.



## CAPITULO IV

## ORIGEN DEL MAR MUERTO

Trataremos brevemente la cuestión del origen del mar Muerto, por estar íntimamente relacionada con la Geología y con algunos pasajes del Génesis.

**446. Condiciones geográficas.**—Ya dijimos en la Fisiografía que el mar Muerto, o lago Asphaltites, corresponde a una gran depresión o fosa profunda. La superficie del lago está a 393 metros bajo el nivel del Mediterráneo; y en algunos sitios su profundidad llega a 399 metros: de modo que su fondo se halla a 792 metros bajo el Mediterráneo. Es la fosa continental más profunda de toda la tierra.

La superficie abarca unos 26 kilómetros cuadrados; como la mitad de Guipúzcoa.

Tiene una forma ovoide alargada de Norte a Sur; de 75 kilómetros de largo por 15 de ancho. Sus límites son: al oriente están los abruptos montes de Moab, que se elevan desde el lago casi verticalmente a más de mil metros de altura; por el Oeste se hallan los montes de Judea, algo más bajos y menos abruptos que los de Moab. Por el Norte se continúa con el valle del Jordán, también bajo el nivel del Mediterráneo; y por el Sur está la extensa llanura o valle de Arabá, que tiene una suave inclinación hacia el mar Muerto.

Las aguas del lago Asphaltites son en extremo saladas, amargas y densas. Entre otras sales, sobre todo cloruros y bromuros, abunda particularmente el cloruro de magnesio. Sus aguas son tan mortíferas que apenas admiten viviente alguno; de ahí el nombre de mar Muerto.

El principal río que desemboca en el lago, es el Jordán; y como por la elevada temperatura, que en aquella profundidad reina, se evapora gran cantidad de agua, el nivel del lago se conserva sensiblemente constante, con pequeñas oscilaciones, según las épocas de lluvia o de sequía.

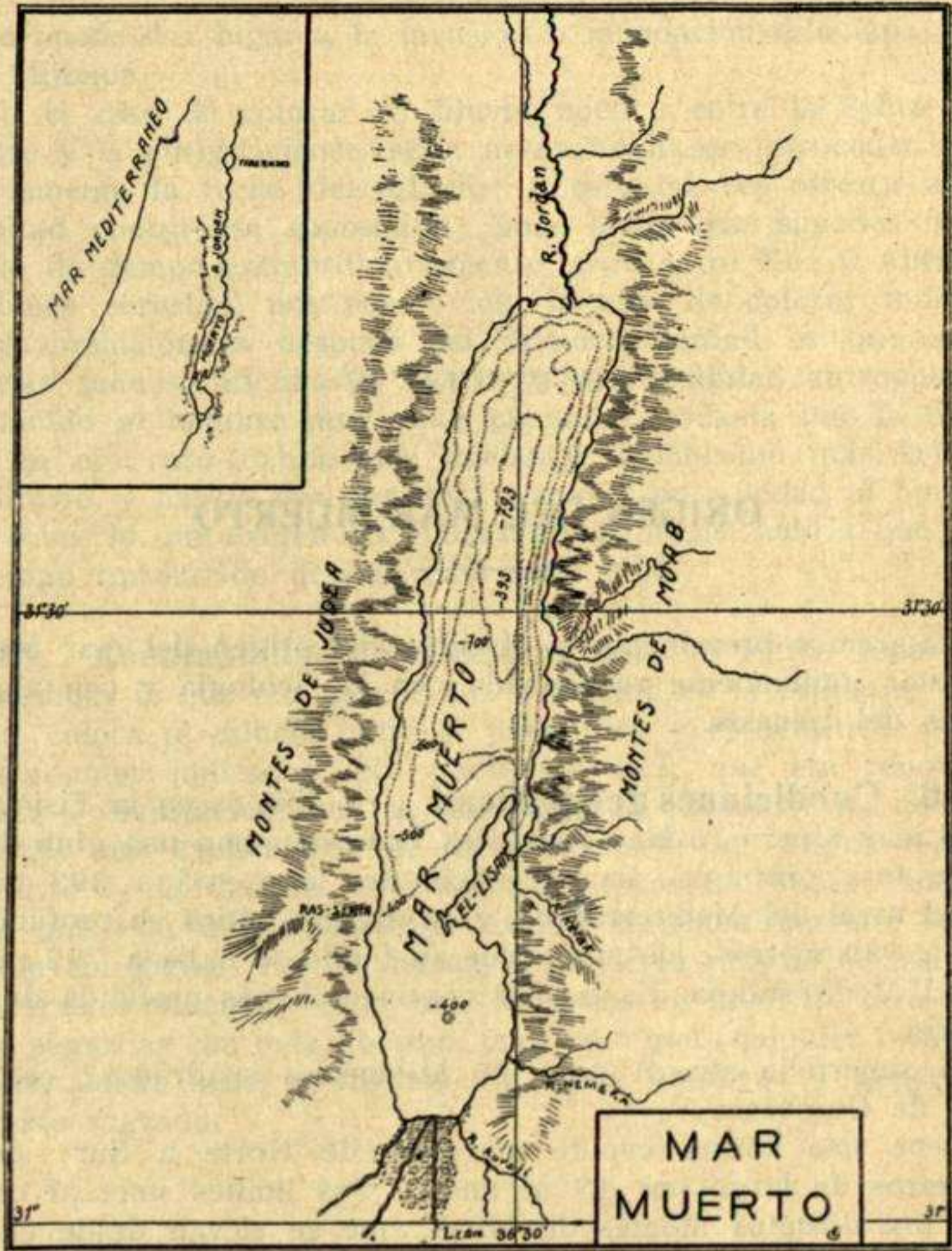


Fig. 207. — Mapa del mar Muerto

**447. Constitución geológica.**—Los montes de Moab y Judea que limitan el lago por el oriente y occidente, están formados por sedimentos cretáceos, principalmente cenomanenses y senonenses. Después del levantamiento de aquellas montañas, que tuvo lugar en la época miocena, formaban aquellos terrenos un gran anticlinal; pero poco después este anticlinal se quebró longitudinalmente de Norte a Sur; hundiéndose en su parte central; con ese hundimiento quedó constituida la fosa del valle del Jordán y Arabá, cuya mayor profundidad se hallaba en el mar Muerto.

A esa fosa o cubeta sin salida comenzaron a fluir todas las aguas de aquella extensa cuenca, que se acababa de formar; y así se originó al fin de la época miocena o principio de la pliocena el lago, que después se llamó mar Muerto.



En las fases pluvio-glaciares del pleistoceno, debido a la gran cantidad de las precipitaciones atmosféricas, el lago se extendió mucho más que actualmente; por el Norte hasta más allá del Tiberíades; y por el Sur hasta cerca del extremo meridional del valle de Arabá, como se comprueba por los sedimentos lacustres, formados en todas esas localidades.

Después de la última glaciación el lago debió reducir mucho su extensión, quedando en seco y al descubierto muchos sedimentos lacustres y terrazas, que hasta hoy día se conservan.

**448. Narración del Génesis.**—En el Génesis se cuenta la terrible catástrofe de cinco ciudades nefandas, Sodoma, Gomorra, Seboín, Adan y Segor, situadas en el extremo Sur del lago actual. Y esa región, antes de la catástrofe, es descrita en el mismo Génesis como una región sumamente fértil y hermosa, como un verdadero paraíso. En cambio, después de la catástrofe aparece esa localidad formando parte del mar Muerto o lago de Sal; y sus contornos desiertos y desolados. Parece a primera vista como si, según Moisés, el mar Muerto empezara a existir después de la catástrofe pentapolitana, y no antes; pero, como en esa región existió un lago ya desde los tiempos miocenos, como lo comprueban los documentos geológicos, parece que la narración mosaica está en contradicción con los datos de la ciencia geológica respecto al origen del mar Muerto.

Fundados en ese argumento algunos escritores racionalistas tacharon el relato bíblico de fabuloso o mitológico, por estar en abierta oposición con la Geología. Pero, miradas las cosas un poco más de cerca, esa oposición no es más que aparente, y concuerdan admirablemente en este punto la narración mosaica y los datos de la ciencia. Veámoslo.

**449. Explicación y concordia.**—Es verdad, y lo concedemos de buen grado, que según parece deducirse de los datos de la Geología, existió en la región del mar Muerto un lago desde los tiempos neógenos: pero, cuando tuvo lugar la catástrofe de la Pentápolis, ese lago no se extendía hacia el Sur tanto como actualmente; sólo después de la destrucción de las ciudades avanzó hacia el Sur, a ocupar el lugar en que aquéllas estaban situadas. Con eso se armoniza admirablemente la narración mosaica con los datos de la Geología.

Desarrollemos un poco este punto importante.

**450. Situación de Pentápolis.**—Como a la tercera parte del extremo meridional del lago se desprende de la banda oriental una pequeña península, llamada Lisán (lengua, en árabe), que divide el lago en dos partes bien diferentes: la parte septentrional, de grandes profundidades; y la parte meridional de profundidades insignificantes, sólo de tres a cuatro metros.

La terraza principal de esta península está a 40 metros sobre el nivel del lago, y se interna en el mar ocho kms., dejando entre ambas orillas un estrecho canal de cuatro kms., que une la parte meridional con la septentrional de Asfaltites. (Véase el mapa).

Antes de la catástrofe, cuando florecían las cinco ciudades de la Pentápolis, sólo existía la parte del mar Muerto, que se hallaba al norte de Lisán. La porción del sur, que viene a ser la 3.<sup>a</sup> parte del lago, era un valle ameno y fértil, donde se hallaban situadas las ciudades. Después de la destrucción de las ciudades, se hundió esa parte del sur y el mar avanzó hacia ella, cubriéndola con sus aguas. Así pudo muy bien decir Moisés que después de la catástrofe, el lugar de Sodoma y Gomorra quedó convertido en mar de Sal.

Pero ¿hay razones para afirmar que las ciudades de Pentápolis se hallaban situadas en esa parte meridional y que la última ocupación de ésta por las aguas del lago es de época relativamente reciente?

Por lo que toca a la situación de las ciudades, parece cierto que se hallaban situadas en esa parte meridional; pues sabemos que Segor, una de las cinco ciudades, que fué preservada del castigo por los ruegos de Lot, y que sobrevivió mucho tiempo después, hasta bien entrada la era del Cristianismo, se hallaba hacia la extremidad sureste del lago actual. Por otra parte, Sodoma debía estar muy cerca de Segor, una legua poco más o menos, o una hora de camino; pues se dice en el Génesis que, cuando Lot salía de Sodoma, empezaba a alborear el día, y cuando llegó a Segor, ya asomaba el sol por el horizonte. Estando pues Segor a más de 20 kms. al sur de Lisán, Sodoma debía caer también al sur de esta península. Como las ciudades se hallaban en el valle de Siddin, éste caía también al sur de Lisán. Esto mismo se confirma con lo que nos cuenta el Génesis en el cap. 14, en que se refiere la batalla de los reyes de la Pentápolis contra Codorlahomor y sus aliados. Dícese allí que la batalla tuvo lugar en Siddin (vallis silvestris), y que muchos soldados de la Pentápolis perecieron en los pozos de betún que allí había. Ahora bien, se encuentran actualmente yacimientos de betún y asfalto en las orillas del lago, sobre todo en su parte meridional, cuyo fondo es en extremo bituminoso.

**451. Hundimiento del terreno.**—Respecto a la ocupación de la parte meridional por las aguas, parece muy verosímil sea reciente, dada la poca profundidad de esa parte; pues bastaría que el nivel del lago bajara unos 7 u 8 metros, para que quedara en seco; por consiguiente un ligero hundimiento del terreno o una ligera elevación del nivel de las aguas, bastaría para que aquella parte, antes en seco, quedara sumergida bajo las olas del Asfaltites. Ahora bien, según observaciones geológicas, las capas que forman la terraza de Sebjá, al sur del lago, cubiertas por sedimentos aluviales bastante recientes, al llegar al lago, se inclinan de repente y se sumergen

bajo las aguas; lo cual supone un hundimiento relativamente reciente de esa parte del terreno.

Por otra parte, el estrecho que hay entre la península de Lisán y el Ras-Senin, en la orilla opuesta, parece formado recientemente por la erosión de las capas, pues las de Lisán y el Ras-Senin se corresponden exactamente; lo cual parece indicio de que antes estaban unidas. Eso mismo se confirma por la profundidad del agua en el estrecho que hasta 1838 era vadeable a pie con el agua a media pierna.

Por lo dicho se ve que en esa parte meridional debían estar situadas las ciudades de Pentápolis; y que aquella región de clima tropical de suelo fértil, y regada por los arroyuelos Nemerá, Karají, Kerat, etc., y por el agua de lluvia recogida en aljibes, como era costumbre en los pueblos orientales, debía ser sumamente frondosa, productiva y de aspecto encantador, como un paraíso del Señor (Gén. XIII, 10).

Eso mismo se confirma con el hecho de que Segor fué llamada por los cruzados de la edad media con el nombre de Palmeria, a causa de su frondosidad, sobre todo en palmeras. Y los dátiles, bálsamos y otros frutos de Segor eran famosos y muy estimados.

**452. La destrucción de Pentápolis.**—El mismo hecho de la destrucción de las ciudades tal como nos le cuenta Moisés, no debe sorprendernos, ni hacer que lo releguemos al mundo de las fábulas o mitos. Dice el historiador sagrado que el Señor hizo llover sobre Sodoma y Gomorra azufre y fuego, que destruyó las ciudades prevaricadoras (1).

En esa región meridional del Asphaltites, existen, como dijimos antes, numerosos yacimientos de betún y asfalto; pues bien, con el hundimiento del terreno y por algún terremoto, no raro en aquella localidad, fueron comprimidos los depósitos de betún, asfalto, azufre e hidrocarburos que suelen acompañar a los depósitos de betún. Esas sustancias sulfurosas e hidrocarbурadas inflamables salieron por las grietas del terreno e impregnaron la atmósfera. Una leve chispa de fuego pudo bastar para inflamar esas sustancias y producir un incendio horroroso en las ciudades, hasta reducirlas a pavesas. Esta explicación, dice el geólogo Blanchenhorn, que exploró aquella región, no tiene nada de inverosímil, antes es muy razonable y conforme con lo que nos enseña el estudio de aquellos terrenos.

---

(1) La gran abundancia de sales que contienen las aguas del mar Muerto, hace que cualquier objeto que se moje con ellas, quede cubierto con una eflorescencia blanca. Conforme a esto, algunos exegetas católicos explican el episodio de la mujer de Lot, diciendo que, al volver ésta la cabeza atrás, fué envuelta por una oleada de agua salada, que la derribó en tierra y cubrió de una costra de sal; aunque después desapareció y no la pudieron encontrar. (Así Humelauer).

Una vez destruídas las ciudades, por el ligero hundimiento del terreno avanzó el lago hacia el sur y cubrió con sus aguas la región antes ocupada por las ciudades; por eso bien pudo decir Moisés que en su tiempo el sitio de Sodoma y Gomorra estaba ocupado por el mar de Sal o mar Muerto.

Esas causas naturales fueron instrumento de la divina justicia; por eso se dice que el Señor hizo llover fuego sobre las ciudades y que las destruyó, ya valiéndose de esas causas meramente naturales, ya modificándolas convenientemente, para hacerlas servir como ejecutoras de las divinas venganzas.



## CAPITULO V

## ANTIGÜEDAD DEL HOMBRE

No pequeño interés ofrece la cuestión de la antigüedad absoluta del hombre sobre la tierra. Acerca de este punto se ha fantaseado mucho y hasta se ha pretendido poner en oposición los datos de la ciencia con el relato bíblico de Moisés, donde se describe la creación del primer hombre y se cuentan numerosos acontecimientos de sus descendientes.

**453. Cronologías bíblicas.**— Aunque la Biblia propiamente no tiene cronología, pues en ninguna parte de sus libros se consigna la edad del mundo, pero llámanse cronologías bíblicas las que han redactado algunos autores fundados en la narración de los libros sagrados, sobre todo en las genealogías en ellos consignadas. Las dos cronologías más autorizadas son la del *Martirologio romano* y la de la *Vulgata*. Según la primera, transcurrieron desde Adán hasta Jesucristo 5.199 años, y según la segunda, 4.184. ¡Más de mil años de diferencia! Ni son esas las únicas cronologías bíblicas. Numerosas cronologías escribieron los Santos Padres fundadas más o menos en los datos de la Biblia (1). La más corta pone 3.483 años entre Adán y Jesucristo, y la más larga asigna 6.984. La diferencia es de 3.501.

**454. Causas de la discrepancia.**— Una de las causas de esta discrepancia está en que hay alguna variedad de fechas en los diversos textos bíblicos que usaron los diferentes Padres de la Iglesia. Así aparece una gran diversidad, por ejemplo, entre los textos griego (alejandrino), hebreo y samaritano más frecuentemente empleados. Por otra parte, las genealogías que se cuentan en los sagrados libros, no deben entenderse necesariamente genealogías seguidas o inmediatas, sino que pueden entenderse genealogías *mediatas*, pudiendo haber omisiones de varias generaciones intermedias.

(1) Beraza, De Deo Creante, p. 546. Bilbao. 1921.

Prueba de ello es que San Mateo, entre David y el cautiverio de Babilonia, omite tres generaciones, que consigna San Lucas, y sin embargo, emplea la misma frase: *genuit*, engendró, de igual manera que en las otras genealogías. Si esto pasa en genealogías relativamente recientes, mucho más verosímil es que existan omisiones o lagunas en las genealogías antediluvianas. Tal vez esas genealogías que consigna Moisés en el Génesis sean como tribus o diríamos *dinastías*, personificadas en un patriarca más renombrado y principal. Con eso queda ancho campo para dar al primer hombre toda la antigüedad que se necesite, según los datos de la ciencia.

De lo dicho se deduce que no es contra la narración bíblica, ni contra la doctrina de la Iglesia, el dar al hombre mucho más tiempo de existencia que el consignado en las cronologías bíblicas. Y aunque se probase que el hombre lleva de existencia sobre la tierra varias decenas de millares de años, nada, absolutamente nada, debilitaría la narración bíblica ni la doctrina católica. Pero antes de admitir una duración desmesurada es necesario que se compruebe con sólidos argumentos; entretanto seguiremos asignando al hombre la moderada duración que exigen los datos de la ciencia hasta hoy descubiertos.

Veamos, pues, brevemente qué nos dicen los documentos científicos respecto a la duración o antigüedad del hombre sobre la tierra.

**455. Primera aparición.**—Es de gran importancia conocer en qué época geológica apareció por vez primera el hombre sobre la tierra; pues de esto depende en gran parte el asignarle la mayor o menor duración.

Dejemos a un lado la cuestión de si el hombre existió ya en la era Terciaria, siquiera haya sido en su última época, la pliocénica, pues aunque a mediados del siglo pasado se discutió mucho esta cuestión, y hubo no pocos que la defendieron, pero hoy es universalmente negada la existencia del hombre terciario, aun por los mismos evolucionistas, por no haber argumento alguno serio en su favor. Por eso no es necesario que hoy perdamos tiempo en discutir esa cuestión. Según todos los modernos, el hombre es netamente cuaternario; es decir, hizo su primera aparición en la era Cuaternaria, o dicho de otra manera más determinada: los primeros restos o instrumentos, indudablemente humanos, se encuentran en terrenos pertenecientes a la era Cuaternaria.

Pero la era Cuaternaria fué de larga duración. Sabemos que en su primera parte, la época pleistocena, tuvo lugar la gran expansión de los glaciares, y que existieron varias glaciaciones, con sus fases interglaciares correspondientes. Según la mayoría de los autores fueron cuatro las fases glaciares con sus tres interglaciares correspondientes, como dijimos en la Geología.

Ahora bien, ¿en cuál de esas fases aparecieron los primeros indicios de la existencia del hombre? Ciertamente que el hombre existió en la última fase interglaciar. ¿Se puede todavía remontar

más alto su existencia? Parece comprobado que el hombre alcanzó a la fauna del penúltimo interglaciar antes que se extinguiera, caracterizado por el *rhinoceros etruscus*, *elephas trigontherii* y *Machairodus*, propia de clima benigno interglaciar (1).

Veamos ahora si se puede evaluar en años la duración del hombre desde los tiempos más remotos.

**456. Comienzo de los tiempos históricos.**— Para proceder con más seguridad en cuestión tan oscura, parece muy conveniente seguir un orden ascendente, retrocediendo desde los tiempos actuales hasta los primeros vestigios de la humanidad. He aquí algunas fechas que se deducen de los datos históricos o de los residuos de cultura más antiguos para algunos pueblos :

Palestina, Mesopotamia, Egipto y Creta, 3.300 años antes de J. C.; Grecia, Italia, España, Europa central y Septentrional, 2.500 años de J. C.

Esas fechas se refieren al comienzo de la edad del bronce. Son las más antiguas que con alguna más seguridad, aunque no completa, se pueden establecer. Es lo que arrojan hoy los datos históricos y las investigaciones arqueológicas de esos pueblos antiguos. Y digo que no son fechas de seguridad absoluta, porque, entre los mismos autores que las establecen, no hay entera conformidad. Con todo, las fechas aducidas se pueden aceptar sin peligro de error notable.

**457. Fechas de la época neolítica.**— Antes de la edad del bronce tuvo lugar la del cobre, que duró poco tiempo; a su vez ésta sucedió inmediatamente a la época neolítica. ¿Qué antigüedad puede atribuirse al comienzo de esta época?

Aquí los cálculos son ya más inciertos, pues no pueden aprovecharse para ellos los datos históricos, aun los más antiguos. Por eso únicamente se pueden utilizar los fundamentos geológicos.

De éstos el más razonable para calcular la fecha del comienzo de la época neolítica es la retirada definitiva de los glaciares. Se sabe que esta época comenzó luego de la retirada de los glaciares. Por consiguiente, si hay datos para calcular la fecha de esta retirada, podemos asignar con más o menos aproximación la fecha del comienzo de la época neolítica. Ahora bien, según cálculos hechos en América del Norte por Gilbert, Andrews y Wright, y sobre todo, y son los más fundados, según los hechos en el mar Báltico por el geólogo sueco Greer, por Sarauw Kjellmark y otros sabios europeos, se han obtenido resultados bastante concordantes que dan una fecha aproximada de unos 10.000 años desde la retirada definitiva de los glaciares hasta nuestros días.

---

(1) Vid. Obermaier en Ebert, Reallexicon der Vorgeschichte, t. 2 (1925), p. 399.

De donde se sigue que podemos asegurar con bastante probabilidad que el comienzo de la época neolítica no dista de nuestros días más de 10.000 años, o sea, 8.000 antes de J. C.

**458. Duración de la época paleolítica.**—Si en la época neolítica hay tantas oscuridades para calcular su duración, se deja entender que mucho mayores existirán respecto a la época paleolítica. Y aquí está el punto principal y la principal dificultad para averiguar la antigüedad del hombre sobre la tierra. Se han hecho tantos cálculos, tan variados y de resultados tan diferentes, que nada, no sólo cierto, pero ni aun verdaderamente probable y fundado, se puede afirmar en este asunto.

Hay quien atribuye al hombre una antigüedad de 100.000 años, como Obermaier; otros, como Mortillet, le dan 240.000 años; otros, como Penck, 500.000; y aun no falta quien ponga todavía cifras más elevadas. Y ¿qué fundamento tienen estos autores para asignar una antigüedad tan grande al hombre?

**459. Cronómetros paleolíticos. *El estratigráfico.***—Muchos fundamentos se han traído para hacer este cómputo, ya estratigráficos, ya paleontológicos, o bien geográficos, meteorológicos, arqueológicos, astronómicos, etc., etc.; pero ninguno de ellos es verdaderamente fundado y satisfactorio; todos son más o menos hipotéticos y arbitrarios.

*Crítica.*—Uno de estos cronómetros empleados por varios autores del siglo pasado para determinar la duración de la época paleolítica es el estratigráfico, fundado en el espesor de ciertos sedimentos bajo los cuales se encuentran restos de la industria del hombre. Suponiendo cierta velocidad en la sedimentación, se deduce fácilmente el tiempo que tardaron en sedimentarse, dado el espesor de esos sedimentos.

Pero la dificultad está en saber la intensidad de esos fenómenos de sedimentación en la época prehistórica, pues sin razón, y aun contra ella, se supone que tendrían la misma intensidad que en la actualidad. Por eso dice Déchelette que esos cronómetros geológicos, como los conos de deyección la corrosión de las rocas calcáreas, el levantamiento de las playas, la formación de la turba, la incrustación estalagmítica, etc., propuestos varias veces para la determinación de los tiempos cuaternarios, si buien es verdad que nos suministran curiosas indicaciones, pero ninguno de ellos se apoya sobre bases verdaderamente sólidas. Todos se fundan en la hipótesis de la uniformidad constante de determinados fenómenos; pero ¿cómo se puede garantizar la certeza de este postulado? (1).

Boule es todavía más severo contra la aplicación de esos cro-

---

(1) I. Déchelette, *Manuel d'archeologie prehistorique* (París, 1906), página 304.



nómetros a la duración de los tiempos cuaternarios, pues se apoyan, dice, sobre el principio de permanencia y continuidad regular de los fenómenos, lo cual es infinitamente poco probable (1).

**460. Cronómetros biogeográfico y paleontológico.** — Lo mismo se diga del fundamento biogeográfico, o sea, del cambio de distribución geográfica de algunas plantas y animales durante las fases glaciares. Según Lapparent este fundamento es de poco valor, pues los cambios de fauna se reducen a la desaparición de algunos paquidermos, que la mano del hombre pudo destruir o eliminar de Europa. ¿No sabemos que en tiempos históricos no muy remotos han desaparecido algunos animales? Y en lo tocante a la flora sólo se observan ligeros cambios de distribución geográfica; para todo lo cual no se necesita ese desmesurado número de años que exigen muchos autores.

Análogas consideraciones se pueden hacer sobre el cronómetro paleontológico basado en la extinción de algunos animales cuaternarios en su lenta evolución. Según Boule, las indicaciones que de esto se pueden obtener son de todo punto vagas e inciertas.

**461. El astronómico.** — Un fundamento de evaluación de los tiempos cuaternarios muy traído por algunos autores es el astronómico. Se ha querido atribuir el glaciario cuaternario, ya a la excentricidad de la órbita terrestre (variación de la distancia de la tierra al sol), ya a la precesión de los equinoccios, ya a los cambios de la oblicuidad de la eclíptica. Como la época y la duración de los fenómenos astronómicos son fáciles de calcular, de ahí la posibilidad de poder evaluar en años la duración y el tiempo en que tuvieron lugar esos fenómenos, si se prueba su dependencia de esos otros astronómicos.

Según Croll el último máximo de excentricidad de la órbita terrestre tuvo lugar hace más de 200.000 años, y llegó a su fin hace ya no menos de 80.000 años; por consiguiente la fecha de la última retirada de los glaciares no baja de esa cifra; pues Croll es uno de los que atribuyen el glaciario al enfriamiento producido en nuestro hemisferio por ese exceso de excentricidad.

Pero esa teoría, dice Boule, «es combatida a la vez por astrónomos, físicos y geólogos. No está demostrado que los períodos glaciares estén ligados a los fenómenos astronómicos en cuestión, y tenemos hoy día poderosas razones para creer que el fin de la época glaciario no se remonta a una fecha tan lejana como pensaba Croll y Leyll» (2).

Además, según Lapparent, la multiplicidad de las fases glaciares no está muy en armonía con la teoría astronómica. Fuera de que

---

(1) M. Boule, «Les hommes fossiles» (París, 1923), p. 59.

(2) M. Boule, obra citada, p. 58.

no basta un enfriamiento considerable para explicar el glaciario; es necesaria también gran abundancia de humedad, y por consiguiente de evaporación, poco compatible con un descenso general de temperatura.

**462. Conclusión moderada.**—En resumen, dice Déchelette, no es dado a la ciencia actual asignar una fecha a los orígenes del hombre. Ninguna consideración sería legítima las elevadas cifras que habían aceptado temerariamente los sabios del último siglo. Hoy día se tiende a reconocer que parece muy aceptable una solución más moderada de este grave problema cronológico (1). Por lo menos mientras no nos demuestren la necesidad de dar mayor duración a la época paleolítica, no tenemos por qué aceptar esas *cifras exageradas*, que muchos han propalado. Si nos prueban mayor duración no tendremos la menor dificultad en aceptarla; pues, repetimos otra vez, nada se seguiría de ahí contra la doctrina de la Iglesia ni contra la narración bíblica.

De todo esto se deduce cuán neciamente se empeñan algunos en poner la doctrina católica en contradicción con la ciencia, por lo que se refiere a la antigüedad del hombre sobre la tierra.

---

(1) J. Déchelette, obra citada, p. 305.



## CAPITULO VI

## EL TRANSFORMISMO EN LA GEOLOGIA

Parece oportuno hacer algunas reflexiones sobre la cuestión transformista; pues está íntimamente relacionada con la Geología, como iremos viendo en este capítulo.

**463. Teoría creacionista y evolucionista.**—Conocidas son de todos las dos teorías que se han propuesto para la explicación del origen de las especies de vivientes, tanto animales como vegetales. Por una parte está la teoría o doctrina creacionista, según la cual las especies, por lo menos los grupos más salientes de organización típica y característica, fueron producidos por una causa superior, o por una acción especial del criador; de ahí el nombre de doctrina *creacionista*.

Según la teoría *evolucionista*, las especies orgánicas provienen por evolución o transformación de un sólo organismo primitivo (evolucionismo monofilético), o de unos pocos organismos (evolucionismo oligofilético), producidos por Dios según los evolucionistas moderados, o formados por generación espontánea, según los transformistas materialistas.

**464. Las dos tesis transformistas.**—En la doctrina transformista conviene distinguir dos puntos o tesis: 1.<sup>a</sup> el hecho de la evolución (1.<sup>a</sup> tesis); y 2.<sup>a</sup>, la explicación de la evolución (2.<sup>a</sup> tesis). Todos los transformistas están conformes en admitir el hecho de la evolución, aunque haya sus divergencias en el valor probativo, que atribuyen a ciertos argumentos, y en la mayor o menor firmeza con que defienden el evolucionismo; y sobre todo, en establecer las líneas genealógicas o el camino que ha seguido en concreto la evolución.

La 2.<sup>a</sup> tesis transformista, o sea, la explicación de la evolución, se refiere a las causas que produjeron la evolución y a los factores y circunstancias que a ella contribuyeron. Y aquí está la principal divergencia y aun controversia y lucha entre los mismos

evolucionistas; dividiéndose en lamarckianos y darwinistas. De modo que el darwinismo y lamarckismo se refieren más bien a la 2.<sup>a</sup> tesis, o sea a la manera de explicar las causas de la evolución. No es de este lugar detenernos a explicar las diferencias entre el darwinismo o neodarwinismo y el lamarckismo o neolamarckismo. Sobre todo, lo que aquí discutiremos principalmente es la primera tesis evolucionista, que es la más propia de la Geología; pues como dice Gaudry, el estudio de las causas de la evolución tal vez sea más propio de la biología y fisiología; así como la cuestión del hecho de la evolución se ha de resolver más bien en paleontología, que suministra los documentos necesarios (1).

**465. Importancia del argumento paleontológico.** —Dijimos que la tesis transformista del hecho de la evolución se había de resolver principalmente en paleontología; conviene, pues, hacer algunas reflexiones y aclaraciones sobre este punto, que es de tanto interés para nuestro objeto.

La importancia del argumento paleontológico resalta en primer lugar porque en él se refugian en definitiva todos los evolucionistas. Pues, cuando se les arguye que actualmente no se da transformación de especies, responden que es muy corto el tiempo de que dispone el hombre para poder conseguir un cambio notable en los organismos; y aun la duración de la humanidad histórica es poca cosa, para poder observar variaciones considerables en las especies. Para esas variaciones y evoluciones se requiere un lapso de tiempo inmensamente largo, cual sólo puede hallarse en la larga duración de los períodos geológicos.

Si se les objeta la falta de anillos entre los vivientes actuales, como por ejemplo, entre las aves y reptiles, o entre éstos y los mamíferos, acuden a la Geología para encontrar esos anillos, que no les ofrecen los actuales vivientes. Si en los vivientes actuales no encuentran la razón evolutiva de ciertas particularidades morfológicas, acuden para explicarlas a otras formas geológicas, como sucede con el desarrollo de las extremidades de los équidos.

Y aun tratándose del argumento embriológico, que parece exclusivamente fisiológico, se refugian los transformistas en la paleontología, para explicar ciertos fenómenos particulares. Así, por ejemplo, para explicar los gérmenes dentarios del loro joven, acuden a las aves dentadas del jurásico y cretáceo.

Por otra parte, el número de especies fósiles es inmensamente mayor que el de las actuales; y la cuestión del origen de las especies abarca, no sólo las especies actuales, sino también las del pasado geológico.

Además, según los transformistas las especies actuales proceden de otras que existieron en épocas anteriores; por consiguiente,

(1) A. Gaudry: «Ancétr. de nos anim». p. 73. París, 1888.

las especies progenitoras se han de buscar en los terrenos de anteriores épocas.

Y de hecho las grandes disputas verdaderamente científicas, sobre la cuestión del origen de las especies, comenzaron con motivo de las investigaciones paleontológicas, cuando tuvieron lugar en 1830 las célebres controversias entre Cuvier y E. Geoffroi Saint Hilaire. Por lo dicho se ve que la solución del hecho de la evolución se ha de buscar en la paleontología estratigráfica; pues en los terrenos se encuentran los restos fósiles de los animales, que se han sucedido en el tiempo; y esos restos son los documentos que nos han de guiar, para conocer si realmente existió la gradación de los organismos, según lo exige la teoría de la evolución.

Vamos pues a ver qué nos dicen los documentos paleontológicos respecto a la gradación sucesiva de los organismos.

**466. Aparición sucesiva de las especies.** — Las especies, como vimos en Geología, no aparecieron todas simultáneamente, sino que fueron apareciendo poco a poco en la sucesión de los períodos de la tierra. Asimismo, muchos grupos de animales y plantas fueron desapareciendo, para dejar lugar a los que de nuevo entraban en la escena de la vida.

Puede verse en conjunto la época de la aparición y desaparición de los más importantes grupos en los esquemas, que pusimos en Geología acerca del desarrollo de los vivientes (398, pág. 256). En general puede decirse que la fauna y la flora ha ido perfeccionándose desde los primeros tiempos biológicos hasta nuestros días; y que se observa alguna gradación de conjunto en la sucesión de los vivientes. Pero es necesario mirar más de cerca esa gradación, para ver si es conforme o contraria a lo que exige la teoría de la evolución.

Hacemos notar que combatimos principalmente el transformismo monofilético, y aun oligofilético; y sobre todo, el evolucionismo materialista. De modo que de los datos paleontológicos deduciremos un polifiletismo, bastante numeroso en ramas o líneas genealógicas, que no se pueden explicar por evolución de otras, sino por formación especial, debida a una causa superior, independiente del mundo orgánico: es decir, deduciremos como consecuencia la necesidad de la doctrina creacionista, para explicar el comienzo de esas líneas genealógicas del polifiletismo, exigido por los documentos paleontológicos.

Como los datos son tan numerosos y complicados, nos limitaremos a indicar algunos de los hechos más culminantes que no admiten explicación en un transformismo rígido monofilético y aun oligofilético.

**467. 1.º Primeros vivientes. Fauna cámbrica.** — Según el transformismo, sobre todo el transformismo materialista, los pri-



meros vivientes debieron ser organismos de los más sencillos y rudimentarios. Veamos qué nos dicen los documentos geológicos.

**Fauna cámbrica.**—Los terrenos cambrienses son los que encierran los restos de organismos determinables más antiguos. Ahora bien, esa fauna consta ya de tipos de organización muy elevada, como gusanos, crustáceos, moluscoides y moluscos. Se encuentran ya desde el principio todos los tipos de animales, excepto los vertebrados (314).

**468. Fauna algonkiense.**—Retrocediendo más en los tiempos geológicos, nos encontramos en los terrenos algonkienses con una fauna no bien determinable específicamente (310), a causa de la deformación de los restos orgánicos, debida al metamorfismo que sufrieron los estratos. Pero en esos restos indeterminables específicamente, se encuentran formas de organización elevada, clasificadas como de gusanos, crustáceos y lamelibranquios. Estamos, pues, muy lejos de la fauna elemental, rudimentaria, que exige la doctrina evolucionista como comienzo de la escala animal. Por eso los transformistas dicen que esta fauna primordial rudimentaria hay que buscarla en los estratos del terreno árqueo. Pero es posible, dicen, que jamás se encuentre, por la enorme metamorfización de las pizarras cristalinas árqueas. Así que el origen de los primeros vivientes quedará siempre en las tinieblas, según la teoría evolucionista. Sea de esto lo que quiera, siempre queda cierto que los hechos paleontológicos *positivos*, respecto a los vivientes más antiguos, están en oposición con la doctrina evolucionista. Y para explicar esa falta de primeros organismos rudimentarios, tienen que acudir a lo incógnito y misterioso, a suponer que existieron en realidad, pero que ninguno de sus restos se han conservado; cosas ambas hipotéticas y no muy verosímiles.

**469. Restos orgánicos del árqueo.**—Como ya se dijo en Geología histórica, el presunto resto orgánico, llamado *Eozoon* de las pizarras cristalinas del árqueo, pasó a la categoría de un cuerpo mineral, mezcla de caliza y serpentina o piroxeno. Los grafitos hallados en esas pizarras tal vez puedan tener origen vegetal, pero no está averiguado. Y si al *Corycium enigmaticum* se le quiere atribuir origen animal, cosa verdaderamente bien enigmática, habrá que clasificarle entre los moluscos; tipo ya bien elevado; y entonces tenemos que hacer retroceder todavía más a los organismos inferiores sus predecesores. Y así los evolucionistas tienen que meterse cada vez más en lo enigmático y desconocido, para salvar la dificultad de los primeros organismos.

Pero siempre es cierto que los hechos positivos, que conocemos acerca de los primeros vivientes, son contrarios a la teoría evolucionista materialista, que requiere como origen de la vida organismos siempre rudimentarios.

**470. 2.º Falta de anillos.**—Según la teoría evolucionista el árbol de la vida debió producirse sin interrupción, formando una cadena gradual no interrumpida. Sin embargo muchos de esos anillos faltan o no se conocen; por consiguiente en la doctrina evolucionista no se puede explicar esa serie con frecuencia interrumpida y sin anillos.

Esa interrupción o falta de anillos es frecuente en paleontología estratigráfica. Así en el silúrico superior aparecen los primeros vertebrados, peces placodermos, (318) que no tienen enlace genealógico con ninguno de los tipos anteriores de animales, como confiesa Gaudry, adicto a la doctrina evolucionista (1). Lo mismo se diga de los Estegocéfalos, anfibios que aparecieron en el período antracólico (325-326). Cosa análoga se puede decir de los reptiles del pérmico inferior y carbonífero superior.

«La presencia en el pérmico inferior, dice Gaudry, de un reptil tan perfeccionado como el *Stereorhachis* (Teromorfo), entraña para los evolucionistas la idea de un mundo de cuadrúpedos, que deberán ser descubiertos en el carbonífero y devónico», si es verdadera la teoría.

«Los quelonios, dice Haug, están representados en el trías superior por formas ya tan diferenciadas, que se debe admitir que los más antiguos representantes conocidos de este orden de reptiles, tienen detrás de sí una larga serie de antepasados». Esos antepasados no se han descubierto. Y aun en animales muy parecidos, es difícil con frecuencia seguir la serie. Así, dice el mismo Haug, hay pocas relaciones entre los amonoides del trías y los del jurásico.

De esta manera se podrían multiplicar indefinidamente las lagunas o *hiatus* en la serie, que requiere la doctrina transformista. Y con frecuencia los nuevos descubrimientos, en vez de llenar esas lagunas, las ensanchan más. Así, por ejemplo, el hallazgo de verdaderos reptiles en el carbonífero ha descubierto una gran laguna de reptiles devónicos. El descubrimiento de gusanos perfectos del cambriense inferior ha obligado a suponer otros gusanos inferiores antecambrienses, etc., etc.

**471. 3.º Supuestos anillos.**—Traen los transformistas en favor de su doctrina el hallazgo de algunos anillos exigidos por la teoría. Los más famosos son los reptiles voladores y las aves dentadas del jurásico; en ellos encuentran los transformistas el anillo deseado entre las aves y reptiles.

Sin embargo, no es tan fácil y natural la transición de un pte-

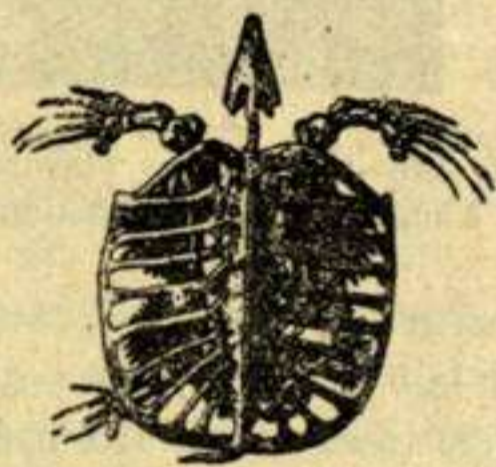


Fig. 208.—*Archelon*, quelonio del trías-jurásico. (Mazo).

(1) Enchainem. d. mond. anim. T. I, pág. 249. París, 1883.

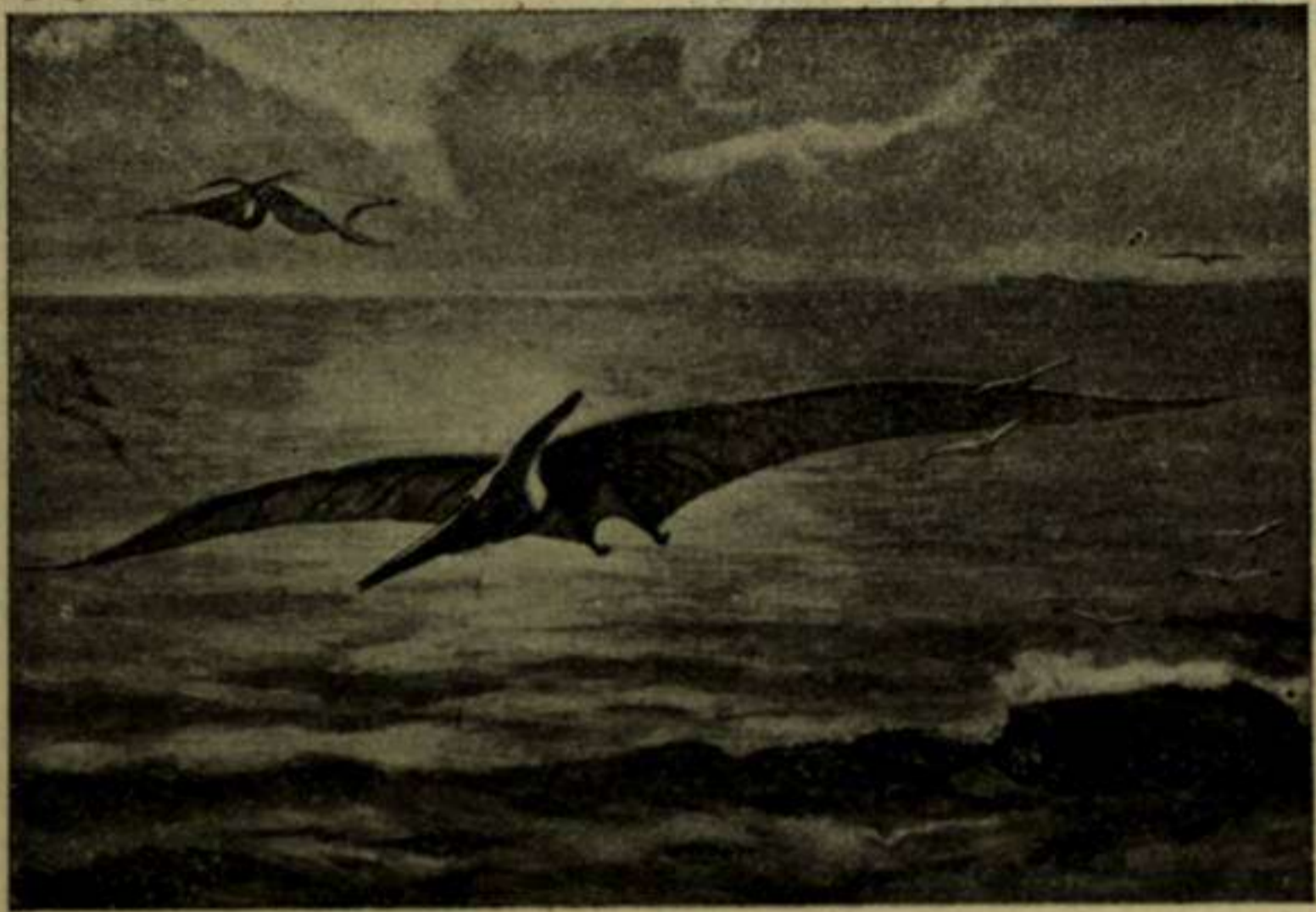


Fig. 209.—Gigantesco pterosauro del cretáceo. Reconstitución del *Pteranodón*, según el Dr. Langley, de la «Smithsonian Institution». La envergadura de sus alas alcanzaba 7 metros.

rosauro a las aves, aun a las dentadas del jurásico. Las diferencias de las aves y pterosauros son muy grandes, dice Gaudry (1). Las aves tienen mucho mayor número de vértebras cervicales; el sacro es enorme y la clavícula, muy desarrollada; mientras que en los pterosauros no hay clavícula, el sacro es pequeño y existe gran número

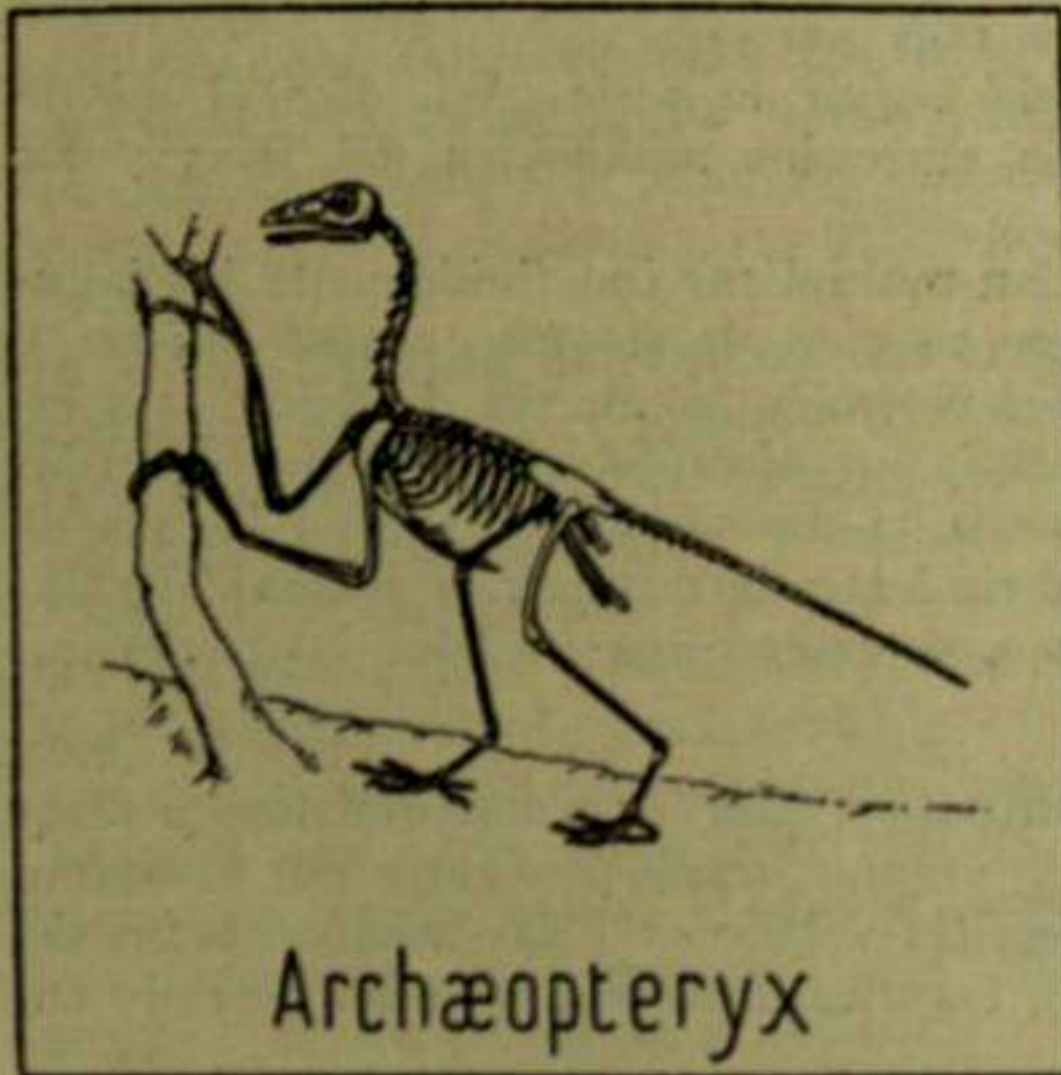


Figura 210.—(Mazo)

de vértebras cervicales. En cambio la organización del *Archæopterys*, o ave del jurásico, tenía caracteres netamente de ave con clavícula y numerosas vértebras cervicales. Las vértebras presacras de los pterosauros son procélicas, mientras que las del *Archæopterys* son anficélicas, en lo cual son inferiores las aves del jurásico; y las plumas de las aves jurásicas eran bien perfectas y desarrolladas. Por todo lo cual aparece claro el gran hiatus que existe

(1) Enchainem. d. mond. anim. T. II, pág. 242. París, 1890.



entre las aves y los reptiles aun después del descubrimiento de la famosa ave *Archaeopteris* del jurásico, y de los reptiles voladores. Por eso muchos evolucionistas no consideran a los reptiles voladores como paso para las aves, sino a otros grupos bien diferentes, como los Dinosaurios por ejemplo; que a decir verdad, no sabe uno por dónde puedan enlazarse con las aves, por más que sutilicen e hipoteticen los transformistas.... Además, entre el *Archaeopteris* y las aves cretáceas hay una inmensa distancia, como dice Schlosser; y más si se compara con las aves actuales; por lo cual, aun cuando el *Archaeopteris* pudiera provenir de los pterosaurios, quedaría por explicar el origen de las aves cretáceas, y más el de las actuales.

**472. 4.º Anillos anacrónicos.**—Muchos anillos que se han aducido para continuar la cadena evolucionista no hacen al caso; pues su existencia no corresponde al tiempo en que debieron existir, para que pudieran ser anillos.

Pongamos algunos ejemplos. Algunos, como Pelourde, han pretendido ver en una planta llamada *Bennettites*, el anillo de unión entre las fanerógamas y criptógamas; para eso bien se ve que debía haber existido un poco antes de aparecer las fanerógamas; ahora bien, el *Bennettites* (Cicadácea) no se encuentra sino en la era Secundaria; mientras que verdaderas fanerógamas se encuentran desde el antrocolítico inferior; por consiguiente el *Bennettites* no pudo ser el enlace real genético de las fanerógamas y criptógamas.

Algunos transformistas, como Spitzer, ponen como forma intermedia entre los anfibios y reptiles el género *Cricotus*, anfibio del pérmico; ahora bien, ya se han encontrado reptiles en el carbonífero, anteriores al *Cricotus*. Cope pone como anillo entre los peces y los anfibios el pez *Caturus furcatus* del jurásico superior, habiendo existido anfibios ya desde el carbonífero inferior. El anillo entre los vertebrados e invertebrados le ponen hoy muchos transformistas en el *Amphioxus*; sin embargo, vertebrados se conocen desde el silúrico superior; y el *Amphioxus* no se ha encontrado fósil.

De esta manera podríamos multiplicar indefinidamente con ejemplos los anacronismos de los anillos transformistas.

**473. 5.º Genealogías invertidas.**—Gran analogía tienen con el anacronismo de los anillos el anacronismo de las genealogías evolucionistas; es decir, que los grupos o miembros de una serie genealógica no se corresponden cronológicamente. Veamos algunos ejemplos.

Tratándose de los anfibios admiten los transformistas esta gradación; perennibranquios - criptobranquios - salamandrinos - anuros. Pues bien, los más antiguos cronológicamente, según los datos de la Geología son los anuros (jurásico); y los perennibranquios son los más modernos, pues no se conocen fósiles. Los salamandrinos

y criptobranquios bien determinados son contemporáneos (oligoceno) (1).

Entre los amonoides suele ponerse la serie de menos a más desarrollo de las vueltas, desde la forma recta hasta la muy arrollada; pero resulta que el *Baculites*, forma recta, que se pone como menos perfeccionada, pertenece al cretáceo; y en cambio, la *Medlicotia*, que presenta el máximo desarrollo, se encuentra en el antracólico (Fig. 172).

Lo mismo hace Gaudry respecto a los nautilidos de los tiempos primarios, donde pone series que no se corresponden cronológicamente (2).

Otras veces se ponen series de especies contemporáneas, como el mismo Gaudry hace con los Rinocéridos miocenos, para la gradación de la dentición (3).

**474. 6.º Variedad de genealogías.**—Una prueba de la dificultad de establecer la gradación en las series paleontológicas, es la variedad de genealogías que han atribuido los transformistas a una misma especie o grupo. Pongamos algunos ejemplos.

A los *unióidos*, familia de lamelibranquios, se han atribuido lo menos cuatro genealogías diferentes. Según algunos provienen de las trigonías; según otros del género triásico *Anoplophora*; según otros, de los *Trigonodus*; y por fin, según algunos, provienen de las *Anthracosias* del carbonífero.

A los vertebrados se les han atribuido más de media docena de genealogías. Unos los hacen derivar de los gusanos anélidos; otras, de los arácnidos; ya de los gigantostáceos paleozóicos; ya de los gusanos nemertinos; hay quien los deriva de una forma hipotética intermedia entre los anélidos y procordados; no falta quien del *Balanoglossus*; unos de los apendicularios, otros del *Amphioxus*, etc.

La misma genealogía del caballo, que suele pasar entre los transformistas como una de las mejor fundadas, ha sido explicada de muy diversas maneras; y hemos podido examinar más de seis genealogías atribuidas a los équidos, según el gusto de los autores.

En general, puede decirse que hasta el presente los transformistas apenas han podido establecer una genealogía de tal manera fundada en los hechos paleontológicos, que no ofrezca duda racional. Algunas que se han establecido son de formas tan parecidas y circunscritas, que a duras penas pueden atribuirse a especies diferentes; tal es por ejemplo la serie de *Paludinas* del plioceno de la cuenca del Danubio, establecida por Neumayr; lo mismo se diga de la serie de *Planorbis*, señalada por Steinhein.

(1) *El Hylaesbatrachus* de Bernissart (cretáceo inferior) es asignado por algunos a los criptobranquios; otros consideran dudosa esta asignación.

(2) Enchainen. du monde anim. t. I, p. 165.

(3) T. III, pág. 58.

**475. 7.º Líneas paralelas sin entronque.**—Con frecuencia el desarrollo de los vivientes se prosigue en líneas paralelas independientes, que no tienen enlace o entronque entre sí, y cuyos primeros brotes se pierden en profundidad, sin poder enlazarlos con tipos anteriores. Pongamos algunos ejemplos tomados del reino animal.

En el tipo Espongiarios consideremos el grupo de las esponjas silíceas; sus tres ramas monactinélidos, tetractinélidos (incluyendo aquí los litístidos) y hexactinélidos aparecen desde el cámbrico, y siguen paralelos e independientes hasta los tiempos actuales.

En el grupo de los Estegocéfalos (anfibios fósiles) las tres ramas que distinguen algunos autores, filospóndidos, lepospóndilos y tennospóndilos aparecen casi simultáneamente en el carbonífero, y siguen una marcha paralela e independiente, hasta terminar en el pérmico las dos primeras, y en el triásico la última. Los principales grupos de mamíferos placentarios siguen líneas paralelas ascendentes, hasta ir a perderse, sin entronque con ninguna otra rama, en las profundidades de los estratos eocenos. Allí se encuentran ya los primates, los perisodáctilos, artiodáctilos, los carnívoros, insectívoros, quirópteros, roedores, etc., etc., cada grupo con formas propias y características, independientes. Por consiguiente deben admitirse por lo menos otras tantas ramas filogénicas, o sea un polifiletismo bastante numeroso en líneas genealógicas.

**476. 8.º Explosiones.**—Hay un hecho particular y curioso en paleontología estratigráfica, que no está muy conforme con la doctrina evolucionista. Ese hecho es la aparición repentina y exuberante desde el principio, de ciertos grupos de vivientes en determinadas épocas geológicas. Se le ha dado el significativo nombre de explosión. No pocas explosiones registra la Geología. Tal es la explosión de los trilobites en el cámbrico inferior; la explosión de los crinoides en el silúrico; la explosión de las criptógamas vasculares en el devónico; la explosión de los foraminíferos en el antracólico con las fússulinas; de las plantas angiospermas en el comienzo del cretáceo; de los mamíferos placentarios en el eoceno inferior, etc.

Estas apariciones bruscas, repentinas, inesperadas, tienen fácil explicación en la doctrina de los creacionistas, mientras que se avienen mal con la teoría transformista.

Suess extiende todavía más estas apariciones repentinas: asociaciones enteras, dice, todas las poblaciones animales y vegetales, las grandes unidades en la economía de la naturaleza, si así me es lícito hablar, hacen su aparición y desaparecen simultáneamente (1). No se puede explicar este fenómeno por la teoría de las *migraciones*, pues se trata en las explosiones, de la aparición repentina de un nuevo grupo de vivientes en todas las regiones del globo.

---

(1) E. Suess: «La face de la Terre», t. I, pág. 15. París, 1912.

**477. 9.º Epoca de predominio de algunos grupos.**—Dijimos antes que en general y en conjunto, la fauna y la flora se ha ido perfeccionando desde los tiempos paleozóicos hasta nuestros días. Pero si examinamos un poco más de cerca las cosas y nos fijamos en el desarrollo de algunos grupos de animales, veremos claramente que no corresponde a esa gradación, que supone y pide la teoría transformista.

Los Protozoarios son los animales más imperfectos conocidos; parece, pues, que debían haberse desarrollado principalmente en los primeros tiempos zoológicos. Sin embargo, los documentos geológicos atestiguan lo contrario. En la era Paleozóica son relativamente escasos y de poca importancia; en la era Secundaria aumentan bastante, pero su predominio le han adquirido en la era Terciaria y en los tiempos actuales. Todo al revés de lo que se podía prever en la doctrina evolucionista.

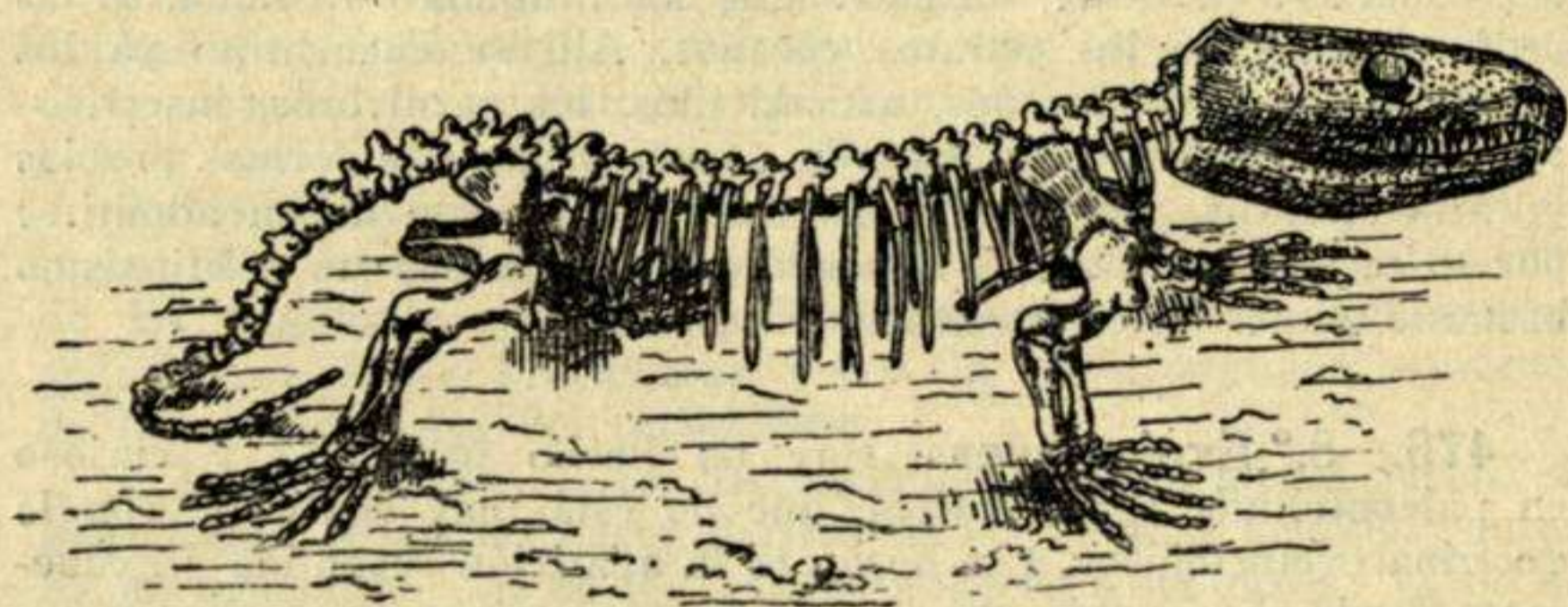


Fig. 211.—*Labidosaurus hamatus* Cope; Cotilosauro del pérmico (según Zittel).

Fijémonos ahora en el tipo de los moluscos. Entre sus varias clases la más perfecta y evolucionada, como dicen los transformistas, es la de los Cefalópodos; esa por consiguiente debió ser la última que se desarrolló y perfeccionó. Los hechos paleontológicos dicen lo contrario; pues los Cefalópodos alcanzaron su apogeo en el paleozóico con los nautilidos, y en el mesozóico con los amonítidos y belemnítidos; al contrario, el apogeo de los gastrópodos y lamelibranquios tuvo lugar en la era Terciaria y actual.

En la clase de los Reptiles vemos que su gran apogeo tuvo lugar en la era Secundaria; y en comparación de los reptiles mesozóicos, son cosa bien insignificante los reptiles actuales, en el número de especies y especialización de su organismo. Y ya desde sus comienzos se presentan algunos reptiles tan perfectos, que algunos transformistas los han creído progenitores de los mamíferos. Tal sucede con algunos Cotilosauros del pérmico y triásico sudafricano. Eso prueba que el perfeccionamiento de los reptiles no se verificó gradualmente de lo imperfecto a lo más perfecto, como debía suceder, si fuese verdadera la doctrina evolucionista.

**478. 10. Especies invariables a través de largos períodos.**

—Tampoco explica suficientemente la teoría evolucionista, cómo algunas especies se han conservado invariables a través de largos períodos, y en medio de las más diversas condiciones biológicas.

Muchas conchas terciarias apenas difieren de las actuales. El pez *Beryx* fué abundante en el cretáceo y existe actualmente. Las globigerinas cretáceas son como las actuales. Los escorpiones del carbonífero son muy parecidos a los que existen hoy día. Las *lingulas* del cámbrico apenas se diferencian de las actuales; de la misma manera las terebrátulas y nautilus se han conservado casi invariables desde el comienzo de los tiempos paleozóicos hasta nuestros días. Recientemente ha encontrado Walcott en el cámbrico medio algas casi como las actuales nostocáceas.

Todos estos hechos se avienen mal con la hipótesis de la variabilidad indefinida de la especie, que sostiene el transformismo rígido.

**479. Conclusión.**—Todos estos datos aducidos y muchos otros más que se podían aducir se explican mal en la teoría transformista, mientras que tienen fácil explicación en la doctrina creacionista o formacionista. Por lo menos, esos hechos son incompatibles con un transformismo rígido, monofilético y aun oligofilético. Es necesario admitir, por lo menos, la creación o formación especial de numerosos troncos, de los cuales traigan origen esas numerosas series, que no tienen enlace o entronque con otras precedentes.

**Por qué ha sido condenado el evolucionismo materialista.**

—Por lo demás, cuando los transformistas expliquen suficientemente esos y otros hechos semejantes, no tendremos dificultad en admitir su doctrina; pues mientras ésta se mantenga en los límites de lo que se desprende de los hechos positivos, no es en modo alguno contraria al dogma católico. Por eso la Iglesia católica nunca ha condenado el transformismo, si se mantiene en esos límites. Y el único transformismo condenado por la Iglesia, es el transformismo materialista o monista, que en condición tal, no se apoya en los hechos positivos de observación, sino en razones apriorísticas de partido de escuela. Pues bien se ve que una materia eterna, eternamente evolucionando, como afirma ese materialismo monista, cae por completo fuera del campo de la experimentación y observación del hombre. Sólo lo defienden sus partidarios, para eliminar la causa primera, el Dios personal.

Pero aun científicamente hablando, ese transformismo materialista, además de las razones, que pugnan con el transformismo general, tiene contra sí otras aun más poderosas; pues tiene que admitir la generación espontánea, para explicar el origen por lo menos del primer viviente; y esa generación espontánea, después de los descubrimientos de Pasteur, es contra toda experiencia y observación. Es de todo punto impotente para explicar el orden y armonía mara-

villosa que existe en el universo, en el mundo físico-químico, y sobre todo, en el mundo de los vivientes.

Además, el evolucionismo materialista no puede dar razón del orden social y moral, de la religiosidad de los pueblos, de la libertad del hombre, etc., etc., cosas todas evidentes como la luz del mediodía. Niega y rechaza una causa superior, ordenadora y gobernadora del mundo visible, tan necesaria para explicar este mundo visible, como es necesario suponer un hábil e inteligente constructor, para dar razón de un complicado y maravilloso artefacto. Por estas, y no por las razones comunes del transformismo, ha sido justamente condenado por la Iglesia el evolucionismo monista o ateo.

Qué dan de sí los documentos científicos y de observación, y qué limitaciones hay que hacer en el evolucionismo, por lo que respecta al hombre, lo trataremos brevemente en el capítulo siguiente.



## CAPITULO VII

EL TRANSFORMISMO DE LA ESPECIE HUMANA  
Y LA GEOLOGIA

**480. Recurso de los transformistas a los tiempos prehistóricos.**—La Zoología nos presenta actualmente enormes diferencias entre el organismo del hombre y el de los monos antropoides más elevados; de modo que, según esas diferencias, no es posible hacer descender al hombre actual de los simios antropomorfos actuales; por eso los transformistas, para hallar ese entronque, acuden a los tiempos geológicos, a ver si les ofrecen esos anillos que les niega el mundo viviente actual.

Veamos, pues, qué dan de sí esos documentos paleontológicos (1).

**481. Razas prehistóricas.**—Dos razas prehistóricas más caracterizadas suelen distinguirse; la de *Cro-magnon* y la de *Nean-*

---

(1) Como tratamos la cuestión bajo el punto de vista exclusivamente paleontológico, prescindimos de los argumentos anatómicos, y de los psíquicos, sociales y morales, que prueban con toda evidencia la imposibilidad de que el hombre descienda de un bruto, por más perfeccionado que se le suponga; estos argumentos no son propios de este lugar; y por eso prescindimos de ellos. El refugio de los transformistas es la Geología; y ese refugio es el que vamos a indagar, por ser propio de la materia que se trata en esta obra.

También hacemos notar que, por lo que toca al alma del hombre, espiritual e inmortal, es de fe católica que Dios cría e infunde en cada hombre el alma; por eso ningún católico puede defender el transformismo del hombre, por lo que toca al alma. Por lo que toca al cuerpo, de hecho sabemos que el primer hombre fué formado por Dios del polvo de la tierra; sea lo que quiera de la posibilidad teórica de que en cuanto al cuerpo pueda admitirse en buena fe la procedencia beluina **del hombre**. Veremos que los datos paleontológicos prueban que no hay tal procedencia ni en cuanto al cuerpo.

*dertal*; la 1.<sup>a</sup> corresponde al paleolítico superior, y la 2.<sup>a</sup>, al inferior. La raza Cro-magnon, ni por sus caracteres somáticos, ni por su antigüedad suele ser considerada por los transformistas como el lazo de unión entre el hombre actual y los monos.



Fig. 212.—Calavera del *Homo Musteriensis*, de raza Neandertal, descubierta en 1908 en la cueva de Le Moustier, Francia.

**La raza Neandertal.**—La raza de Neandertal presenta al decir de los evolucionistas, caracteres pitecoides, como gran dolicocefalia, prognatismo pronunciado, torus supraorbitario completo, con otros detalles de menor importancia. A esa raza pertenece una bóveda craneana y algunos huesos más, hallados en Neandertal, cerca de Dusseldorf (Alemania), que dió el nombre a la raza, y se atribuye a la edad musteriense. En España se atribuye a la misma raza un cráneo hallado en Gibraltar, y una mandíbula en-

contrada en Bañolas (Gerona). También en Francia se han encontrado varios restos de esa raza, como los huesos de la Chapelle aux Saints, Le Moustier, etc. En Bélgica los de Le Naulette y Spy; en Croacia la mandíbula de Krapina, etc., etc. Los transformistas consideran al *H. neandertalensis* no sólo como raza, sino como verdadera especie del género *Homo*, distinta del *Homo sapiens*.

¿Pueden ser considerados estos restos como realmente pertene-



[ Fig. 213.—El cráneo de Broken Hill; Rodesia, Africa meridional, semejante a los europeos de raza Neandertal, de la época Musteriense.



cientes a un tipo intermedio entre el hombre actual y el mono? Los restos y documentos no lo comprueban. Todos esos restos encajan perfectamente en el tipo humano; sus diferencias con respecto a las razas actuales, sobre todo, si tenemos también en cuenta la raza negra, son muy insignificantes, para que en buena ciencia puedan realmente considerarse como de especie diferente, y por consiguiente como verdaderos anillos entre el mono y el hombre actual. Se podrán considerar si se quiere, como una raza inferior, pero siempre una raza verdaderamente humana.

Mas aquí nos encontramos con una circunstancia desconcertante para los transformistas. Dicen muchos de ellos que el *Homo neandertalensis* no es el progenitor del *Homo sapiens* actual; porque con la raza de Neandertal coexistía el *Homo sapiens*, representado por la raza de Cro-Magnon: que ambas pueden proceder de un tronco común; pero que el *Homo neandertalensis* representa una forma retrasada en su evolución (1).

Es más, el decidido evolucionista F. Ameghino dice que el cráneo del *Homo neandertalensis* procede de la degradación por el salvajismo, del cráneo del *H. sapiens*. Por consiguiente el entronque entre el hombre actual y los monos habrá que buscarle en otra parte, o en otra especie; no en la raza de neandertal.

**482. El Homo Heidelbergensis.**—Los restos humanos más antiguos, pertenecientes a la edad acheulense y chelense, son muy escasos para que de ellos se pueda deducir alguna conclusión seria respecto al origen del hombre.

*La mandíbula de Mauer.*—Es atribuída a la edad chelense una mandíbula inferior, hallada en 1907 entre las arenas aluviales del río Elsenz, afluente del Neckar, en el pueblo de Mauer, cerca de Heidelberg (Alemania) (2).



Fig. 214.—La mandíbula de Mauer, del *Homo Heidelbergensis*.

No es más que una mandíbula sin otros restos humanos. Es grande y fuerte, y ancha en sus ramas ascendentes; pero lo más notable es la falta de mentón, que según los transformistas es una señal evidente de inferioridad, con carácter pitecoide. Así con ella

sola han creado una nueva especie de hombre, el *Homo Heidelbergensis*.

En primer lugar, bien se ve que es muy aventurado establecer

(1) M. Boule. «Les Hommes fossiles», pág. 246. París, 1923.

Obermaier. «El hombre fósil», pág. 296. Madrid, 1916.

Schwalbe. «Anthropologie», pág. 296-297. Leipzig, 1923.

(2) Varios autores afirman que la mandíbula de Mauer no es chelense, sino prechelense. Prescindimos ahora de esa cuestión, porque no hace al caso para nuestros objeto.

una especie, fundándose en un sólo hueso; pero no estará tampoco de más advertir que no falta quien afirme que la mandíbula en cuestión tiene afinidades estrechas con la raza de Neandertal (1).

**483. El hombre de Piltdown.** —Mucho llamó la atención el descubrimiento de restos humanos, verificado en 1912 cerca de Piltdown (Inglaterra).

Estos restos se reducen a trozos sueltos de cráneo y de mandíbulas, con los cuales hallaron también otros huesos de varios animales, particularmente de elefantes y algunos indeterminables. Con varios de esos fragmentos se construyó un cráneo, que fué designado por Woodward *Eoanthropus Dawsoni*, dedicándosele a su amigo y colega Dawson.

En primer lugar, la época del yacimiento no está del todo determinada, ni por la estratigrafía, ni por la paleontología, ni por la arqueología; y por eso hay diversas opiniones entre los investigadores acerca de ese punto importante. En segundo lugar, no está bien comprobado que los restos humanos sean contemporáneos de la formación de las graveras en que se encuentran, y de los restos de animales allí enterrados, aunque algunas razones lo hacen bastante probable o verosímil; sino más bien parece que fueron enterrados allí posteriormente. En tercer lugar es muy probable, y algunos así lo creen, que el cráneo y la mandíbula no pertenecen al mismo individuo, ni aun a la misma especie; la mandíbula tiene parecido con la de un mono antropeide, pero el cráneo entra de lleno en el tipo de Neandertal (2).

Por eso, como dicen atinadamente Boule y Obermaier, ninguna conclusión cierta se puede hoy deducir de los restos humanos de Piltdown, muy incompletos, fragmentarios y diseminados.

No insistiremos sobre unos restos humanos hallados cerca de Weimar (Alemania) considerados por algunos como pertenecientes al acheulense; porque según la generalidad de los autores entran de lleno en el tipo neandertaloide. Tales son una mandíbula descubierta en Taubach, y un esqueleto de niño, en Ehringsdorf.

¿Pero esos restos de Mauer y Piltdown pertenecen a los progenitores del *Homo sapiens*, o del *Homo neandertalensis*? Si esto segundo, queda en tinieblas el origen del *H. sapiens*. Si lo primero ¿cómo puede ser eso, teniendo caracteres más pitecoides que el hombre neandertalense? Y entonces, habrá que suponer otra raza de unión entre el *H. Heidelbergensis* y el *H. sapiens*, raza completamente desconocida. Y si se quiere poner al *H. Heidelbergensis* menos pitecoide, no podría servir de enlace con los monos. De

(1) E. Haug. «Traité de Geologie»; t. II, pág. 1816. París, 1911.  
M. Boule. «Les Hommes fossiles», pág. 158 y 246. París, 1923.

(2) H. Obermaier. «El hombre fósil», pág. 299.  
M. Boule. «Les Hommes fossiles», pág. 166. París, 1923.

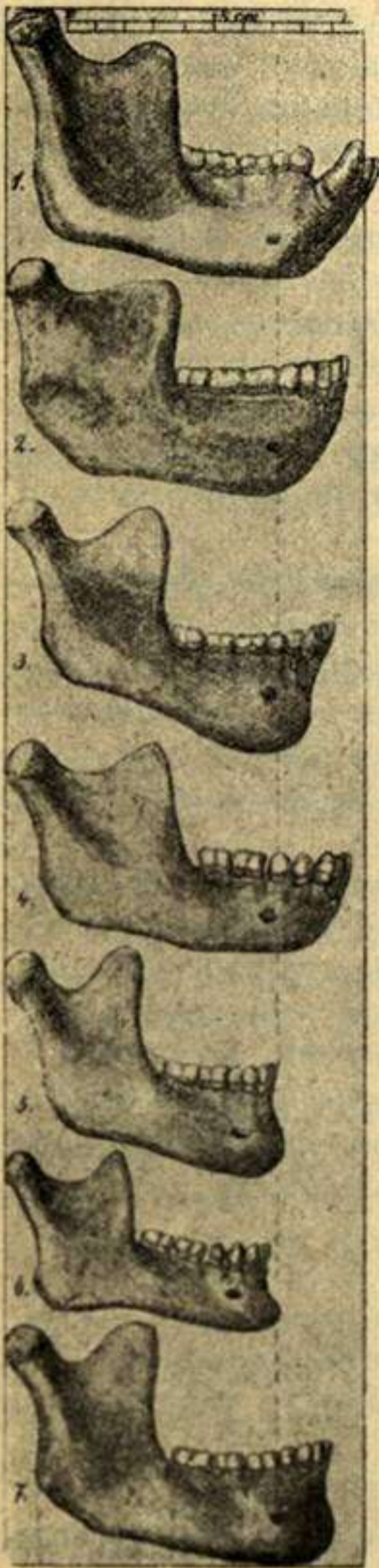


Fig. 215.—Serie de mandíbulas vistas de lado para mejor compararlas: 1, del Chimpancé; 2, de M a u e r (Heidelbergensis); 3, de un negro de Australia; 4, del joven de le Moustier (Neandertalensis); 5, de un alemán; 6, de una francesa; 7, de otro negro australiano (1).

modo que esos descubrimientos no esclarecen todavía los aborígenes de la humanidad actual.

**484. Los monos más antropomorfos.**

—No nos meteremos a describir las diferencias anatómicas entre el hombre y los monos antropomorfos actuales, (Gorila, Chimpancé, Orangután), por no ser propio de este lugar; sólo indicaremos que son tan grandes y notables, que aun a los ojos de los mismos transformistas, aparece clara la imposibilidad de un parentesco o descendencia directa e in-

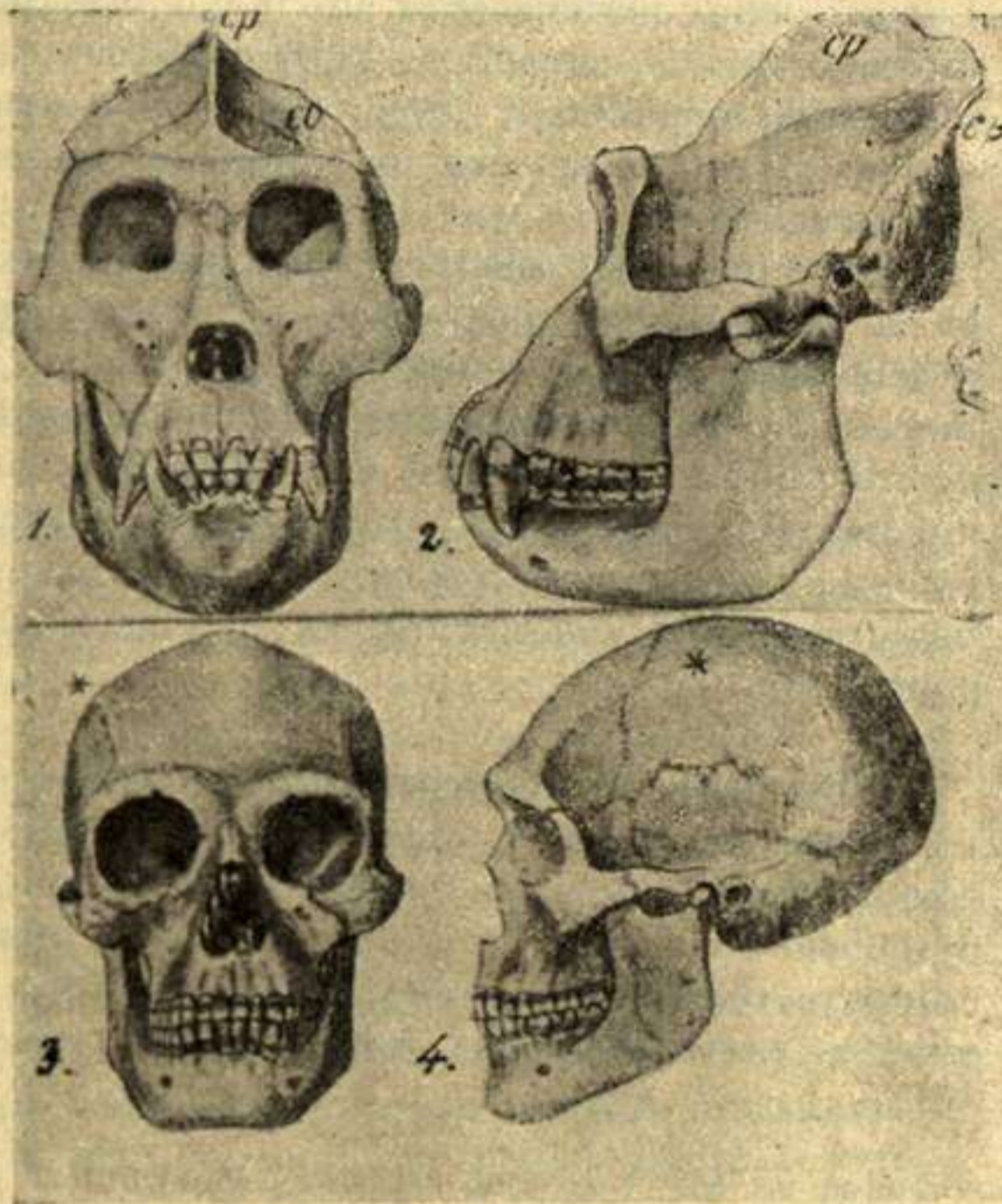


Fig. 216.—Comparación de la calavera del hombre con la del gorila. Arriba 1 y 2 la del gorila, de frente y de costado. Abajo 3 y 4 la del hombre en estos dos aspectos.

N. B.—Los asteriscos en 3 y 4 indican la altura de la inserción de los músculos masticadores en el hombre. La cresta cp del 1 y 2 la inserción de estos músculos en el gorila.

(1) El tener los dientes incisivos dirigidos hacia adelante, observa el P. Pujiula, S. J. («Ibérica»-29-enero-1916), es carácter del Chimpancé.

mediata entre ambos grupos. Necesitan los transformistas un intermediario o anillo entre el mono y el hombre, o alguno que sirva de entronque a entrambos. Y en vista de que la Zoología actual no se lo presta, han acudido a la Geología, por si ésta encerraba entre sus estratos el deseado anillo.

Ya desde los primeros tiempos terciarios se presenta bien caracterizado el grupo de los monos. En el oligoceno de Fayoum (Egipto) aparecen los primeros monos antropoides, *Propliopithecus*, que algunos, como Schlosser, consideran, aunque prematuramente según Boule, como progenitores remotos de los monos actuales y del hombre. Pero ni esos ni el *Pliopithecus* de Sansan (Francia), ni el *Oreopithecus* de Bamboli (Italia), pueden servir de anillo entre el hombre y el mono actual.

En 1856 fué descrita por E. Lartet una mandíbula incompleta (*Dryopithecus Fontani*), la cual según A. Gaudry y el mismo Lartet, debió pertenecer a un mono más parecido al hombre que ninguno de los conocidos. Pero el descubrimiento en 1890 de una mandíbula completa y mejor conservada probó a Gaudry y Lartet que el *Dryopithecus* era un mono muy inferior a los antropomorfos actuales.

Un mono fósil (neógeno) hallado en las montañas de Siwalik, en la India septentrional, cerca del Himalaya, fué clasificado por su descubridor Pilgrim entre los Homínidos, y denominado *Siwapithecus*. No se conocen de él más que unos dientes y algunos trozos de mandíbula, por lo cual esa asignación ha parecido prematura a muchos paleontólogos; y Lydekker cree que el *Siwapithecus* es inferior a otros monos fósiles del mismo yacimiento de Siwalik, particularmente al *Palaeopithecus*, que es algo parecido a un chimpancé.

**485. Los monos argentinos.**—Tampoco faltaron quienes creyeran ver en el nuevo mundo los antecesores de la humanidad. El célebre Ameghino, tan fecundo en imaginar anillos y genealogías, descubrió en la Argentina unos restos de monos (1), con los cuales, unidos y restaurados, como le pareció bien, construyó una serie de especies precursoras del hombre, cuya genealogía quedó con eso

---

como se ve en 1. De las restantes mandíbulas las que menos participan de este carácter, y por consiguiente se distancian más del simio, son las de Mauer 2, y la de le Moustier 4; siguen las de los negros australianos 3 y 7; luego la del alemán 5, y, finalmente, la de la francesa 6. Luego en cuanto a esta circunstancia de la dentición, la mandíbula más humana es la de Mauer, y la menos es la francesa. En cambio, bajo el concepto de menor masa y presencia de mentón, la de la francesa aventaja a todas.

(1) Los terrenos en que se encontraron, son tenidos comúnmente como pliocenos; aunque Ameghino, siempre apasionado por dar mayor antigüedad a sus descubrimientos, los consideraba como miocenos.

según él esclarecida. He aquí la genealogía que señala al hombre. *Tetraprothomo*, *Triprothomo*, *Diprothomo*, *Prothomo* y *Homo*. También bautizó a otros restos, como pertenecientes a hombres pequeños e incipientes, a quienes llamó *Homunculus* y *Anthropus*, pero que pertenecen en realidad a verdaderos monos Cébidos. No nos detendremos a refutar, ni aun a analizar estos descubrimientos y asignaciones de Ameghino, que son tenidas hoy por todos los paleontólogos y antropólogos como ficticias y fantásticas (1).

Por eso concluiremos este punto, confesando con Boule (2), Obermaier (3), y otros, que hasta hoy la paleontología terciaria no nos ofrece forma alguna, que pueda servir de anillo entre el mono actual y el hombre.

**486. El Pitecantropo de Java.**—En 1890 el médico holandés Eugenio Dubois descubrió en Trinil, pueblo de la isla de Java, unos huesos que dieron luego mucho que hablar. Eran una bóveda craneana, tres molares y un fémur. Pero lo curioso es que el cráneo parece de un mono muy perfeccionado, los dientes también tienen carácter simiano; pero el fémur en cambio tiene caracteres de hombre. Con estos restos estableció Dubois un género nuevo, intermedio entre el mono y el hombre, y a quien puso el nombre significativo de *Pithecanthropus erectus*. He aquí, dijo Dubois con otros muchos transformistas, el anillo deseado entre el hombre y el mono; o sea el hombre-mono, el *Pithecanthropus*.

**487. Crítica del Pithecanthropo.**—Algunos reparos pueden ponerse y han puesto a las afirmaciones de Dubois sabios e investigadores sagaces. En primer lugar, muchos geólogos sostienen que el yacimiento de Trinil no pertenece al mioceno, como afirmaba Dubois, ni siquiera al plioceno, sino a lo más al pleistoceno o cuaternario (4); lo cual es muy de tener en cuenta; pues en ese caso el pithecanthropo pudo ser contemporáneo del hombre chelense; con lo cual no puede ser considerado como el progenitor de éste, sino a lo más como hermano.

Pero hay más; por la gran diferencia y anormalidad entre el cráneo y el fémur, y por haberse encontrado separados y en un intervalo de tiempo bastante considerable, creen muchos investigadores que no hay razón seria, para afirmar que ambas piezas pertenecieron a un individuo, ni aun a una especie; y por eso el juntarlos, para reconstituir un nuevo viviente, es una verdadera monstruosidad. Según estos autores el fémur pudo pertenecer a un hombre, y el

(1) Schwalbe. «Antropologie», pág. 263. Leipzig, 1923.

Boule. «Les hommes fossiles», pág. 446-447. París, 1923.

(2) Obra. cit., pág. 90.

(3) «El hombre fósil», pág. 301. Madrid, 1961.

(4) L. Joleand. «Elem. de Paleont.», t. II, pág. 124. París, 1924.

cráneo a un mono parecido al chimpancé. Según Boule el *Pithecanthropus* es un verdadero mono gibón.

Por eso dicen muy atinadamente Obermaier y Déchelette, que para continuar sosteniendo una suposición de tal importancia, como la del parentesco del *Pithecanthropus* con el hombre, sería necesario poseer más piezas esqueléticas; por lo menos el cráneo entero con la mandíbula. (1). Más prudente es eso que no lanzarse con tan exiguos restos a trazar la genealogía del hombre, como lo hizo Dubois y otros transformistas, aunque cada uno a su modo y según le cuadraba.

Con lo dicho se ve que después del famoso descubrimiento de Java, el problema del origen y genealogía del hombre queda en las mismas oscuridades que antes.

**488. Conclusión.**—Vemos pues que ni la paleontología de los monos terciarios y cuaternarios, ni el estudio de las razas prehistóricas, nos presentan el entronque o anillo entre el hombre y los simios. Como tampoco lo ofrece la zoología actual, el hombre, zoológica y paleontológicamente considerado, aparece como una criatura, como un grupo independiente, cuyo origen no puede explicarse por mera evolución de especies anteriores. Se hace necesario suponer para él una formación especial o creación, conforme a lo que nos dice Moisés en el primer capítulo del Génesis.

---

(1) Obermaier: «El hombre fósil», pág. 305. Déchelette: «Manuel d'Archeol. prehist.», pág. 275. París, 1908.



# INDICE

---

	Págs.	Núms.
PROLOGO. . . . .	5	
Distribución de la primera parte. . . . .	8	
INTRODUCCION.—Historia Natural. . . . .	9	
División de los seres naturales. . . . .	9	
División de la Historia Natural. . . . .	9	
GEOLOGIA. — Definición . . . . .	10	1
Composición general de nuestro globo. . . . .	10	2
División de la Geología. . . . .	10	3

## PARTE PRIMERA.—FISIOGRAFIA

División. . . . .	11	4
<b>CAPITULO I.—GEOMORFOLOGIA.</b> . . . .	12	
<i>Artículo 1º Forma y relieve general de nuestro globo.</i> . . . .	12	
Forma y dimensiones de la tierra. . . . .	12	5
Aspecto exterior de nuestro globo. . . . .	12	6
Repartición de tierras y mares. . . . .	12	7
Forma de los continentes. . . . .	13	8
Tetraedro terrestre. . . . .	14	9
Torsión del tetraedro terrestre . . . . .	15	10
Valor científico de esta concepción. . . . .	15	11
<i>Artículo 2º Relieve general de los continentes.</i> . . . .	16	
Montañas: cordilleras y disimetría de las vertientes. . . . .	16	12
Llanuras: mesetas: sabanas. . . . .	16	13
Fosas continentales. . . . .	17	14
Valles: tectónicos y de erosión: sinclinales y anticlinales: primitivos y secundarios. . . . .	17	15
<i>Artículo 3º Relieve submarino.</i> . . . .	19	
Relieve submarino general. . . . .	19	16
Relieve pericontinental. . . . .	19	17
Fosas submarinas . . . . .	20	18
Desigualdad del relieve terrestre. . . . .	20	19
<b>CAPITULO II.—GEOFISICA.</b> . . . .	21	
Definición y división. . . . .	21	20
<i>Artículo 1º Densidad</i> . . . . .	21	
Métodos para hallar la densidad de la tierra: astronómico y físico. . . . .	21	21
<i>Artículo 2º Calor.</i> . . . .	22	
Zonas climatéricas. . . . .	22	22
Líneas isoterma . . . . .	22	23
Isoquímenas e isóteras. . . . .	23	24

	Págs.	Núms.
Temperatura del mar. . . . .	24	25
Regulación de la temperatura por la sal marina. . . . .	24	26
<i>Artículo 3º Presión atmosférica</i> . . . . .	25	
Factores de la presión atmosférica. . . . .	25	27
Isóbaras. . . . .	25	28
Vientos: graduante barométrico . . . . .	25	29
División de los vientos. . . . .	26	30
Tempestades y ciclones . . . . .	26	31
<i>Artículo 4º Corrientes marinas</i> . . . . .	27	
División. . . . .	27	32
Origen . . . . .	27	33
Principales corrientes marinas. . . . .	28	34
Mar de Sargazos. . . . .	29	35
Corrientes del Pacífico e Indico. . . . .	29	36
Otros movimientos de las aguas marinas. . . . .	29	37
<i>Artículo 5º Humedad. Lluvias. Corrientes fluviales.</i>	29	
Evaporación: nubes, lluvias y nieves. . . . .	29	38
Clasificación de las nubes. . . . .	30	39
Clasificación de los climas, según la humedad relativa. . . . .	30	40
Corrientes fluviales. . . . .	31	41
Lagos. . . . .	32	42
<b>CAPITULO III.—BIOFISICA.</b> . . . . .	33	
Su importancia en la Geología: división. . . . .	33	43
<i>Artículo 1º Factores biogeográficos continentales.</i> . . . . .	33	
División. . . . .	33	44
Factores edáficos . . . . .	33	45
Climatéricos. . . . .	34	46
Disyuntivos . . . . .	34	47
Dispersivos . . . . .	34	48
Geológicos . . . . .	34	49
<i>Artículo 2º Distribución de la vida en los continentes</i>	35	
§ 1.º <i>Fauna acuática</i> . . . . .	35	50
§ 2.º <i>Regiones botánicas</i> . . . . .	35	51
§ 3.º <i>Regiones zoológicas: holártica, etiópica, neo-</i> <i>tropical y austral</i> . . . . .	36	52
Fauna forestal, esteparia e insular. . . . .	36	53
<i>Artículo 3º La vida en los mares.</i> . . . . .	37	
§ 1.º <i>Condiciones biológicas del medio marino</i>	37	54
Salinidad . . . . .	37	55
Temperatura. . . . .	38	56
Luz . . . . .	38	57
Fondo . . . . .	39	58
Locomovilidad . . . . .	39	59
§ 2.º <i>Distribución de los vivientes marinos.</i> . . . . .	39	60
Región nerítica. . . . .	40	61
Región batial . . . . .	40	62
Región abisal . . . . .	40	63
Variación de la fauna marina en una región. . . . .	40	64

### PARTE SEGUNDA.—GEODINAMICA

Distribución de la Segunda Parte . . . . .	41	
Definición e importancia. . . . .	42	65
Agentes geológicos: su división . . . . .	42	66



	<u>Págs.</u>	<u>Núms.</u>
CAPITULO I.—GEODINAMICA EXTERNA . . . . .	43	
Fuentes de la energía exodinámica . . . . .	43	67
<i>Artículo 1º Acción mecánica y química de la atmósfera</i>	43	
Acción mecánica . . . . .	43	68
Dunas continentales . . . . .	44	69
Dunas marítimas . . . . .	44	70
Rocas socavadas . . . . .	45	70
Acción química de la atmósfera. . . . .	45	71
<i>Artículo 2º Acción del agua.</i>	46	
§ 1º <i>Acción del agua fluvial.</i>	46	
Acción mecánica del agua fluvial: conos de deyección: Gargantas, cañones, Deltas. Cantidad de materiales llevada por los ríos al mar. . . . .	47	72
Acción química del agua de los ríos. . . . .	48	73
Aguas subterráneas: cavernas, estalactitas . . . . .	48	74
§ 2º <i>Acción del agua del mar.</i>	49	
Acción mecánica. . . . .	49	75
Trasportes de elementos orgánicos. . . . .	49	76
Acción química. . . . .	50	77
§ 3º <i>Acción del agua sólida.</i>	51	
Acción mecánica de las nieves: alud. . . . .	51	78
Glaciares. Su formación . . . . .	51	79
Canchales. Laterales, medios y terminales. Cantos erráticos . . . . .	52	80
Lagos glaciares. . . . .	52	81
Lodo glaciario. Rocas estriadas. . . . .	52	82
Repartición geográfica de los glaciares. . . . .	53	83
Hielos polares; icebergs . . . . .	53	84
<i>Artículo 3º Acción de los organismos.</i>	54	
Vegetales: turba. . . . .	54	85
Animales: <i>arrecifes de corales, bancos de ostras, lodos de foraminíferos, radiolarios, diatomáceas y pterópodos.</i> . . . .	55	86
<i>Artículo 4º Sedimentación</i>	56	
Definición: sedimentación continental y marina. . . . .	56	87
Testigos envueltos. . . . .	56	88
Orden de la sedimentación: cordón litoral. . . . .	57	88
Sedimentación en las épocas geológicas. . . . .	57	89
CAPITULO II.—GEODINAMICA INTERNA . . . . .	58	
Definición. . . . .	58	90
Calor central. . . . .	58	91
<i>Artículo 1º Volcanismo.</i>	58	
Noción y manifestaciones del volcanismo. . . . .	58	92
§ 1º <i>Volcanes</i>	59	
Volcán: sus partes. . . . .	59	93
Erupciones volcánicas: materias que arroja un volcán en erupción: gaseosas, sólidas, líquidas. . . . .	59	94
Lavas básicas y ácidas. . . . .	60	95
Provincias volcánicas, temperatura de las lavas. . . . .	61	95
Erupciones submarinas. . . . .	61	96
División de los Volcanes: activos y apagados. . . . .	61	97
§ 2º <i>Otras manifestaciones de la actividad volcánica</i>	62	
Fases de un volcán. . . . .	62	98
Fumarolas. . . . .	62	99
Mofetas . . . . .	62	100
Géiseres . . . . .	62	101
Fuentes termales. . . . .	63	102

	<u>Págs.</u>	<u>Núms.</u>
Salzas. . . . .	63	103
Distribución geográfica de los volcanes. . . . .	63	104
Causas del volcanismo. Diversas teorías. . . . .	66	105
<i>Artículo 2º Movimientos de la litosfera.</i> . . . .	67	
§ 1º <i>Terremotos.</i> . . . .	67	
Nociones: Hipocentro y epicentro. Onda sísmica. . . . .	67	106
Sismógrafo . . . . .	67	107
Fases vibratorias. El sismograma: profundidad del hipocentro. . . . .	68	108
Velocidad de la onda sísmica. . . . .	69	109
Efectos de los terremotos: microsismos. . . . .	69	110
Distribución geográfica y causas de los terremotos. Interior del globo. . . . .	69	111
Interior del globo. . . . .	70	112
§ 2º <i>Movimientos lentos de la superficie terrestre.</i> . . . .	71	
Oscilaciones continentales . . . . .	71	113

### PARTE TERCERA.—GEOGNOSIA

Distribución de la 3ª Parte. . . . .	73	
Geognosia.—Definición y división. . . . .	76	114
SECCION I.—MINERALOGIA. . . . .	76	
Mineralogía. . . . .	76	115
División de la Mineralogía. . . . .	76	116
CAPITULO I.—CARACTERISTICA . . . . .	77	
Caracteres mineralógicos: su división . . . . .	77	117
<i>Artículo 1º Morfología mineral</i> . . . . .	77	
§ 1º <i>Nociones generales de cristalografía.</i> . . . .	77	
Minerales amorfos y cristalinos. . . . .	77	118
Estado cristalino: cuerpos isótropos y anisótropos. Cristales. . . . .	77	119
Elementos de un cristal: centro y ejes de simetría. Ejes cristalográficos. . . . .	78	120
§ 2º <i>Sistemas cristalinos.</i> . . . .	78	121
Descripción de las seis formas fundamentales. Notación cristalográfica. . . . .	79	121
§ 3º <i>Modificaciones de los cristales.</i> . . . .	79	
Formas primitivas y derivadas: truncadura, bisel y apuntamiento . . . . .	79	122
Ley de la modificación de los cristales. . . . .	81	123
Hemiedría. Formas holoédricas y hemiédricas. Simetría límite. . . . .	82	124
Minerales más comunes de las principales formas cristalinas. . . . .	82	125
§ 4º <i>Leyes cristalográficas.</i> . . . .	83	126
Ley de la constancia de los ángulos. . . . .	84	127
Goniómetro. . . . .	84	127
Isomorfismo y polimorfismo . . . . .	85	128
Seudomorfismo. . . . .	85	129
Cristales agrupados: maclas . . . . .	85	130
Cristales miméticos. . . . .	86	131
§ 5º <i>Cristalogenia</i> . . . . .	87	
Cristalización por fusión y por disolución. . . . .	87	132
Cristales imperfectos: geodas. . . . .	87	133

	<u>Págs.</u>	<u>Núms.</u>
Inclusiones. . . . .	88	134
Cristales líquidos . . . . .	89	135
<i>Artículo 2º Física mineral</i> . . . . .	89	
Su objeto. . . . .	89	136
§ 1º <i>Caracteres organolépticos</i> . . . . .	90	
Su fundamento. . . . .	90	137
Propiedades ópticas. Color. . . . .	90	138
Brillo: lustre. . . . .	90	139
Trasparencia y opacidad . . . . .	90	140
Refracción en los cuerpos isótropos y anisótropos. . . . .	91	141
Rayo ordinario y extraordinario. . . . .	91	142
Cristales uniáxicos y biáxicos. . . . .	91	143
Polarización: pinzas de turmalina. . . . .	92	144
Olor, sabor y tacto. . . . .	93	145
§ 2º <i>Agrupación molecular</i> . . . . .	93	
Estructura: sus diversas clases. . . . .	93	146
Fractura. . . . .	94	147
Exfoliación . . . . .	94	148
Dureza: escala de la dureza. . . . .	95	149
Peso específico. . . . .	96	150
§ 3º <i>Caracteres electrónicos</i> . . . . .	96	
Electricidad, magnetismo y radioactividad . . . . .	96	151
<i>Artículo 3º Química mineral</i> . . . . .	97	
Propiedades químicas. Análisis de los minerales: su división. . . . .	97	152
Ensayos por vía seca: acción de la llama; ensayos en tubo cerrado. . . . .	97	153
Ensayos por la vía húmeda: Reactivos. Acción del ácido clorhídrico: delicuescencia y eflorescencia. . . . .	98	154
 <b>CAPITULO II.—SISTEMATICA.</b> . . . . .	 99	
Su objeto. . . . .	99	155
<i>Artículo 1º Nociones generales de taxonomía.</i> . . . . .	99	
Taxonomía. Especie mineralógica. . . . .	99	156
Nomenclatura. . . . .	99	157
Clasificaciones. Idea de la clasificación de Groth. . . . .	100	158
Clasificación de Lapparent seguida en esta obra. . . . .	100	159
<i>Artículo 2º Descriptiva.</i> . . . . .	101	
<i>Primera clase.—Elementos silicatados de las rocas.</i> . . . . .	101	
División en órdenes . . . . .	101	160
<i>Primer orden.—Silicatos de rocas ácidas.</i> . . . . .	101	
<i>Primera familia.—Elementos esenciales de las rocas ácidas. Género sílice</i> . . . . .	102	
Cuarzo: variedades. . . . .	102	161
Opalo . . . . .	104	162
Género Feldespato: Ortosa . . . . .	105	163
Albita; oligoclasa; anortita . . . . .	105	164
Feldespatoídes, leucita, nefelina y lapis-lázuli. . . . .	105	165
Género Mica: biotita; moscobita; sericita. . . . .	106	166
<i>Segunda familia.—Silicatos accesorios de las rocas ácidas.</i> . . . . .	106	
Cordierita y esfeno . . . . .	106	167
Turmalina y topacio . . . . .	107	168
Esmeralda y berilo; zircón y jacinto. . . . .	107	169
<i>Segundo orden.—Silicatos de las rocas básicas.</i> . . . . .	108	
<i>Primera familia.—Elementos esenciales</i> . . . . .	108	
Piroxenos: diópsido, dialaga, angita y enstatita . . . . .	108	170

	Págs.	Núms.
Anfíboles: tremolita, asbesto y amianto: actinota y hornblenda. . . . .	109	171
Peridotos: olvino . . . . .	109	172
<i>Segunda familia.—Elementos accesorios de las rocas ácidas.</i> . . . . .	110	
Zeolitas: mesotipo, analcina, apofilita, harmótoma y glauconia . . . . .	110	173
<i>Tercer orden.—Silicatos de metamorfismo</i> . . . . .	110	
Origen y división. . . . .	110	174
<i>Primera familia.—Silicatos anhídridos de aluminio.</i> . . . . .	110	
Andalucita . . . . .	110	175
Cuiastolita: disteno: estaurótida . . . . .	111	176
<i>Segunda familia.—Silicatos de aluminio hidratados</i> . . . . .	111	
Arcillas: plásticas, esméticas, refractarias . . . . .	111	177
<i>Tercera familia.—Silicatos anhídridos de aluminio y otra base.</i> . . . . .	111	
Granates: grosularia: piropo: carbuncho. . . . .	111	178
<i>Cuarta familia.—Silicatos hidratados de aluminio y otra base.</i> . . . . .	112	
Clorita. Serpentina. Talco: sepiolita. . . . .	112	179
<i>Segunda clase.—Minerales de precipitación química.</i> . . . . .	113	
Origen y división. . . . .	113	180
<i>Primer orden.—Oxidos.</i> . . . . .	113	
Rutilo. Corindón: zafiro oriental. Bauxita. . . . .	113	181
<i>Segundo orden.—Oxisales.</i> . . . . .	114	
<i>Primera familia.—Aluminatos.</i> . . . . .	114	
Espinela: rubiela: picotita . . . . .	114	182
<i>Segunda familia.—Carbonatos.</i> . . . . .	114	
Witerita. Estroncianita. . . . .	114	183
Calcita: espato de Islandia: creta: cal hidráulica: mármol. . . . .	115	184
Aragonito. . . . .	115	185
Dolomía. Giobertita. . . . .	116	186
<i>Tercera familia.—Sulfatos.</i> . . . . .	117	
Baritina. Celestina. Anhidrita . . . . .	117	187
Yeso: alabastro yesoso. Epsomita. Alumita. . . . .	117	188
<i>Cuarta familia.—Fosfatos.</i> . . . . .	118	
Apatito: esparraguina: fosforita. Turquesa . . . . .	118	189
<i>Tercer orden.—Sales Haloidales</i> . . . . .	118	
<i>Primera familia.—Cloruros.</i> . . . . .	118	
Sal común. Carnalita . . . . .	118	190
<i>Segunda familia.—Fluoruros.</i> . . . . .	119	
Fluorina. Criolita. . . . .	119	191
<i>Tercera clase.—Minerales metálicos</i> . . . . .	119	
Origen y división . . . . .	119	192
<i>Primer orden.—Mineralizadores</i> . . . . .	120	
Azufre; arsénico; oropimente; rejalgar; antimonio; estibina . . . . .	120	193
<i>Segundo orden.—Metales acidificables</i> . . . . .	121	
Molibdenita; cromita; wolframita; pirolusita; acerdosa; psilomelana; dialogita; redonita. . . . .	112	194
<i>Tercer orden.—Metales propiamente dichos.</i> . . . . .	123	
División y método de su estudio. . . . .	123	195
Hierro.—Hierro nativo. Pirita: marcarita; mispickel. Magnetita; oligisto; hematites y ocre rojos. Limonita; hematites parda y ocre amarillo. . . . .	123	196
Siderosa; hierro espático . . . . .	124	197
Zinc.—Blenda; calamina; zinconisa; smithsonita. . . . .	124	198
	124	199

	Págs.	Núms.
Estaño.—Casiterita . . . . .	125	200
Plomo.—Galena; masicot; minio; cerusita; albayalde . . . . .	126	201
Cobre.—Cobre nativo; calcossina; calcopirita; cuprita; malaquita; azurita. . . . .	126	202
Mercurio.—Mercurio nativo, cinabrio. . . . .	127	203
Cobalto-Níquel-Bismuto.—Esmaltina, cobaltina, níquelina, bismutina y bismutita. . . . .	127	204
Plata.—Plata nativa, argentita, argiritrosa y proustita, querargirita. . . . .	127	205
Oro.—Oro nativo, silvanita. . . . .	128	206
Platino-Iridio-Paladio.—Platino nativo, iridio y paladio. . . . .	129	207
<i>Cuarta clase.—Minerales de origen orgánico.</i> . . . .	129	
Origen y división. . . . .	129	208
Carbono puro.—Diamante, Grafito. . . . .	130	209
Carbonos fósiles.—Su origen. . . . .	131	210
Antracita. . . . .	131	211
Hulla: cok, hullas secas y grasas. . . . .	131	212
Lignito. . . . .	132	213
Turba. . . . .	132	214
Carburos de hidrógeno.—Petróleo . . . . .	132	215
Asfalto. . . . .	133	216
Ceras minerales: ozoquerita o parafina mineral. . . . .	134	217
Resinas: ámbar. . . . .	134	218
<b>SECCION II.—PETROGRAFIA.</b> . . . .	135	
<b>CAPITULO I.—GENERALIDADES.</b> . . . .	135	
Definición. Roca: su diferencia de los minerales. . . . .	135	219
Composición mineralógica de las rocas.—Minerales esenciales y accesorios. . . . .	135	220
División de las rocas . . . . .	136	221
<b>CAPITULO II.—ROCAS IGNEAS.</b> . . . .	137	
<i>Artículo 1º Nociones generales</i> . . . . .	137	
Estructura de las rocas ígneas. . . . .	137	222
Modalidades de estructuras . . . . .	137	223
Etapas de consolidación . . . . .	138	224
Estudio de las rocas con luz polarizada. . . . .	138	225
División de las rocas ígneas. . . . .	138	226
Magma petrogénico. . . . .	139	227
Provincias petrográficas . . . . .	139	228
<i>Artículo 2º Descripción de las rocas ígneas.</i> . . . .	140	
<i>Primera clase.—Rocas ácidas</i> . . . . .	140	
<i>Primera familia.—Rocas ácidas de estructura holocristalina.</i> . . . .	140	
Granito. Pegmatita. . . . .	140	229
<i>Segunda familia.—Rocas ácidas de estructura semicristalina.</i> . . . .	140	
Granitófiro. . . . .	140	230
<i>Tercera familia.—Rocas ácidas de estructura vítrea.</i> . . . .	141	
Obsidiana. Retinita. . . . .	141	231
<i>Segunda clase.—Rocas neutras</i> . . . . .	142	
<i>Primera familia.—Rocas neutras holocristalinas.</i> . . . .	142	
Sienita. Diorita. . . . .	142	232
<i>Segunda familia.—Rocas neutras semicristalinas.</i> . . . .	142	
Ortófido. Traquita. . . . .	142	233
<i>Tercera familia.—Rocas neutras vítreas.</i> . . . .	143	
Obsidiana traquítica. Piedra pómez. . . . .	143	234

	Págs.	Núms.
<i>Tercera clase.—Rocas básicas.</i>	143	
<i>Primera familia.—Rocas básicas holocristalinas.</i>	143	
Diabasas. Gabros. Peridotitas.	143	235
<i>Segunda familia.—Rocas básicas semicristalinas.</i>	144	
Ofitas. Meláfiros. Basaltos.	144	236
<i>Tercera familia.—Rocas básicas vitrosas.</i>	144	
Lavas. Tobas volcánicas	144	237
<b>CAPITULO III.—RCCAS SEDIMENTARIAS</b>	146	
<i>Artículo 1º Generalidades.</i>	146	
Origen y división.	146	238
<i>Artículo 2º Rocas de origen mecánico.</i>	147	
Formación.	147	239
División	147	240
Rocas sefíticas: pudingas: brechas: milonitas: brechas óseas. Gonfolita	147	241
Rocas samíticas: areniscas: gredas: arcosa: molasa: grauvacka.	148	242
Rocas pelíticas. Limo: continental y marino.	149	243
Arcillas: margas, pizarras.	149	244
<i>Artículo 3º Rocas sedimentarias de origen químico.</i>	150	
Caliza.	150	245
Sal común. Yeso	150	246
<i>Artículo 4º Rocas de origen orgánico.</i>	152	
Origen y división.	152	247
Rocas de origen vegetal.	152	248
Rocas de origen animal: caliza madrepora, nummulítica, de entrocós, lumaquela. Fosforitas. Rocas silíceas.	152	249
<b>CAPITULO IV.—RCCAS METAMORFICAS.</b>	154	
Naturaleza y división	154	250
<i>Artículo 1º Metamorfismo.</i>	154	
Definición. Metamorfismo lato: metamorfismo propiamente dicho	154	251
División. Metamorfismo químico: endo y exometamorfismo.	155	252
Metamorfismo estructural	155	253
Agentes del metamorfismo: termal, hidroquímico, dinámico.	155	254
Localización del metamorfismo	156	255
Metamorfismo de contacto.	156	256
Dinamometamorfismo	156	257
Metamorfismo de geosinclinal.	156	258
<i>Artículo 2º Descripción de las rocas metamórficas.</i>	157	
División.	157	259
Neis: anfibólico, glandular. Edad geológica.	157	260
Pizarras cristalinas. Micacita, Talcita. Esquistos.		
Novaculita.	158	261
Cuarcita, leptinita, granatita	158	262
Mármol de Carrara, Cipolino, en ruinas.	159	263
<b>SECCION III.—GEOTECTONICA</b>	160	
Definición. Terreno: caracteres petrográficos, estratigráficos y paleontológicos	160	264
<b>CAPITULO I.—GEOTECTONICA DE LOS TERRENOS IGNEOS</b>	160	
Batolitos.	160	265
Lacolitos.	161	266

	Págs.	Núms.
Diques y filones. . . . .	161	267
Rocas efusivas . . . . .	161	268
 CAPITULO II.—GEOTECTONICA DE LOS TERRENOS ESTRATIFICADOS. . . . .		
	162	
<i>Artículo 1º Caracteres generales de los estratos.</i> . . . . .	162	
Estratos: estratigrafía. . . . .	162	269
Modificación de los estratos: inclinación y dirección. . . . .	163	270
Estratificación concordante y discordante: transgresiva y regresiva. . . . .	164	271
Espesor de los estratos. . . . .	164	272
<i>Artículo 2º Modificaciones horizontales de los estratos</i> . . . . .	164	
Pliegues: anticlinal y sinclinal, inclinados y tumbados, isoclinales. . . . .	164	273
Terrenos de arrastre. . . . .	165	274
Origen de los pliegues. Orogenia. . . . .	166	275
Isostasia. . . . .	167	276
<i>Artículo 3º Modificaciones verticales de los estratos.</i> . . . . .	167	
Fallas: su división . . . . .	167	277
Fosas y Horst. . . . .	168	278
Fallas compuestas . . . . .	168	279
Origen de las fallas. . . . .	169	280
<i>Artículo 4º Caracteres paleontológicos de los terrenos</i> . . . . .	169	
Definición. . . . .	169	281
Fósiles. Varios modos de fosilización: carbonización, molde interno y externo, sustitución molecular, impresión, huella, coprolitos. . . . .	169	282
Animales fosilizables . . . . .	170	283
Materiales fosilizantes. . . . .	171	284
Olas fósiles. Lluvia fósil. . . . .	171	285
 CAPITULO III.—EDAD RELATIVA DE LOS ESTRATOS. . . . .		
	173	
Principios geológicos: su división. . . . .	173	286
<i>Artículo 1º Principios estratigráficos</i> . . . . .	173	
Principios de las formaciones sedimentarias. . . . .	173	287
Principios de las formaciones eruptivas. . . . .	175	288
<i>Artículo 2º Principios paleontológicos.</i> . . . . .	175	
Principios para el establecimiento de la serie sedimentaria . . . . .	175	289
Otros principios. . . . .	176	290
Facies. . . . .	177	291
<i>Artículo 3º Aplicación de los principios</i> . . . . .	177	
Epoca de una disolución tectónica: de una montaña, de una erupción. Paleogeografía. Paralelismo de dos terrenos. . . . .	177	292

## PARTE CUARTA.—GEOLOGIA HISTORICA

CAPITULO I.—GEOGONIA . . . . .		
	180	
Cosmogonía y Geogonía. . . . .	180	293
Teorías cosmogónicas . . . . .	180	294
Teorías modernas. Estadio cosmogénico. Fase nebular. . . . .	180	295
Fase estelar. . . . .	183	296
Estadio geológico: sus fases abiótica y biótica. . . . .	183	297

	Págs.	Núms.
Resumen de las fases de la tierra. . . . .	183	298
Pruebas de la hipótesis nebular. . . . .	184	299
CAPITULO II.—FASE ABIOTICA . . . . .	185	
Terreno árqueo. Constitución litológica . . . . .	185	300
Origen. . . . .	185	301
Distribución geográfica. . . . .	185	302
Caracteres paleontológicos. . . . .	186	303
Primeras montañas. . . . .	186	304
CAPITULO III.—FASE BIOTICA . . . . .	187	
Taxonomía de los terrenos bióticos.—Nomenclatura estratigráfica. . . . .	187	305
Fundamentos de la división de los terrenos. . . . .	187	306
División de la fase biótica. . . . .	188	307
<i>Artículo 1º Era primitiva o paleozoica</i> . . . . .	188	
Límites. Caracteres generales. División. . . . .	188	308
§ 1º <i>Periodo Algonkiense</i> . . . . .	189	
Constitución litológica y distribución geográfica . . . . .	189	309
Caracteres paleontológicos. . . . .	189	310
Movimientos orogénicos. . . . .	189	311
Clima. . . . .	189	312
§ 2º <i>Periodo Cámbrico</i> . . . . .	190	
Constitución litológica y distribución geográfica. . . . .	190	313
Caracteres paleontológicos. . . . .	190	314
Movimientos orogénicos. . . . .	191	315
Clima. . . . .	191	316
§ 3º <i>Periodo Silúrico</i> . . . . .	191	
Constitución litológica y distribución geográfica . . . . .	191	317
Caracteres paleontológicos. . . . .	192	318
Movimientos orogénicos y paleogeografía. . . . .	194	319
§ 4º <i>Periodo Devónico</i> . . . . .	194	
Constitución litológica y paleogeografía. . . . .	194	320
Caracteres paleontológicos. . . . .	195	321
§ 5º <i>Periodo Antracólitico</i> . . . . .	196	
Nombre y división. . . . .	196	322
Facies y constitución litológica. . . . .	196	323
Caracteres paleontológicos. Flora. . . . .	196	324
Fauna: animales marinos. . . . .	197	325
Animales terrestres. . . . .	198	326
Fenómenos glaciares. . . . .	200	327
Movimientos orogénicos y paleogeografía. . . . .	200	328
Formación de la hulla. . . . .	200	329
Formación de los filones. . . . .	201	330
Regiones carboníferas de España. . . . .	201	331
§ 6º <i>Erupciones paleozoicas</i> . . . . .	202	332
§ 7º <i>Fenómeno paleotermal</i> . . . . .	202	333
§ 8º <i>La península Ibérica durante la era Primaria</i> . . . . .	203	334
<i>Artículo 2º Era secundaria o mesozoica</i> . . . . .	206	
Límites, caracteres generales y división. . . . .	206	335
§ 1º <i>Periodo Triásico</i> . . . . .	206	
Constitución litológica y paleogeografía. . . . .	206	336
Caracteres paleontológicos. . . . .	206	337
§ 2º <i>Periodo Jurásico</i> . . . . .	208	
Constitución litológica y paleogeografía . . . . .	208	333
Caracteres paleontológicos: Flora. . . . .	208	339
Fauna continental . . . . .	208	340



	Págs.	Núms.
Fauna marina . . . . .	210	341
§ 3º <i>Periodo Cretáceo.</i> . . . . .	211	
Constitución litológica y paleogeografía. . . . .	211	342
Caracteres paleontológicos. Flora. . . . .	213	343
Fauna: animales terrestres. . . . .	213	344
Animales marinos . . . . .	214	345
Erupciones secundarias. . . . .	215	346
§ 4º <i>Terrenos secundarios de la península Ibérica.</i> . . . . .	215	347
§ 5º <i>Diferencia de los climas y estaciones.</i> . . . . .	216	348
Explicación del fenómeno paleotermal y de la diferenciación de estaciones y climas . . . . .	217	349
<b>Artículo 3º <i>Era terciaria o neozoica</i></b> . . . . .	218	
Límites, caracteres y división. . . . .	218	350
§ 1º <i>Periodo Eógeno</i> . . . . .	219	
Facies sedimentarias y constitución litológica . . . . .	219	351
Caracteres paleontológicos. Fauna. . . . .	219	352
Flora. . . . .	221	353
Movimientos orogénicos: levantamiento de los Pirineos y de la cordillera Ibérica. . . . .	221	354
§ 2º <i>Periodo Neógeno.</i> . . . . .	221	
Facies sedimentarias y constitución litológica . . . . .	221	355
Caracteres paleontológicos. Fauna. . . . .	221	356
Flora. . . . .	223	357
Plegamiento alpino. . . . .	223	358
Paleogeografía y volcanismo. . . . .	224	359
§ 3º <i>Los mamíferos</i> . . . . .	224	
Gran desarrollo de los mamíferos. . . . .	224	360
Algunos herbívoros más célebres: pretendida genealogía del caballo y del elefante. . . . .	225	361
§ 4º <i>El clima durante la era Terciaria.</i> . . . . .	226	362
§ 5º <i>La península Ibérica durante la era Terciaria.</i> . . . . .	226	363
<b>Artículo 4º <i>Era cuaternaria o actual</i></b> . . . . .	228	
§ 1º <i>Límites y facies sedimentarias.</i> . . . . .	228	364
Caracteres paleontológicos. Flora. . . . .	228	365
Fauna. . . . .	228	366
División. . . . .	229	367
§ 2º <i>Epoca Pleistocena.</i> . . . . .	229	
Gran extensión de los glaciares. . . . .	229	368
Fases glaciares. . . . .	230	369
Diluvium rojo y gris. . . . .	231	370
Epoca holocena. . . . .	231	371
§ 3º <i>Aparición del hombre.</i> . . . . .	231	372
Prehistoria. . . . .	233	373
Antigüedad relativa de las edades prehistóricas. . . . .	233	374
División de la Prehistoria. . . . .	234	375
§ 4º <i>Edad Paleolítica.</i> . . . . .	234	
Límites y división. . . . .	234	376
El paleolítico en España. . . . .	234	377
Epipaleolítico . . . . .	235	378
Distribución geográfica del paleolítico y epipaleolítico . . . . .	236	379
§ 5º <i>Edad neolítica y de los metales.</i> . . . . .	237	380
§ 6º <i>La civilización durante los tiempos prehistóricos.</i> . . . . .	238	
Industria: instrumentos de piedra. . . . .	238	381
Instrumentos de hueso. . . . .	239	382
Arte. Escultura. . . . .	240	383
Pintura. Arte rupestre. . . . .	240	384
Religión. . . . .	242	385

## PARTE QUINTA.—CUESTIONES COMPLEMENTARIAS

	<u>Págs.</u>	<u>Núms.</u>
Cuestiones filosófico-religiosas relacionadas con la Geología. . . . .	247	386
<b>CAPITULO I.—DURACION DE LAS EPOCAS GEOLOGICAS.</b>	248	
Larga duración de los tiempos geológicos. . . . .	248	387
Incertidumbre de los cálculos. . . . .	248	388
Cálculos geológicos. Velocidad de sedimentación. . . . .	249	389
Aplicación a la duración de cada era. . . . .	250	390
Otros cálculos geológicos . . . . .	250	391
Métodos físicos: velocidad de enfriamiento. . . . .	251	392
Métodos químicos: desintegración del torio y uranio. . . . .	251	393
Métodos astronómicos: precisión de los equinoccios. . . . .	252	394
Métodos paleontológicos: velocidad de la evolución biológica. . . . .	252	395
Conclusión . . . . .	253	396
<b>CAPITULO II.—LA GEOLOGIA Y EL PRIMER CAPITULO DEL GENESIS</b>	254	
La ciencia geológica y el Génesis. . . . .	254	397
Resumen de la historia geológica de la tierra. . . . .	254	398
Los seis días de la creación. . . . .	255	399
Los días se compenentran. . . . .	257	400
Orden sistemático y orden cronológico. . . . .	258	401
Fin religioso de Moisés. . . . .	258	402
El mandato de Dios. . . . .	258	403
Explicación geológica de los días genesíacos. Introducción de Moisés. . . . .	259	404
La creación de la materia. . . . .	259	405
Su estado primitivo: datos de la ciencia. . . . .	260	406
<i>Día I Creación de la luz</i> . . . . .	261	
Estado primitivo de la nebulosa. . . . .	261	407
Objeciones contra la narración mosaica. . . . .	261	408
Duración del día primero. . . . .	262	409
<i>Día II Formación del firmamento</i> . . . . .	262	
Explicación científica . . . . .	262	410
<i>Día III 1ª P. Formación de mares y continentes.</i>	263	
Formación de los mares. . . . .	263	411
Formación de los continentes. . . . .	263	412
<i>2ª P. Las plantas</i> . . . . .	265	
Creación de las plantas . . . . .	265	413
Aparente contradicción con la Geología. . . . .	265	414
La flora en el Devónico, antracólitico y carbonífero. . . . .	266	415
La flora en la era Secundaria y Terciaria. . . . .	267	416
<i>Día IV Formación del sol, luna y estrellas.</i> . . . .	268	
Dificultades contra la objetividad de la narración. . . . .	268	417
Explicación geológica . . . . .	268	418
Separación de luz y tinieblas antes de la formación del sol. . . . .	268	419
Concepción sublime. . . . .	269	420
Formación del sol. . . . .	269	421
Objeción a la formación del sol en el cuarto día. . . . .	271	422
<i>Día V Creación de los peces y de las aves.</i> . . . .	272	
Correspondencia de la narración mosaica con la Geología. . . . .	272	423

	Págs.	Núms.
Propiedad de la descripción. . . . .	272	424
Las aves antes que los reptiles y mamíferos. . . . .	274	425
<i>Día VI 1ª P. Creación de los animales terrestres.</i>	276	
División de animales, según Moisés. . . . .	276	426
Los reptiles según la Geología. . . . .	276	427
Mamíferos. . . . .	277	428
<i>2ª P. Creación del hombre</i>	279	
Aparición del hombre en la era Cuaternaria. . . . .	279	429
Inspiración del Génesis . . . . .	279	430
<b>CAPITULO III.—EL DILUVIO MOSAICO Y LA GEOLOGIA</b>	280	
Tradición del Diluvio. . . . .	280	431
Universalidad: geográfica, antropológica y regional. . . . .	280	432
Dificultades contra la universalidad geográfica. . . . .	281	433
Dificultades contra la universalidad antropológica. . . . .	282	434
Pruebas geológicas del Diluvio. . . . .	283	435
Causas naturales del Diluvio. . . . .	284	436
Explicación de Suess. . . . .	285	437
Explicaciones de otros geólogos. . . . .	286	438
Hundimientos conocidos. . . . .	286	439
Verosimilitud de tales acontecimientos. . . . .	287	440
El Diluvio y las épocas prehistóricas. . . . .	289	441
Pruebas etnográficas y arqueológicas. . . . .	290	442
Explicación del Hiatus. . . . .	290	443
El Diluvio entre el Musteriense y Aurignaciense. . . . .	291	444
Aceptabilidad de tales hipótesis. . . . .	292	445
<b>CAPITULO IV.—ORIGEN DEL MAR MUERTO</b>	293	
Condiciones geográficas. . . . .	293	446
Constitución geológica. . . . .	294	447
Narración del Génesis. . . . .	295	448
Explicación y concordia. . . . .	295	449
Situación de Pentápolis. . . . .	295	450
Hundimiento del terreno. . . . .	296	451
Destrucción de Pentápolis. . . . .	297	452
<b>CAPITULO V.—ANTIGUEDAD DEL HOMBRE</b>	299	
Cronologías bíblicas. . . . .	299	453
Causas de la discrepancia. . . . .	299	454
Primera aparición . . . . .	300	455
Comienzo de los tiempos históricos. . . . .	301	456
Fechas de época neolítica. . . . .	301	457
Duración de la época paleolítica. . . . .	302	458
Cronómetros paleolíticos. El estratigráfico. . . . .	302	459
Cronómetros paleontológico y biogeográfico. . . . .	303	460
El astronómico. . . . .	303	461
Conclusión moderada . . . . .	304	462
<b>CAPITULO VI.—EL TRANSFORMISMO Y LA GEOLOGIA.</b>	305	
Teoría creacionista y evolucionista. . . . .	305	463
Las dos tesis transformistas. . . . .	305	464
Importancia del argumento paleontológico . . . . .	306	465
Aparición sucesiva de las especies. . . . .	307	466
Hechos inexplicables sin la acción creadora. . . . .	307	467
1º Primeros vivientes. Fauna cámbrica y algonkiense. . . . .	308	468
Restos orgánicos del áruqueo. . . . .	308	469
2º Falta de anillos. . . . .	309	470
3º Supuestos anillos. . . . .	309	471

	Págs.	Núms.
4º Anillos anacrónicos. . . . .	311	472
5º Genealogías invertidas. . . . .	311	473
6º Variedad de genealogías. . . . .	312	474
7º Líneas sin entronque. . . . .	313	475
8º Explosiones. . . . .	313	476
9º Predominio de algunos grupos. . . . .	314	477
10 Especies invariables. . . . .	315	478
Conclusión. Condenación del evolucionismo materia- lista. . . . .	315	479
<b>CAPITULO VII.—EL TRANSFORMISMO DE LA ESPECIE HUMANA Y LA GEOLOGIA . . . . .</b>	<b>317</b>	
Recurso de los transformistas a los tiempos pre- históricos. . . . .	317	480
Razas prehistóricas: razas de Neandertal . . . . .	317	481
El Homo de Heildelberg. . . . .	319	482
El hombre de Piltdown. . . . .	320	483
Los monos más antropomorfos. . . . .	321	484
Los monos argentinos. . . . .	322	485
El Pitecantropo de Java. . . . .	323	486
Crítica del Pitecantropo. . . . .	323	487
Conclusión . . . . .	324	488



## INDICE ALFABÉTICO <sup>(1)</sup>

- | A  |   | B   |
|--|---|---|
| Abisales, rocas, 224.                          | Anfibólicas, 261.                                       | Barisfera, 2, fig. 51.                    |
| Acerdesa, 194.                                 | Anfigena, 165.  | Barisfera, 2.                             |
| Acido clorhídrico (acción del), 154.           | Anfiboles, anfibol blanco, verde, negro, 171.           | Baritina, 187.                            |
| Acroita, 168.                                  | Angiospermas, 343.                                      | Barra, 72.                                |
| Actinota, 171.                                 | Animales fosilizables, 283.                             | Basaltos, 236.                            |
| Agata, 161.                                    | Anisótropos, 119.                                       | Batolitos, 256 y 265.                     |
| Agua: acción mecánica del agua fluvial, 72.    | Anhidrita, 187.   | Bauxita, 181.                             |
| Agua: acción química del agua de los ríos, 73. | Anortita, an. labradorita, 164, 236.                    | Belemnites, 341.                          |
| Aguas subterráneas, 74.                        | Anticlinal, pliegue, 273.                               | Bennetites, 339.                          |
| Agua del mar: su acción mecánica, 75.          | Antimonio, 193.   | Berilo, 169.                              |
| Agua del mar: su acción química, 76.           | Antracita, 211.   | Betún de Judea, 216.                      |
| Agua sólida: su acción mecánica, 78.           | Antracolítico, 322.                                     | Biofísica, def., 4.                       |
| Agua marina oriental, 68.                      | Antóctona, 327.   | Biotita, 166.                             |
| Adularia, 163.                                 | Apatito, 189.   | Bismuto, bismutina, bismutita, 204.       |
| Alabastro yesoso, 188.                         | Apétalas, 343.  | Blenda, blenda acaramelada, 199, fig. 86. |
| Albayalde, 201.                                | Apofilita, 173.   | Bombas volcánicas, 94.                    |
| Albita, 164.                                   | Aráceas, 343.   | Bóvidos, 356.                             |
| Algonkiense, período 309, 312, 332.            | Arácnidos, 326.   | Braquiópodos, 325, 337, 341.              |
| Alóctona, 327.                                 | Aragonito, 185.   | Brechas óseas, 241.                       |
| Alfaques, 72.                                  | Araucaria, conífera, 339.                               | Broncita o enstatita, 170.                |
| Alveolinas, 345.                               | Ariegitas, 252.   | Buzamiento, 270.                          |
| Alud, 78.                                      | Argentita, 205.   |   |
| Alumita, 188.                                  | Argiritrosa, 205.                                       | C   |
| Amaltheus, 341.                                | Arcillas: pura, plásticas, esméctica, refractarias 177. | Cabellos, 237.                            |
| Amatista, 161.                                 | Arcosas, 242.   | Calamina, 199.                            |
| Amatistas orientales, 181.                     | Areniscas, rocas sammíticas, 242.                       | Calcedonia, 161.                          |
| Amblípodos, 352.                               | Arietites, 341.   | Calcita, caliza espática, 184.            |
| Amianto, 171.                                  | Arqueo terreno, 300, 332.                               | Calcopirita, 202.                         |
| Amonites, 337.                                 | Arquiodáctilos, 352.                                    | Calcosina, 202.                           |
| Amonites (Cefalópodos tetrabránquios), 341.    | Arsénico, 193.  | Cal hidráulica, 184.                      |
| Amonoides, 325.                                | Asbesto, 171.   | Caliza, 245.                              |
| Analcima, 173.                                 | Asfalto, 216.   | Calor de la tierra, 22.                   |
| Andalucita, 175.                               | Atmósfera, 2.   | Calor central, 31.                        |
|  | Augita, 170, 252.                                       |   |
|  | Auto-alóctona, 327.                                     |   |
|  | Azabache, 213.  |   |
|  | Azufre, 193.  |   |
|  | Azurita, 202.   |   |

(1) Los números se refieren a los de orden.

Calymene, 318.  
 Cámbrico, 313-316.  
 Canchales, 79 y 80.  
 Canchales erráticos, 79 y 80.  
 Cañones, 72.  
 Caracteres de los minerales: *organolépticos*, *ópticos* (*co'or*, *brillo*, *lustre*)..., 138 y 139. *Olor*, *sabor*, *tacto*, 145. *Eléctricos*: electricidad, magnetismo, radioactividad, 151.  
 Carbón de piedra, 212.  
 Carbones fósiles, 210.  
 Carbono puro, 209.  
 Carbunco, 178.  
 Carburos de hidrógeno, 215 y sig.  
 Carnalita, 190, 246.  
 Casiterita, 200.  
 Cavernas, 76.  
 Cefalópodos, 325-352.  
 Celestina, 187.  
 Centro de simetría, 121.  
 Ceras minerales, 217.  
 Cerusita, 201.  
 Cervidos, 356.  
 Cicadáceas, *gimnosperma*, 324, 339.  
 Ciclones y Tempestades, 31.  
 Cinabrio, 203.  
 Clasificaciones mineralógicas, 158.  
 Clasificaciones de Lapparent, 159.  
 Clásticas, rocas, 239.  
 Clima continental, marítimo, intermedio, 24.  
 Clinómetro, 270 y fig. 110.  
 Clorita, 179, 235, 252.  
 Cloríticas, 261.  
 Cloruros, 190.  
 Cobijadura, 274.  
 Cobalto, 204.  
 Cobaltura, 204.  
 Cobre, gris, 202.  
 Columna de Agassiz, figura 95.  
 Combustibles minerales, 208.  
 Coníferas, *Walchia pinniformis*, 324; figs. 147 y 148.  
 Conos de deyección, 72.  
 Cono volcánico, 93.  
 Constancia de los ángulos (ley de), 127.

Corales, 86.  
 Coraliarios, 325.  
 Cordaitáceas, 324.  
 Cordierita, 167.  
 Cordón litoral, 88.  
 Cornerina o cornalina, 161.  
 Corindón, 181.  
 Corrientes de lava, 268.  
 Corrientes marinas, 32.  
 Cosmogonía, 293.  
 Cráter, 93.  
 Creodontes, 352.  
 Creta, 184.  
 Cretáceo, 335.  
 Crinoides, 325, 337.  
 Criptógamas, 343.  
 Criolita, 191.  
 Criptógamas vasculares, 324.  
 Crisoprasa, 161.  
 Cristal, 120.  
 Cristal líquido, 135.  
 Cristal uniaxial y biaxial, 143.  
 Cristal de roca, 161.  
 Cristalización: por fusión y por disolución, 119, 132.  
 Cristalografía, 118.  
 Cromita, 194.  
 Cuarzita, 262.  
 Cuarzitas, 250.  
 Cuarzo *hialino*, *lechoso*, *de Lidia silex*, 161.  
 Cullinam (diamante), 209.  
 Cuprita, 202.

## D

Delicuescencia, 154.  
 Deltas (v. alfaques).  
 Dendritas, 133 y (1).  
*Densidad de la tierra*; procedimientos para determinarla, 21.  
 Dentógenas, rocas sedim., 238.  
 Devónico, período, 320-321.  
 Diabasas, 235, 252.  
 Dialiaga, 170, 252.  
 Dialogita, 194.  
 Diamante, 209.  
 Diatomáceas, 243.  
 Dicotiledóneas, 343.  
 Dinamometamorfismo, 254.

Dinosaurios, 340.  
 Dinosaurio, 337, fig. 156.  
 Dinosaurios, 340.  
 Diplodocus, 344.  
 Diques, dique-filón, 267.  
 Diópsido, 170.  
 Dipiro, 252.  
 Diorita, 252, 232, 332.  
 Disimetría de las vertientes o vertientes, disimetría de, 12.  
 Disteno, 176.  
 Dolomita, 186, 252.  
 Dromatherium, 337.  
 Drusas, 133 (1).  
 Dureza; escala de, 149.

## E

Edad, 305.  
 Eflorescencia, 154.  
 Eje óptico, 143.  
 Ejes de simetría, cristalográficos, 121.  
 Eocena (época), 350.  
 Eógeno (período), 350.  
 Eólica (facie), 364.  
 Endometamorfismo, 252.  
 Endosfera, 2, 112, fig. 51.  
 Ensayos: *por vía seca*, *húmeda*, *en tubo cerrado*, 153 y 154.  
 Enstatita, 170.  
*Envolturas terrestres*, 2.  
 Emanación (minerales formados por), 159.  
 Epicentro, 106.  
 Epoca, 305.  
 Epsomita, 188, 246.  
 Equinodermos, 341.  
 Equisetáceas: Calamites, 324, fig. 145, Annularia, 324.  
 Escorificación (minerales de), 159.  
 Esfeno o titanita, 167.  
 Esferolítica o felsítica, modalidad de estructura, 223.  
 Esmeralda, 169.  
 Espato de Islandia, 184.  
 Espato flúor, 191.  
 Espáticas, calizas, 249.  
 Esparraguina, 189.  
 Espejo de los Incas, 231.  
 Espinela, 182.  
 Espongiarios, 325.  
 Espuma de mar, 179.

Estalactitas, 76.  
 Estaño, 200.  
 Estaurótida, 176.  
 Estegocéfalos, 326.  
 Estegosauro, 344.  
 Estereospóndilos, 326.  
 Estibina, 193.  
 Estratigrafía, Estratos, 269.  
 Estratificación concordante y discordante; transgresiva y regresiva, 271.  
 Estroncianita, 183.  
 Estructura de las rocas ígneas: holocristalina, granítica, porfídica o semicristalina o hipocristalina, vitrosa, 222.  
 Estructura de los minerales: granular, granujienta, laminar, fibrosa, sacaroidea, escamosa bacilar, acicular, oolítica, pisolítica, compacta, 146.  
 Era, 305.  
 Era primaria, 308-335.  
 Erubescita, 202.  
 Erupciones submarinas, 96.  
 Erupciones paleozoicas, 332.  
 Erupciones volcánicas, 94.  
 Exfoliación, 119, 148.

## F

Facies: continental, lacustre, marina, litoral, batial, abisal, 291.  
 Facies litológica, 323.  
 Falla, sus clases, 277.  
 Fanerógamas, Gimnospermas, 324.  
 Fase abiótica, 300-305.  
 Fase biótica, 305-307.  
 Fases vibratorias, 108.  
 Feldespatoides, 165.  
 Feldespatos, género, 163 y siguientes.  
 Felsítica, estructura, 223.  
 Filados o esquistos, 261.  
 Filicineas: Neuropteris, Glosópteris, 324, figura 146.  
 Filón de inyección. Filón-capas, 267.

Filones metálicos de inyección, 99.  
 Física mineral, 136 y sig.  
 Fisiografía, def., 3.  
 Fluoruros, 191.  
 Fluorina, 191.  
 Foraminíferos, 352.  
 Fosas, 278.  
 Fosas continentales, 14.  
 Fosas submarinas, 18.  
 Fosfatos, 189.  
 Fosforita, 189, 249.  
 Fósiles, definición, 89, 282.  
 Fósiles, olas, 285.  
 Fósil, lluvia, 285.  
 Fosilización, modos de, 282.  
 Fosilizables: animales; fosilizantes; materias 284.  
 Foraminíferos: textularia, miliola, 243.  
 Fractura, 147.  
 Fragilidad, 149.  
 Fuentes termales, 92, 102.  
 Fusibilidad, 153.  
 Fumarolas, 92, 99.  
 Fumaroliana, 99.  
 Fusulina, 325.

## G

Gabros, 235, 252.  
 Galena, 201.  
 Ganoideos, 325.  
 Gargantas, 72.  
 Gastrópodos, 325, 337, 352.  
 Geiseres, 92, 101.  
 Geiserita, 101, 162.  
 Geodas, 133 (1).  
 Geodinámica, 3.  
 Geodinámica interna, 90.  
*Geofísica*, 4, 20.  
 Geognosia, 3, 114.  
 Geogonía, 293.  
 Geohistoria, def., 3.  
 Geomorfología, 4, 5.  
 Geología (definición), 1.  
 Geosinclinal, 258-363.  
 Geosinclinal, metamorfismo, 255.  
 Geotectónica, 264-292.  
 Giobertita, 186.  
 Gigantostáceos, 318.  
 Gimnospermas, 343.  
 Glaciares, 78 y 79.

Glaciares, repartición geográfica, 83.  
 Glauconia, 173.  
 Globigerinas, 86.  
 Glosópteris, 327.  
 Gonfolita, 241.  
 Goniómetro, de reflexión, de aplicación, 127.  
 Grado geotérmico, 91.  
 Graduante barométrico, 29.  
 Grafito, 209.  
 Granates: almandino, sirio u oriental, noble, 178.  
 Granatita, 262.  
 Granito, 229.  
 Granitos degenerados, 242.  
 Granitófiro o pórfido granitoide, 230.  
 Granítica, modalidad de estructura, 223.  
 Granulítica, estructura, 223.  
 Grauvackas, 242.  
 Greda, 177, 242.  
 Grosularia, 178.

## H

Harmótoma, 173.  
 Harpoceras, 341.  
 Hatteria punctata, 326.  
 Heliotropo o jaspe sanguíneo, 161.  
 Hematites rojas, parda, 197.  
 Hemiedría o meriedría, 125.  
 Hemiedría límite, 125 (1).  
 Hercimana, cordillera, 326.  
 Hexacorales, 337.  
 Hidropteríneas, 343.  
 Hidrofana, 162.  
 Hielos polares, 84.  
 Hielos flotantes (v. icebergs).  
 Hierro cromado, 194.  
 Hierro espático, 198.  
 Hierro; fd. nativo, 196.  
 Hipo-abisales, rocas, 224.  
 Hipocentro, 106.  
 Hipótesis de Laplace-Faye-Ligondés, 295.  
 Holocena, época, 367.  
 Hornblenda, 171.  
 Horts o pilar, 278.

Hulla, 85.  
Hulla, grasa, seca, 212.

## I

Icebergs, 84.  
Ictiopterigios, 337.  
Ictiosaurio, 340, fig. 160  
Iguanodontes, 344.  
Indicolita, 168.  
Indlandsis, 84.  
Iridio, 207.  
Isóbaras, 28.  
Isomorfismo, 128.  
Isostasía, 276.  
Isotermas, líneas, 23.  
Isóteras, líneas, 24.  
Isoquímicas, líneas, 24.  
Isótropos, 119.  
Ithiodorulites, 318.

## J

Jabón de vidrieros, 194.  
Jacinto de Compostela,  
161.  
Jacinto (esmeralda, zir-  
cón), 169.  
Jaspe, negro, 161.  
Jaspe sanguíneo, 161.  
Jurásico, 335.

## L

Labirintodontes, 326, 337.  
Lacolitos, 256 y 266.  
Lamelibránquios, 325 y  
352.  
Lamelibránquios, molus-  
cos, 337.  
Lavas, 237.  
Lemúridos, 366.  
Leptinita, 262.  
Lerzolititas, 252.  
Licopodiáceas: Lepido-  
dendron Sigillaria, nú-  
mero 324, fig. 146, 1, 3  
Liliáceas, 343.  
Lima, 341.  
Limo: continental; mar-  
ino; litoral o batial,  
abisal, 243.  
Limo marino; pterópo-  
dos, radiolarios, globi-  
gerina, 243.

Língula, 314; 318 y fi-  
gura 134.  
Litosfera, 2 y 112.  
Lagos glaciares, 79 y 81.  
Lodo glaciario, 79 y 82.  
Lodo de globigerinas, 86.  
Lodo de pterópodos, 86.  
Limo de radiolarios, 86.  
Limo de diatomáceas, 86.  
Lavas básicas y ácidas,  
95.  
Lignito, 85.  
Loes, 364.  
Llama: acción de, 153.  
Llanuras, def., 12.  
Llanuras, 13.  
Leucita o anfigena, 165.  
Lapis-lázuli, 165.  
Ligurius, 169 (2).  
Lodo de globigerinas, 86  
Limonita, 197.  
Lápiz-plomo, 209.  
Lignito, 213.  
Litología, 219.  
Loes, limos, 243.  
Lumaquela, 249.

## M

Maclas: de yuxtaposición  
y de entrecruzamiento  
o compenetración: de  
la cruz de hierro, 130.  
Madrepóricas, calizas, 249  
Magnesita, 179.  
Magnetismo, 151.  
Magnetita, 197.  
Malaquita, 202.  
Manganeso, 194.  
Mantos de lava, 268.  
Marcasita, 196.  
Mares, 6.  
Margas, 244.  
Mármol, de Carrara, 184.  
Mármol, Cipollino, en  
ruinas, 263.  
Marsupiales, 352.  
Masicot, 201.  
Meláfiro, 236, 346.  
Mercurio, 203.  
Meseta, 13.  
Meláfiro, 236.  
Metamórficas, 250.  
(Metamorfismo) termal  
254.  
Meláfiro, 332.  
Mesotipo, 173.  
Mesozoica, era, 335.

Metales acidificables, 192  
194 y sig.  
Metales propiamente di-  
chos, 195 y sig.  
Metales raros, 207.  
Miask (pepita de oro),  
206.  
Mica (género), 166.  
Micacita o micasquisto,  
261.  
Micrococcus carbo, 329.  
Microsismos, 110.  
Micro'estes antiquus, 337.  
Milonitas, 241.  
Mimético (cristal), 131.  
Minio, 201.  
Mioceno, tiempo, 363.  
Mineral, 115.  
Minerales de origen or-  
gánico, 208 y sig.  
Minerales de carbono, 208  
Minerales metálicos, 192.  
Mineralizadores, 193 y sig.  
Mirada de una falla, 277  
Miriápodos, 326.  
Mispickel, 196.  
Mofetas, 92, 100.  
Mogol, gran, 209.  
Molibdenita, 194.  
Moluscos, 325.  
Molasas, 242.  
Monocotiledóneas, 343.  
Montañas, def., 12.  
Morrenas (v. canchales),  
Moscovita, 166.  
Movimientos epigénicos  
(v. oscilaciones conti-  
nentes).

## N

Nefelina, 165.  
Neis, 250.  
Neis: anfibólico, piro-  
xénico, ocular o glan-  
dular; gris, rojo, gra-  
nitoides, liliáceos, 260.  
Neógeno, período, 350.  
Neozóicos, tiempos, 362.  
Nereites cumbriensis, 318  
y fig. 136.  
Neviza, 79.  
Nieve: su acción mecá-  
nica, 78.  
Níquel, 204.  
Nomenclatura, su funda-  
mento, 157.  
Novaculita, 261.



Nugget (pepita de oro), 206.  
 Nummulitas, calizas, 249.  
 Nummulites, 351.

## O

Obsidiana o piedra pómez, 163.  
 Obidiana traquítica, 234.  
 Ocres rojos, amarillo, 197.  
 Oscilaciones continentales, 113.  
 Ofítica, modalidad de estructura, 223.  
 Ofitas, 236, 346.  
 Olas fósiles, 285.  
 Olenellus, 314.  
 Oligisto, 197.  
 Oligoceno, periodo, 363.  
 Oligoclasa, 164.  
 Olivino, 172.  
 Onda sísmica, 106.  
 Onda sísmica, su velocidad, 109.  
 Onice, 161.  
 Oolitas, 184.  
 Opacidad, 140.  
 Opalo, noble, de fuego común, 162.  
 Orbitolinas, 345.  
 Orbitolinas, caliza de, 249.  
 Organismos: acción de los organismos, 85.  
 Orlow, 209.  
 Oro, nativo, pepitas de, 206.  
 Orogenia, 273.  
 Oropimente, 193.  
 Ortoclasa, 164.  
 Ortófido, 233.  
 Ortosa, 163.  
 Osmio, 207.  
 Ozóquerita, 217.

## P

Paladio, 207.  
 Palmáceas, 343.  
 Paleobatrachus, 340.  
 Paleobatrachus Gaudri, 342, fig. 164.  
 Paleotermal, fenómeno, 333.  
 Paradoxides, 314.

Paralelismo o sincronismo de dos terrenos, 292.  
 Pechstein, 231.  
 Pecten, 341.  
 Pedernal, 161.  
 Pegmatita, 229.  
 Peles, cabellos de, 237.  
 Pegmatitas, 332.  
 Pelíticas, rocas, 240.  
 Pepita, 206 (1).  
 Peridotita, 252.  
 Peridotitas; peridoto olivino, 235.  
 Peridotos, 172.  
 Período, 305.  
 Permo-carbonífero, 323.  
 Perisfinetes plicatilis, 342, fig. 165.  
 Perisphinctes, 341.  
 Perisodáctilos, 356.  
 Peso específico, 150.  
 Petrografía, sección de la Geognosia, 219-264.  
 Petróleo, 215.  
 Pez mineral, 216.  
 Parafina natural, 217.  
 Phacops trilobites, 321.  
 Phillipsia, 325.  
 Pholadomya, 341.  
 Picotita, cromífera, 182.  
 Piedra de amolar, 161.  
 Piedra imán, 197.  
 Piedra del domingo, 287.  
 Piedra pómez, 163, 234.  
 Piedra de toque, 161.  
 Pinus, confífera, 339.  
 Pinzas de turmalina, 144.  
 Pirita, 196.  
 Piritoedro, 196.  
 Pirolusita, 194.  
 Piropo, 178.  
 Pirofera, 2, 112.  
 Piroxenos, 252.  
 Piroxeno rómbico, 170.  
 Pisolitas, 184.  
 Pizarras; arcillosas, margosas, silíceo-margosas, micáceas, 244.  
 Placentarios, 360.  
 Placeres, 206.  
 Placodermos o peces acorazados, 318.  
 Plagioclasas, 164.  
 Plata, nativa, argentífera, sulfurada, córnea, 205, fig. 88.  
 Platino, nativo, 207.  
 Pleistócena, época, 367.

Plesiosauro, 340, fig. 161.  
 Pliegues, 273.  
 Pliegue-falla, 274.  
 Pliocenos, tiempos, 363.  
 Plombagina, 209.  
 Plomo, 201.  
 Plomo blanco, 201.  
 Polarización, 144.  
 Polimorfismo, 128.  
 Políperos, 86.  
 Populus, 343.  
 Proboscídeos, 356.  
 Pórfido, 332.  
 Pórfido granitoide, 230.  
 Potencia o espesor de un terreno, 272.  
 Principios geológicos, 286.  
 Principios estratigráficos, 287.  
 Principios paleontológicos, 289.  
 Precipitación (minerales formados por), 159.  
 Presión atmosférica, factores de la misma, 27.  
 Proetus, trilobites, 321, 325.  
 Productus braquiópodo, 321.  
 Protógenas, rocas sedim., 238.  
 Protozoarios, 325.  
 Proustita, 205.  
 Provincias petrográficas, 228.  
 Provincias volcánicas, 95.  
 Psilomelana, 194.  
 Pterigotus, giganteostráceo del devónico, fig. 144.  
 Pterosaurios, 340.  
 Pterodáctilo, 341, fig. 162.  
 Pudingas, 342.  
 Pudingas o conglomerados, 241.

## Q

Quelonios, 340.  
 Querargirita, 205.  
 Quiastolita, 176.

## R

Radio ecuatorial terrestre; radio polar terrestre; radio medio, 5.  
 Redonita, 194.

Refracción, 141.  
 Regente (diamante), 209.  
 Rejalgar, 193.  
 Relieve terrestre (desigualdad del), 19.  
 Relieve submarino, 16.  
 Relieve pericontinental, 17.  
 Resinas fósiles, 218.  
 Retinita, 231.  
 Rhynchonella, 318, 341.  
 Rinocéfalos, 326, 337.  
 Rinocéridos, 356.  
 Ripple-marks, 285.  
 Rocas calcáreas, 249.  
*Roca*, def., simple, compuesta, 219.  
 Rocas endógenas, estratificadas, sedimentarias, exógenas, cristalofílicas, metamórficas, 221.  
 Rocas efusivas, 268.  
 Rocas estriadas, 79, 82.  
 Rocas fosfatadas, 249.  
 Rocas sedimentarias, 238 a 250.  
 Rubelita, 168.  
 Rubí espinela, 182.  
 Rubiela, 182.  
 Rudistos, 345.  
 Rupestre (arte, pintura), 384.  
 Rutilo, 181.

## S

Sabana, 13.  
 Sal amarga, sal de higuera, 188.  
 Sal común, gema o marina, 190.  
 Salzas, 92, 103.  
 Sanidino, 163, 231.  
 Sarmáticas, rocas, 240.  
 Sargazo, Mar de, 35.  
 Sedimentación continental y marina, 87.  
 Sedimentación: aluvial, eólica, glacial, lacustre, 87.  
 Sefíticas, rocas, 240.  
 Selacios, 325.  
 Sepiolita o espuma de mar, 179.  
 Serpentina, 179, 252.

Sericita, 166, 261.  
 Sequoia, 339.  
 Serpentinás, 332.  
 Serpentina, roca, 235.  
 Seudomorfismo, 129.  
 Siderocromo, 194.  
 Siderosa, 198.  
 Sienita, 232.  
 Sienitas, 346.  
 Silicatos accesorios de las rocas ácidas, 167 y sig.  
 Silicatos de las rocas básicas, 170 y sig.  
 Silicatos de metamorfismo, 174.  
 Silicatos anhidros de aluminio, 175.  
 Silicatos de aluminio hidratados, 177.  
 Silicatos anhidros de aluminio y otra base, 178.  
 Silicatos hidratados de aluminio y base, 179.  
 Silvanita (teluro de oro y plata), 206.  
 Sieníticas, 332.  
 Sílex, córneo, pirómaco, xiloide, 161.  
 Sílex néctico, 162.  
 Silíceas, 249.  
 Simetría límite, 125. (1)  
 Smithsonita, 199.  
 Sinclinal, pliegue, 273.  
 Sincronismo o paralelismo de dos terrenos, 292.  
 Silúrico período, 317-319.  
 Smaragdus, 169. (5).  
 Sismógrafo, 107.  
 Sismograma, 107.  
 Sistemas cristalinos, 122.  
 Sistemática, 155.  
 Solfataras, 99.  
 Spirifer (braquiópodo), 321.  
 Styracosauro, 341, (figura 163).  
 Succino, 218.  
 Sulfatos, 187 y sig.  
 Sulfuroarseniuro de hierro, 196.

## T

Talcita, 261.  
 Talcitas, 166.  
 Talco, 179.

Talcosquisto o talcita, 261.  
 Taxonomía, 156.  
 Taxonomía de los terrenos bióticos, 305.  
 Teleosteos, 337, 345.  
 Telesismos, 110.  
 Teluro de oro y plata, 206.  
 Teorías cosmogónicas, 294.  
 Teoría de Moreux, 295.  
 Terebratula, 341.  
 Teromorfos, 326, 337.  
 Teromorfos, reptiles del permo-carbonífero, 326.  
 Terremotos, su definición, 106.  
 Terremotos, su distribución geográfica, 111.  
 Terremotos, sus causas, 111.  
 Tetracorales, 325.  
 Tetraedro terrestre, 9.  
 Temperatura del mar, 25.  
 Tierra firme, 6.  
 Tierra de porcelana, de alfareros, de Batán, 177.  
 Titenita, 167.  
 Tobas volcánicas, 237.  
 Topacio, 168.  
 Topacio (falso topacio), 161.  
 Transgresión cenomanense, 342.  
 Transparencia, 140.  
 Transparentes, traslúcidos (cuerpos), 140.  
 Traquítica, modalidad de estructura, 223.  
 Traquitas, 233.  
 Tremolita, 171.  
 Triásico, 335.  
 Triconodon, 337.  
 Tridacna gigas, 185.  
 Trilobites: Olenellus, paradoxides, Olenus, trinucleus tessellatus, 314, 318 y figs. 135 y 138.  
 Turba, 85, 214.  
 Turmalina, 168.  
 Turquesa, 189.

## U

*Uranografía*, pág. 9.

## V

Valles: tectónicos, de erosión, sinclinales, primitivos, secundarios, 15.  
 Venturina, 161.  
 Vertientes, disimetría de, 12.  
 Vidrio de Moscou, 166.  
 Vidrio de los volcanes, 231.  
 Vientos, 29.  
 Vientos, su división, 30.  
 Vientos constantes y periódicos, 30.  
 Vientos alisios y contra-alisios, 30.  
 Vientos periódicos e irre-

gulares, estacionales, brisas, monzones, 30.  
 Volcanes activos, 97.  
 Volcanes extinguidos, 97.  
 Volcanes de lodo (v. salzas), 92, 103.  
 Volcanismo, causas del, 105.  
 Volcanismo, teorías, 105.  
 Volcanes, su distribución geográfica, 104.  
 Volcanismo, 90, 92.

## W

Witerita, 183.  
 Wolframita o wolfram, 194.

## Y

Yeso, 240.  
 Yeso en flecha, en lanza, 130, 188.

## Z

Zafiro, oriental, 181.  
 Zamia, 339.  
 Zeolitas, 173.  
 Zinc, 199.  
 Zinconisa, 199.  
 Zircón, 169.  
 Zócalo o *plataforma* continental, 17.  
 Zonas climáticas, tórrida, templadas, frías, 22.  
 Zoógenas, rocas, 249.  
 Zoontoarios, 337.

LICENCIA ECLESIAÍSTICA

---

NIHIL OBSTAT

EL CENSOR,

**Dr. José Ramón Bataller Calatayud, Pbro.**

Barcelona, 4 de Abril de 1928.

Imprimase

† JOSÉ, Obispo de Barcelona

Por mandato de su Excia. Ilma.

**Dr. Francisco M.<sup>a</sup> Ortega de la Lorena,**  
*Canciller-Secretario*

# ALGUNOS DE LOS LIBROS DE CIENCIA Y ENSEÑANZA EDITADOS POR LA CASA «TIPOGRAFIA CATOLICA CASALS»

Calle Caspe, 108 (Apartado 776), Barcelona

---

## COLECCIÓN «OBRAS DIDÁCTICAS»

- Bayle, S. J.*—LA PREDICACION SAGRADA. En rca. 4,50 ptas., encuadernado 5,50 ptas.
- Cornet, S. J.*—ARITMETICA teórico-práctica. En rca. 3 ptas., enc. 4 pesetas.
- Doménech, S. J. (P. E.)*—GRAMATICA INGLESA. En rca. 4,50 pesetas, enc. 5,50 ptas.
- Francoz, S. J. (P. L.)*—NOCIONES DE FRANCES. 0,50 de peseta enc.
- Francoz, S. J.*—GRAMATICA FRANCESA (5ª ed.), En rca. 6,50 pesetas, enc. 7,50 ptas.
- Gaya, S. J. (P. F.)*—PRACTICAS COMERCIALES. En rca. 2,50 pesetas, enc. 3,50 ptas.
- Gaya, S. J. (P. F.)*—PRACTICAS ARITMETICAS. Encuadernado 1 peseta.
- González (C.)*—LIBRO DE LECTURA. 5ª ed. En cartoné 2 ptas.
- Guasch, S. J. (P. A.)*—ANTOLOGIA ALEMANA. En rca. 5,50 pesetas, enc. 6,50 ptas.
- Guasch, S. J. (P. A.)*—FLORILEGIO DE SENTENCIAS GRIEGAS. En rca. 1,50 ptas.
- Guitart, S. J. (P. E.)*—NOCIONES DE ECONOMIA SOCIAL (2ª edición). En rca. 5 ptas., enc. 6 ptas.
- Moreu, S. J. (P. E.)*—FUNDAMENTOS DE CULTURA LITERARIA (5ª edición). En rca. 5 ptas., enc. 6,50 ptas.
- Pujiula, S. J. (P. J.)*—MANUAL COMPLETO DE BIOLOGIA MODERNA, macro y microscópica. En rca. 22 ptas., enc. 25 ptas.
- Saz, S. J. (P. E.)*—TEORIA Y PRACTICA DEL ANALISIS QUIMICO:  
Tomo I: *Análisis cualitativo*. En rca. 25 ptas., enc. 28 ptas.  
Tomo II: *Análisis cuantitativo*. En rca. 20 ptas., enc. 23 ptas.
- Schmid (Canónigo)*—CUENTECITOS. Edición bilingüe en español-francés, para facilitar el estudio (Ed. antigua). En cartoné 2,50 ptas.
- Sucona (T.)*—GRAMATICA HEBREA. En rca. 4 ptas., enc. 5 ptas.
- Vilaplana, Pbro. (Mons. J.)*—TEOLOGIA PASTORAL Y PRACTICA PARROQUIAL: 2ª edición corregida por el Muy Ilstre. Sr. Don *J. Cortecans*. 2 tomos en rca. 9,50 ptas. y en tela 12 ptas.
- Vilar, S. J. (P. José G.)*—LECCIONES DE DERECHO MERCANTIL. En rca. 3,50 ptas., enc. 4,50 ptas.
- Villarraga, S. J. (P. T.)*—HISTORIA SAGRADA. Encuadernado 1 pta.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*—MANUAL DE QUIMICA MODERNA (novena edición). Encuadernado 9 ptas.

## TRATADOS DE CIENCIA MODERNA

- Gianfranceschi (G.)*.—LA FISICA DE LOS CORPUSCULOS: moléculas, átomos, electrones. Versión del P. García Mollá, S. J. En rca. 12 pesetas, enc. 15 ptas.
- Ostwald (Wo.)*.—PRACTICAS DE COLOIDOQUIMICA. El manejo razonado de los coloides. En rca. 6 ptas., enc. 8 ptas.
- Padula (A.)*.—TIPOS DE BUQUES DE GUERRA Y SISTEMAS DE PROTECCION. En rca. 4 ptas., enc. 5,50 ptas.
- Puig, S. J. (P. Ignacio)*.—TEORIA DE LAS VALENCIAS POSITIVAS Y NEGATIVAS. En rca. 1,50 ptas.
- Pujiula, S. J. (P. J.)*.—CURSOS TEORICO-PRACTICOS DE BIOLOGIA.—I. CITOLOGIA (parte teórica). En rca. 8 ptas., enc. 10,50 pesetas.  
II. CITOLOGIA (parte práctica). En rca. 12 ptas., enc. 14,50 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—QUIMICA DEL CARBONO. En rca. 31 pesetas, encuadernado 35 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—LA CATALISIS QUIMICA. En rca. 20 pesetas, enc. 23 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—PRACTICAS QUIMICAS (3ª edición). En rústica 15,50 ptas., enc. 18 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—LA CIENCIA QUIMICA Y LA VIDA SOCIAL. En rca. 3 ptas., enc. 4,50 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—PESOS MOLECULARES. En rca. 14 ptas., encuadernado 17 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—ESTUDIOS DE QUIMICA CONTEMPORANEA. Conferencias argentinas. En rca. 11 ptas., enc. 13,50 ptas.

## MANUALES CIENTÍFICOS

- Navás, S. J. (P. L.)*.—MANUAL DEL ENTOMOLOGO. En rca. 1,50 pesetas, enc. 3 ptas.
- Poincaré (E.)*.—LA TEORIA DE MAXWELL Y LAS OSCILACIONES HERTZIANAS: LA TELEGRAFIA SIN HILOS. En rca. 3 pesetas, encuadernado 4,50 ptas.
- Pujiula, S. J. (P. J.)*.—LA VIDA Y SU EVOLUCION FILOGENETICA. (2ª edición). En rca. 3 ptas., enc. 4,50 ptas.
- Pujiula, S. J. (P. J.)*.—ESTUDIOS CRITICOS SOBRE LA TEORIA DE LA EVOLUCION. En rca. 2,50 ptas., enc. 4 ptas.
- Rossignoli*.—EL DETERMINISMO EN LA SOCIOLOGIA POSITIVA. Versión de D. M. G. Barzanallana. En rca. 2 ptas., enc. 3,50 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—EL ACETILENO Y SUS APLICACIONES. En rústica 3 ptas., enc. 4,50 ptas.

---

*Pidanse Catálogos*

---

## LA SECCION DE LIBRERIA DE ESTA CASA

SIRVE TODOS LOS LIBROS NACIONALES Y EXTRANJEROS DIRECTAMENTE DEL EDITOR AL CLIENTE Y POR TANTO CON EL MAXIMUM DE ECONOMIA.



## TRATADOS DE CIENCIA MODERNA

- Gianfranceschi (G.)*.—LA FÍSICA DE LOS CORPUSCULOS: moléculas, átomos, electrones. Versión del P. García Mollá, S. J. En rca. 12 pesetas, enc. 15 ptas.
- Ostwald (W.o.)*.—PRÁCTICAS DE COLOIDOQUÍMICA. El manejo razonado de los coloides. En rca. 6 ptas., enc. 8 ptas.
- Podols (A.)*.—TIPOS DE BUQUES DE GUERRA Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN. En rca. 4 ptas., enc. 5,50 ptas.
- Puig, S. J. (P. Ignacio)*.—TEORÍA DE LAS VALENCIAS POSITIVAS Y NEGATIVAS. En rca. 1,50 ptas.
- Pujula, S. J. (P. J.)*.—CURSOS TEÓRICO-PRACTICOS DE BIOLOGÍA.—I. CITOLOGÍA (parte teórica). En rca. 8 ptas., enc. 10,50 pesetas.
- II. CITOLOGÍA (parte práctica). En rca. 12 ptas., enc. 14,50 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—QUÍMICA DEL CARBONO. En rca. 31 pesetas, encuadernado 35 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—LA CATALISIS QUÍMICA. En rca. 20 pesetas, enc. 23 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—PRÁCTICAS QUÍMICAS (3ª edición). En rústica 15,50 ptas., enc. 18 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—LA CIENCIA QUÍMICA Y LA VIDA SOCIAL. En rca. 3 ptas., enc. 4,50 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—PESOS MOLECULARES. En rca. 14 ptas., encuadernado 17 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—ESTUDIOS DE QUÍMICA CONTEMPORÁNEA. Conferencias argentinas. En rca. 11 ptas., enc. 13,50 ptas.

## MANUALES CIENTÍFICOS

- Navas, S. J. (P. L.)*.—MANUAL DEL ENTOMÓLOGO. En rca. 1,50 pesetas, enc. 3 ptas.
- Poincaré (E.)*.—LA TEORÍA DE MAXWELL Y LAS OSCILACIONES HERTZIANAS. LA TELEGRAFÍA SIN HILOS. En rca. 3 pesetas, encuadernado 4,50 ptas.
- Pujula, S. J. (P. J.)*.—LA VIDA Y SU EVOLUCIÓN FILOGENÉTICA. (2ª edición). En rca. 3 ptas., enc. 4,50 ptas.
- Pujula, S. J. (P. J.)*.—ESTUDIOS CRÍTICOS SOBRE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN. En rca. 2,50 ptas., enc. 4 ptas.
- Rostignoli*.—EL DETERMINISMO EN LA SOCIOLOGÍA POSITIVA. Versión de D. M. G. Barzaudiana. En rca. 2 ptas., enc. 3,50 ptas.
- Vitoria, S. J. (P. E.)*.—EL ACETILENO Y SUS APLICACIONES. En rústica 3 ptas., enc. 4,50 ptas.

Pidanse Catálogos

## LA SECCION DE LIBRERIA DE ESTA CASA

SIRVE TODOS LOS LIBROS NACIONALES Y EXTRANJEROS DIRECTAMENTE DEL EDITOR AL CLIENTE Y POR TANTO CON EL MAXIMUM DE ECONOMIA.







M. J. GONZALEZ

GEORGIA

INSTITUTIONS



Instituto S