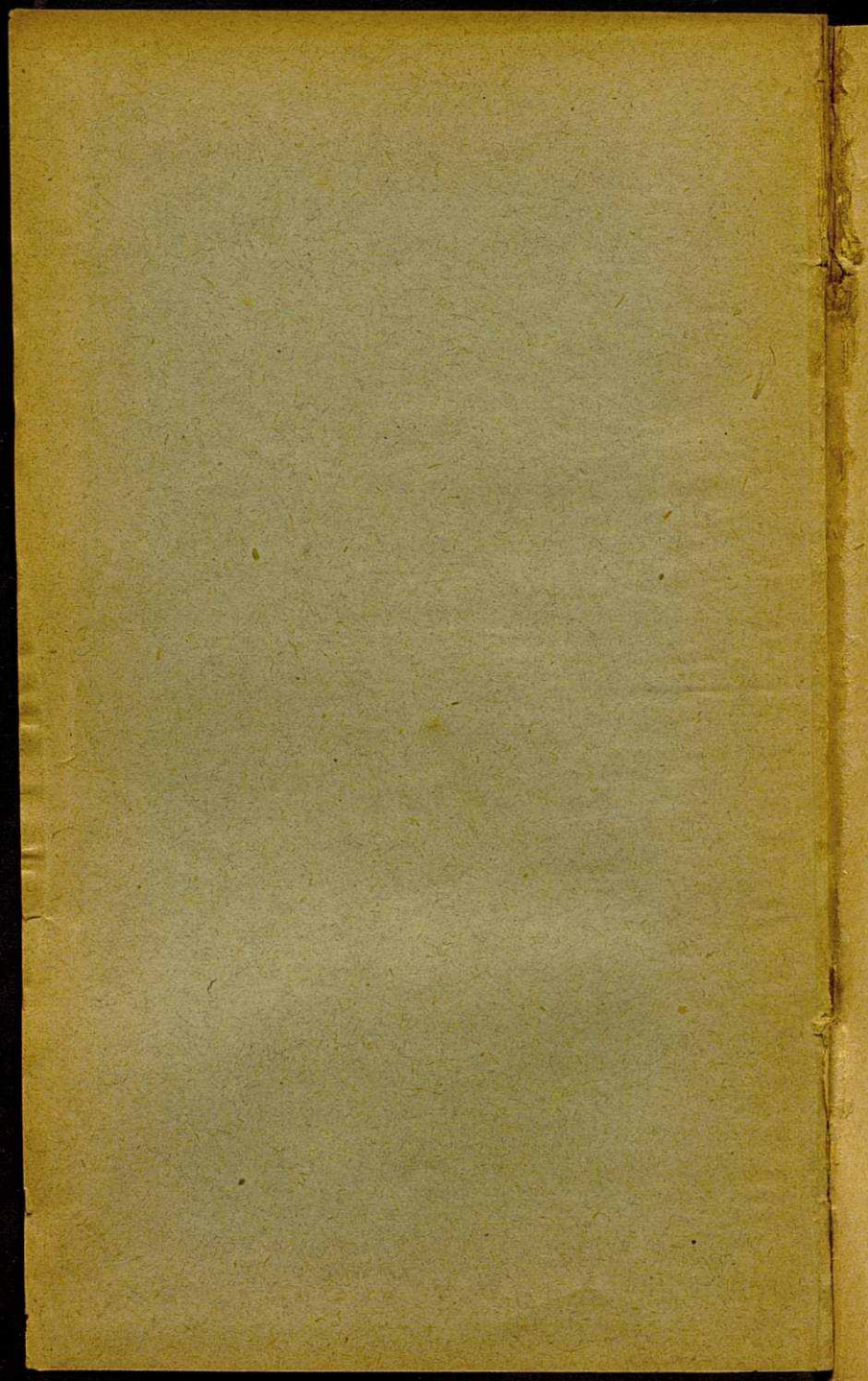




R-1170
N7/19

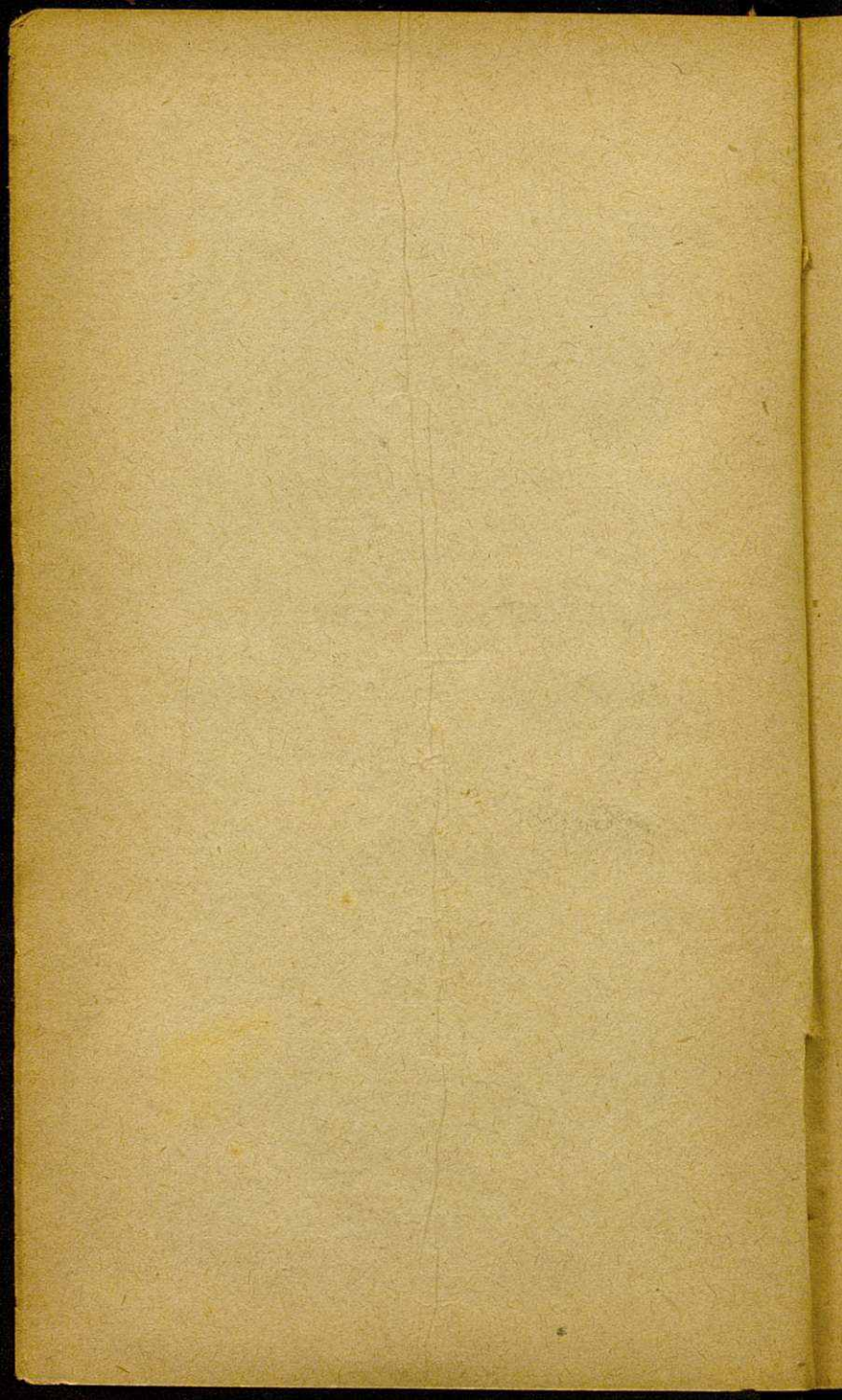


30-

C. 1908

v

EDADES DE LA TIERRA



PUBLICACIONES DE LA ESCUELA MODERNA

LA S
CIENCIAS NATURALES

EN LA
ESCUELA MODERNA

POR

ODÓN DE BUEN

DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES, CATEDRÁTICO DE LAS ASIGNATURAS DE HISTORIA NATURAL
EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

V

EDADES DE LA TIERRA



Calle de Bailén, número 56
BARCELONA

ES PROPIEDAD

Imp. Atlas Geográfico, Consejo de Ciento, 140.—Barcelona

Génesis y evolución del sistema solar

1.—Clasificación de los astros.—Los seres naturales que pueblan el espacio infinito pertenecen á una de dos categorías: nebulosas y soles.

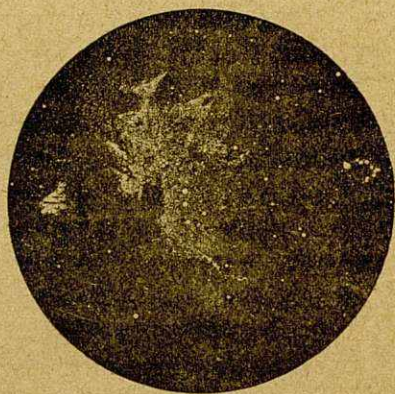


Fig. 1.—Nebulosa de Orión formada de materia gaseosa sumamente difusa

Las *nebulosas* (fig. 1.^a) están formadas por materia sumamente tenue, difundida de un modo extraordinario: en ellas no descubren los medios de análisis de que hoy disponemos,

cuerpo alguno bien definido; allí no hay metales, ni substancias petreas, ni siquiera vapores de los elementos que componen nuestra Tierra. Cuanto más difusa, la materia es más homogénea, está menos diferenciada.

Los *soles* ó estrellas están constituídos por materiales incandescentes; la substancia se halla más concentrada, diferenciándose en ella distintos metales; brillan unos con luz blanca (los menos concentrados), otros con luz amarilla y otros con luz roja (los más concentrados). Los distintos colores de la luz indican grados diferentes de evolución; son más viejos los soles rojos, más activos los soles blancos. Nuestro Sol se encuentra en un grado intermedio, es una estrella amarilla.

En el espacio, se ven nebulosas que, miradas con poderosos telescopios, resultan masas de estrellas cuya luz se confunde por razón de la distancia. No se crea por esto que todas las nebulosas podrán con el tiempo, cuando se construyan instrumentos astronómicos más poderosos, aparecer como masas de soles, hay un medio de distinguir las nebulosas reales de las aparentes, que es el análisis espectral.

Todo sér, por distante que esté y por tenue que sea, si emite un rayo de luz y llega éste á la Tierra, se recoge en aparatos delicadísimos que se llaman espectroscopios, y se averigua por aquel rayo la composición de la materia del sér que le envía. El procedimiento es lo que se llama *análisis espectral*.

Bien pueden decir los químicos y los naturalistas á un astro: *Envíame un rayo de luz y diré quién eres y en qué situación te encuentras.*

Pues bien: por el análisis espectral se distinguen perfectamente las verdaderas nebulosas de los soles, aunque la luz de éstos llegue muy difusa á la Tierra.

Nebulosas hay en diversos grados de concentración, desde las llamadas *amorfas* hasta las *regulares* (tránsito ya á los soles), que tienen contorno definido y manifiestan cierta solidez en su materia (fig. 2).

Cada sol se considera como el centro de un sistema planetario; en derredor suyo giran cuerpos más sólidos que se llaman *planetas*, y, en derredor de éstos, otros más pequeños llamados *satélites*.



Fig. 2.—Nebulosa regular

En cada sistema planetario, el sol, centro del sistema; los planetas y satélites proceden de una nebulosa primitiva que es la madre de todos.

Un sistema planetario es, por tanto, producto de la diferenciación de una nebulosa.

Como la Tierra pertenece al sistema de nuestro Sol, nos limitaremos en esta obra á ocuparnos del origen de este sistema.

Resumiendo: podemos dividir los seres naturales del Universo en los grupos siguientes:

Nebulosas	{	Amorfas
	{	Regulares
Soles ó estrellas	{	Blancas
	{	Amarillas
	{	Rojas
Planetas		
Satélites		

Los *cometas* son seres que no pertenecen á un sistema solar determinado, y su materia es en extremo difusa, mucho más difusa que el aire que queda en un recipiente después de hacer en él el vacío por las máquinas más perfeccionadas; es decir, después de creer que ya no hay aire, porque no se nota su presencia.

Como los seres de la Tierra representan grados distintos de una evolución no interrumpida, los seres del Universo son formas distintas surgidas de la evolución general de la materia, que no ha tenido principio ni tendrá fin.

2.—**Formación de los planetas y satélites.**—Las nebulosas están dotadas de un movimiento de rotación de O. á E.; en ellas la concentración de la materia motiva el aumento de velocidad y el que adquieran forma esferoidal cada vez más achatada; si vence la fuerza de separación de las moléculas (fuerza centrífuga) á la resistencia que opone su unión, por virtud del movimiento se formarán anillos concéntricos que continuarán girando con la masa general.

Estos anillos, que debieron formarse en la nebulosa madre de nuestro sistema, se concentraron constituyendo los planetas.

De los planetas, mientras el estado de su materia lo permitiese, por el mismo procedimiento se formarían anillos de que derivaron los satélites.

Hasta aquí la conocida teoría de Laplace, que no resulta hoy del todo cierta, porque, según ella, formándose por este exclusivo medio los planetas y los satélites, todos debieran girar en la misma dirección, y se conocen satélites retrógrados (los de Urano y Neptuno).

La formación de los satélites retrógrados se explica, según Faye, de un modo fácil. Al desprenderse los primeros anillos, la nebulosa del sistema era una masa homogénea, el centro no ejercía acción alguna, el Sol no estaba formado, no hubo, por tanto, cambio alguno en el modo de rotación de los anillos. Pasando el tiempo, los materiales que no formaron planetas, concentrándose formaron el Sol, centro del sistema; los anillos que después de formado el Sol se produjeron, ya se hallaron solicitados por la pesantez interna del sistema en razón inversa del cuadrado de las distancias; su materia no podía girar en conjunto como anteriormente; se originarían corrientes con velocidades que crecerían del borde interior al externo, dando lugar á torbellinos con movimiento inverso al de la circulación del anillo; reunidos los torbellinos en un globo, éste sería retró-

grado, y lo mismo, por tanto, el satélite que de él se derivara. Según Faye, Urano se formó en una época intermediaria entre la de los planetas con satélites francamente directos y la de los satélites retrógrados; por eso ofrece algunos caracteres particulares.

3.—Experimento de Plateau.—Tiende á

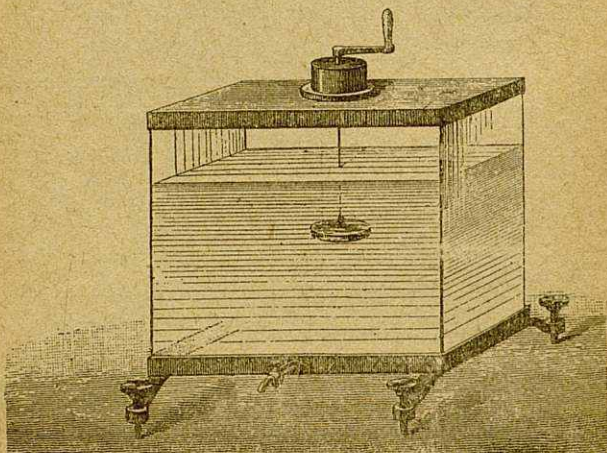


Fig. 3.—Aparato de Plateau

demostrar cómo se forman anillos en las sustancias fluídas sometidas á la fuerza centrífuga y por qué estas masas adquieren forma elipsoidal, tanto más achatada cuanto mayor es la velocidad del movimiento rotatorio. Es un buen apoyo pedagógico para hacer ver del modo que debieran formarse los planetas y para demostrar cuál es la causa del achatamiento polar de la Tierra.

El aparato ideado por Plateau (fig. 3) consta de una caja de cristal que se llena casi con una mezcla de agua y alcohol de la misma densidad que el aceite. Por un manubrio externo se puede hacer girar un disco metálico interno sobre el que se deposita una pequeña porción de aceite. Este quedará en suspensión y privado de la fuerza de gravedad adquiriendo forma esférica.

Imprimiendo movimiento giratorio rápido al manubrio, y por lo tanto al disco interno,

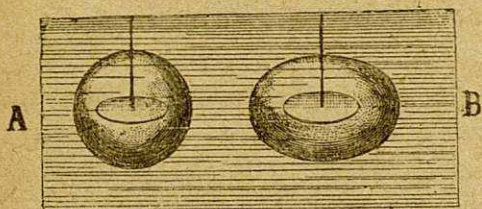


Fig. 4.— **A**: la esfera de aceite en reposo
B: la esfera de aceite moviéndose con rapidez el disco

se verá como el aceite adquiere forma elipsooidal (fig. 4), achatándose tanto más cuanto el movimiento sea más rápido. Por la parte ecuatorial el elipsoide se dilatará hasta desprenderse un anillo merced al predominio de la fuerza centrífuga.

He aquí la fácil génesis de pequeños mundos de aceite.

4.—**Composición del sistema solar.**— Ocupa su centro el Sol, que es una estrella amarilla, y se desprendieron de la nebulosa

madre hasta 10 anillos cuya situación actual y cuyo orden es el siguiente:

1.º Anillo de *pequeños planetas intramercuriales*; problemático.

2.º *Mercurio*: raras veces visible sin antejo poco antes de amanecer ó después de anohecido.

3.º *Venus*: lucero de la mañana ó de la tarde; tiene atmósfera y se cree que sus montañas son más elevadas que las terrestres.

4.º La *Tierra* con su satélite la Luna.

5.º *Marte*: brilla con luz rojiza, tiene atmósfera y hielo en los polos; le acompañan dos pequeñísimos satélites.

6.º *Zona de los asteroides*: se conocen muchos, algunos de menor superficie que cualquier provincia española.

7.º *Júpiter*: tan brillante como Venus, rodeado de cuatro hermosos satélites; se supone que no se halla en estado sólido.

8.º *Saturno*: luz más pálida y amarillenta que la anterior; también se supone que no está en estado sólido; rodeado de un sistema de anillos; seguido de ocho satélites.

9.º *Urano*: brilla débilmente; tiene cuatro satélites retrógrados; el plano en que se mueven es casi perpendicular al de la órbita del planeta, es decir, al del anillo generador. El sistema de Urano se formó en una época intermedia entre la de los planetas de satélites francamente directos y la de Neptuno, cuyo satélite es francamente retrógrado.

10.º *Neptuno*: más apagado aún que el anterior; tiene un solo satélite.

5.—**Epocas cosmogónicas de nuestro sistema.**—Correspondiendo á la evolución sufrida por los astros á partir de la nebulosa originaria, pueden señalarse tiempos distintos en la vida de un sistema astronómico; se denominan *épocas cosmogónicas*.

Pueden reducirse á cinco.

El *punto de partida* es una masa homogénea de materia extraordinariamente difusa, caótica, á poco más esférica, en cuyo seno se marcan lentos movimientos de torbellino que sólo afectan á una parte de la masa.

Primera época: Se regulan espontáneamente los movimientos giratorios, formándose anillos que giran en un mismo plano y en sentido directo, alrededor del centro de gravedad.

Las otras partes de la masa caen hacia el centro, describiendo en todos sentidos elipses alargadas, concéntricas á la masa.

Segunda época: Formación de los planetas en el seno de los anillos más lejanos del centro. Formación de los satélites. Primeras delineaciones de la masa central.

Tercera época: Formación lentamente progresiva del Sol. Los planetas se aproximan á éste. Formación del sistema retrógrado de Urano. Formación del sistema aún más francamente retrógrado de Neptuno.

Cuarta época: El Sol, definitivamente for-

mado, rodeado de una fotosfera estable, no recibe materiales del exterior. Los movimientos del sistema entran en una fase de estabilidad definitiva.

Quinta época: Densidad creciente del Sol; disminución de las corrientes verticales que alimentan su fotosfera. Extinción de la fotosfera. Se forma costra sólida en la superficie del Sol.

Continuación indefinida de los movimientos astronómicos del sistema.

6.—**Palabras de Laplace.**—Hemos dado á conocer, en síntesis, la teoría de Laplace con la corrección de Faye. Por la importancia que esta doctrina cosmogónica tiene, traducimos de la obra del insigne astrónomo francés los párrafos en que él mismo describe su modo de pensar. Conviene vulgarizar este documento por su excepcional importancia científica.

«La consideración de los movimientos planetarios, nos conduce á pensar que, en virtud de un calor excesivo, la atmósfera del Sol se extendía primitivamente más allá de las órbitas de todos los planetas y que se ha ido sucesivamente reduciendo hasta sus límites actuales.

»En el estado primitivo en que suponemos al Sol, se asemejaba á las nebulosas que muestra el telescopio compuestas de un núcleo más ó menos brillante, rodeado de una nebulosidad, que, condensándose en la superficie del

núcleo, le transforma en estrella. Si se concibe, por analogía, que todas las estrellas están formadas de esta manera, se puede imaginar un estado anterior de nebulosidad, precedido á su vez por otros estados en los cuales la materia nebulosa era cada vez más difusa y el núcleo cada vez menos luminoso. Se puede llegar así, retrocediendo lo más lejos posible, á una nebulosidad tan difusa que apenas se puede concebir su existencia...

»Pero ¿cómo la atmósfera del Sol ha determinado los movimientos de rotación y de revolución de los planetas y de los satélites? Si estos cuerpos hubieran penetrado profundamente en aquella atmósfera, su existencia les hubiera hecho caer sobre el Sol. Se puede, pues, conjeturar que los planetas se han formado sucesivamente por la condensación de zonas de vapores que, al enfriarse la atmósfera solar, ha ido abandonando en el plano de su ecuador.

»...La atmósfera del Sol no puede extenderse indefinidamente; su límite es el punto en que la fuerza centrífuga, debida á su movimiento de rotación, equilibra la pesantez; á medida que el enfriamiento comprime la atmósfera y condensa en la superficie del astro las moléculas que están más próximas, el movimiento de rotación aumenta; y pues en virtud del principio de las áreas, la suma de las descritas por el rayo vector de cada molécula del Sol y de su atmósfera, y proyectadas sobre

el plano de su ecuador, era siempre la misma, la rotación debió ser más rápida cuando estas moléculas se aproximaran al centro del Sol. La fuerza centrífuga, debida á este movimiento, se hacía así mayor y el punto en que la pesantez le igualaba estaría más cerca de este centro. Suponiendo, pues, lo que es natural admitir, que la atmósfera se ha extendido, en una época cualquiera, hasta su límite, ha debido al enfriarse abandonar las moléculas situadas en este límite y en los límites sucesivos producidos por el crecimiento de la rotación del Sol. Estas moléculas abandonadas han continuado circulando en derredor del astro, puesto que su fuerza centrífuga estaba neutralizada por la pesantez...

»Consideremos ahora las zonas de vapores sucesivamente abandonadas. Estas zonas han debido, según todas las probabilidades, formar por su condensación y la atracción mutua de sus moléculas, diversos anillos concéntricos de vapores, que circulaban alrededor del Sol. El roce mutuo de las moléculas de cada anillo ha debido acelerar los unos y retardar los otros, hasta adquirir todos un mismo movimiento angular. Así las velocidades reales de las moléculas más lejanas del centro del astro han sido mayores. La causa siguiente ha debido contribuir todavía á esta diferencia de velocidad; las moléculas más distantes del Sol y que, por los efectos del enfriamiento y de la condensación, se han aproximado para

formar la parte superior del anillo, han descrito siempre áreas proporcionales á los tiempos, puesto que la fuerza central de que ellas estaban animadas ha estado constantemente dirigida hacia este astro; luego esta constancia de las áreas exige un crecimiento de la velocidad de las moléculas que se han unido al anillo para formar su parte inferior.

»Si todas las moléculas de un anillo de vapores continuaran condensándose sin desunirse, formarían á la larga un anillo líquido ó sólido. Pero la regularidad que esta formación exige en todas las partes del anillo y en su enfriamiento, ha debido hacer este fenómeno extremadamente raro. Por eso el sistema solar ofrece sólo un ejemplo: el de los anillos de Saturno. Cási siempre, cada anillo de vapores ha debido romperse en muchas masas que, caminando con velocidades muy poco diferentes, han continuado circulando á la misma distancia en derredor del Sol. Estas masas han debido tomar una forma esferoidal, con un movimiento de rotación dirigido en el sentido de su revolución, puesto que sus moléculas inferiores tendrían menos velocidad real que las superiores, y han debido formar otros tantos planetas en estado de vapor. Pero si una de ellas ha sido suficientemente poderosa para reunir sucesivamente, por su atracción, á todas las demás, alrededor de su centro, el anillo de vapores se habrá así transformado en un sola masa esferoidal de vapores,

que circulan en derredor del Sol con una rotación dirigida en el sentido de su revolución. Este último caso ha sido el más común; pero el sistema solar nos ofrece el primer caso en los cuatro pequeños planetas que se mueven entre Júpiter y Marte (1); á menos que se suponga, como Olbers, que formaban primitivamente un solo planeta que se ha dividido, por una fuerte explosión, en muchas partes animadas de velocidades diferentes.

»Si nosotros ahora seguimos los cambios que un enfriamiento ulterior ha debido producir en los planetas en estado de vapor, cuya formación acabamos de estudiar, veremos nacer en el centro de cada uno de ellos un núcleo que crece sin cesar por la condensación de la atmósfera que le rodea. En tal estado, el planeta asemeja perfectamente al Sol en el estado de nebulosa en que le hemos considerado. El enfriamiento ha debido, pues, producir, en los diversos límites de su atmósfera, fenómenos semejantes á los que hemos descrito, es decir, anillos y satélites que circulan en derredor de su centro, en el sentido de su movimiento de rotación y que giran en el mismo sentido sobre ellos mismos. La distribución regular de los anillos de Saturno en derredor de su centro y en el plano de su ecuador, resulta naturalmente en esta hipóte-

(1) En tiempo de Laplace no se conocían más; hoy son numerosos; algunos cientos.

sis y sin ella es inexplicable: estos anillos parecen pruebas siempre subsistentes de la extensión primitiva de la atmósfera de Saturno y de sus contracciones sucesivas. Así, los fenómenos singulares de la pequeña excentricidad de las órbitas planetarias y de los satélites, de la escasa inclinación de estas órbitas al ecuador solar, y de la identidad en el sentido de los movimientos de rotación y de revolución de todos estos cuerpos con el de la rotación del Sol, se deducen de la hipótesis que proponemos y le dan una gran verosimilitud.

»Si el sistema solar se hubiera formado con una perfecta regularidad, las órbitas de los cuerpos que le componen serían círculos, cuyos planos, así como los ecuatoriales y de los anillos, coincidirían con el plano del ecuador solar. Pero se concibe que las innumerables diferencias que han debido existir en la temperatura y la densidad de las diversas partes de estas grandes masas han producido las excentricidades de las órbitas y las desviaciones en los movimientos con relación al plano de este ecuador.

»En nuestra hipótesis, los cometas son extraños al sistema planetario. Considerándolos, según nosotros hemos hecho, como pequeñas nebulosas, errantes de sistemas en sistemas solares, y formados por la condensación de la materia nebulosa, repartida tan profusamente en el Universo, se ve que, si pasan por la parte del espacio donde la atracción del Sol

predomina, les obliga á describir órbitas elípticas ó hiperbólicas. Sus velocidades deben ser igualmente posibles en todas las direcciones; deben moverse con indiferencia en todos los sentidos y bajo todas las inclinaciones á la eclíptica, lo que está conforme con lo observado. Así, la condensación de la materia nebulosa, por la cual acabamos de explicar los movimientos de rotación y de revolución de los planetas y de los satélites, en el mismo sentido y sobre planos poco diferentes, explica igualmente por qué los movimientos de los cometas se separaron de esta ley general.»

II

Evolución general de la Tierra

7.—**Fases cosmogónicas.**—Como los seres vivos pasan por el huevo antes de llegar á la edad adulta y desde el huevo sufren cambios y modificaciones transitorias hasta adquirir forma definitiva, individualidad bien definida, así la Tierra pasó por la fase de nebulosa, sufrió esta forma cambios sucesivos, fué luego una estrella que brillaba con luz propia y dió origen á un sistema secundario, dependiente del sistema solar, engendrando la Luna, su único satélite.

Cuando se formó en su superficie una cor-

teza densa manifestándose la materia diferenciada en sus tres estados, sólido, líquido y gaseoso, entró en la fase de planeta, adquirió vida propia, fué un individuo sideral, cuya evolución, pasando por diversas edades, vamos á describir en las sucesivas páginas.

La Tierra se encontró, pues, en las fases siguientes: *de nebulosa, estelar y planetaria*. Estas son sus *fases cosmogónicas*, lo que pudiéramos llamar comparativamente fases embriogénicas, por las que han pasado ó pasarán todos los seres siderales.

Una vez llegada á la forma de planeta, recorre su vida, sufriendo cambios distintos, encontrándose en tiempos diferentes que reciben el nombre de *edades geológicas*.

8.—**Evolución planetaria.**—Comienza al formarse una costra sólida que impidió la radiación luminosa, punto de partida de modificaciones en el esferoide terrestre que le dieron individualidad cada vez mayor.

Comenzaron á depositarse las aguas en la superficie de la corteza sólida, cubriéndola toda, pero las aguas eran pastosas, pues á temperatura elevada y gran presión se hallarían disueltos materiales abundantísimos que hoy no lo están. Un mar pastoso formaría amplio anillo en derredor de la parte sólida, y en su seno se depositarían sedimentos, realizándose grandes reacciones químicas y acciones físicas intensas.

Débil la corteza, formidable la masa incan-

descente central, reaccionaría sobre aquélla produciendo intensos fenómenos eruptivos. La Tierra tenía, y tuvo durante mucho tiempo, el *corazón volcánico*; vivía y evolucionaba por su propio calor.

La atmósfera era densa; ni llegaban los rayos solares, ni el espesor de la corteza permitía la radiación de la masa ígnea; la temperatura sería uniforme; las tierras estarían representadas por algunas masas de los materiales primeramente consolidados, que emergían en medio de aquel océano sin límites.

El imperio de las aguas fué poco á poco disputado por la tierra; las islas se convirtieron en continentes que aumentaron sucesivamente de extensión; la atmósfera aclarada dejó llegar á la corteza terrestre los rayos solares; el calor externo aumentaba á medida que el interior iba decreciendo; no herían los rayos del Sol igualmente todas las regiones del esféroide, y los climas comenzaron á dar á éste variedad.

El corazón de la Tierra se iba enfriando mucho; en su vida y en su evolución influía cada vez más el Sol.

El Globo, perdiendo calor, disminuyé de volumen y su masa se agrieta por unos puntos y por otros se pliega, produciendo cordilleras y valles, quebrando la superficie de los continentes y el fondo de los mares.

Las nieves blanquean los polos y las cimas de los montes; las aguas corren por las tierras

y con su labor mecánica y química modifican el suelo haciéndole cada vez más variado.

Paulatinamente, sin grandes convulsiones, nuestro planeta fué adquiriendo su forma y su volumen actual; la órbita en que gira se hizo definitiva; las tierras y mares, las estaciones y los climas, se dispusieron como hoy se hallan, y en el fondo de los mares, en las profundidades de los estratos y en la superficie de los terrenos, el metamorfismo incesante continúa la obra de transformación lenta, destruyendo las formas viejas, presentándolo todo bajo nuevas formas.

Frió ya el corazón de nuestro planeta, vive y evoluciona merced al calor solar.

La Tierra desde su origen, ha sufrido una evolución sin interrupciones; su existencia, que tratamos de estudiar, abarca los diferentes períodos, que llamamos geológicos.

9.—**Evolución de los seres vivos.**—Simultánea de la evolución geológica trazada á grandes rasgos, se operaba otra en el seno de las aguas primero, después también en la superficie de los continentes. La materia inorgánica, en el primitivo Océano, en función de aquellas excepcionales circunstancias, adquirió caracteres especiales, tendencias á la organización; se organizó más tarde, y la vida organizada fué recobrando formas variadísimas con las que heroseó el planeta, contribuyendo á su evolución.

En cada período geológico hubo una flora

y una fauna, si no completamente nuevas en sus detalles, con una fisonomía general característica.

Estudiadas todas las formas animales y vegetales que se han sucedido en el tiempo, se observan algunos hechos generales que conviene anotar.

Aparecieron primero los animales y los vegetales más rudimentarios, es decir, los protistas; entre los unos y los otros apenas existían diferencias.

Los seres de mayor complicación orgánica son los últimamente aparecidos en el tiempo.

Existe una relación estrecha, íntima, entre las circunstancias geológicas y climatológicas de cada período y las plantas y animales que vivieron en él. Cuando aquellas circunstancias cambian, la flora y la fauna cambian también.

Existieron en los tiempos geológicos *tipos colectivos*, animales y vegetales que presentaban caracteres pertenecientes á dos ó más grupos de los actualmente reconocidos, y que pueden considerarse, por tanto, como el punto de partida de estos grupos.

Desde que la vida apareció, se ha sucedido sin la más mínima interrupción, hasta hoy.

En cada período geológico existen formas orgánicas que proceden de los tiempos anteriores, otras que aparecen en aquel tiempo y muchas de las primeras y segundas se continúan en los períodos siguientes. Son nume-

rosas las formas animales y vegetales que han atravesado dos, tres y más períodos geológicos, lo que prueba que no ha existido ninguna modificación brusca total, capaz de lograr la modificación absoluta de la flora y de la fauna.

La íntima relación que existe entre los datos geológicos y los datos biológicos, nos permite unir los unos y los otros para caracterizar con ambos las diferentes edades de la Tierra.

No sería esto posible sin la existencia de los *fósiles*, impresiones de vegetales y animales ó restos que han quedado, en virtud de un proceso mecánico ó químico, convertidos en sustancias inorgánicas y sin perder su forma, entre los estratos del terreno. Por los fósiles, por los moldes ó por las impresiones y vestigios animales y vegetales, conocemos las formas de la vida en cada período geológico, y con los fósiles hemos podido deducir los principios sentados respecto á la evolución orgánica.

10.—**Edades de la Tierra; criterio con que se establecen.**—La vida de la Tierra es continuada; no ofrece bruscos y totales cambios que permitan dividirla en tiempos perfectamente separados los unos de los otros; las divisiones que establezcamos serán, por tanto, convencionales, en sus límites mal definidas; se podrá pasar de un tiempo á otro insensiblemente.

Este concepto y no otro deben merecernos las divisiones en Geología; la Dinámica terrestre nos ha probado de qué modo tan lento se operan las transformaciones geológicas, cuán inmenso tiempo requieren y cómo es necesario borrar la palabra cataclismo geológico, en el sentido absoluto con que se la aceptó en otros tiempos. Y si no bastaran las pruebas de la Dinámica terrestre, probaría las mismas afirmaciones el hecho de que las faunas y las floras se hayan sucedido sin interrupción, y sin diferenciarse mucho las de cada momento de las del momento anterior y el siguiente.

Otro concepto conviene señalar; si en un principio la uniformidad era grande en la superficie de la Tierra y los terrenos formados en cualquier parte de esta superficie tenían exactamente la misma fisonomía, la uniformidad fué poco á poco desapareciendo, y apenas el Globo quedó dividido en zonas de caracteres climatológicos distintos, las transformaciones del suelo no se verificaron con uniformidad; las regiones continentales podían no modificarse á la vez, y las formaciones geológicas tendrían carácter local, haciéndose difícil buscar la correspondencia de las de un mismo período en los diferentes puntos del Globo.

Según lo apuntado, ni debe concederse carácter absoluto á las grandes divisiones geológicas, ni á las de segundo grado debe asig-

narse el carácter de universalidad. Ha de ser muy difícil señalar los límites de los períodos geológicos y muy difícil también dividir estos períodos en formaciones de carácter general.

El mejor carácter que puede elegirse para establecer las primeras divisiones geológicas es el biológico, el denominado paleontológico. Un período de la historia de la Tierra quedará definido por el predominio de determinados animales y plantas aparecidos en el período anterior, por la aparición de formas orgánicas nuevas y por la desaparición de otras que alcanzaron en el período pasado la plenitud de su desarrollo y concluyen, ó poco menos, en el presente.

Así, por ejemplo, en el período mesozoico desaparecen los peces acorazados heterocercos, que adquieren su máximum de desarrollo en el paleozoico; adquieren la plenitud de su dominio, las cicadeas, los cefalópodos, los reptiles, etc., que se iniciaron en el período anterior, y se inician las angiospermas, las aves y los mamíferos.

Cada período geológico, en su plenitud, ofrece una facies característica, que difiere mucho de la facies de los otros períodos; pero esta fisonomía puede no presentarla en todos los puntos de la Tierra á la vez.

La vida de la Tierra puede dividirse en cuatro edades, que también reciben el nombre de *eras geológicas*. Cada una representa un tiem-

po en la evolución terrestre y en la de los seres orgánicos.

Edad Arcaica: aparecen en ella los primeros seres orgánicos, de los cuales se encuentran únicamente vestigios.

Edad Paleozoica ó Primaria: predominan los invertebrados y las criptógamas vasculares; los peces abundan, pero tienen formas las más sencillas; aparecen los anfibios y reptiles y también las plantas gimnospermas (cicadáceas y coníferas).

Edad Mesozoica ó Secundaria: los anfibios y reptiles, las cicadáceas y coníferas llegan á su máximum de desarrollo; aparecen las aves, los mamíferos y las plantas angiospermas.

Edad Neozoica: comprende dos períodos (el *Terciario* y el *Cuaternario*) que algunos conceptúan como edades distintas. Predominan las aves y los mamíferos, llegan á su plenitud las angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas); aparece el hombre.

II.—**Correspondencia entre las edades de la Tierra y las fases cosmogónicas.**— Para completar el juicio y aún para afirmar los detalles respecto á la evolución general de la Tierra, transcribiremos aquí el cuadro que traza Faye, relacionando las fases geológicas con los aspectos cosmogónicos que ha ofrecido nuestro planeta.

Período de incandescencia. (Fase estelar).
Calor propio debido al modo de formación.
En la masa, enteramente pastosa, las capas

concéntricas se disponen por orden de densidades. Dimensiones mucho mayores que las de hoy; rotación mucho más lenta. La forma, un elipsoide de revolución apenas aplastado en los polos.

Oxidación de las capas superficiales, decreciendo con la profundidad.

Extensa atmósfera que contiene toda el agua producida y los gases libres.

Mareas lunares en la masa fluida.

Edad Arcaica. (Extinción del Globo). Formación de la primer corteza sólida; supresión inmediata de la radiación luminosa. En esta primer costra debieron dominar los carburos metálicos, únicos cuerpos posibles á tan altas temperaturas. Después se formaron gneiss y granitos.

Las aguas comienzan á depositarse en el suelo. Renovación mecánica y química de la costra por las aguas, bajo la presión de una extensa atmósfera.

Las mareas lunares de la masa en fusión se atenúan y tienden á desaparecer.

Edad Paleozoica. (Claridad tenue debida al Sol que nace). La corteza ya formada se espesa lentamente y se hiende. La débil presión de las mareas internas obliga á la materia en fusión á elevarse por las grietas y á repartirse á veces por encima de los fragmentos de la corteza.

La temperatura superficial ó aérea es exclusivamente debida al calor interno; es la mis-

ma en el Ecuador que en los polos. No hay climas ni estaciones. Las aguas profundas son calientes.

Extensa atmósfera protege á la Tierra del enfriamiento. Corrientes superiores paralelas al Ecuador. No hay región sin lluvias, ni hay nieve.

Mareas oceánicas exclusivamente lunares.

Primeras radiaciones luminosas del Sol naciente y todavía informe.

La Tierra está débilmente iluminada hasta en los polos.

La vida vegetal y la vida animal se desenvuelven con uniformidad en toda la superficie de la Tierra.

Edad Mesozoica. (Luz solar creciente).
Al principio continúa la vida vegetal y animal desenvolviéndose de un modo homogéneo por toda la Tierra.

La corteza es espesa; el calor obscuro de la Tierra disminuye. Rotación diurna más rápida.

El Sol adquiere forma y se agranda; la Tierra se le aproxima cada vez más y la duración de su revolución disminuye rápidamente.

La radiación solar, que es más intensa, comienza á compensar la disminución progresiva del calor central.

En la segunda parte de este período, las estaciones hacen sentir su influencia. Los climas comienzan á dibujarse y á modificar poderosamente la fauna y la flora.

Las mareas lunares están ya un poco alteradas por la acción del Sol.

Período Terciario.—(*Plena iluminación solar*). — Disminuye la contracción del Globo. La influencia del calor central se ha reducido á débiles proporciones.

El Sol alcanza rápidamente su máximum de actividad. No crece más su masa. Está rodeado de una fotosfera completa.

La Tierra recorre su órbita definitiva.

La vida alcanza casi su máximum de energía y de desenvolvimiento en los climas accesibles.

La atmósfera queda reducida, poco más ó menos, á sus dimensiones actuales.

Influencia completa de las estaciones. Climas polares y tropicales. Hielo en los polos con fusión alternativa.

El medio de enfriamiento por la influencia del hielo de los polos, está en plena función. Corrientes polares submarinas mantienen una temperatura próxima á cero en el fondo de los mares.

El enfriamiento más rápido del fondo de los mares determina un exceso de presión de la corteza submarina sobre la masa fluída interior; provoca el levantamiento progresivo de los continentes bajo los cuales la corteza terrestre es menos espesa, y la formación de cordilleras de montañas á lo largo de las líneas de fractura (1).

(1) Aun cuando no está del todo conforme este criterio con

Aparición de las nieves perpetuas y de los glaciares en las altas montañas.

Las corrientes atmosféricas superiores tienden claramente hacia el NE. en nuestro hemisferio, y se localizan. Hay regiones sin lluvias.

Fenómenos volcánicos intensos, debidos á la inyección accidental de las aguas ó del vapor de agua, á alta presión, en las capas ígneas, por las líneas de fractura. Formación subterránea de lavas, algunas veces explosivas.

Mareas plenamente luni-solares.

Período Cuaternario.—(*Ligera disminución de la actividad solar*).—Salvo esta ligera disminución, mejor supuesta que probada, esta fase se caracteriza por la desaparición de toda influencia cosmogónica y el establecimiento de una estabilidad perfecta en todas las direcciones. Estabilidad en las dimensiones del sistema planetario; estabilidad en la radiación solar; estabilidad en la constitución química de la atmósfera; estabilidad, en fin, en la rotación y la figura de la Tierra, cuyo aplanamiento alcanza el valor actual.

Sólo el suelo deja de tener absoluta estabilidad; fragmentos de la corteza terrestre experimentan lentos movimientos de báscula, causados por el desigual enfriamiento de estos fragmentos, continentales los unos, submari-

el que nosotros sostenemos, copiamos el cuadro que traza magistralmente Faye, con sus mismas palabras.

nos los otros, y por la acumulación de sedimentos sobre estos últimos.

Período glacial (hemisferio Norte) relacionado con los movimientos de báscula.

Continúan debilitándose los fenómenos volcánicos.

Desde largo tiempo la vida ha abandonado las regiones polares, las altas cimas y los países sin lluvia (desiertos). Se particulariza cada vez más en regiones determinadas por los climas y por el relieve del suelo.

Persistencia en el fondo de los mares de una fauna análoga á la que vivía en las épocas anteriores.

12. — Formación de los relieves terrestres. — Hasta hace unos treinta años, dominaba la creencia de que la Tierra se hallaba formada por una gran masa incandescente, á elevadísima temperatura, recubierta de una costra sólida de pequeño espesor relativo. Los fenómenos dinámicos y sobre todo los eruptivos, se atribuían á la reacción del núcleo incandescente sobre la frágil corteza. Las montañas eran producidas por el empuje de ese núcleo que levantaba los terrenos estratificados á considerable altura á veces; se formaban, pues, por impulso vertical, de abajo arriba.

Los estudios de nuestro tiempo, así en conjunto como en detalle, permiten afirmar que aquella concepción es errónea.

La corteza del Globo tiene grandísimo es-

pesor y una influencia decisiva en la formación de los relieves, por efecto de la heterogeneidad de los materiales constitutivos.

La Tierra es un esferoide que disminuye constantemente de volumen por enfriamiento. La disminución de volumen obliga á los terrenos á ocupar menor espacio, y como la elasticidad de estos terrenos es tan diferente, se producen de continuo trastornos que son bien distintos por su intensidad en las zonas rígidas que en las de escasa resistencia.

No cabe duda que el radio actual de la Tierra es mucho menor que en los tiempos antiguos. El estudio de los pliegues en los Alpes y en el Jura, ha permitido calcular que sólo en los tiempos terciarios el radio ha disminuído 10,000 metros. La reducción ha sido, próximamente, de una mitad desde la edad arcaica.

Los terrenos no se han *levantado*, por el contrario, se han *hundido*. Pero se han hundido desigualmente, habiendo grandes zonas del Globo que son rígidas y se hunden con lentitud, mientras en otros puntos de menor resistencia los trastornos son intensísimos. Eso explica la existencia de zonas azotadas de continuo por terremotos violentos.

Las presiones que la contracción produce en zonas dotadas de suficiente elasticidad, motivan la formación de pliegues en los terrenos.

El desigual relieve que la Tierra presenta

(montes, cordilleras, mesetas, etc.), es efecto de la contracción relacionada con la desigual resistencia de los terrenos.

Las cordilleras son pliegues inmensos y colosales fracturas, miradas desde su base y en relación con nuestra pequeñez; comparadas con el volumen de la Tierra, resultan insignificantes arrugas y aún mejor asperezas apenas salientes.

Se creía antes que los relieves terrestres cambiaban ó habían cambiado incesantemente según los empujes del fuego central; la corteza era en extremo inestable; se producían de tiempo en tiempo violentísimos cataclismos que modificaban la fisonomía del Globo. Los hechos dicen lo contrario. Las masas arcaicas del interior de los continentes se hallan emergidas desde los tiempos primitivos, y sólo en sus bordes y en sus depresiones se observa la sucesión de los materiales más modernos. En cambio, las grandes profundidades oceánicas están cubiertas por las aguas desde que se consolidó la primera corteza, y allí viven seres que aparecieron en las épocas más remotas, lo que pugna con toda idea de inestabilidad y de cataclismo.

Se cree también que el núcleo de la Tierra tiene superior temperatura á los terrenos exteriores, y que se enfría con mayor rapidez contrayéndose mucho más, por cuyo motivo, los terrenos de la corteza al descender han de acomodarse á menor espacio. El esfuerzo

de la gravedad, que obliga á la masa á fundirse, se descompone en dos fuerzas: una tangente, que estrujará los terrenos superficiales para que ocupen un espacio menor; otra vertical, que los hará descender. El esfuerzo es, pues, centrípeto, de fuera adentro, y no centrífugo (de dentro afuera) como se creía antes.

Volcanes y rocas eruptivas son fenómenos y productos superficiales. Las masas de origen eruptivo escasamente alcanzan la densidad de 3 con relación al agua; la densidad del Globo llega á 5'5; esto hace sospechar que el núcleo de la Tierra tiene densidad mucho mayor que los terrenos de la corteza.

Por lo demás, no son de extrañar las manifestaciones volcánicas; la cantidad de energía que queda libre en el proceso de adaptación de la corteza terrestre sobre el núcleo interno, que disminuye de volumen, es enorme. Tomando como ejemplo á nuestra meseta central —dice Macpherson,— puede considerarse que una gran parte de ella ha descendido en la vertical bastante más de un kilómetro desde la época miocena á nuestros días y en un espesor que nos es desconocido. Como cada kilómetro de esa masa ha dejado libre un esfuerzo de 3,000 billones de kilogrametros ó sean 7 billones de calorías, calor suficiente para reducir á vapor más de 10,000 millones de toneladas de agua, no creo que sea necesario ponderar la magnitud del esfuerzo.

Ese es el foco de energías que á veces, afluyendo el agua, producen violentas explosiones volcánicas; que en otras ocasiones funden las rocas profundas de nuestros terrenos y las empujan hacia afuera formando filones, diques ó montes eruptivos; que contribuyen á modelar nuestras montañas, á calentar las aguas de filtración, á producir trastornos de mayor ó menor intensidad en las cordilleras.

En resumen, hay que borrar de la Geología estos errores, casi seculares:

1.º Que las fuerzas volcánicas sean el agente principal de los accidentes orogénicos.

2.º Que las montañas sean efecto de levantamientos por impulso vertical.

3.º Que los relieves hayan cambiado incessantemente alterando de continuo la posición de tierras y mares.

4.º Que exista en la Tierra un núcleo incandescente y sea tenue la corteza que le recubre.

III

Edad Arcaica

13.—**Terrenos arcaicos.**—Durante esta edad, hallándose la Tierra en las condiciones que anteriormente hemos descrito, se forma-

ron terrenos constituídos por rocas eminentemente cristalinas.

Las más profundas que conocemos son los gneiss y las micacitas. Estas rocas pueden considerarse como fundamentales; todas las demás que forman los terrenos geológicos—dice Macpherson—se ve que son productos análogos á las que hoy se forman é indican un estado del Globo semejante al actual; las rocas arcaicas tienen con las demás diferencias esenciales.

Mucho se ha discutido entre los geólogos acerca de su origen y muy distintas son las hipótesis emitidas. Sin embargo, los datos actuales coinciden en un punto: en considerarlas como representantes del momento en que la fase estelar de la Tierra ha concluído, y en que el agua, reducida al estado de vapor, comienza á condensarse y á caer sobre la Tierra candente.

Toda la serie de rocas arcaicas aparece en un orden como si correspondieran á tres distintos períodos de la vida del planeta.

En la base hay rocas gneissicas con aspecto de granito, muy uniformes y de gran espesor. A éstas siguen gneiss mucho más micáceos y pizarrosos, acompañados por rocas diversas compuestas de abundantes minerales. Por último, reposan sobre las anteriores micacitas (es decir, gneiss sin feldespato y con abundante mica). La evolución, de abajo arriba, está perfectamente manifiesta. Las micacitas

pasan por tránsitos insensibles á confundirse con las rocas francamente estratificadas.

El espesor de estas formaciones arcaicas alcanza á 30,000 metros. La extensión es enorme, mayor de la aparente, puesto que en grandes zonas, quizá en gran parte de la Tierra, están ocultas bajo capas de sedimentos pertenecientes á las edades posteriores.

Hay terrenos arcaicos en la Península Escandinava y Finlandia (dominantes), Centro de Francia, Alpes Centrales, Bohemia, Escocia, Montes metálicos, etc.

En América del Norte la potencia de la formación es de 10,000 metros.

En América del Sur ocupa grandes extensiones; en la costa brasileña y en el resto del Brasil se extiende hasta 250 millas geográficas. Le hay en los Andes, en Venezuela, Sierra del Tandil (República Argentina), etcétera, etc.

Se han encontrado rocas arcaicas también en Africa, en diversas comarcas asiáticas y en el Japón.

En la Península Ibérica los terrenos arcaicos ocupan seis grandes zonas: en la parte septentrional, el Pirineo y el promontorio de Galicia; en el Centro, las cordilleras Carpetana y Oretana; en el Mediodía, parte de Extremadura, de la Sierra Nevada y de la Serranía de Ronda. La gran meseta central de la Península que aparece cubierta de sedimentos terciarios, es un poderoso macizo arcaico.

Suelen dividirse los terrenos arcaicos en dos sistemas: *Laurentino* ó gneíssico y *Huroniano* ó de las micacitas.

En la proximidad de algunos macizos arcaicos se encuentran potentes bancos de conglomerados, que sirven de base á pizarras de grandísimo espesor; las pizarras suelen terminar por cuarcitas y areniscas. A esta serie de rocas se ha denominado *terreno cámbrico*.

14.—Comienzo de la vida orgánica.—

La pujanza con que la vida se manifiesta en los primeros depósitos de la edad paleozoica, y la imposibilidad de que en poco tiempo surgieran formas tan variadas que precisan largo período de transformaciones, hacía prever que á los primeros depósitos sedimentarios acompañarían las formas más rudimentarias de los seres orgánicos. Estos son muy difíciles de conservar, no se fosilizan, la substancia blanda que les constituye se descompone y desaparece con gran facilidad; los protistas más sencillos no pueden dejar los restos que dejan animales y plantas de mayor complicación.

El betún, el asfalto, la antracita y sobre todo los numerosos pequeños depósitos de grafito que se encuentran entre los gneiss del terreno laurentino, no pueden atribuirse sino á un origen orgánico; son seguramente los restos de las algas primitivas, el resultado final de la carbonización de éstas.

Se ha discutido durante mucho tiempo la

naturaleza de unos restos hallados primero en las calizas arcaicas del Canadá y á los que Dawson, juzgándolos orgánicos, dió el nombre de *Eozoon canadense*; posteriormente, restos análogos han sido hallados en Baviera y en Escocia. Al *Eozoon* se le cree un foraminífero (fig. 5) de gran talla que formaría arrecifes calizos, desenvolviéndose en cámaras irregulares superpuestas,

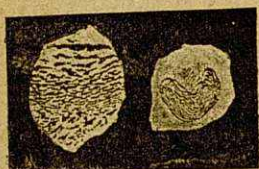


Fig. 5.—*Eozoon canadense*

separadas por láminas calizas y unidas por pequeños canales ramificados; las láminas calizas se conservan adquiriendo el

mineral una estructura finamente granuda, y los canales y sus ramificaciones aparecen rellenos de serpentina ó de un mineral análogo.

Algunos tubos de especial contextura encontrados en el Laurentino de Bohemia, se consideran pertenecientes á gusanos primitivos.

En la parte superior del terreno cámbrico aparecen los primeros artrópodos de aspecto de crustáceos, los *Paradoxides* (fig. 6) por ejemplo, y los primeros braquiópodos, póli-

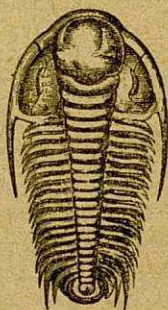


Fig. 6.—*Paradoxides*
(Trilobites del terreno cámbrico)

pos, etc.; una fauna ya bastante complicada, que se denomina *fauna primordial*, pero que no debe ser, ni mucho menos, la primera.

IV

Edad Paleozoica ó Primaria

15.—**Caracteres generales.**—Los terrenos primarios, que reposan sobre los cámbricos, están constituídos principalmente por pizarras, conglomerados, areniscas, calizas y grauwackas; se hallan distribuidos por casi todo el Globo, variando su composición según las épocas en que se depositaron y según los lugares. Tienen, en conjunto, un espesor de 15,000 metros y se caracterizan bien por la fauna y por la flora, exuberantes, sobre todo, en los pisos superiores. Aunque hay algunos de aquellos seres que viven hoy, la casi totalidad han desaparecido.

En la flora paleozoica comienzan dominando las algas, aparecen en seguida las criptógamas vasculares, que adquieren enorme desarrollo, y se manifiestan al final las gimnospernas (cicádicas y coníferas).

La fauna es, en su mayor parte, marina; existen también animales de agua dulce y se inicia ya la vida terrestre. Abundan los moluscos, sobre todo los cefalópodos, y están en

menor proporción los bivalvos y gasterópodos. Son también abundantes los braquiópodos. No escasean los pólipos; los equinodermos tienen formas muy primitivas.

Los artrópodos dominantes son los trilobites; aparecen los insectos de alas transparentes y los escorpiones.

Los vertebrados, que se hallan en mayor número, son los peces ganoideos, heterocercos y los cubiertos de coraza; en los pisos superiores hay ya restos de anfibios y reptiles, aunque escasos.

Es la edad paleozoica, por tanto, el tiempo en que dominaron los invertebrados, cuyas formas múltiples se inician, adquiriendo algunas desarrollo extraordinario.

Los terrenos primarios se suelen dividir en los sistemas siguientes:

Sistema silúrico.

» devónico.

» permo-carbonífero.

16.—**La Tierra durante la edad Paleozoica.**—Al comenzar este tiempo y durante el período silúrico, ofrecería el Mundo un aspecto curioso: en un mar que cubría casi toda la superficie terrestre, emergían islotes diseminados, constituídos por rocas arcaicas; sobre estos islotes vegetaban plantas inferiores, pero no se encontraba un solo animal terrestre que rompiera la monotonía de la vida ve-

getal. La obscuridad debía ser completa; los rayos solares no alumbraban aún los peñascos ni herían la superficie de las aguas. La atmósfera densa, la temperatura uniforme, igual en los polos que en el Ecuador; sin estaciones ni climas.

Por las costas pululaban infinidad de trilobites, algunos de los cuales debían tener costumbres iguales á las de los isópodos (cochinillas de humedad) marinos actuales. En los fondos de pequeña profundidad vivían millares de graptolites; pólipos coralarios de tipo especial construían extensos arrecifes; los cefalópodos, semejantes á los nautilidos de hoy, habitaban en alta mar.

Iguales seres vivían en el Ecuador que en los polos; la fauna era uniforme en toda la Tierra, los caracteres locales que se observan y que imprimen cierta variedad, son debidos á circunstancias también de localidad, que revela hoy la disposición de los materiales arcaicos, entre los que descansan á veces los horizontes del sistema silúrico.

Debieron verificarse trastornos que replegaron los estratos primeramente depositados y erupciones diabásicas, pues aparecen las diabasas intercaladas entre las capas silúricas: estas erupciones irían acompañadas de cenizas, arenas y lápilis que, mezclados á los sedimentos contemporáneos, formaron tobas diabásicas, y uniéndose á conchas y restos orgánicos, brechas fosilíferas que de un lado

pueden llegar á verdaderas grauwackas y del otro á diabasas granudas.

Las tierras en el período devónico ocupaban extensión más considerable que en el silúrico; sus contornos eran más quebrados, y por lo tanto, las formaciones litorales debieron ser muy extensas; la atmósfera se aclaraba poco á poco; era húmeda, caliente y con un exceso de anhídrido carbónico. Debiera existir entonces un continente polar, pues el sistema devónico del Norte de Europa y América del Norte, consta uniformemente de areniscas rojas y conglomerados, que representan una formación litoral, indicando los límites del mar en aquella parte.

La fauna marítima ha variado bastante; pero donde se encuentran mayores variaciones es en la superficie de las tierras, que, en muchos puntos, aparecen cubiertas de frondosa vegetación criptogámica, indicando el comienzo de una flora terrestre y de un régimen lacustre y fluvial que multiplica las condiciones de vida de las especies orgánicas, contribuyendo á la variedad de sus formas.

Los fenómenos eruptivos submarinos cubrieron el fondo del mar, en algunas zonas, de tobas diabásicas y aun de mantos de diabasa que aparecen intercalados. Se conocen también erupciones de diorita. En conexión con las diabasas aparece en algunos puntos hierro oligisto.

Posteriormente al período devónico, los

estratos de esta época sufrieron la acción de rocas eruptivas, y así se ven atravesados por el granito, pórfidos felsíticos, diabasa cuarcífera y hasta basaltos y traquitas de época reciente.

Los continentes habían adquirido mucha mayor extensión en el período carbonífero, y en vez de mostrar su monótona superficie rocosa, aparecían con sus bajas cuencas inundadas, formando lagos de agua dulce. Los depósitos marinos se precipitaban con facies y composición diversa en los fondos de alta mar, en las costas accidentadas y en las bahías más ó menos profundas que originaban los accidentes costeros. A veces, en un mismo lugar, se sucedían depósitos lacustres y marinos por sucesivo dominio de las aguas dulces ó de las aguas del mar, que por un accidente cualquiera invadían el territorio.

Aun era uniforme la temperatura en todo el Globo; depósitos hulleros se encuentran desde Spitzberg hasta la tierras antárticas. La atmósfera, todavía muy densa, no permitía que el Sol penetrara en los bosques; la temperatura debió ser próxima á la de las regiones ecuatoriales de hoy; la humedad grande, y la proporción de ácido carbónico atmosférico mayor, mucho mayor que en la actualidad; estas condiciones, cubiertas las llanuras bajas de pantanos y las costas de marismas, el suelo con abundante sílice, son las más propias para el desarrollo de aquella vegetación

criptogámica de gigantescos lepidodendros con sus tallos dicótomos, colosales calamites y esbeltos helechos con frondes de contornos delicados, aparte los innumerables individuos de pequeña talla adosados al terreno ó á la superficie de las aguas.

En aquellos pantanos protegidos por tan tupida vegetación y al borde del mar, se depositaron los restos vegetales en cantidades inmensas, dando lugar á la formación de turberas activísimas, donde se precipitaba la turba en lechos que serían espesos si no sobrevénían accidentes, que alternarían con capas de arcilla ó de arenas si una inundación ó un accidente cualquiera llenaba de sedimentos arcillosos ó arenosos las aguas tranquilas de los pantanos. En su mayor parte el carbón de piedra parece haberse formado en el mar, á donde llevaban enorme cantidad de restos vegetales las inundaciones sucesivas.

Aparte estas acciones dinámicas de lento trabajo, en la época carbonífera tuvieron lugar otras que abollaron los estratos, abrieron fallas, dislocaron y levantaron por un lado, hundiendo por otros. Hubo erupciones principalmente de *diabasas* y *pórfidos felsíticos*, formándose *tobas* como en los tiempos devónicos.

17.—**Flora paleozoica.** — En los mares de esta edad sólo podían vivir las algas, y en efecto, estos vegetales dominaron por completo en el Océano primitivo. Debió la vida

vegetal adaptarse pronto á las condiciones que ofrecían las tierras emergidas y las que sucesivamente fueron emergiendo, con tanta humedad y calor en el ambiente y tanta obscuridad primero, con luz tenue después y por último completa iluminación.

La diferenciación primera dividió á los vegetales en dos categorías; algunas algas debieron acomodarse á vivir fuera del agua, las otras siguieron viviendo en el seno del Océano.

Dominaron las algas todo el tiempo silúrico; al final de éste ya aparecen las criptógamas vasculares que dominan en el devónico y llegan al período álgido en el permo-carbonífero. Sin embargo, las algas continuaron teniendo el dominio de las aguas, y en los océanos tienen aún preponderancia, si bien los tipos de hoy difieren mucho de los que vivieron en la edad palezoica.

La flora marina primitiva comprende dos grupos distintos: uno que pertenece exclusivamente á los tiempos silúricos; el otro le forman las algas que han prolongado su existencia hasta períodos muy lejanos. En el primero están los géneros *Bilobites*, *Fræna*, *Chrossocarpha*, *Arthrophycus* y *Eophyton*. En el grupo segundo se incluyen las *paleofíceas*, que alcanzan hasta el período terciario, lo mismo que las *alectorurídeas* y las *condríteas*.

Algunas de estas algas, como sucede á los *bilobites*, se cree que pueden confundirse con

las huellas ó impresiones dejadas por ciertos artrópodos al caminar sobre sedimentos blandos; en efecto, no es difícil observar que algunos crustáceos cuando caminan sobre fango liso, dejan impresiones que moldeadas podían motivar confusión.

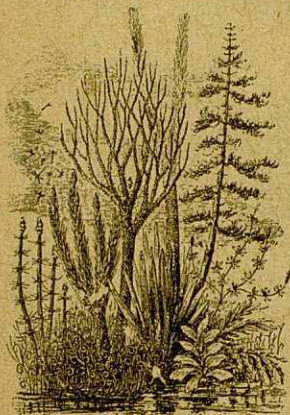


Fig. 7.—Vegetación del período devónico

En las tierras paleozoicas, á partir del silúrico, se establece una vegetación tupidísima de criptógamas vasculares, las primeras plantas que formaron bosques (fig. 7), elevando al aire sus tallos y extendiendo sus hojas, de gran superficie algunas; las primeras que ejercieron dominio en los conti-

nentes, destruyendo su monotonía y dando variedad al paisaje que tendría excepcional belleza y para nosotros originalidad extraordinaria (fig. 8).

Las formas principales que representaban este tipo botánico, eran: las equisetáceas (*Calamites*), los helechos, las lycopodiáceas (*Lepidodendron*) las rizocárpeas (*Sphenophyllum*) y las *Sigillarias*.

Los *Calamites* alcanzaron la altura de cua-

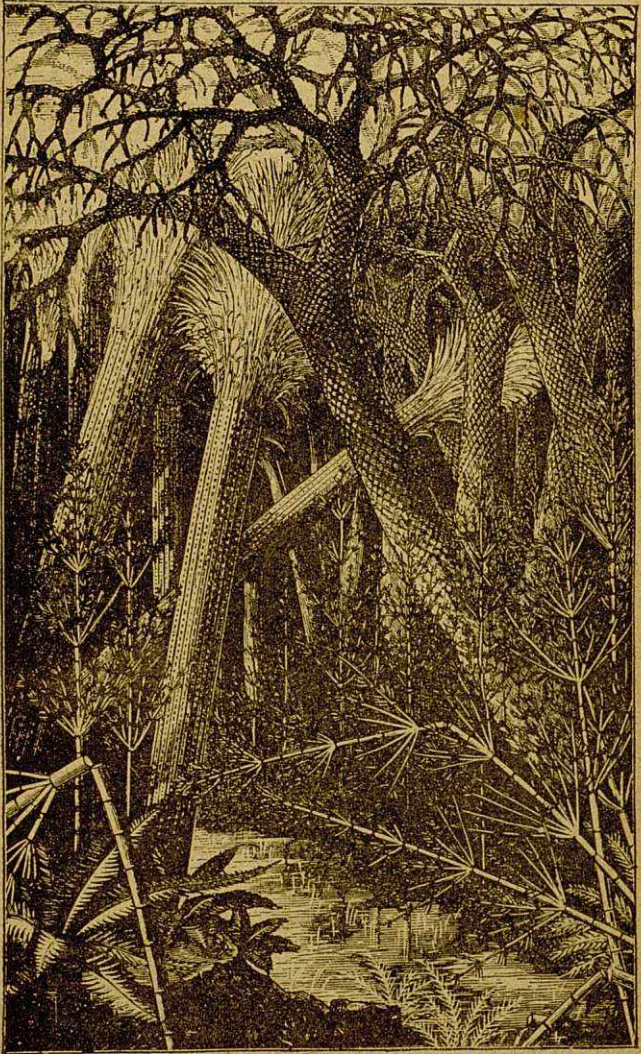


Fig. 8.—Un bosque del período carbonífero

renta pies y tres de grosor; se caracterizan por ser huecos, nudosos, acanalados longitudinalmente, ramificados (fig. 9). Sus representantes actuales son los equisetos ó colas de caballo.



Fig. 9.—Aspecto de los
Calamites

Como equisetáceas se consideran también las *Annularia* y *Asterophyllites* (fig. 10) de esta época.

Las lepidodéndreas forman un grupo maravilloso, que no pasó de los tiempos paleozoicos.

Eran de talla colosal y de hermoso aspecto; algunas se elevaban á más de cien pies de altura; el tallo era recto y estaba ramificado dicotómicamente (figu-

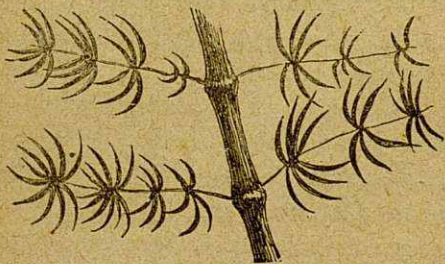


Fig. 10.—*Asterophyllites*

11), cubierto al exterior de cicatrices que correspondían á las bases de las hojas caídas; éstas eran lineares y largas; los frutos se hallaban dispuestos dos á dos al extremo de



Fig. 11.—*Lepidodendron*

ciertos ramos. Ofrecen estos vegetales el prototipo de la simetría, y en su estructura microscópica se observan una delicadeza y finura extremadas.

Los *Sphenophyllum* eran también plantas corpulentas, simétricas, de tallo recto y grueso, profusión de ramas y éstas cubiertas por verticilos de hojas en forma de cuña profundamente estriada. Se cree que las sal-

vinias actuales, hierbas acuáticas bastante frecuentes, son el producto de la degradación de aquellos vigorosos vegetales carboníferos, que muestran el tipo superior de la misma forma rizocárpea.

Las *Sigillarias*, árboles corpulentos que se consideraron como lepidodéndreas y cuyas raíces se habían descrito como plantas diferentes con el nombre de *Stigmara*, son indudablemente criptógamas, pero tienen muchos puntos de contacto con las gimnospermas; algunos naturalistas les clasifican como *pro-*

gimnospermas (lazo de unión entre las criptógamas vasculares y las cicádeas y coníferas).

El grupo de los helechos desplegó asombrosa variedad de formas. Los había arborescentes de aspecto idéntico á los de hoy, que se elevaban hasta 20 metros, la altura de las mayores palmeras en los oasis del Sahara; se han encontrado hojas hasta de tres metros de longitud, y sus impresiones llenan las pizarras de los pisos carboníferos cercanos á la hulla. Se conocen algunos centenares de helechos de aquel período.

Hacia mediados de la edad paleozoica aparecieron las primeras gimnospermas; en el terreno carbonífero están representadas por las cicadáceas de los géneros *Næggerathia* y *Pterophyllum* y las coníferas de los géneros *Araucarites*, *Ginkgophyllum*, *Walchia*, etc.

Los *Cordaites*, árboles de 25 á 30 metros de altura con hojas terminales de más de un metro, son progimnospermas, como las sigilarias.

18.—**Fauna Paleozoica.**—Iremos indicando los animales más importantes, grupo por grupo.

Protozoarios: Se hallan representados por cáscaras de foraminíferos grandes que abundan en la caliza carbonífera de Rusia; son las *Fusulinas*, cuyo nombre alude á la forma de huso que tienen.

Esponjiarios: Se encuentran ya en el silú-

rico esponjas libres como la *Astylospongia* de forma casi esférica.

Pólipos: Característicos y exclusivos del sistema silúrico son unos pequeños hidrarios, los *Graptolithes* formados por un tallo recto, bifurcado, con ramificaciones ó espiral (fig. 12),

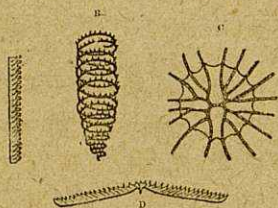


Fig. 12.—*Graptolithes*. Especies del género *Monograpsus*

que tienen dientes á manera de sierra; son diminutas cápsulas en donde vivían los animales.

Es también muy notable un pólipo aislado, provisto de opérculo, propio del devónico, que

por parecer una zapatilla se le ha llamado *Calceola sandalina* (fig. 13).

Hay además verdaderos coralarios, como los *Cyatophyllum* (del devónico) y los *Zoantharia*.

Equinodermos: No han aparecido aún formas como las estrellas de mar y los erizos de hoy; existen sí unos curiosos equinodermos del grupo de los crinoideos, sujetos por un pie, que termi-

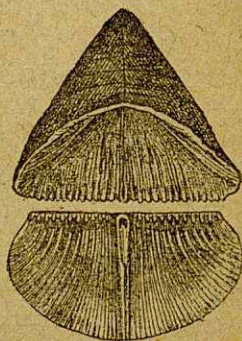


Fig. 13.—*Calceola sandalina* del devónico

na en brazos largos (*Cupressocrinus*) ó cortos.

Braquiópodos: Son fósiles muy comunes en los terrenos primarios; los *Spirifer* (fig. 14)



Fig. 14.—*Spirifer*, del devónico
($\frac{1}{2}$ del natural)

abundan mucho en el devónico, los *Productus* en el carbonífero. Estos animales existen en la actualidad, tienen aspecto de mo-

luscus por su concha bivalva y una de las conchas presenta interiormente ganchos en donde se arrollan dos brazos (fig. 15) á que debe el nombre este grupo zoológico, incluido hoy en el tipo de los gusanos. Aparecen ya las *Terebrátulas*, que tanto abundan en terrenos recientes.

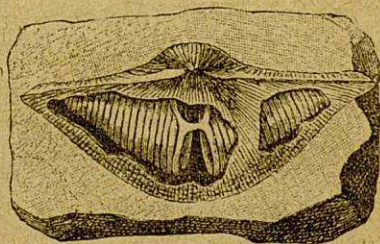


Fig. 15.—*Spirifer* roto para ver el aparato
espiral que sostiene los brazos

Artrópodos: Enorme desarrollo adquieren los trilobites, artrópodos branquiales análogos á ciertos crustáceos de hoy; comienzan en

el Cámbrico y terminan en el Carbonífero, sin que vuelvan ya á presentarse en los terrenos posteriores. Se cuentan muchos centenares

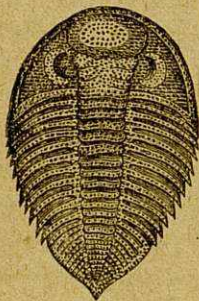


Fig. 16.—*Dalmanites*
(Trilobites silúrico)

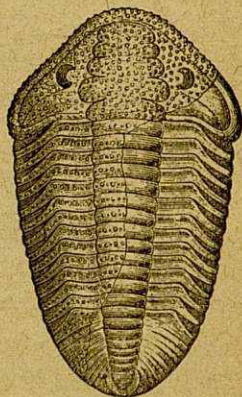


Fig. 17.—*Calymene*. (Tri-
lobites silúrico)

de especies. Se parecen algo á los *límulos* ó *cacerolas* de hoy, pero éstos no se arrollan y los trilobites se arrollaban formando una bola. El nombre que se les da se refiere á la distribución del cuerpo en tres regiones longitudinales. Los primeros trilobites no se arrollaban; se cree que adoptaron esta costumbre para defenderse de los moluscos cefalópodos porque precisamente coin-



Fig. 18.—*Bronteus*
(Trilobites devónico)

cide la presencia de éstos con la de los trilobites arrollados. Los géneros *Dalmanites* (figura 16) y *Calymene* (fig. 17) son silúricos; los *Bronteus* (fig. 18) devónicos y el *Phillipsia* carbonífero. Con la desaparición de los trilobites coincide la aparición de los límulus.

Con razón se han llamado giganteostráceos á los *Pterygotus* y *Eurypterus* (fig. 19), medio

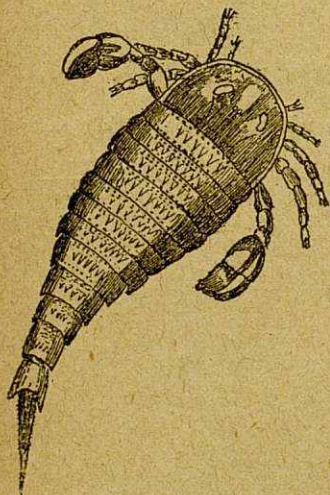


Fig. 19.—*Eurypterus*. (Artrópodo del devónico)

crustáceos medio escorpiones, pues algunos llegan á tener dos metros de longitud (devónico de Escocia). Unos crustáceos sumamente pequeños, las cipridinas, cubren los estratos del devónico superior en grandes extensiones, y al final de esta edad aparece la primera gamba fósil (*Gampos-*

nyx).

El más antiguo de los animales de respiración aérea es un escorpión hallado en el terreno silúrico, (el Paleofono, fig. 20). En los tiempos carboníferos ya vivían arácnidos, ciempiés é insectos (figs. 21 y 22). Algunos

de estos últimos son gigantescos, puesto que llegan á tener, con las alas extendidas, hasta



Fig. 20.—Paleofono (escorpión del silúrico) tamaño natural



Fig. 21.—Restos de escorpiones é insectos del carbonífero (tamaño natural)

75 centímetros de longitud. El Titanofasma tiene 25 centímetros.

Moluscos: Por su abundancia en el silúrico, al lado de las trilobites hay que colocar los cefalópodos del grupo de los nautilídeos; se

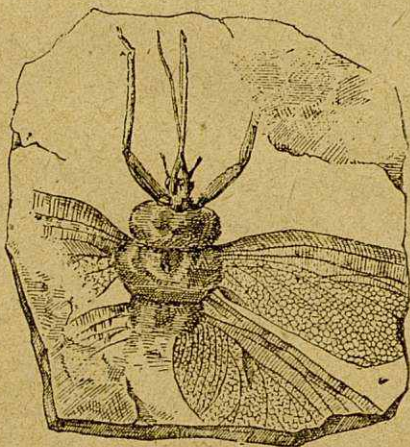


Fig. 22.—*Eugereon* (insecto del carbonífero); $\frac{2}{3}$ tam. nat

conocen cerca de 1,800 especies fósiles de aquel tiempo; hoy han quedado reducidos á una sola forma (el Nautilus) que ya existía, por cierto, en el período silúrico.

El Nautilus de nuestros mares tiene una gran concha arrollada, dividida por tabiques en departamentos varios que atraviesa un sífon por el que el animal (situado en la cavidad más grande que es la más externa) pasa un ligamento musculoso que le une á la cáscara. Cuando el nautilo crece cambia su habitación por otra mayor, y así va dejando tras

sí muchos departamentos vacíos, pero siempre unidos por el sifón (fig. 23).

Estos moluscos cefalópodos tienen cuatro

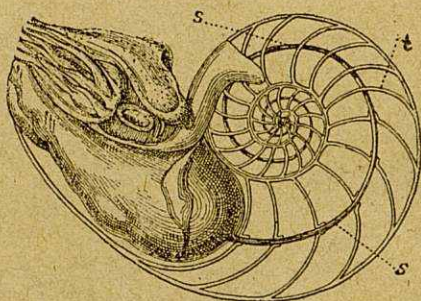


Fig. 23.—*Nautilus* actual: concha cortada.—s, s; sifón.—t, un tabique

branquias y por ello se les llama tetrabranquiales.



Fig. 24.—*Lituites* (cefalópodo del silúrico)

Las formas primitivas son rectas (la concha no se arrolla) como los *Ortoceras*, ó comienzan á arrollarse como los *Lituites* (fig. 24), ó están arrolladas del todo (*Nautilus*); caracterizan el período silúrico.



Fig. 25.—*Clymenia* (cefalópodo del devónico)

En el devónico abundan ya cefalópodos de dos branquias (dibranquiales), siendo notables los *Goniatites*. En éstos, como en las *Clymenia* (fig. 25), se

ven las líneas de sutura de las diversas cavidades, líneas sinuosas y curvas que van aumentando en complicación á medida que los géneros son más recientes; al final del carbonífero los cefalópodos de este grupo tienen tabiques sumamente complicados; se consideran como los precursores de los Ammonites que caracterizan la edad secundaria.

En el período carbonífero disminuyen mucho los cefalópodos, pero en cambio aumentan los moluscos bivalvos (*Pecten* y *Avícula* que viven hoy); entre ellos haremos especial mención de la *Posidonomia Becheri*, que caracteriza por su abundancia algún terreno.

Los gasterópodos de respiración aérea (como los caracoles de tierra) ya tenían por representante al género *Pupa*, que vive actualmente.

Peces: Formas muy raras tenían los primeros vertebrados, los peces que vivieron en los mares paleozoicos: aparecen en los tiempos silúricos y son abundantes en el devónico y el permo-carbonífero.

Son heterocercos, como los tiburones de hoy; es decir, de los dos lóbulos de la cola el uno es muy grande y el otro pequeño, continuándose la columna vertebral por el lóbulo mayor hasta el extremo. En los peces superiores (homocercos) los dos lóbulos son iguales próximamente y la espina dorsal termina en la base de la cola.

Eran los peces primarios en su mayor parte

cartilagosos. Los había cubiertos de placas óseas (llamadas ganoideas) y aun de grandes placas que parecían verdaderas corazas (figura 26).

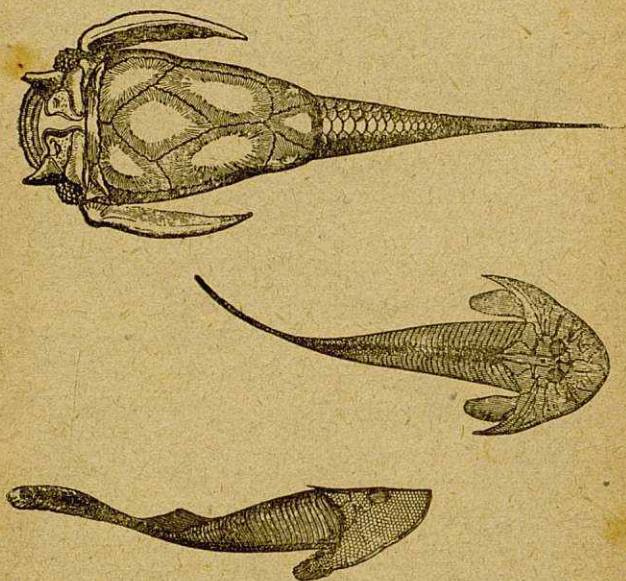


Fig. 26.—Peces acorazados de la edad primaria

Anfibios y Reptiles: en el carbonífero se han encontrado los primeros vestigios; algunos de ellos tienen caracteres muy semejantes á los peces ganoideos, otros ofrecen el aspecto de las salamandras, como pasa con el *Protriton* (fig. 27).

Una serie de formas transitorias relaciona estos anfibios con los reptiles, que tienen ya

en el carbonífero un casi representante, el Arqueosauro, especie de lagarto grande que aún presenta algunos caracteres de anfibio. Al fin de la edad primaria es cuando se encuentra un verdadero reptil, el *Proterosauro*.

19. — Distribución de los terrenos silúricos y devónicos. — Es muy extenso el si-

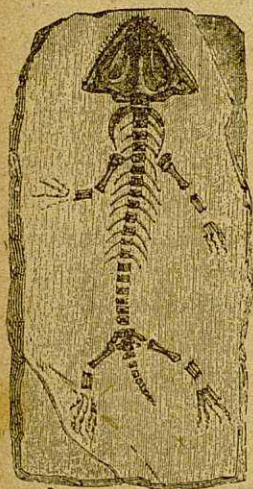


Fig. 27. — *Protriton* (anfibio del carbonífero) tam. natural

lúrico en Europa; se distinguen dos regiones; la una septentrional de fauna escandinava, á la que pertenecen las islas Británicas, Escandinavia y Rusia; la otra meridional en la que se incluyen Bohemia, parte de Alemania, Francia y la Península Ibérica; el tipo de fauna es la de Bohemia.

Alcanza también gran extensión el silúrico en América del N.; en el Asia (China, India), en Africa y en Nueva Holanda ha sido también señalado.

En América del S. hay terrenos paleozoicos en la meseta brasileña, en la parte central de los Andes, á los lados de la faja arcaica fundamental.

Después del terciario, es el silúrico el terreno que alcanza mayor extensión en la Península Ibérica; se calcula que forma unos 90,000 kilómetros cuadrados del suelo. Interrumpido por varios macizos arcaicos, ocupa casi toda la región occidental de España, y en Portugal ocupa una tercera parte de la superficie del reino. El triángulo—dice Mallada—cuyos vértices fueran Alcaraz, Luarca y el Cabo de San Vicente, limitaría una dilatada extensión cuya mitad pertenece al sistema silúrico. Hay además un manchón de más de 100 leguas cuadradas entre Torrelaguna (Madrid) y Atienza (Guadalajara); otro próximamente de la misma superficie entre Burgos, Logroño y Soria; dos fajas extensas en la provincia de Zaragoza; un pequeño islote al NO. de Segovia; otro al N. de Molina de Aragón; otros dos mayores al N. de la Sierra de Albarracín; varios hacia las costas de Cataluña y una zona que desde Camprodón, cruzando el valle de Andorra, sigue por los Pirineos terminando hacia Benasque.

Dos criaderos minerales importantísimos se hallan en el silúrico español: el de fosforita de Logrosán y el de cinabrio de Almadén.

La formación devónica existe en todos los continentes; en Europa es muy extensa; en Rusia solo, las capas casi horizontales y recubiertas por el carbonífero se extienden desde San Petersburgo hasta los Urales; en Alemania la región devónica más importante es la

del *terreno pizarroso renense*, que comprende gran parte de la Prusia renense, Westfalia, Nassau y penetra en Bélgica. En las Islas Británicas el devónico tiene dos aspectos: uno normal, con el desarrollo y las facies típica que hemos descrito; el otro es el *old res sandstone* (la arenisca roja antigua) con su fauna de peces característica. En Francia está principalmente desenvuelto el devónico en los Ardennes y se le conoce también en los Vosgos, Bretaña y en los Pirineos. Alcanza extraordinario desarrollo en América del N. y se le conoce también en China, donde los *Spirifer* se emplean como medicamento.

En el devónico hay algunos pequeños lechos de carbón de piedra, pero tienen escasa importancia; la tienen, en cambio, muy grande los depósitos de petróleo que se encuentran en el devónico superior de Pensilvania.

En España es veinte veces menor la extensión del devónico que la del silúrico y se halla el primero entre las formaciones del segundo ó á los lados; el depósito principal es el de Asturias y León, que ocupa una buena parte de estas provincias. Es muy rico en fósiles. Es muy característico el color rojo de algunas areniscas de esta formación española y de algunas pizarras, predominando el rojo oscuro.

20.—**Extensión del carbonífero.**—Los depósitos de este período son de dos clases; unos de mar profundo (caliza de montaña y pizarras de *Posidonomia Becheri*, fósil que

abunda en ellas); otros litorales y costeros entre los que se hallan las grandes minas de carbón de piedra; puede, pues, haber terreno carbonífero y no haber carbón; el depósito en que éste abunda se suele llamar *terreno hullero*; económicamente es el que más interesa. En Inglaterra alcanza un espesor que llega en algún punto á 3,600 metros. El número de capas de hulla es á veces muy grande: 230 en Saarbrück, 225 en Donez (S. de Rusia), 115 en Mons, 76 al S. de Gales, de los que 23 son explotables y suman un espesor de 32 metros.

En Westfalia el mismo piso tiene unos 2,400 metros de potencia, y se han hallado hasta 132 lechos de carbón, 74 explotables, con unos 74 metros de hulla. En la Alta Silesia hay 104 capas de hulla con un espesor total de 154 metros.

Bohemia es rica en hulla. Rusia tiene una extensión carbonífera enorme, aunque está recubierta en gran parte por el pérmico y jurásico; forma una especie de depresión mayor que la tercera parte de Europa.

En Bélgica tiene la formación carbonífera escaso interés científico. Las principales cuencas son Lieja, Mons y Charleroy; en el primer punto las capas de hulla son en número de 85.

En Italia el terreno carbonífero existe en Toscana y en Cerdeña.

Francia tiene una extensión muy limitada;

Saint-Etienne encierra 13 capas de hulla con un espesor total de 35 metros; en la cuenca de Commentry se han hallado capas de 25 metros.

En China hay poderosos criaderos de hulla; la formación carbonífera está muy repartida.

En América del N. la formación comprende muchos tramos; el horizonte hullero se divide en seis regiones: 1.^a el gran depósito de los Apalaches; la hulla explotable tiene una potencia total de 40 metros en una extensión de 2,400 millas geográficas cuadradas; 2.^a el depósito del Illinois y el Misuri, que tiene casi la misma extensión; 3.^a el de Michigan, de unas 200 millas cuadradas; 4.^a el de Tejas; 5.^a el de Rhode-Island, de 34 millas cuadradas de superficie; 6.^a el de Nueva Escocia y Nueva Brunswick, extenso de 740 millas cuadradas próximamente.

Estos son datos de hace algunos años que se habrán seguramente modificado dada la intensidad enorme con que se explotan los carbones de piedra.

21.—**Carbonífero español.**—Del mismo modo que el devónico, el terreno carbonífero se extiende principalmente á un lado y otro de la cordillera Cantábrica, desde las sierras de Sobia y Aguería hasta La Liébana, ocupando parte de Asturias y León, y aun de Santander y Palencia.

Aparte del manchón principal de Asturias, existen en este país otros pequeños, entre

ellos la faja carbonífera de Maravio y Teberga; un depósito pequeño, pero con una fuerte capa de carbón, en la costa de Arnao; otro grupo pequeño en el Naranco, cerca de Oviedo; una faja que desde Tineo se prolonga hasta Cangas, á la izquierda del Narcea, y reaparece más al S. en Posada, Vega y la Sierra de Santarbás, y otro islote en Tormaleo, á corta distancia del Vierzo.

En la provincia de León es notable el valle de Sabero, en que algunas capas de carbón alcanzan 1^m 50 de potencia.

En la de Palencia hay capas con una inclinación de 50 á 90° y 2^m de espesor. El grupo hullero ocupa una región, la principal, de unos 25 kilómetros de longitud; se extiende desde Orbó á Barruelo y Lores, y desde el valle de Santullán hasta Traspaña.

Por el E. se extiende hasta Liébana (Santander), dominando la caliza de montaña, que constituye los elevados picos de Europa.

En toda esta región se hallan los dos horizontes: el de la caliza de montaña, en que á veces se encuentran cuarcitas, areniscas y pizarrillas; y el hullero, que empieza por capas calizas alternando con los primeros lechos de carbón, siguen los conglomerados, areniscas y arcillas pizarrosas, é interpuestas las capas de hulla, sumando toda la serie un espesor de 2,000 metros. En Asturias la formación carbonífera ocupa 2,700 kilómetros cuadrados, de los que 540 corresponden á la parte rica en carbón.

De Santander á Gerona aparecen algunos afloramientos carboníferos pertenecientes al tramo hullero superior; los hay en los Pirineos aragoneses; en la provincia de Lérida, junto al valle de Arán, en Erín-Castell y en otros puntos. En esta zona tiene importancia la cuenca de San Juan de las Abadesas, de unos 30 kilómetros cuadrados de extensión y compuesta de areniscas y conglomerados cuarzosos que alternan con calizas, pizarras y lechos de hulla.

Hay en los alrededores de Barcelona terreno carbonífero.

Al SE. de la sierra de Burgos, en San Adrián, Brieba, etc., hay un manchón carbonífero compuesto de arenisca, arcilla pizarrosa y carbón.

Hacia el centro de España se encuentran algunos islotes de escasa importancia.

El distrito hullero del S. se puede decir que comienza en Puertollano; esta cuenca, descubierta en 1873, tiene una anchura media de 2 kilómetros y una longitud de 20. La formación carbonífera queda oculta bajo un manto de tierra vegetal.

La cuenca de Belmez y Espiel (Córdoba) ocupa una extensión de 120 kilómetros cuadrados; en los cerros que la rodean existe la caliza de montaña de color gris azulado. El horizonte hullero, objeto de gran explotación en algunos puntos (Mina Terrible) no baja de 500 metros de espesor. En toda la cuenca hay

doce ó catorce capas de hulla, cuatro de ellas muy ricas; dos llegan de 15 á 20 metros de espesor máximo.

En la provincia de Sevilla hay tres cuencas: la de Villanueva del Río; otra entre San Nicolás del Puerto y Sierra de Guadalcanal, y algunos manchones á lo largo de la base oriental de esta Sierra que debieron formar parte de una cuenca que alcanzó gran desarrollo en la provincia de Badajoz.

V

Edad Mesozoica ó Secundaria

22.—**Caracteres generales.**—Representa esta edad un largo tiempo de reposo, después de los esfuerzos de adaptación que caracterizan el final del período anterior. El carácter del mundo antiguo, tenebroso, caliente, uniforme, ha cambiado; hay ya bosques de grandes coníferas y comienzan á verse palmeras y flores coloreadas en los últimos períodos de la edad secundaria. Los trilobites ya no existen; á los nautilus y los ortoceras substituyen los ammonites de variados adornos y gran tamaño algunos, que invaden profusamente los mares; los reptiles son aquí abundantísimos, hasta el extremo de haber llamado á esta edad *Era de los reptiles*.

Durante este período de tiempo la Tierra comenzó á sufrir la acción cada vez más intensa del Sol, que adquirió la forma y dimensiones con que le conocemos. Como á la vez los continentes se fueron quebrando, la atmósfera se despejaba, la rotación terrestre disminuía, las estaciones comenzaron á dejar sentir su influencia y los climas á dibujarse; todo ello fué causa de que la flora y la fauna tomaran cada vez mayor carácter local, y con él más variedad y riqueza de formas.

Como las formas orgánicas son las que caracterizan los horizontes geológicos, serán éstos más numerosos en las formaciones mesozoicas; menos uniforme el conjunto en los diversos países; más difícil, por tanto, el delineamiento del sistema en caracteres generales.

Las rocas, que alcanzan una potencia mayor de 1,500 metros, son principalmente calizas, areniscas, dolomías, margas, arcillas pizarrosas y arcillas plásticas, además de hulla, yeso y sal común que á veces aparecen.

La vida organizada sufrió amplia metamorfosis, desapareciendo el carácter paleozoico para adquirir un sello especial. Los bosques pantanosos de criptógamas fueron sustituidos por bosques de coníferas y cicádeas, plantas que alcanzaron el máximo de desarrollo; aparecieron también los primeros representantes de las angiospermas, cuyo dominio caracteriza á la flora neozoica. Vivían, no obs-

tante, las equisetáceas con nueva forma, la del género *Equisetum*, y los helechos de frondes variadas. La fauna hizo grandes progresos, los pólipos paleozoicos se substituyeron por los constructores de arrecifes; á los braquiópodos y nautilos suceden los *Ammonites* y *Belemnites*; existen ya insectos de todos los órdenes y crustáceos de formas variadas, más próximas á las actuales; han desaparecido los peces ganoideos heterocercos, siendo reemplazados por los homocercos, que adquieren en esta era su máximo desarrollo; viven en los mares los precursores del tipo actual de los peces; dominan los reptiles de gran talla, caracterizando algunos horizontes mesozoicos, y las aves y los marsupiales, al aparecer, anuncian la fauna neozoica que ha de substituir á ésta.

Que es para el mundo orgánico ésta una era de desenvolvimiento, lo prueba la abundancia de *tipos colectivos*, formas en que hay reunidos caracteres de diversas ramas de las hoy establecidas por los naturalistas. Así tenemos: los *mastodonsauros*, con caracteres de saurios y de batracios; los *plesiosauros* é *ictiosauros*, mezcla de peces y de saurios; los *notosauros*, que reúnen caracteres de cocodrilos y lagartos; los *iguanodon* y *dinosaurios*, que tienen lazos comunes con los lagartos, los cocodrilos, las aves y los mamíferos; los *terodáctilos*, con caracteres de saurios y de aves; los *arqueopteris*, que son aves, con muchos

caracteres de reptiles; los *ictiornis* y *odontornis*, aves con vértebras de peces y dientes de reptiles.

Los depósitos de la era mesozoica se agrupan en tres sistemas:

I.—*Triásico*, que debe su nombre á su división en tres horizontes bien definidos.

II.—*Jurásico*, que alcanza gran desenvolvimiento en el Jura.

III.—*Cretácico*, por el predominio de las calizas cretáceas.

23.—**La Tierra en los tiempos mesozoicos.**—Hacia mediados de esta edad, en el período jurásico, los continentes tenían bien distinta distribución que hoy. Tres grandes océanos se dibujaban: el Arctico, el Antártico y el Pacífico (casi del mismo contorno que hoy, este último). Un gran Mediterráneo iba desde el Pacífico al Arctico ocupando todo el actual Centro de América, el Atlántico central y casi toda Europa. Otro Mediterráneo menor (el Etiópico) bañaba las costas occidentales africanas y comprendía una buena parte del Océano Indico nuestro, desde el Golfo Pérsico á Madagascar (fig. 28). Había un continente *etiópico-brasileño* (casi toda América del S., el espacio que hoy ocupa el Atlántico meridional y casi toda el Africa); otro continente *neártico* (de Islandia al Golfo de Méjico) y un tercero *chino-australiano* (una parte del Asia, Australia y el espacio entre ambos y las islas S. del Pacífico). Escandinavia formaba

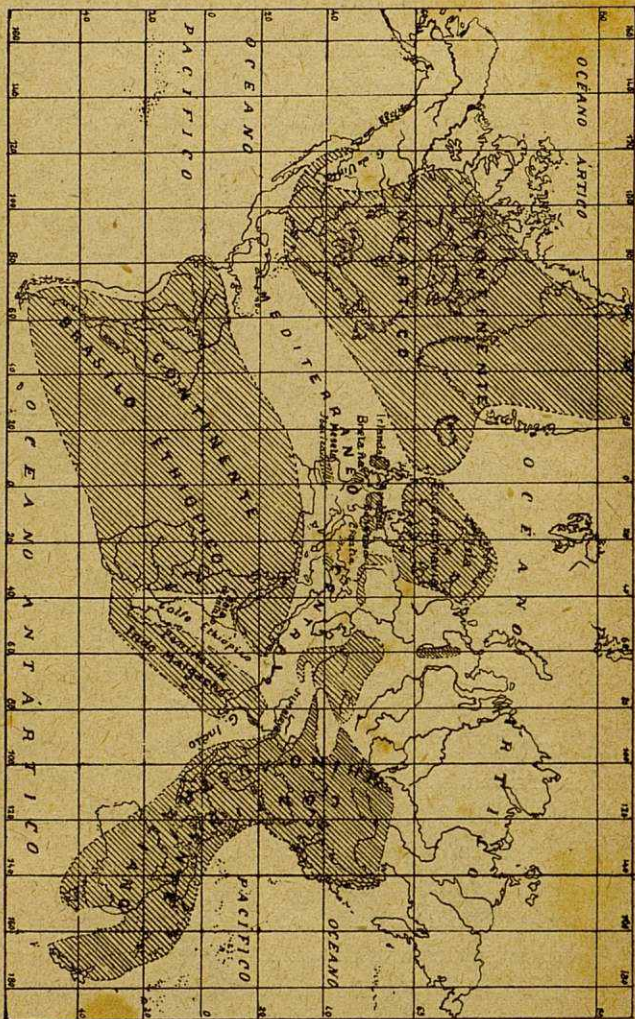


Fig. 28.—Continentes de la época jurásica (según Neumayer)

una isla extensa abarcando territorio á uno y otro lado; el Himalaya y el Thibet constituían penínsulas al NO. del continente chino-australiano y enfrente se extendía la gran isla Turania. Una isla eran los Urales y un archipiélago, un verdadero enjambre de islas, aparecían entre Escandinavia y el continente etiópico brasileño (Archipiélago europeo). En éste, España formaba una isla transversa. Desde el S. de Africa se extendía hasta la India la península Indo Malgache.

Al final de esta edad se verificó un fenómeno de trascendencia geológica; avanzó el mar hacia el interior de los continentes ocupando extensos territorios que eran antes tierra firme y comenzó á dibujarse el contorno de los continentes y de los mares actuales; este fenómeno importantísimo se llama *transgresión cretácica*. Tras un largo período de calma, comienza otro de agitación cuyas huellas veremos en los terrenos terciarios.

Las rocas eruptivas, naturalmente, no abundan en los terrenos mesozoicos. Aparecen muchas veces atravesándolos, pero la erupción se ha verificado en tiempos posteriores. Los basaltos terciarios atraviesan alguna vez terrenos secundarios.

Las formaciones triásicas son depósitos de poco fondo, salvo en contadas regiones. Se han formado en mares profundos los sedimentos jurásicos, entre los cuales abundan las calizas, unas veces puras, otras mezcladas de ar-

cilla (marga) debidas á la acción de los pólipos en muchas ocasiones. En la paz, los pequeños artífices animales formaron enormes construcciones.

En los mares cretácicos, bajo la tranquila superficie de las aguas, millones y millones de obreros elaboraban la creta, formando sus caparazones con el carbonato de cal arrebatado á las aguas, y depositando después estos caparazones en el fondo, constituyendo así rocas en que ellos eran el fundamento y cuyos caracteres podían variar algún tanto, según las localidades y según otras circunstancias.

En la formación carbonífera, se ve el resultado que pueden lograr las plantas, tomando el ácido carbónico de la atmósfera y depositando después sus restos en el agua; el carbono del ácido carbónico del aire que rodeaba á la Tierra en la época carbonífera, resucita hoy acumulado en inmensas cantidades en forma de hullas. La formación jurásica, sobre todo el piso coralino, demuestra también la magnitud de los murallones que pueden construir los pólipos con su afán de fabricar políperos calizos y de asociarlos en arrecifes. La formación cretácica es el triunfo de los pequeños, de los microscópicos foraminíferos; ella dice de un modo elocuentísimo lo que puede el número de obreros trabajando mucho tiempo y lo poco que importa la pequeñez del obrero si se asocian los esfuerzos de muchos.

Aparte estas acciones dinámicas tan impor-

tantes, lograron depósitos carbonosos las plantas de algunos horizontes y sufrieron trastornos los estratos y se levantaron los terrenos, de manera que es muy difícil definir, pues no

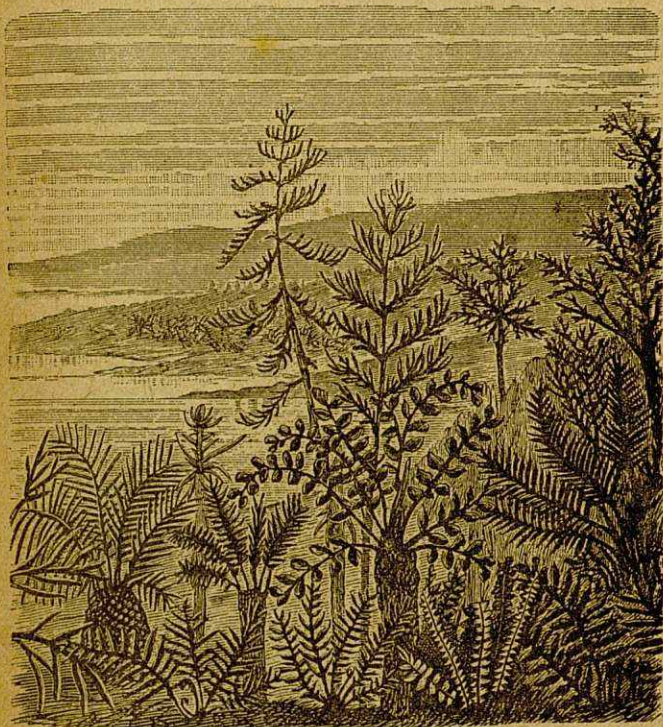


Fig. 29.—Vegetación del período Jurásico

es siempre posible averiguar si los trastornos que hoy presentan las capas cretácicas fueron producidas en aquella época ó lo han sido después.

24.—**Flora secundaria.**—En el período triásico y al comienzo del jurásico, las coníferas forman por sí solas extensas selvas á las que imprimían particular aspecto. Hay tam-



Fig. 30.—Paisaje de fin del período Cretácico

bién abundantes cicadáceas y viven todavía equisetáceas, helechos, lepidodéndreas, sigilarias y algas (fig. 29).

A la aparición de las angiospermas (plantas

superiores) preceden otras de tipo intermedio (*proangiospermas*). Las monocotiledóneas bien definidas sólo se encuentran al comenzar el jurásico (género *Najadita*) desenvolviéndose luego con gran variedad de formas. Restos de una especie de caña se han encontrado en el cretácico de Groenlandia, y en la mitad del mismo tiempo hacen su aparición las dicotiledóneas con formas muy semejantes á las actuales (magnolias, leguminosas, higueras, nogales, encinas, plátanos, hayas, etc.) (fig. 30).

En *síntesis*: en las Algas siguen las condri-teas ofreciendo notables restos: se asemejan á las *Codium* de hoy; son á veces muy ramificadas con ramillas cilíndricas de terminación obtusa. Se han hallado vestigios de hongos.

Las *Criptógamas vasculares* tienen tipo más próximo á las actuales: las equisetáceas pertenecen al género *Equisetum* (colas de caballo) que abunda hoy. Había numerosos helechos.

Gimnospermas: Existían cicadáceas, coníferas (entre las más curiosas, las *Walchia* y *Voltzia*) y gnetáceas. Tránsito á las angiospermas son los géneros *Æthophyllum*, *Yuccites* y *Willansonia*.

Angiospermas: Comienzan sin duda por las espadifloras de tipo parecido á las aroideas y pandanáceas actuales; siguen las gramináceas y las palmeras, que hacen su aparición en Europa con la *Flabellaria chamæropifolia*

(hoja de palmito) á la que acompañan ya las iridáceas.

De las dicotiledóneas ya hemos dicho que se enseñorean de algunas comarcas al final del cretácico y que son géneros que viven en

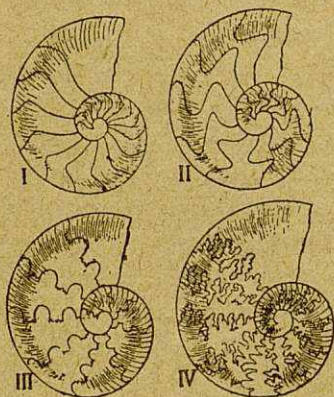


Fig. 31.—Complicación sucesiva de la línea de sutura en los ammonitideos.

- I.—Clymenia
- II.—Goniatites
- III.—Ceratites
- IV.—Ammonites

nuestros bosques, si bien su distribución es bien distinta de la de hoy. Precisamente la flora del cretácico inferior y medio tiene su facies característica en Spitzberg y en Groenlandia; su conjunto demuestra que la temperatura del Globo va en descenso; vegetación tropical sólo se halla en loca-

lidades de condiciones muy especiales.

25.—**Fauna secundaria: Ammonites y Belemnites.**—Son los Ammonites moluscos cefalópodos dibranquiales, divididos en cavidades diversas cuyos tabiques de separación son muy sinuosos y complicados; tienen sifón que comunica los varios departamentos y por el cual pasaba el músculo aductor, pero este

sifón no está en el centro sino hacia la parte externa; el músculo se halla fijo á la cavidad más profunda por un ligamento.

Son los Ammonites el prototipo de este grupo interesantísimo de los Ammonitideos, que comienza en el paleozoico y ofrece todo género de formas intermedias, ligando entre sí las iniciales con las últimas; no hay ejemplo más palpable que éste de la evolución animal.



Fig. 32.—*Crioceras*
(cefalópodo cretácico)



Fig. 33.—*Ancyloceras*
(cefalópodo cretácico)

Examinando la sucesión de las líneas de sutura en los géneros *Clymenia*, *Goniatites*, *Ceratites* y *Ammonites* (fig. 31), se puede ver el proceso de su complicación; pero este proceso mismo puede observarse en las líneas de un solo Ammonites desde la primera formada á la última. Los dos tabiques primeros son poco contorneados; la tercera su-

tura tiene la forma de Goniatites; en la edad en que el animal habitaba esa cavidad, se hallaba, pues, en la fase de Goniatites; las suturas sucesivas aumentan en complicación y pertenecen á la fase de Ceratites; por último, el animal adulto era un perfecto Ammonites. Véase en este caso como el desenvolvimiento individual corresponde á la evolución en el tiempo.



Fig. 34.-- *Spirula*
(Cefalópodo actual
cuya concha se
 asemeja á la de
 ciertos ammonití-
 deos).

Los Ammonitídeos del triásico son idénticos á los del fin de la época primaria, lo que comprueba la continuidad entre las dos edades paleozoica y mesozoica. Las formas que más abundan en el triásico, son los Ceratites. Los verdaderos Ammonites dominan á partir del jurásico.

Llegados estos cefalópodos al máximum de evolución, parece que retroceden simplificándose; en el cretácico hay formas menos arrolladas (figs. 32 y 33), y en los últimos tiempos secundarios son sencillamente encorvados (*Toxoceras*) y aún rectos (*Baculites*); las líneas de sutura se van simplificando igualmente,



Fig. 35.—
Punta de un
Belemnites.

La *Espirula*, cefalópodo frecuente en la costa del Atlántico (fig. 34), tiene grandes semejanzas con los *Ammonites*.

Los *Belemnites* son otros cefalópodos dibranquiales que abundan en los terrenos secundarios. Tienen sus antecesores en los *Bactrides* primarios, especies de *Goniatites* no arrollados. En 1889 se descubrió un *Belemnites* admirablemente conservado, con sus brazos provistos de ventosas, una aleta como la de los calamares, á los cuales se asemeja por su aspecto externo, si bien el hueso es más parecido al de las sepias. Tenían como éstas bolsa de la tinta, y debían ser ágiles nadadores como los grandes calamares de hoy.

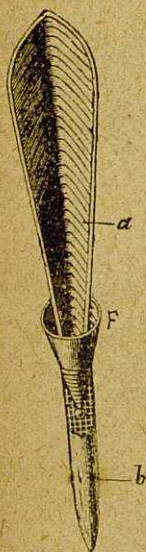


Fig. 36.—Concha completa de *Belemnites*.

a: pluma. — F: fragmacono. — b: rostro calizo.

Se encuentran en los terrenos secundarios puntas de *Belemnites* que tienen la forma de un puro (fig. 35); son las extremidades del hueso, como las tienen algunas sepias. El de un *Belemnites* consta: de la punta ó *rostro*; un cono hueco llamado *fragmacono*, que tiene departamentos internos separados por tabiques transversos, pero unidos por un sifón, y más arriba una ancha expansión córnea, la *pluma*, semejante á la de los calamares (fig. 36).

Este grupo de los Belemnites presenta su máximo de extensión en el jurásico, decrece mucho en el cretácico y se une por formas terciarias de rostro corto á las sepias actuales.

26.—Otros invertebrados secundarios.—Rizópodos y Foraminíferos hubo abundan-

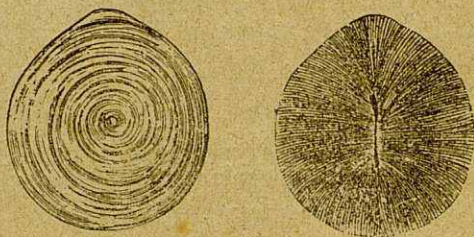


Fig. 37.—*Cyclolites* del cretácico

tísimos en aquella edad; sus innumerables cáscaras acumuladas forman la creta.

Entre los pólipos blandos debe señalarse la

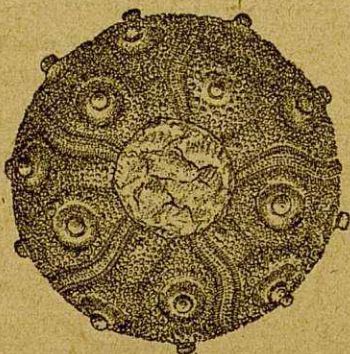


Fig. 38.—*Cidaris* (Erizo del mar cretácico)

presencia de medusas, cuyas impresiones en las pizarras jurásicas, permiten afirmar que eran idénticas á las de hoy.

Gran profusión de pólipos coralarios construc-

tores de arrecifes, sobre todo en el jurásico superior, donde hay un piso, que por ello recibe el nombre de *coraliense*. Son característicos los *Cyclolites* del cretácico (fig. 37).

Entre los equinodermos adquieren importante desarrollo los erizos de mar y los crinoideos. Los primeros tienen formas que no son raras hoy, como los *Cidaris* (fig. 38) y los *Micraster* del cretácico; unos tenían espinas (radiolas) delgadas, otros gruesas. Los crinoideos ofrecen el aspecto del *Encrinus liliiformis* del triás ó el *Pentacrinus basaltiformis* del jurásico, cuyo tallo se divide en secciones pentagonales, estrelladas.

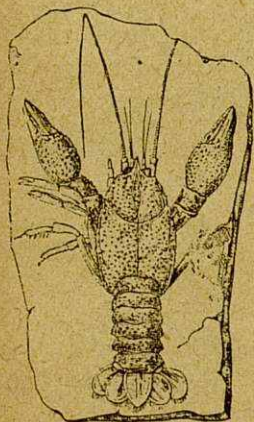


Fig. 39.—*Eryma*, crustáceo de los mares jurásicos ($\frac{1}{2}$ del natural).

Los braquiópodos disminuyen progresivamente durante esta edad; son todavía numerosos en las primeras capas secundarias, ofreciendo formas transitorias con los de la edad anterior.

Los insectos no tienen el tamaño de los que se encuentran en los estratos carboníferos, pero son bastante abundantes, y, salvo el grupo de los himenópteros, todos

los órdenes actuales tienen ya representación

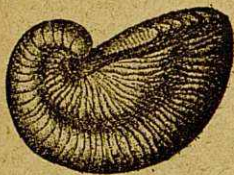


Fig. 40.--*Grifhcea arcuata*

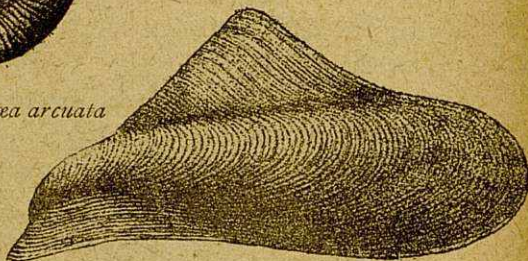


Fig. 41.—*Gervillia alaeformis*



Fig. 42.—*Tur-
rilites cate-
natus.*

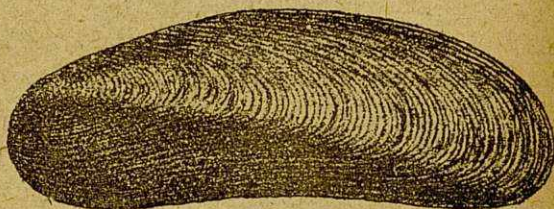


Fig. 43. — *Mytilus*

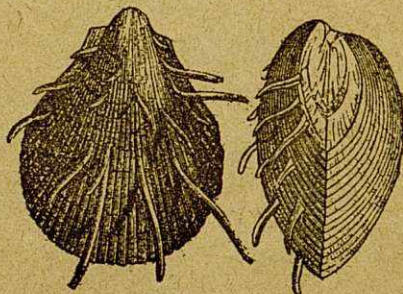


Fig. 44.—*Spondylus spinosus*
Moluscos fósiles secundarios

en los terrenos secundarios. Las calizas de Solenhofen han proporcionado hermosos ejemplares, que no escasean en las calizas jurásicas del Montsech, estudiadas por el señor Vidal.

Los crustáceos son muy parecidos á los tipos actuales; algunos se parecen á los cangrejos de hoy (Erima, fig. 39); un género, el *Callianassa*, cuyos restos se han hallado en el jurásico, vive todavía.

A medida que avanza la edad secundaria, los moluscos bivalvos y los gasterópodos van siendo más abundantes, y hay capas geológicas de esta edad que están materialmente formadas por conchas y caracoles de aquellos moluscos. Citaremos entre unos y otros los géneros *Gryphæa* (fig. 40), *Lima*, *Avícula*,

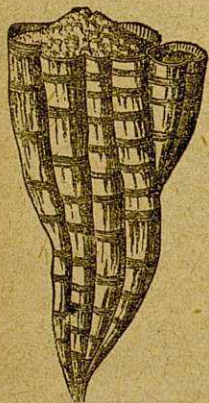


Fig. 45.—Un rudista
(*Hippurites organisans*)

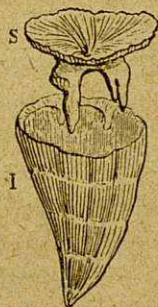


Fig. 46.—*Hippurites*
con las valvas sepa-
radas.

Gervillia (fig. 41), Natica, Pleurotomaria, Neritina, Planorbis, Melania, Turrilites (fig. 42), Ostrea, Mytilus (fig. 43), Modiola, Pecten, Pinna, Spondylus (fig. 44), etc., etc. Muy característicos son los *rudistas*, que abundan en el cretácico y cuya valva superior forma un opérculo á la inferior (figs. 45 y 46).

27.—**Peces y reptiles.**—Abundan los primeros, disminuyendo mucho los heterocercos y dominando los homocercos de esqueleto óseo. Buen ejemplo es el leptolepis del jurásico. Un hecho curioso es la presencia en el triásico de Alemania de un pez que vive actualmente en los ríos Australianos, el *Ceratodus*, que tiene unos dos metros de longitud y al que llaman los indígenas *barramunda*.

Al mencionar los reptiles mesozoicos, hemos de repetir que la mayor parte de los considerados como tales, son tipos colectivos en los cuales predominan los caracteres de reptil (de saurio, de ofidio ó de ambos) pero conservan algún carácter de pez ó se barruntan en ellos tendencias hacia los mamíferos ó las aves.

En las formaciones triásicas hay restos de animales que son á la vez anfibios y reptiles; son los más importantes los pertenecientes al grupo de los labirintodontos (llamado así por las contorsiones laberínticas que presenta el marfil de los dientes). El *Labyrinthodon* del triásico (fig. 47) llega hasta 3 metros de longitud.

Durante el período jurásico los reptiles

evolucionan, presentándose las más notables formas y los tamaños más exagerados.

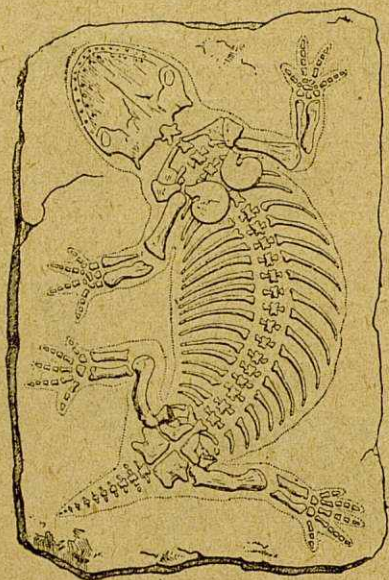


Fig. 47.—*Labyrinthodon*—Triásico—3 metros

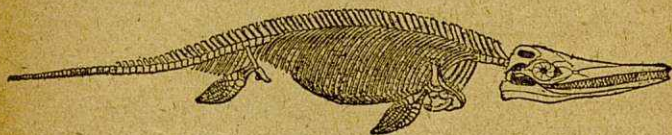


Fig. 48.—*Ictiosauro* (8 metros)

Tenían unos vida marina, como los ictiosau-
ros, cuyo esqueleto asemeja bastante al de los
delfines actuales (fig. 48).

El ictiosauro tenía hasta 8 metros de longi-

tud; en derredor de los ojos, fórmanle cerco pequeñas piezas óseas, que servirían para comprimir más ó menos el ojo, variando la distancia de la visión, como pasa, en menor escala, en los lagartos y en las tortugas; el esqueleto de las extremidades anteriores forma una excelente paleta para la natación; las posteriores tienen la misma forma, pero son más pequeñas. En algún ejemplar, y en el



Fig. 49.—*Plesiosauro* (3 m. y $\frac{1}{2}$)

lugar del estómago, se han encontrado restos de cefalópodos y crustáceos, que debían constituir su alimento.

Era también marino el plesiosauro (fig. 49), de menor longitud (3 metros y medio); tenía el cuello muy largo (con 33 vértebras), y las extremidades posteriores de la misma longitud que las anteriores.

Entre los reptiles voladores citaremos el terodáctilo (fig. 50), cuyos huesos se asemejan á los de las aves en que son muy tenues y tienen cavidades aéreas; además, el esqueleto de

la cabeza (aunque provisto de dientes en el extremo del pico) parece al de las aves; las alas,



Fig. 50.—*Terodáctilo*

por su forma, son de buen volador; debieron tener, no obstante, el aspecto de las de murciélagos; están sostenidas por un solo dedo, desmesuradamente largo; había terodáctilos pequeños como una codorniz, y los mayores no pasan del tamaño de un cuervo.

Otro reptil curioso es el *Camptonodus*, cuyas uñas eran retráctiles como las de los ga-

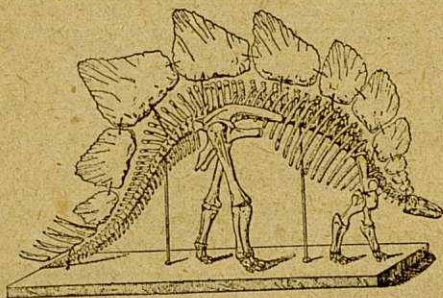


Fig. 51.—*Stegosauro* (Jurásico—10 metros)

tos; sus patas se asemejaban mucho á las de ciertas aves.

No tenía más tamaño que un gato, pero á su lado se coloca el *Atlantosauro*, del jurásico de América, que alcanzaba, según se cree, 36 metros de longitud; sería el mayor de los animales que han existido.

En el período jurásico hubo reptiles herbívoros, entre los que se distinguen, por su gran tamaño, el Stegosauro (fig. 51), de 10



Fig. 52.—*Brontosauro* (Jurásico—16 metros)

metros de longitud, y el *Brontosauro* (fig. 52), de más de 16 metros. Ambos tienen cabeza muy pequeña y escasísimo debió ser el desarrollo del cerebro. El Stegosauro es notable por las numerosas piezas óseas que lleva á lo largo del dorso; las patas anteriores son pequeñas relativamente á las posteriores, por lo que se cree que debía tenerse derecho.

Decrecen los reptiles en el período cretácico; hay, no obstante, algunos del grupo de los ictiosauros y plesiosauros; junto á estos últimos puede colocarse el *Clidaste*, por la forma de sus extremidades, pero era de aspecto de serpiente y medía unos 30 metros de longitud.

Es muy característico, en este período, el

Iguanodon (fig. 53), que andaba sobre las patas de atrás y sobre su cola poderosa; tenía unos 8 metros. Era hervívoro, según indica la estructura de los dientes.

Todavía, entre los reptiles marinos del pe



Fig. 53.—*Iguanodon* (8 metros)

riodo cretácico, debe citarse el Mosasauro, de 15 metros de longitud; las extremidades se hallan dispuestas para la natación.

Aparece en el cretácico la primera serpiente (*Limoliophys*) y abundan ya los cocodrilos y las tortugas.

28.—**Aves y Mamíferos.**—Las aves mesozoicas conservan aún caracteres de reptil; tenían dientes en ambas mandíbulas.

La más antigua es el *Archeopteryx* (fig. 54) del período jurásico; su cola está formada por diez vértebras alargadas y las plumas situadas á cada lado, no en abanico como las aves de hoy; tenía en cada lado tres dedos armados

de uñas ganchudas y las plumas se ingertaban tan sólo en uno de estos dedos.



Fig. 54.—Archeopteris

Del período cretácico son el *Ictiornis* (figura 55) y el *Hesperornis* (fig. 56); la primera, aunque estaba provista de vértebras bicóncavas como los peces, tenía alas poderosas para volar; en cambio, la segunda, de un metro de altura, era poco voladora; parece una palmípeda. Los dientes del *Hesperornis* tenían otros debajo para reemplazarlos.

Ciertos reptiles del triásico (los teriodontos) se aproximan por sus caracteres á los ma-

míferos marsupiales; y en el triásico mismo se han encontrado los restos del primer mamífero (*Phascolotherium*, fig. 57), que es un marsupial

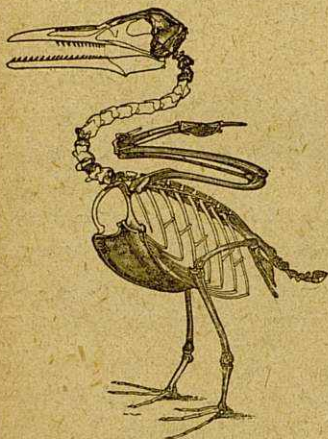


Fig. 55.—*Ictiornis*

(semejante á las zarigüeyas y á los kanguros de hoy). En toda la serie de los terrenos secundarios, se presentan restos de mamíferos, sin que alcancen ni gran talla (son del tamaño de las ratas) ni gran desenvolvimiento. La generalidad, por su

dentición, parecen herbívoros. Los últimos de la serie mesozoica ya se van asemejando á los del período terciario.

29.—**Triásico y jurásico en España.**— El primero ocupa en nuestro país unos 22,000 kilómetros cuadrados de superficie; no se presta fácilmente á una descripción general; abundan en él la sal y el yeso. Suele dividirse en tres pisos (á esto alude el nombre de triásico); el inferior, en España, está representado por areniscas rojas y conglomerados cuarzosos (corresponde á la que se llama *arenisca abigarrada*); es pobre en fósiles. El triásico me-

dio consta de calizas dolomíticas y tabulares, con margas interpuestas; corresponde al denomi-



Fig. 56.—*Hesperornis*

diversos horizontes, porque les atraviesan ma-

minado de la *caliza conchífera*. El superior es el de las *margas irisadas*, que en nuestro suelo abundan en yeso y manantiales salados, entre margas de colores vivos y calizas tabulares más ó menos margosas.

Aparecen á veces confusos los

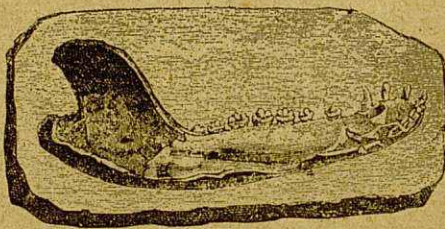


Fig. 57.—*Phascolotherium* (Primer marsupial)

sas de ofitas y diabasas, dislocándolos y metamorfoseándolos.

Se encuentra nada menos que en 37 pro-

vincias en fajitas ó manchones. Se ajusta paralelamente á la costa mediterránea desde la provincia de Cádiz á la de Gerona, á partir de la cual se extienden fajas irregulares á lo largo de los Pirineos hasta la de Oviedo, uniéndose estas fajas con las paralelas á la costa por otras diagonales, que desde la provincia de Santander cruzan las de Burgos, Logroño, Soria, Zaragoza, Guadalajara, Cuenca y Teruel, en dirección á Valencia.

Próximamente la misma extensión que los triásicos, ocupan en España los terrenos jurásicos (unos 22,500 kilómetros cuadrados). Se hallan distribuídos en tres fajas, interrumpidas por terrenos más antiguos que las rodean ó por rocas cretácicas y terciarias que las cubren. De ordinario el jurásico se apoya en el triás, pero á veces descansa sobre el silúrico y excepcionalmente sobre el carbonífero.

La faja más septentrional va casi de O. á E. por la región cántabro-pirenaica, desde Avilés, en Asturias, hasta la Sierra de Cadí, en Cataluña.

Se extiende la faja segunda, la de mayor importancia, desde los confines de Santander y Palencia, de NNO. á SSE., por las provincias de Burgos, Logroño, Soria, Guadalajara, Zaragoza, Teruel y Cuenca, hasta terminar en las de Tarragona, Castellón y Valencia.

Sigue la tercera faja una dirección casi perpendicular á la segunda, apareciendo la formación, con interrupciones, desde la provincia de

Cádiz á la de Alicante, al través de las de Sevilla, Granada, Córdoba, Jaén, Almería y Murcia.

Se halla compuesto el jurásico español por capas alternantes de margas, arcillas y calizas; son escasas las rocas arenosas y faltan las pizarras por completo; sólo se presentan rocas de aspecto pizarroso en las masas metamorfoseadas. Los macizos de este terreno se distinguen por la concordancia en la estratificación, el color de los estratos y los caprichosos pliegues y repliegues que ofrecen. Si predominan las margas y las arcillas, los montes son de escasa altura y formas muy redondeadas. Si se presentan los depósitos horizontales, forman llanuras con suaves hondanadas, y, por consiguiente, pantanosos. Aunque impropias para el cultivo y de aspecto triste, son muy abundantes en pastos. En los valles encerrados entre los macizos, margosos y calizos, los depósitos que se forman por la denudación de aquéllos, son muy fértiles.

30.—**Cretácico español.**—Forzosamente, el sistema cretácico, que tan variadas muestras de vida exuberante ofrece, ha de dividirse y subdividirse en pisos diversos. La división más admitida, es la que sigue:

Serie infracretácica	}	Neocomiense
		Barremiense
		Aptiense
		Albiense

Serie supracretácica	}	Cenomaniense
		Turoniense
		Emsqueriense
		Aturiense
		Daniense
		Montiense

Los nombres estos se toman de las localidades en que está mejor caracterizado el piso geológico; así, neocomiense, viene de *Neocomium*, nombre latino de Neuchatel (Suiza), barremiense, de Barreme (Bajos Alpes), etc.

Cada piso tiene sus fósiles característicos y rocas depositadas de un modo especial; así las hay lacustres, costeras, de mar profundo, etc.

En España el cretácico, extendido principalmente por la parte oriental y septentrional como los otros sistemas secundarios, ocupa una superficie que se calcula en 48,000 kilómetros cuadrados. Todos los pisos cretácicos tienen representación en nuestro país, pero en ninguna parte se encuentra la serie completa; en los Pirineos es donde se hallan representados casi todos. En general abundan las calizas, resistentes y mármóreas unas veces, arcillosas con frecuencia, siempre de colores claros; las margas cenicientas, rojizas ó parduzcas, que contribuyen principalmente al accidentado relieve de nuestro suelo. Hay también areniscas, arcillas, lechos de carbón, más ó menos explotable, y margas carbonosas.

Dominan, generalmente, los pisos neocomiense y turoniense.

El aspecto de las comarcas cuyo suelo está formado por sedimentos cretácicos, varía según las rocas dominantes; como predominan las calizas y margas en capas alternantes y casi siempre horizontales, los macizos presentan sus vertientes escalonadas y los fondos y las cimas son amplias planicies. La sucesión de estratos permeables é impermeables y la disposición de éstos, origina manantiales y corrientes de agua que desgastan las rocas y transportan sus elementos al fondo de los valles y llanos fertilizándolos; las comarcas cretácicas son propicias para el desarrollo de la vegetación y para la apertura de pozos artesianos.

En el cretácico albiense suelen hallarse nódulos de fosfato de cal, que se explotan en algunas comarcas de Europa. Es también notable la presencia de grandes nódulos de sílex (piedra de chispa), formando cordones paralelos, en ciertos pisos cretácicos.

La mayor parte de los terrenos cretácicos se hallan en España al E. de la línea recta que va desde la desembocadura del Nalón, en Asturias, hasta Almería.

Período Terciario

31.—**Caracteres generales.**—Al reposo y la tranquilidad de los tiempos secundarios, sigue un período de gran actividad terrestre, de profundas transformaciones en la extensión de los mares y en la altura de los relieves.

A las formas vegetales y animales mesozoicas, es decir, de transición entre el mundo primitivo y el actual, en las que dominaban esos curiosos tipos colectivos que reúnen caracteres de varias clases de Vertebrados, suceden las formas actuales: el dominio de los mamíferos y de las aves, de las monocotiledóneas y dicotiledóneas; por esta circunstancia, á los períodos terciario y cuaternario se les considera como la *edad neozoica*, de la vida nueva, de los seres de hoy. Claro está que hay al principio de los tiempos terciarios algunos seres que continúan la vida secundaria y otros que inician las formas actuales; pero éstas se van desarrollando en el transcurso de la edad neozoica con el imperio sucesivo de nuestras especies vertebradas. A esta evolución de la vida nueva en los tiempos terciarios corresponde la división que de ellos se

hace en tres épocas: *eocénica*, en la que abundan los *Nummulites*, grandes foraminíferos; donde se han encontrado esqueletos de *Palæotherium* (una especie de danta), *Anoplotherium* (aspecto de caballo y dedos de rumiante), marsupiales, rinocerontes, carnívoros y el primer mono, y donde existían ya loros, flamencos, pelícanos, águilas y diversas gallináceas.

La segunda época es la *miocénica*, con su fauna de mastodontes y dinoterios (grandes elefantes), carnívoros parecidos á los gatos, monos bien caracterizados (*Dryopithecus*) y los antecesores de nuestros caballos.

En la época tercera, que se llama *pliocénica*, las especies son desde el 50 al 95 % iguales á las que viven hoy.

Entre los terrenos depositados en estas épocas, hay arenas, calizas y arcillas de agua dulce, formaciones de poco fondo, gruesos bancos calizos de mar profundo, aluviones, etc. Como se ha diferenciado tanto el medio ambiente, los depósitos tienen marcado carácter local, y el estudio de los terrenos de este período es bastante complicado; además, no vivían simultáneamente los mismos animales en las diversas comarcas de la Tierra, y por tanto, no puede decirse que sean simultáneos los depósitos en que se encuentran restos de las mismas especies.

32.—Actividad de la Tierra en este período.—El avance de los mares inundando

grandes territorios en Europa, y las contracciones extraordinarias de nuestro planeta, que motivaron la formación de sus más importantes arrugas, son acontecimientos de capital importancia que habían de producir grandes transformaciones.

En efecto, durante el período terciario adquirieron su relieve las cordilleras del Pirineo, los Alpes, el Cáucaso, los Carpatos, el Atlas y el Himalaya; produjéronse los grandes hundimientos del mar Egeo; la actividad volcánica había de ser excepcional, y en la época miocénica principalmente llega al verdadero paroxismo, arrojando los volcanes colosal masa de basaltos y traquitas.

Muchos territorios, por virtud de las modificaciones orgánicas, estuvieron sucesivamente en seco ó bajo las aguas del mar, ó cubiertos de lagos; muchas islas quedaron unidas á los continentes inmediatos; algunos mares interiores se comunicaron con los Océanos; Inglaterra estaba unida á Francia; el Atlántico comunicaba con el Mediterráneo por el S. de Francia; el estrecho de Gibraltar no existía; etc., etc.

En la época miocénica grandes regiones lacustres se formaron lo mismo en Europa que en América.

Las zonas climatológicas que se iniciaron en el jurásico y produjeron bastante efecto en el cretácico, se acentúan en el período terciario de tal manera que aparecen los

hielos del Polo y la nieve en las altas cumbres.

La flora terciaria revela admirablemente los cambios de clima.

No hay en los mares aquellos gigantes de los tiempos mesozoicos pero existen ya otros gigantes, los cetáceos. Por el aire vuelan las aves en gran número y los mamíferos de gran talla y de variadas formas corren por las tierras. En el mar se produjo aquel poderoso depósito de nummulites que caracteriza el eocénico del Mediodía.

En el fondo de muchos lagos terciarios depositáronse restos vegetales en gran cantidad, arrastrados por las aguas, y así pudieron formarse las capas de lignito que se explotan en diversas regiones; unas son compactas, sin aspecto vegetal y parecen de hulla, otras manifiestan bien claramente el origen, porque parecen leños apenas carbonizados. Las capas que alternan con los lignitos suelen ser un museo de impresiones vegetales y de restos de los animales contemporáneos.

Al final del período terciario hace el hombre su aparición en el Mundo, diseminándose lentamente por los continentes y las islas en el transcurso de los tiempos cuaternarios. La Tierra vuelve á entrar en un período de relativa calma.

33.—**Flora terciaria.**—Predominaban ya las monocotiledóneas y dicotiledóneas, que cubrían de tupidos bosques la mayor parte de

las tierras emergidas á favor de la humedad atmosférica y del calor que en gran parte de este período se sentía aún en regiones bastante septentrionales. Es curioso el hallar mezcladas, en una misma localidad, plantas semejantes á las que forman hoy nuestros bosques en los países templados, con otras que viven en las regiones ecuatoriales.

La flora debió ser riquísima y la vegetación

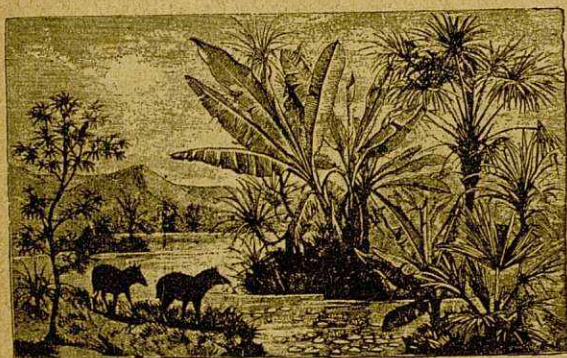


Fig. 58.—Paisaje de la época terciaria

en extremo frondosa. Bosques y lagos formaban los espléndidos panoramas de muchas regiones europeas, nuestro país entre ellas, á mediados del período terciario (fig. 58).

No sólo se han fosilizado las hojas sino también flores y frutos. En el terreno miocénico de Ceningen (Suiza) se han recogido hasta 500 especies de plantas bien definidas; por ellas se deduce que el clima debiera allí ser en aquel tiempo como el de hoy en Madera.

En el miocénico superior de la Cerdaña española se recogen impresiones de helechos actuales (*Osmunda*, *Pteris*), junto á restos de abedul, enebro, abeto, haya, alno, castaño, encina, higuera, plátano, cinamomo, tilo, álamo, etc. (figs. 59 y 60).

En el rico depósito de Tárrega hay impresiones de palmeras (*Sabal*) que hoy no son espontáneas en España.

Durante el eocénico parece que en Europa los veranos eran calientes y húmedos, los in-

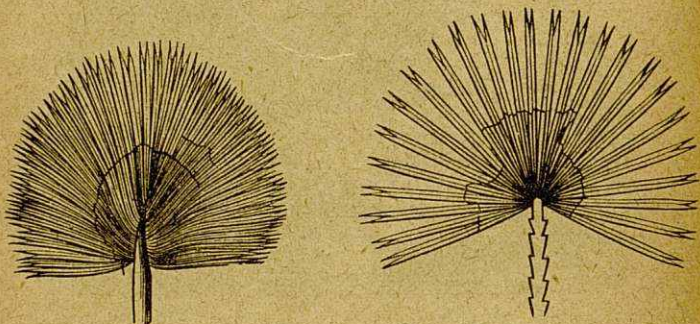


Fig. 59. — Impresiones de palmeras terciarias

viernos lluviosos, como en las zonas tropicales de hoy; así podían vivir abundantes palmeras en Inglaterra y N. de nuestro continente.

En Europa Central vivían la encina, el castaño, el nogal, plátanos, olmos, álamos, sauces y hiedras con una especie de viña precursora de la actual, y junto á las magnolias, el árbol del alcanfor, el canelo, etc.

Avanzando en los tiempos eocénicos la flo-

ra, que es riquísima, se modifica; las palmeras van disminuyendo; viven ya los palmitos



Fig. 60.—Impresiones de plantas terciarias que vivían en Europa

(*Chamærops*) y la de dátiles (*Phœnix*). Hay aún higueras, olivos, laureles, mimosas, fresnos y acacias en el N., pero van predominando

los árboles de clima templado. En este tiempo aparecen los helechos del género *Osmunda*, que viven hoy, y en el Centro de Europa hay bosques de secuoias, las coníferas gigantes de California.

En los tiempos miocénicos todavía la temperatura europea es sensiblemente más alta que la actual, pero va decreciendo. A este tiempo pertenece la flora de Eningen.



Fig. 61.—Un pedazo de caliza con numulites, (animales que han formado con sus cáscaras terrenos extensísimos y de enorme espesor).

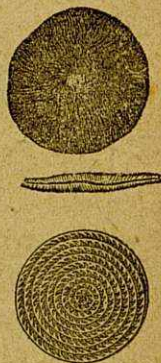


Fig. 62.—Numulites (tamaño natural) visto de frente, de perfil y cortado.

Al final del terciario el descenso de la temperatura modifica mucho la distribución de las plantas; son raras las palmeras, abundan las especies de hoja caediza y aparece la viña actual.

34.—**Invertebrados terciarios.**—Los foraminíferos con sus conchas llenas de agujeri-

tos é internamente divididas á veces en departamentos varios, que formaron montañas de caliza en los tiempos mesozoicos, vuelven en el terciario á representar importante misión geológica. Pero los foraminíferos eocénicos no son microscópicos sino muy grandes (figs. 61 y 62), pues los hay hasta de cinco ó seis centímetros de diámetro. Parecen los más pequeños lentejas y los mayores monedas.

El desenvolvimiento de estos activos constructores de bancos calizos comienza en el carbonífero, donde se hallan ya algunas formas, se activa durante la época eocénica en el Mediodía de Europa y comienza á decrecer hasta el extremo que hoy están representados por escasas especies, entre las cuales citaremos el *Nummulites Cumingii*, que es rarísimo en el Mediterráneo actualmente.

Parece que estos foraminíferos se hallaban adaptados á las mismas condiciones que los rudistas, pues precisamente el área de dispersión de éstos en el período cretácico coincide exactamente con la de los *Nummulites* en el eocénico.

Otros foraminíferos se encuentran también en los terrenos terciarios.

Pólipos y equinodermos, de formas idénticas á las actuales, existían en profusión. Entre los últimos citaremos los clipeaster, que caracterizan, por su abundancia, ciertas capas miocénicas en la cuenca mediterránea.

Siguen teniendo en algunas capas impor-

tancia los braquiópodos (ejemplo la *Terebratula grandis* del eocénico, fig. 63) y los briozoarios, como los *Lunulites*. Hay también bancos en que abundan los tubos calcáreos de *Serpula*.



Fig. 63.--*Terebratula grandis* (t.º reducido.)

De los Artrópodos merece consignarse como prueba de su abundancia el rico depósito de Samland, en los alrededores de Kœnigsberg (Alemania). Se acumuló allí una gran cantidad de resina fósil ó ámbar amarillo producida por los pinos que cubrían en aquella época la Península Escandinavia y Finlandia y arrasada por las aguas. Los insectos se pegan fácilmente á la resina y en los fragmentos de ésta se hallan aprisionados á millares, admirablemente conservados (figs. 64 y 65); se han clasificado hasta 2,000 especies distintas, de los mismos tipos que los insectos, los arácnidos y los miriápodos de hoy. Es lógico que á un gran desarrollo de la vegetación correspondiese el desenvolvimiento de los artrópodos de respiración aérea.

De los Artrópodos merece consignarse como prueba de su abundancia el rico depósito de Samland, en los alrededores de Kœnigsberg (Alemania). Se acumuló allí una gran cantidad de resina fósil ó ámbar amarillo producida por los pinos que cubrían en aquella época la Península Escandinavia y Finlandia y arrasada por las aguas. Los insectos se pegan fácilmente á la resina y en los fragmentos de ésta se hallan aprisionados á millares, admirablemente conservados (figs. 64 y 65); se han clasificado hasta 2,000 especies distintas, de los mismos tipos que los insectos, los arácnidos y los miriápodos de hoy. Es lógico que á un gran desarrollo de la vegetación correspondiese el desenvolvimiento de los artrópodos de respiración aérea.

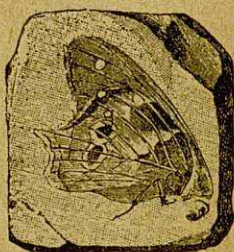


Fig. 64.—Mariposa terciaria fósil

De los Moluscos, son los Gasteropodos

quienes dominaban en los tiempos terciarios; entre los marinos abundan los *Cerithium* y

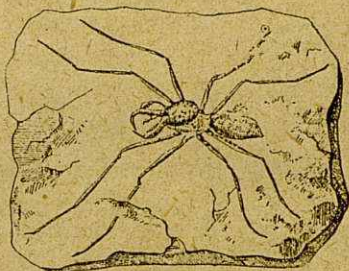


Fig. 65.—*Archæa* (Arácnido terciario fosil)

entre los de agua dulce las *Limneas* y los *Planorbis*. Aparte de éstos, un gran número de géneros caracterizan las capas terciarias en cada localidad; no es posible citar ni siquiera los característicos; en su mayor parte pertenecen á géneros actuales. Respecto á las especies, un 3 % de las eocenas viven hoy; de las miocenas un 19 % y de las pliocenas un 52 %. Se ve la evolución de los moluscos aproximándose á los de hoy cada vez más.

Con los bivalvos pasa lo propio y hay conchas de ellos tan perfectamente conservadas que podrían confundirse con las que recogemos en las playas por sus colores y su nácar. Se encuentran en el terciario grandes bancos de ostras.

35.—**Peces, reptiles y aves.**—Los peces terciarios en su mayor parte son teleósteos, es decir, de los más complicados; hay entre

ellos percas, carpas y otros de los que hoy viven. Entre los heterocercos son notables los escualos, semejantes á los tiburones (fig. 66),

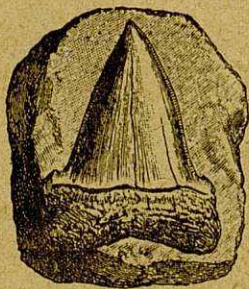


Fig. 66.—Diente de escualo fósil

algunos de los cuales debían tener tamaños gigantes, pues se encuentran dientes más grandes que una mano de hombre.

Al comenzar el período terciario ya desaparecen los ictiosauros, plesiosauros, etc., que vivían en los mares secundarios. Son sustituidos por gaviales, cocodrilos, caimanes, lagartos y serpientes.

Las aves pertenecen á los tipos actuales con los cuales pueden compararse bien; no obstante, aun se encuentran algunas formas que pueden conceptuarse como tronco común de varios órdenes; así pasa con el *Gastornis*, que tiene á la vez caracteres de Avestruz y de Oca; las depresiones de sus mandíbulas son semejantes á los alveolos que tienen los dientes de los reptiles y como en éstos se hallan dispuestos los huesos de la cadera (fig. 67).

No escaseaban las aves durante la época miocénica; había entre ellas avestruces y casuares; de 35 géneros fósiles que se han descrito detalladamente más de la mitad existen aún hoy.

36.—**Mamíferos eocénicos.**—La evolución de los mamíferos desde los pequeños marsupiales de la edad secundaria hasta las formas tan variadas de la época actual, puede



Fig. 67.—Esqueleto de *Gastornis*
(Ave terciaria)

seguirse paso á paso, sin género alguno de duda, gracias á los numerosos descubrimientos de osamentas fósiles realizados en diversas comarcas terciarias.

Las transiciones sucesivas desde los marsupiales insectívoros á los mamíferos más diferenciados, se observan en las capas de Laramia (América del Norte), donde apenas es sensible

el tránsito del secundario al terciario. Ciertas formas del eocénico son muy próximas á las del jurásico (*Plagiaulax*, por ejemplo). Se encuentran, además, muchos fósiles de marsupiales terciarios en países de donde estos mamíferos han desaparecido; ya se sabe que su

residencia actual es Australia, donde dominan, y que en América viven hoy las zarigüeyas. Semejantes á éstas son los vestigios de algunos mamíferos hallados en el eocénico de Montmartre (París).

Como había en los tiempos terciarios aves que presentaban caracteres pertenecientes á órdenes diversos en la actualidad bien definidos, hubo también en el eocénico mamíferos que difícilmente pueden referirse á los órdenes



Fig. 68.—Esqueleto de *Dinoceras*

de hoy, porque ofrecen caracteres de dos ó tres distintos. Así los crenodontos, de una parte se asemejan á los marsupiales carnívoros, de otra á los mamíferos superiores insectívoros. Los Corifodon, tenían el cuerpo de más de 2 metros de longitud; por sus patas se parecen á los elefantes y la cabeza era de carnívoro.

El *Dinoceras* (fig. 68) tenía el cráneo lleno de protuberancias y con tres pares de cuernos. En conjunto se parece á los elefantes; la cabeza

medía más de un metro, pero la dentición es particularísima, parece dispuesta para comer raíces.

Pertenecen también al eocénico: el Paleoterio, de la talla de un caballo, con la nariz pro-

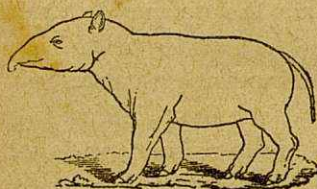


Fig. 69.—Paleoterio: mamífero del tamaño del rinoceronte, que vivía en la época terciaria.

longada en trompa como las dantas actuales (fig. 69); el Anoploterio, de muy pequeño tamaño, con dedos de rumiante, cola larga, que nadaba en el agua

como los hipopótamos; el Xifodon, especie de cerdo, con cuello largo, aspecto de gacela y tamaño de una cabra.

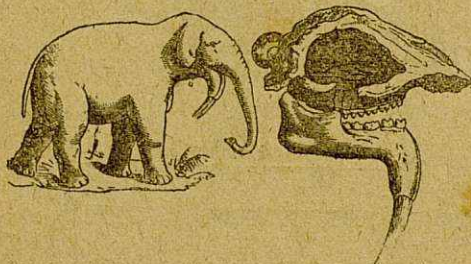


Fig. 70.—Dinoterio y su calavera. Un elefante terciario, de cuatro metros y medio de altura, que tenía fuertes colmillos en la mandíbula inferior.

Hay en estos terrenos esqueletos de carnívoros bien definidos (*Proviverra*) y bastantes

lemúridos (monos espectros, hoy reducidos á Madagascar y los Archipiélagos asiáticos).

37.—**Mamíferos miocénicos.**—Las formas de los mamíferos se diversifican extraordinariamente durante esta época, en la que paseaban por la Tierra los de mayor tamaño que han existido.

Iba á la cabeza el Dinoterio, gigantesco animal del mismo orden que los elefantes, que medía unos 7 metros de longitud por 5 de altura; llevaba los colmillos hacia abajo y en la mandíbula inferior, en vez de la superior como los elefantes de nuestros días (fig. 70).

Los mastodontes eran también proboscidios

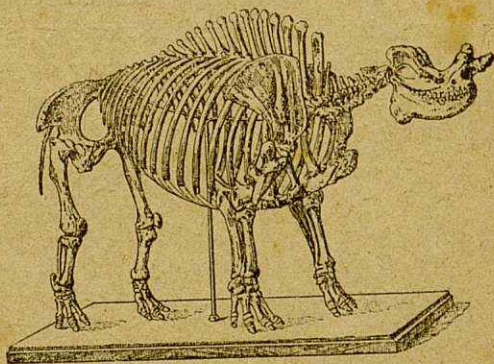


Fig. 71.—*Brontops* (miocénico)

grandes (de unos 3 metros de altura); tenían cuatro colmillos, dos grandes, encorvados en la mandíbula superior, y dos pequeños, casi rectos, en la inferior.

Los brontops (fig. 71) proceden del miocé-

nico de América del N.; se parecían á los dino-
ceras por su conjunto, pero se aproximan por
los detalles á los rinocerontes; tenían unos 2'50
metros de altura. Aquellos depósitos ameri-
canos ofrecen la particularidad de presentar á
la vez formas del terciario antiguo y del ter-
ciario superior; existía allí, quizá, el lazo de
unión entre las faunas terciarias.

Vivían en los mismos tiempos: el Antracote-

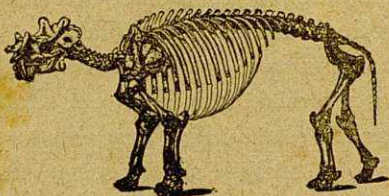


Fig. 72.—Esqueleto de *Hipparion*

rio, especie de cerdo con dientes de carnívoro; el Hipparion, idéntico al asno, pero provisto de dos cortos dedos laterales (fig. 72); rinocerontes sin cuernos; especies próximas á los ciervos, castores, erizos, marmotas, topos; carnívoros como el Maquerodo, semejante al tigre, pero con los colmillos aún más fuertes; monos bien caracterizados, entre ellos el Driopiteco. En las aguas vivían focas y grandes cetáceos.

38.—**Mamíferos pliocénicos.**—Fué más penosa la evolución de los mamíferos que la de las aves; aun cuando ya vemos dibujarse en los eocénicos y miocénicos las formas que

hoy existen, hasta el pliocénico, es decir, hasta los albores del período cuaternario, no corren por montes y llanuras especies del todo análogas á las actuales. Se debe esta lentitud en la evolución á las condiciones especiales de la vida de los mamíferos.

Aun hay en la época pliocénica mastodontes en Europa, pero se encuentran también verdaderos elefantes. En América los había ya desde el comienzo del período terciario. La especie pliocénica más notable es el Elefante meridional, del que se conoce un esqueleto completo que mide 4 metros y medio de altura. Aparece el caballo, pero no nuestra especie, sino el *Equus stenonis*, que no existe hoy; rinocerontes é hipopótamos recorren los campos; abundan sobre todo los rumiantes (ciervos, antílopes, bisontes, toros, camellos, llamas, gacelas); hay girafas enormes, gatos, osos, ratones, puercoespines, etc., pero las especies pliocénicas de estos géneros no son aún las mismas de hoy.

39.—**El Pitecantropo.**—Siguiendo las lógicas deducciones á que conduce la realidad de la evolución orgánica, tantas veces puesta de relieve por el examen de los fósiles hallados en los terrenos geológicos, los naturalistas buscaban con ahinco los restos de algún ser intermedio entre los monos antropomorfos y el hombre cuaternario. Y el honor del descubrimiento de este curioso animal pertenece á Mr. Dubois, médico militar holandés, quien

halló sus restos en Trinil (Java) en las capas del terreno pliocénico. El hombre-mono ó el mono-hombre ha sido llamado científicamente *Pithecanthropus erectus*. Los restos encontrados han sido: el casquete del cráneo, un fémur y dos molares.

El detenido estudio de estos huesos ha per-

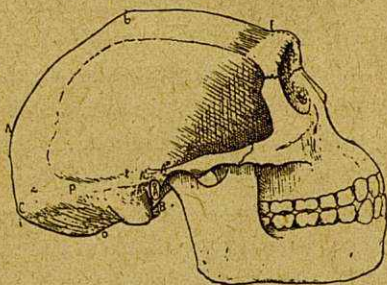


Fig. 73.—Ensayo de reconstitución del Pithecanthropo, según L. Manouvrier

mitido comprobar que el pitecantropo andaba de pie; el fémur es perfectamente humano. La capacidad craneana se ha evaluado en unos 1,000 centímetros cúbicos; la de los antropoides actuales es de 500, y la de los hombres de 1,500 por término medio.

Reconstituído el cráneo cuidadosamente se ve que pertenece á un ser muy superior á los antropoides é inferior al hombre (fig. 73); es, pues, un tipo intermedio bien definido.

No debe olvidarse que la tendencia, hoy lo mismo que en los tiempos pasados, á destruir los hombres salvajes y los monos superiores

(cada día más raros) ahonda las diferencias entre la forma humana y la de los simios.

No insistimos en detallar los estudios hechos acerca del Pitecantropo, ni los descubrimientos de restos humanos en los terrenos terciarios, porque estas materias se hallan magistralmente tratadas en otro volumen de esta colección (véase Engerrand.—*Nociones sobre las primeras edades de la Humanidad*).

40.—**España en el período terciario.**—Macpherson, el llorado maestro de la geología española, trazó magistralmente el cuadro de la situación de nuestro suelo en las diversas edades; suyos son los datos que siguen:

Al final de la edad primaria ó paleozoica, al Occidente de la Península, existía una gran cordillera, orientada de NO. á SE., que limitaba al S. el valle del Guadalquivir, cuyo límite N. no es fácil precisar. Esta cordillera, á la que se ha llamado *Herciniana*, fué la columna vertebral del territorio ibérico y el elemento principal de su orografía en el transcurso de la edad secundaria y parte de la terciaria. Durante esta última ocurren serios trastornos que cambian por completo la faz de la Península.

El mar, al final del período cretácico, se va retirando del centro de España, y en los tiempos eocénicos sólo queda sumergida la región del Pirineo y el valle del Ebro por el N., y por el S. casi toda la zona comprendida desde la región valenciana á los Algarbes.

Antes de terminarse el eocénico va acentuándose el relieve del Pirineo y el mar abandona casi el total de la Península. Por el S. también se acentúa la cordillera Bética, y se unen las islas que hasta entonces habían formado como núcleos de la actual cordillera litoral, constituyéndose en conjunto un relieve emergido, unido al Africa y separado de la Península por el estrecho miocénico que, á partir de la protuberancia formada por los cabos de la Nao y San Antonio, se extendía por el valle actual del Guadalquivir hasta la costa de la provincia de Huelva.

En aquel momento en el suelo ibérico se dibujaban los elementos principales de la actual orografía: aun formaba la arista peninsular aquella vieja cordillera Herciniana próxima á desaparecer; estaba emergido, en seco, el centro, y por el N. era un mar toda la cuenca del Ebro, limitada por la naciente cordillera Pirenaica á un lado y el borde de la meseta castellana al otro; por el Mediodía la cordillera Bética, recién formada, era continuación del Africa y la separaba de la meseta central el brazo de mar que, inundando la cuenca del Guadalquivir, enlazaba el Mediterráneo con el Atlántico. La extensa cordillera Bética se prolongaba abarcando en su línea el archipiélago balear.

Durante el período miocénico en la actual meseta central se forman grandes lagos: al oriente de la cordillera Herciniana hay uno

extenso que ocupa el valle del Ebro y parte de Cataluña, otro que invade gran parte de Castilla la Vieja y otro más al S., separado de éste por la tierra que había de ser cordillera Carpeto-vetónica (entonces un apéndice de la Herciniana), que se extendía por las actuales provincias de Cuenca, Madrid, Toledo, Albacete y Ciudad-Real. Al occidente del eje peninsular, ya en Portugal, también existían lagos de menor extensión pero de importancia geológica. Todos los lagos estaban á poca altura sobre el mar.

Al concluir la época miocénica la Península experimenta los más violentos trastornos que ha experimentado desde el final del paleozoico.

La cordillera Herciniana deja de ser la gran divisoria de las aguas, como si dijéramos la arista más saliente, y el relieve se dispone de tal modo que la divisoria se traslada hacia el Mediterráneo, siendo la pendiente brusca en tal dirección y muy lenta hacia el Atlántico. No obstante conserva el nuevo relieve paralelismo con el antiguo.

La nueva columna vertebral ibérica está formada desde entonces por una serie de montañas y de planicies elevadas. La cordillera Herciniana queda rota y el régimen de las aguas cambia por completo. Los lagos desaparecen y las aguas que vienen de la nueva divisoria, segmentan y arruinan la vieja cordillera constituyendo sus ruinas una de las regiones más ásperas de España y Portugal.

Mientras todo esto se realizaba, el mar iba abandonando lentamente la Península, aproximándose ésta á los límites de hoy; del valle del Guadalquivir eran desalojadas las aguas marinas gracias á los últimos plegamientos de la cordillera Bética; sólo quedaba por el lado del Océano un golfo desde la desembocadura de aquel río hasta las cercanías de Córdoba, donde se depositaron los últimos sedimentos terciarios de este valle.

Al fin de los tiempos terciarios ya tiene la Península su relieve actual, siendo las diferencias que se notan hasta la fecha insignificantes si se les compara á las de la época precedente.

41.—**Terrenos terciarios españoles.**— Ocupan el 34 % de la superficie de nuestro país, pero están repartidos con desigualdad, pues de esta cifra el 27 pertenece al miocénico.

El eocénico marino no se halla en el centro ni en la parte occidental de España; donde mayor importancia adquiere es en las provincias del N. y en la región andaluza.

El eocénico lacustre constituye extensa zona que comprende parte de las provincias de Navarra, Zaragoza, Huesca, Lérida, Barcelona y Gerona.

La extensión total del eocénico es de 23,500 kilómetros cuadrados próximamente.

Fórmanle calizas marmóreas y arcillosas, margas, areniscas y potentes masas de con-

glomerados, de que es espléndido ejemplo la montaña de Montserrat.

En Cataluña se explotan las margas eocénicas de Pobla de Lillet en la fabricación de cemento y tratan de utilizar las margas bituminosas de la misma formación. Tres localidades (aparte Montserrat) merecen especial mención: Cardona por su montaña de sal, que hemos descrito en la Mineralogía; Calaf por sus lechos de lignito; Tárrega por sus fósiles, que revelan una flora y una fauna muy ricas y notables.

En Andalucía las zonas están orientadas de E. á O., con dos horizontes bien definidos: uno formado principalmente por rocas arcillosas impregnadas de sal, metamorfoseadas por las erupciones ofíticas; otro constituido por calizas blancas, compactas, ricas en foraminíferos con vetas de arenisca glauconiana.

El terreno que ocupa mayor extensión en España es el miocénico; cubre las grandes llanuras esteparias que fueron un tiempo fondo de extensos lagos en los que se depositaron conglomerados y areniscas, arcillas yesíferas, ricas en sal con restos de mamíferos, y por último calizas compactas con abundantes moluscos de agua dulce.

En Andalucía predominan las calizas blancas plagadas de *Clypeaster*, *Ostras*, huesos de cetáceos. La molasa adquiere gran desarrollo en el N., donde contiene considerable cantidad de sal común, yeso y sulfato de sodio.

El Azufre de Hellín, el de Conil y el de Lorca se hallan en este terreno.

Hállanse también lignitos (ejemplo en la Cerdaña española). El cerro de Montjuich, donde se han hallado más de 200 especies de fósiles, es una excelente localidad del miocénico marino.

Localidad miocénica muy rica en fósiles, notabilísima, es Concud (Teruel).

El pliocénico forma depósitos de mucha menos importancia; sólo en la región mediterránea adquiere en algunos sitios grandes espesores. Se halla bien definido en algunos puntos costeros de Barcelona, Valencia, Murcia, etc.; pero donde adquiere mayor desarrollo es en las provincias de Almería, Málaga y litoral de Huelva, penetra por el valle del Guadalquivir hasta Sevilla donde se halla constituido por arcillas azules, margosas y arenosas, con fósiles muy abundantes.

VII

Período Cuaternario

42.—**Generalidades.**—Al comenzar este período el hombre habita en puntos muy distantes del Globo; fué, pues, testigo de las vicisitudes que ha pasado la Tierra desde entonces.

La mayor parte de los animales de hoy habitaban también con el hombre; sin embargo, especies hay compañeras de nuestros primeros antepasados, que han desaparecido, otras que han emigrado de las primitivas localidades que ocuparon; desde luego, la distribución actual de las especies es bien distinta de la pleistocénica.

No fueron muy grandes, en conjunto, los trastornos geológicos durante el período cuaternario; hubo algunas alteraciones locales y ciertas modificaciones en las costas del Mar de las Antillas, del oriente Mediterráneo, del litoral atlántico del Africa, etc.; son reminiscencias de los trastornos terciarios, y es sabido cuán difícil, mejor dicho imposible, es señalar el límite que separa estos dos períodos, precursores de nuestros tiempos.

La incoherencia de los materiales hace que el estudio de los depósitos cuaternarios sea muy difícil, y relacionar con exactitud los diversos países es punto menos que imposible.

Como fenómeno importante, el de mayor trascendencia de los tiempos pleistocénicos, señalaremos la enorme extensión de los hielos en el llamado período glacial; el deshielo produjo torrentes y ríos de gran caudal de agua y de extraordinario empuje que arrasaron y depositaron enorme masa de aluviones. En lagos y remansos, en el fondo de los valles inundados, se depositaron loess y barros, tan abundantes en algunas localidades,

donde tantos restos de animales y del hombre prehistórico se han encontrado. Mucha humedad, mucho arrastre de restos vegetales, produjeron activa formación de turba, y las turberas del final del pleistocénico también son depósitos en que abundan osamentas de animales y restos humanos.

En el interior de las grutas que sirvieron de habitación ó guarida, bajo la capa de caliza concrecionada del suelo, se hallan también grandes depósitos de restos, formándose á veces, cimentadas por el carbonato de cal, brechas huesosas.

A todas estas formaciones pasaremos rápida revista, prescindiendo de lo referente al hombre, que el lector verá ampliamente tratado en el tomito de Engerrand, *Primeras edades de la Humanidad*, perteneciente á esta misma Biblioteca.

43.—**Período glacial.**—No son bien precisas las causas, pero el efecto es indudable en las regiones septentrionales y latitudes medias de los continentes del N. El casquete de los polos avanzó exageradamente, y con el enfriamiento se extendieron muchísimo los fenómenos glaciares en derredor de las altas cordilleras.

La Península Escandinava quedó cubierta por un espeso manto de hielo, que se continuaba hasta Inglaterra y el N. de Alemania y que cubría igualmente las cordilleras europeas. Los glaciares de los Alpes llegaban

hasta Lyon; los del Pirineo, hoy tan reducidos, por la parte de Francia se extendían hasta mitad del Rosellón.

En el Himalaya ocurría lo propio; había glaciares mil metros más bajos que los actuales, y todo el N. de Asia estaba cubierto de hielo. El fenómeno se repetía con igual intensidad en América del N.

Este período debió ser de gran duración, y en su transcurso hubo muchas oscilaciones de disminución y recrudescimiento.

Con el hielo avanzaron las especies polares, invadiendo hasta zonas hoy muy templadas y algunas de países cálidos se fueron habituando al frío; hubo elefantes cubiertos de largas crines y tupido pelo que les defendía del frío. La retirada de los hielos influyó notablemente en la distribución de las especies.

44.—**Depósitos diluviales.**—Tras de la invasión de los hielos, al elevarse la temperatura, aquella inmensa cantidad de agua sólida, liquidándose, motivaría la formación de corrientes caudalosas y el relleno de algunos valles que quedarían convertidos en lagos. En todo el hemisferio, antes cubierto de hielo, se producirían grandes depósitos de aluvión y sedimentos lacustres, en un tiempo larguísimo durante el que se abrieron los valles actuales y fué tomando la Tierra su aspecto presente.

Los depósitos diluviales de las diversas regiones no son contemporáneos, ni son obra de unos cuantos días, ni existen en todas las co-

marcas del Mundo; la tradición de un diluvio universal nada tiene que ver con el período diluvial de la Geología, es resultado de universalizar un pueblo lo que pasó en su comarca y en muchas comarcas en diversos tiempos.



Fig. 74.—Esqueleto de *Dinornis* comparado con el del hombre.

Estos aluviones se hallan constituidos por cantos rodados de diverso grosor, gravas y capas de arena y de lodo en desorden, sin regularidad en el depósito, si bien las capas superiores suelen ser arcillosas y rojas (diluvium rojo de los antiguos) y las inferiores grises (diluvium gris).

45.—**Fauna cuaternaria.**—Prescindimos de los grupos zoológicos inferiores, ya representados por las mismas especies de hoy, y nos limitaremos á

indicar aquellas formas de grandes vertebrados que fueron contemporáneos de la especie humana en sus albores y han desaparecido ya.

Eran, por ejemplo, abundantes unas aves curiosas, los *Dinornis* (fig. 74) cuyos esqueletos fósiles, pertenecientes á 12 especies distintas, se encuentran en Nueva Zelanda. De talla muy

elevada, pues alcanzaban la altura de 4 metros, carecían de alas, tenían plano el esternón y las patas, que eran muy poderosas, estaban provistas de tres dedos con uñas ganchudas. Se cree que los *Dinornis* vivieron hasta época muy reciente; los maoris de Nueva Zelanda conservan su recuerdo; les llamaban *moas*. Se han encontrado huevos de estas aves que debieron ser excelentes corredoras.

Aun de mayor talla que los *Dinornis* eran los *Epiornis*, cuyos esqueletos se encuentran en terrenos recientes de Madagascar; los huevos tenían una capacidad de 8 litros.

En Australia vivían los mismos animales que hoy, los marsupiales; sin embargo, había en los tiempos cuaternarios especies gigantes, como por ejemplo el *Diplostodon*, que tenía el tamaño de un hipopótamo; su cráneo era de un metro de longitud y con los colmillos podía echar á tierra árboles gruesos.

Los mamíferos eran muy distintos en el Viejo que en el Nuevo Mundo; nos limitaremos aquí á indicar los más importantes de los primeros y trataremos en párrafo aparte de los americanos.

Al comenzar el período cuaternario los elefantes eran abundantísimos. El elefante meridional del plioceno vivía aún; había especies gigantes, como el *Elephas antiquus*, de 4 metros y medio de altura, y otras pequeñísimas, como uno hallado en Malta, que apenas llega á un metro. Pero la especie más importante, la

característica de aquellos tiempos es el *mamut* ó *Elephas primigenius*; se parecía al de las

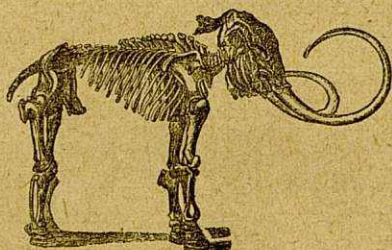


Fig. 75.—Esqueleto del mamut (elefante cuaternario)

Indias actual, del que difiere por su altura (de 3 metros y medio), por sus largos colmillos muy encorvados (fig. 75) y por el pelo espeso que cubría su cuerpo (fig. 76).

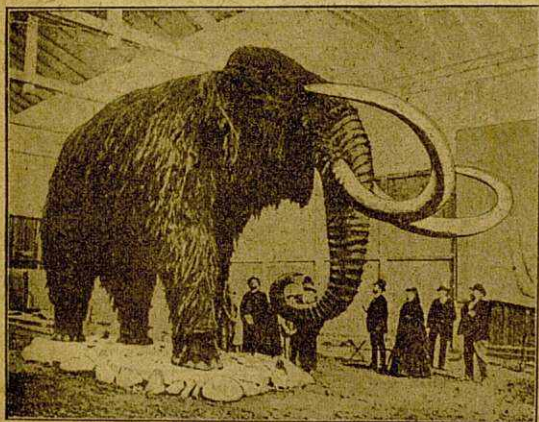


Fig. 76.—Mamut restaurado en San Petersburgo, muy reducido, según A. Robin: *La Terre* (edit. Larouse)

Se han encontrado multitud de esqueletos de mamut en Europa, en Asia y aún en América, hasta el extremo de comerciarse el marfil de sus colmillos.

Fué interesantísimo el hallazgo de mamuts conservados en el hielo, al N. de Siberia, en 1799 y en 1845. El primer ejemplar descubierto estaba entero; su carne fué devorada por los lobos: ¡un banquete con carne prehistórica! Después se descubrieron muchos más; un verdadero depósito frigorífico.

También ha desaparecido el Elasmoterio, un intermediario entre los elefantes y los rinocerontes, animal de gran talla que tenía una trompa muy corta y un cuerno largo.

Había en el período cuaternario verdaderos rinocerontes, pero no existían las especies actuales; uno de ellos tenía dos cuernos de más de un metro de longitud. También se encontró un ejemplar entero de rinoceronte en los hielos de Siberia y estaba, como el mamut, cubierto de largo pelo. Sin duda aquellos animales, que hoy viven en países cálidos y tienen la piel desnuda, se habían adaptado poco á poco al clima frío. Es notable el hecho que los elefantes y rinocerontes actuales al nacer tienen pelos largos, como sus antepasados del N. del Asia, y los pierden pronto.

Con la invasión de los hielos, descendió el reno polar hasta el S. de Europa.

Entre los rumiantes debemos citar el ciervo megácero (fig. 77) del que se han encontrado

esqueletos completos en las turberas de Dinamarca y de Irlanda.

Junto á los restos humanos no es raro hallar huesos del oso de las cavernas, cuyos esqueletos enteros han podido convencernos de que difiere muy poco de los osos actuales.

El Maquerodo, que ya vivía en la época



Fig. 77.—Cervo megácero

miocena, se halla también en el cuaternario con las panteras y los leones, que no eran raros en las selvas europeas. En las cavernas hállanse huesos de una hiena, mezclados con los del hombre.

46.—**Mamíferos cuaternarios de América.**—Hay ciertos fósiles cuaternarios comunes al Antiguo y al Nuevo Mundo. En América del N. se ha encontrado el mamut con

osos y caballos semejantes á los del cuaternario de Europa; en cambio no se hallan rinocerontes, ni hipopótamos, ni hienas.

Es nota interesante la presencia en el cuaternario americano de un mastodonte (fig. 78),

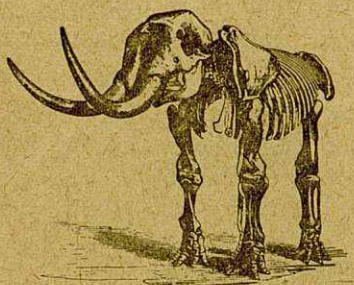


Fig. 78.—Mastodonte americano

pero la diferencia mayor está en la abundancia allí de gigantescos desdentados que por acá no se encuentran.

Los desdentados actuales son el armadillo, el oso hormiguero,

el perezoso, todos de tamaño pequeño; los cuaternarios son gigantescos. Hicieron su aparición estos animales en el eocénico.

Al mismo tiempo vivían en América del S. el elefante americano, marsupiales, castores, leones, osos, etc., con grandes desdentados (Megaterio, Gliptodon, Milodon, Megalonix). Existían los caballos, de los que se conocen seis especies, que debieron extinguirse por completo, pues los caballos actuales de aquel país proceden de los que importaron los españoles.

Es en el terreno de las Pampas donde estos fósiles interesantísimos se han encontrado. Aquellas inmensas planicies se hallan formadas por limo y toba caliza cuaternaria; hay

localidades en las que son abundantísimos los fósiles de mamíferos: castores, caballos, tapiros, mastodontes, llamas, lobos, panteras y monos; pero los verdaderamente excepcionales son los desdentados.

El Megaterio (fig. 79) tenía 4 á 6 metros de longitud y dos y medio de altura; el primer esqueleto encontrado en la Argentina hace más

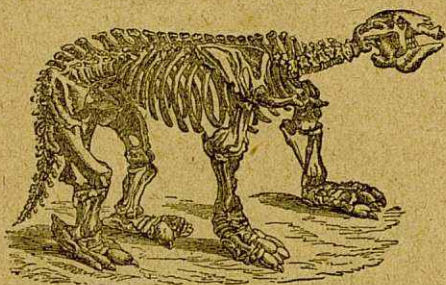


Fig. 79.—Esqueleto de megaterio: desdentado gigantesco que vivía en América del S. en la época cuaternaria.

de un siglo, está en el Museo de Historia Natural de Madrid; hay notables esqueletos de este gran mamífero y de muchos otros americanos en el famoso Museo Botet de Valencia. Se cree que el megaterio se erguía sobre las patas de atrás apoyándose en la cola, que es formidable, pudiendo así llegar á las ramas de los árboles. Las patas están armadas de poderosos garfios, sin duda usados para excavar el suelo.

Los gliptodontos eran enormes armadillos, cubiertos por grueso caparazón formado de piececitas calizas muy regulares que asemejan

á los mosaicos romanos (figs. 80 y 81). Su dentición es de herbívoro.

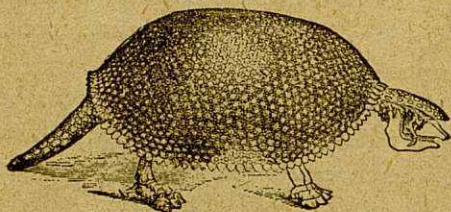


Fig. 80

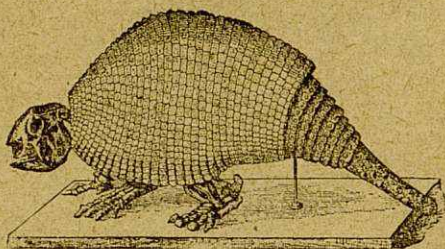


Fig. 81

Dos especies de *Glyptodontos*

El *Milodon* (fig. 82) se parecía al megaterio pero era de menor talla. Hace pocos años se creyó encontrar en Patagonia restos de este animal cuaternario; los vestigios hacían presumir que vivía ó había vivido muy recientemente en aquellos parajes y se dió á este superviviente el nombre de *Neomylodon*.

47.—**Depósitos en las cavernas.**— Las grutas y cavernas son un magnífico arsenal de restos cuaternarios. En sus diversos departa-

mentos, bajo una capa, á veces espesa, de limo rojizo, arenas y cantos rodados, arcilla y cenizas, que oculta gruesa costra de caliza concrecionada, existen restos humanos y de

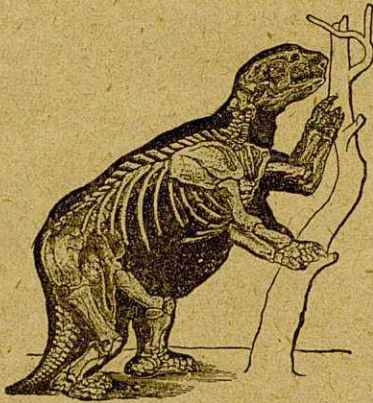


Fig. 82.—Mylodon

animales pleistocénicos, en profusión extraordinaria en ciertas grutas. Una de las más notables, ó mejor conocidas, la de Gailenreuth (Alemania), ha proporcionado más de 800 esqueletos de oso de las cavernas, además de abundantes huesos de hienas, rinocerontes, ciervos, bueyes, y hasta elefantes (fig. 83).

Hay cavernas en que los restos parecen depositados por las corrientes, y el limo del suelo tiene sin duda el mismo origen; pero en otras aparecen los esqueletos de animales carnívoros que debieron habitarlas, junto á grandes montones de herbívoros, que constituían el ali-

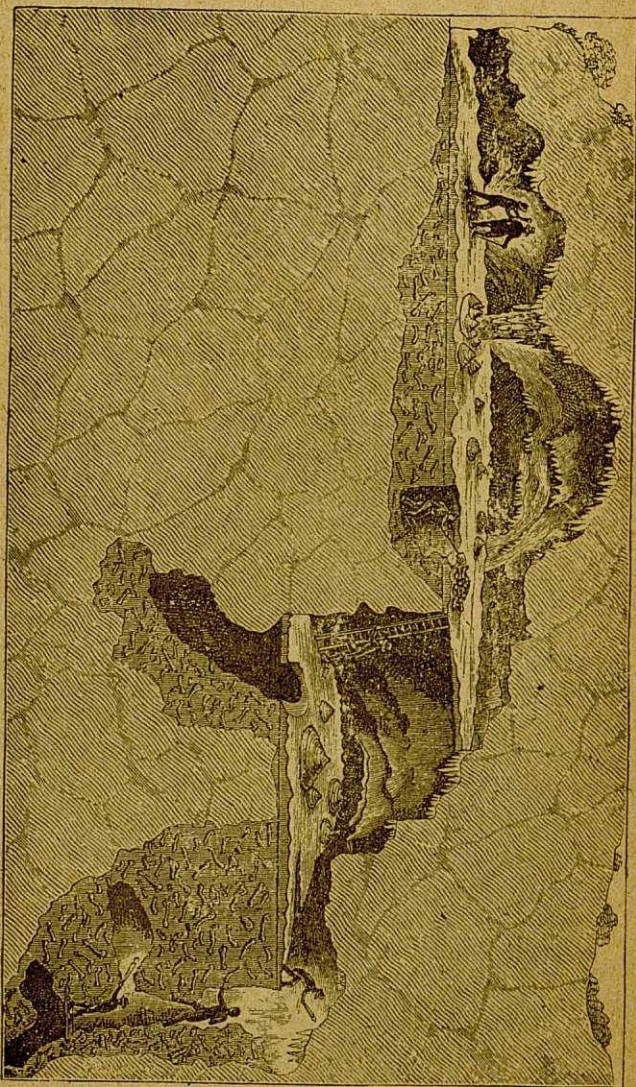


Fig. 83.—Corte de la caverna de Gailenreuth (Alemania)

mento de los primeros, y en los huesos de las víctimas se observan las dentelladas producidas por los colmillos de las fieras.

En las cavernas de Inglaterra abundan principalmente los esqueletos de hiena.

Muchas veces, en medio de esas osamentas, aparecen huesos del esqueleto humano, y aun esqueletos completos con instrumentos de los que usaba el hombre prehistórico.

El estudio de las brechas huesosas formadas en estas cavernas es, particularmente, instructivo.

48.—**Las épocas glacial y diluvial en España.**—El glaciario parece haber sido bastante intenso en España durante el comienzo del período cuaternario. Hay de ello señales evidentes en los Pirineos y en las montañas cantábricas. La cordillera Cárpeto-Vetónica debió estar cubierta completamente de hielo.

De los lagos terciarios quedaban como resto grandes lagunas en diversos puntos de la Península, y muchos de los glaciares morían en estos depósitos de agua; por eso no aparecen claramente las morainas terminales con sus típicos materiales. Así debió suceder en el Centro de la Península. Sobre los sedimentos de una de aquellas lagunas, está Madrid edificado; en las montañas próximas se ven señales numerosas del paso de los glaciares, y el final de éstos no aparece.

El mismo fenómeno se observa en Andalu-

cía; los gruesos cantos de las colinas de la Alhambra tienen caracteres dudosos, como si fueran restos glaciares depositados en la gran laguna que durante el cuaternario ocupaba la extensa vega de Granada. En Lanjarón existen vestigios de un gran glaciar, á igual altura próximamente que los depósitos de la Alhambra. La moraina terminal de este glaciar está constituida por un depósito de cantos angulosos ó pulimentados y estriados de todos tamaños, unidos por un limo blanquecino, que ocupa una extensión de 2 kilómetros; en su parte más baja se halla á 700 metros sobre el nivel del mar, y la más alta á 1,000. Ascendiendo desde la moraina terminal, se ven las paredes de las rocas pulidas y estriadas hasta considerable altura. Las dimensiones del glaciar de Lanjarón debieron ser muy grandes, pues desde la moraina terminal á la línea de aguas vertientes, hay una distancia de 15 kilómetros.

En Portugal se ha demostrado la existencia de fenómenos glaciares cuaternarios en derredor de Sierra de la Estrella.

Los depósitos diluviales ocupan en España tres regiones principalmente: una al S. de la Cordillera Cantábrica; otras dos al N. y al S. de las sierras del Guadarrama y Gredos. Se les suele asignar en España una extensión de 50,000 kilómetros cuadrados, pero la cifra es muy problemática. Hay, con seguridad, confundidos en este grupo, terrenos de procedencias diversas.

49.—**Grutas y Cavernas españolas.**— Hay, en muchos puntos de la Península, grutas y cavernas muy notables excavadas por la acción de las aguas, ó por lo menos cubiertas de concreciones calizas que el agua depositó. Estas grutas, cuya formación es bien conocida, encierran depósitos abundantes bajo espesas capas de estalacmitas, y en estos depósitos, con extraordinaria frecuencia, se hallan en cantidad enorme huesos de animales varios y utensilios de las primeras edades del hombre.

En ningún punto de España tienen las grutas la majestad ó la hermosura que en Baleares; son bien conocidas las grutas del *Drach*, cerca de Manacor, y las de Artá.

Son escasos los restos hallados en las grutas del *Drach* y de Artá, el Sr. Lozano halló en las primeras huesos de jabalí cubiertos por concreciones calizas.

En cambio, son muchas las grutas ibéricas que contienen esqueletos de mamíferos y restos de las primeras industrias humanas; citaremos las más importantes:

La de Paspalló (provincia de Valencia), explorada por el Sr. Vilanova: encontraron en ella dientes de caballo y de toro, mandíbulas y astas de ciervo, huesos de conejo, conchas de los peregrinos, caracoles y cuchillos de pedernal.

Cova-negra, entre Bellús y Játiva; se han encontrado en ella instrumentos de pedernal, dientes de caballo, huesos de tortuga y conchas.

Cueva de las Maravillas (en Gandía) y la de San Nicolás, en territorio de la Ollería: contienen utensilios humanos de pedernal, mezclados con huesos de diversos animales.

Es notable en extremo la de Altamira, situada en término de Santillana (provincia de Santander): ha proporcionado multitud de huesos, dientes, muelas y cuernos; un esqueleto casi completo de oso de las cavernas, y objetos de piedra y hueso tallados por el hombre. Algunos naturalistas conceden gran importancia á las pinturas toscas que se encuentran en algunas galerías; otros las creen modernas.

No lejos se encuentra la cueva de Cabalejo, que también contiene restos prehistóricos.

También es notabilísima, por los restos que ha proporcionado, la de Serinyá (Gerona), que ha sido explorada minuciosamente y muy bien descrita por el farmacéutico Sr. Alsius.

En la misma provincia hállase la estación prehistórica del Puig de las Ánimas, perteneciente al término de Caldas de Malavella, que ha sido descrita por el distinguido ingeniero de minas Don Luis Mariano Vidal, y que ofrece gran interés; aun cuando no sea una cueva ó abrigo natural, bien merece ser citada, porque en ella se han hallado: cuchillos de pedernal, puntas de lanza, flechas de sílex, objetos de hueso, restos de ciervo, buey, caballo, cerdo, etc.

Al Dr. Zubia, profesor de Historia Natural

que fué en el Instituto de Logroño, se debe la exploración de las cavernas de Sierra Cebo-llera (Logroño), en las cuales se encontraron abundantes huesos de mamíferos, instrumentos de pedernal y huesos con toscos dibujos.

En Torrecilla de Cameros hay una cueva (la llamada Lóbrega), de la que se extraen objetos de cerámica, huesos humanos y de animales domésticos.

El Sr. Vilanova halló en la gruta de la Roca, en Orihuela, muchos huesos humanos, dientes y huesos de caballo, ciervo y otros mamíferos. Posteriormente, el Sr. Moreno (Don Santiago) descubrió y describió varios otros yacimientos en las cercanías del anterior.

Por un cazador que perseguía á un conejo, fué descubierta la entrada de una grandiosa gruta cerca de Torroella de Montgrí, en la montaña *Gran*, que ha proporcionado á la ciencia numerosos restos, gracias á la ordenada exploración que hicieron los Sres. Mascort (Don Baldomero) y Pascual (D. José).

Se ha hecho también famosa la cueva de *la Mujer*, situada en Alhama de Granada, y cuya exploración se debe al Sr. Macpherson (Don Guillermo), quien recogió multitud de objetos de pedernal, punzones, agujas, colmillos tallados, carbón, huesos y dientes de toro, ciervo, varios roedores, diferentes aves, cráneos humanos, etc., etc., todo lo cual se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid.

El Sr. Vilanova dice de esta gruta en una de sus obras:

«Consta la cueva de la Mujer, abierta en los bancos calizos del terreno jurásico de Alhama de Granada, de dos secciones: la superior, en la que el citado arqueólogo encontró, á o'50 de profundidad, varios pedazos de carbón, hallazgo que le sirvió de acicate para proseguir la exploración de aquel centro, en cuya primera capa tuvo la fortuna de encontrar mucha cerámica, parecida por su aspecto y dibujos á la de la Cueva Genista de Gibraltar y á la de Albuñol. El barro es negruzco por dentro y de coloración algo rojiza al exterior, debida en parte al ocre de que se servían aquellos artífices, como lo acredita el hallazgo en la misma cueva de algunos fragmentos de este mineral y hasta trozos de arcilla amasada y como si estuviera dispuesta para dicha industria. A más de esto, encontró el afortunado explorador muchos cuchillos y astillas de pedernal, como si fuera aquello un verdadero taller de objetos proto-históricos, figurando entre ellos varios adornos ó amuletos, punzones y agujas, un diente perforado y varios colmillos de mamíferos cortados en distintas direcciones, huesos y dientes de toro, ciervo, varios roedores y aves; todo ello junto con restos humanos, entre los cuales sobresalían cráneos y varias mandíbulas notables: el cráneo que regaló á la Historia Natural de Madrid, por su pronunciada dolicocefalia, y los restantes hue-

sos por apartarse en sus detalles de los característicos de las razas europeas actuales.

Cerca de la galería abovedada de la parte superior de la cueva, á cosa de un metro de profundidad, se encontró también un frontal y parte de un parietal humanos, análogos por sus dimensiones y aspecto á los de Gibraltar.

Forman parte de la lista de objetos descubiertos en el interior de esta gruta, gran número de huesos de animales partidos á lo largo, como para extraer el tuétano, según se observa en otras muchas estaciones de este período, de donde puede sospecharse, con algún fundamento, que dicha caverna, más que funeraria, fué lugar escogido por aquellos aborígenes para habitación, y no por pocos días, sino por largo espacio de tiempo.

Completan el botín, por aquel explorador recogido, varias conchas marinas, tales como *Pecten*, *Cassis*, etc., y como objeto interesante de adorno, un *Pectunculus* de gran tamaño convertido en brazaletes, reduciéndolo por fricción á un aro.

También hay que añadir á los objetos hallados en aquel interesante depósito, varias piedras grandes removidas y como toscamente talladas, otras que hubieron de servir para hogar, por lo ennegrecidas que estaban; algunas que debieron emplearse para afilar los instrumentos pulimentados, y aun para dar brillo á los objetos de cerámica.

Tales son los tesoros de la Cueva de la Mujer, encontrados y perfectamente descritos en dos Memorias por el Sr. Macpherson, quien los regaló en su mayor parte al Gabinete de Historia Natural».

No menos conocidas y famosas son las grutas de Gibraltar, que citan todas las obras de *Prehistoria* y que han sido objeto de notables publicaciones.

En la provincia de Segovia, término de Navares de Ayuso, se descubrió hace años una cueva llamada Solana de la Angostura, y en su interior muchos esqueletos humanos.

Débase al Sr. Rodríguez Ferrer la descripción de la gruta de Aizquirri, situada cerca de Oñate, en la que se han hallado huesos de oso en gran cantidad, mezclados con los de otros animales, pero ninguna muestra de que fuera habitada por el hombre.

Y en diferentes otros puntos de nuestro país, hay depósitos análogos, los unos á medio explorar y los otros sin haber sido objeto de exploración científica; que en esto, como en todo á lo que la Naturaleza se refiere, muestra la tierra ibérica sin igual riqueza y extraordinaria fecundidad; ¡ojalá correspondiera en la misma medida á la esplendidez de la Naturaleza la paciente y sabia labor de los hombres!

Sucesión de los terrenos geológicos

Como resumen de las páginas anteriores, en que se describen las edades diversas por que ha pasado la Tierra en su fase planetiforme, copiaremos aquí el cuadro de la sucesión de los terrenos, con los fósiles característicos de cada uno y la composición petrográfica. El orden que seguimos es de abajo arriba:

EDAD ARCAICA.

Sistema *Laurentino* ó del gneiss primitivo.

Le constituyen, además del gneiss, cuarcitas, calizas cristalinas y grafito.

El grafito se considera de origen orgánico; en las calizas se ha encontrado el *Eozoon Canadense*, considerado como foraminífero.

Sistema *Huroniano*, ó de las pizarras primitivas.

Micacitas, pizarras arcillosas, talcitas, calizas, cuarcitas.

Raras algas, graptolites aislados (*Oldhamia*), algunos restos de crinoideos.

EDAD PALEOZOICA, Ó PRIMARIA.

Sistema *Silúrico* (comprendido el *Cámbrico*).

Le constituyen petrográficamente: pizarras arcillosas, pizarras graptolíticas, cuarcitas, calizas y grauwackas.

Paleontológicamente, le caracterizan los trilobites, graptolites, bilobites y cefalópodos nautilídeos.

Sistema *Devónico*.

Grauwackas, calizas, pizarras.

Peces ganoideos y acorazados; *Spirifer*, *Clymenias*, *Goniatites*, *Calceola*, *Cypridina*, etc., caracterizando diversas zonas. Aparecen los primeros insectos y miriápodos.

Sistema *Permo-carbonífero*.

Calizas, grauwackas, pizarras arcillosas y síliceas, hulla, conglomerados, areniscas.

Período de las criptógamas vasculares; desaparecen los trilobites; máximo de crinoideos y de braquiópodos; aparecen los anfibios; principian los Ammonites. Coníferas.

EDAD MESOZOICA Ó SECUNDARIA.

Sistema *Triásico*.

Areniscas, calizas, dolomía, yeso, sal común, margas irisadas, lignitos.

Cicadeas y coníferas; labirintodontos; reptiles batracoides (*Mastodonsaurus*); ammonites; aparición de las aves y mamíferos.

Sistema *Jurásico*.

Pizarras bituminosas, caliza oolítica ferruginosa, arcillas y areniscas de color pardo, calizas blancas, margas, caliza oolítica.

Corales constructores de arrecifes; ammonites y belemnites; ictiosauros, plesiosaurus y terodáctilos; primeros peces óseos; marsupiales.

Sistema *Cretácico*.

Arenas verdes, creta, carbón, margas, arcillas, creta margosa, tobas.

Muchas esponjas y muchísimos foraminíferos; rudistas y ammonites no arrollados, primeros árboles angiospermos. *Iguanodon*, *Hesperornis*.

EDAD NEOZOICA.

Sistema Terciario.

Eocénico.—Caliza grosera, yeso, arcilla y arenisca. Nummulites; mamíferos (*Paleotherium*, *Anoplotherium*, *Xiphodon*); flora tropical.

Miocénico.—Caliza lacustre, areniscas, conglomerados, arcilla y margas. Grandes mamíferos (*Mastodonte*, *Dinotherium*). Palmeras, olmos, secuoyas, abedules, magnolias, higueras, laureles, etc.

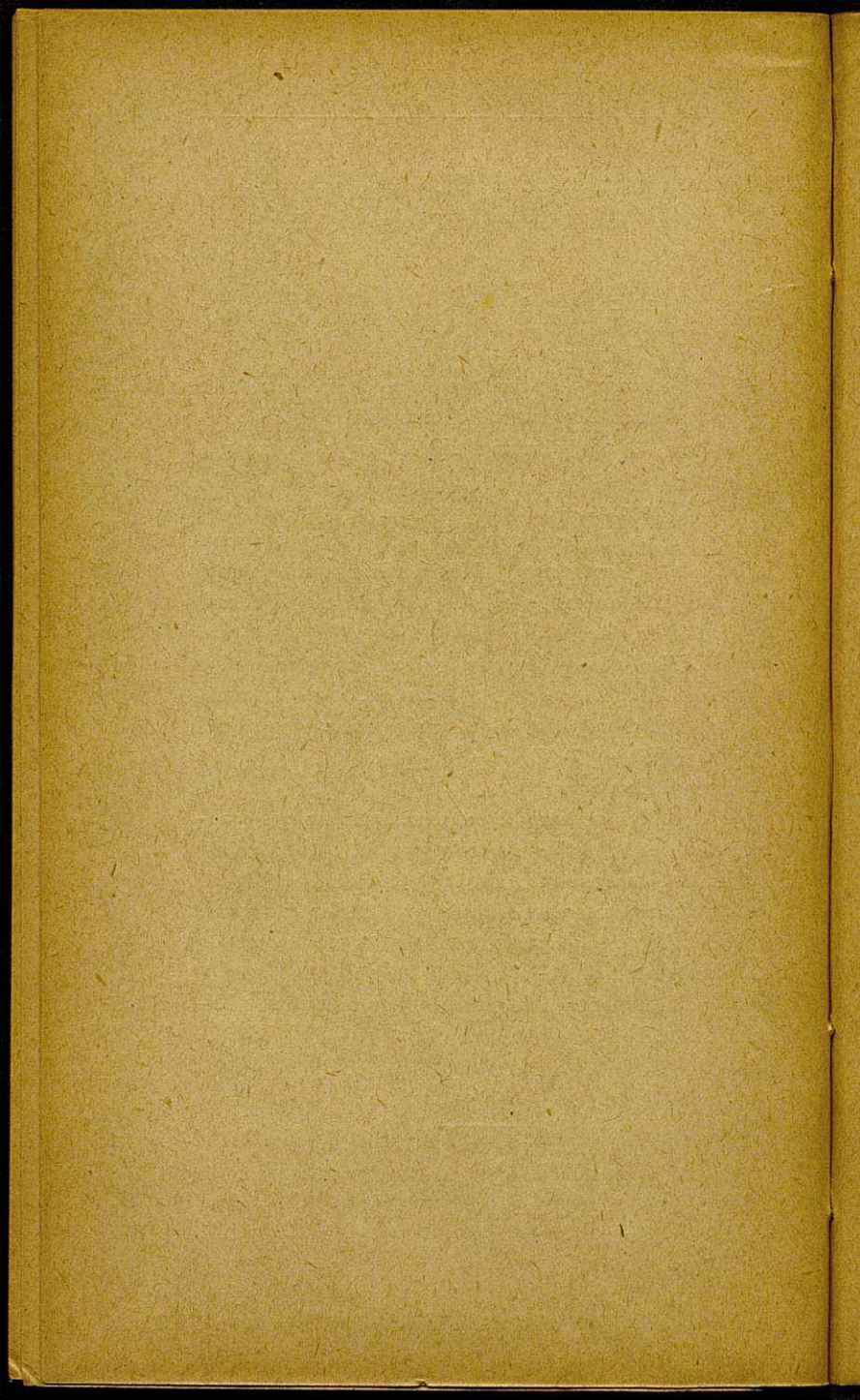
Pliocénico.—Margas grises, conglomerados huesosos, areniscas. Elefantes, osos, rinocerontes, ciervos, monos. Primeros vestigios del hombre.

Sistema Cuaternario.

Aluviones, limo de las cavernas, moles erráticas, depósitos de arenas y gravas, brechas huesosas, arrecifes de coral.

Mammuth, rinocerontes, oso de las cavernas, caballo, ciervo, reno, etc. El hombre con sus industrias.

En América: Megaterios, Gliptodontos y Mylodon.



ÍNDICE

EDADES DE LA TIERRA

	Págs.
I.— <i>Génesis y evolución del sistema solar</i>	5
Clasificación de los astros	5
Formación de los planetas y satélites.	8
Experimento de Plateau	10
Composición del sistema solar	11
Épocas cosmogónicas de nuestro sistema	13
Palabras de Laplace	14
II.— <i>Evolución general de la Tierra</i>	20
Fases cosmogónicas	20
Evolución planetaria	21
Evolución de los seres vivos.	23
Edades de la Tierra; criterio con que se establecen.	25
Correspondencia entre las edades de la Tierra y las fases cosmogónicas.	28
Formación de los relieves terrestres	33
III.— <i>Edad Arcaica</i>	37
Terrenos Arcaicos	37
Comienzo de la vida orgánica	40
IV.— <i>Edad Paleozoica ó Primaria.</i>	42
Caracteres generales	42
La Tierra durante la edad Paleozoica.	43
Flora Paleozoica	47
Fauna Paleozoica	53
Distribución de los terrenos silúricos y devónicos.	63

	Págs.
Extensión del carbonífero	65
Carbonífero español.	67
V.— <i>Edad Mesozoica ó Secundaria</i>	70
Caracteres generales	70
La Tierra en los tiempos mesozoicos	73
Flora secundaria.	78
Fauna secundaria: Ammonites y Belemnites	80
Otros invertebrados secundarios	84
Peces y Reptiles.	88
Aves y Mamíferos	93
Triásico y jurásico en España	95
Cretácico español	98
VI.— <i>Período Terciario.</i>	101
Caracteres generales	101
Actividad de la Tierra en este periodo	102
Flora terciaria	104
Invertebrados terciarios	108
Peces, reptiles y aves	111
Mamíferos eocénicos	113
Mamíferos miocénicos.	116
Mamíferos pliocénicos.	117
El Pitecantropo	118
España en el período terciario	120
Terrenos terciarios españoles	123
VII.— <i>Período Cuaternario</i>	125
Generalidades.	125
Período glacial	127
Depósitos diluviales	128
Fauna cuaternaria.	129
Mamíferos cuaternarios de América	133
Depósitos en las cavernas	136
Las épocas glacial y diluvial en España.	139
Grutas y Cavernas españolas	141
VIII.— <i>Sucesión de los terrenos geológicos.</i>	147
Edad Arcaica.	147
Edad Paleozoica ó Primaria.	147
Edad Mesozoica ó Secundaria	148
Edad Neozoica	149



PUBLICACIONES

DE LA

ESCUELA MODERNA

— 25 —

La enseñanza libre resultará estéril mientras los programas no tengan por fundamento una biblioteca formada expresamente. Atendiendo á esta importantísima consideración, la ESCUELA MODERNA, tanto para sí como con el propósito de ayudar á las que se establezcan con análogo fin, ha fundado su Biblioteca, para la cual ha publicado ya las obras siguientes:

Cartilla (Primer libro de lectura). Dedicado á la enseñanza racionalista de niños y adultos; contiene, además de la enseñanza del mecanismo de la lectura fundado en un sistema original, una aplicación práctica del conocimiento recién adquirido, en que se expone de modo conciso y sencillísimo la existencia del universo.

Las Aventuras de Nono (Segundo libro de lectura), por JUAN GRAVE, traducción de A. LORENZO, 2.^a edición con prólogo del traductor. Destinado á robustecer el sentido común inicial en la inteligencia de los niños y á que rechacen la preocupación estacionaria.

León Martín La miseria, su causa, su remedio, por CARLOS MALATO. (Otro segundo libro de lectura). Es este librito como una exposición de la eflorescencia intelectual de la infancia, racionalmente desarrollada por el sentido común.

Preludios de la lucha (Otro segundo libro de lectura), por F. PI y ARSUAGA, con notas editoriales. Exposición clara y precisa de las injusticias sociales que sufre la humanidad.

El Niño y el Adolescente
DESARROLLO NORMAL.-VIDA LIBRE. (Otro segundo libro de lectura), por MICHEL PETIT, dedicado á los alumnos de la Escuela Moderna. Indispensable á las madres de familia.

Sembrando flores (Otro segundo libro de lectura), por FEDERICO URALES. Hermosísimo poema de la vida, tan delicioso como instructivo.

Primer Manuscrito Interesante correspondencia escolar, y varios modelos de dictados.

Epítome de Gramática Española por FABIÁN PALASÍ. Segunda edición. Obra exenta de sofismas religiosos y sociales, abundantes, como ejemplos, en los libros análogos de la enseñanza rutinaria. Con notas editoriales

Aritmética Elemental para Niños por FABIAN PALASÍ. Nociones generales, primera y segunda parte y ejercicios prácticos. Método de fácil adaptación á la inteligencia infantil.

Elementos de Aritmética Dos tomos (*Volúmen de los principiantes*). LA NUMERACIÓN Y LAS CUATRO REGLAS, por CONDORCET.—LOS PRIMEROS PRINCIPIOS DE LA ARITMETICA, por PARAF-JAVAL.—EJERCICIOS, por HENRY VOGT. Demostración de que la base de las matemáticas es experimental y que su objeto es utilitario. (*Volúmen del curso medio*), por PARAF-JAVAL. Contiene las materias que se han de enseñar en las clases elementales y superiores de las escuelas primarias.

Resumen de Historia de España por NICOLÁS ESTÉVANEZ con notas editoriales y un apéndice de VOLNEY sobre *La Historia*, á propósito para generalizar la crítica histórica y desvanecer prejuicios nacionalistas.

Pequeña Historia Natural por ODÓN DE BUEN. Dos tomos. Resumen á propósito para las escuelas libres.

Patriotismo y Colonización (Tercer libro de lectura). Instruídos los alumnos por la lectura anterior acerca de la diferencia entre la sociedad real y la ideal, en éste hallarán base segura para abominar la defensa de intereses mezquinos.

Segundo Manuscrito Facilita la lectura de los múltiples caracteres de letra usados en la vida práctica, y secunda en la parte que le corresponde el criterio de la verdad.

Origen del Cristianismo (Cuarto libro de lectura). Crítica positiva é irrefutable, que ilumina la inteligencia del alumno, si no en la infancia, después, hombre ya, cuando intervenga en el mecanismo social; utilísimo además por no dirigirse exclusivamente á las escuelas primarias, sino también á las libres escuelas de adultos.

Geografía Física por ODÓN DE BUEN, prefacio de Elíseo Reclus. Descripción científica del Mundo, necesaria para formar idea clara del planeta que habitamos, base obligada del estudio de la Naturaleza.

Compendio de Historia Universal © por CLEMENCIA JACQUINET ©
Tomo I. Tiempos prehistóricos hasta el Imperio Romano © Tomo II. Edad media y Tiempos modernos © Tomo III. De la Revolución francesa hasta nuestros días. Lectura indispensable para los niños de ambos sexos, como inspirada en la moderna pedagogía; utilísima para los adultos, por ser un resumen histórico, concienzudo, breve y verídico.

Mineralogía por ODÓN DE BUEN. El autor, inspirándose en un criterio experimental y biológico, demuestra que los minerales son seres de la Naturaleza, que cambian y evolucionan, como todo.

Petrografía y Vida actual de la Tierra por ODÓN DE BUEN. Cuarto volumen de la colección de las Ciencias naturales en la Escuela Moderna.

La Substancia Universal por A. BLOCH y PARAF-JAVAL, traducción de A. LORENZO. (Lectura verdaderamente racional y positivamente instructiva).—Última palabra de la ciencia; resumen de la filosofía natural; obra útil para fijar las ideas de los maestros y suministrar base racional y científica á sus conocimientos, é iniciar á los alumnos en la vía de la verdad.

Nociones de idioma Francés por LEOPOLDINA BONNARD.—Método producto de la práctica y de la experiencia, sancionado además por el éxito, y adaptado á la generalidad de las condiciones de los alumnos.

Psicología Étnica por CH. LETOURNEAU. (Traducción de A. LORENZO). Cuatro tomos. Importantísimo estudio científico-sociológico que explica racionalmente y sin nebulosidades metafísicas la historia de la humanidad.

Evolución Super-orgánica (La Naturaleza y el Problema social) por ENRIQUE LLURIA; prólogo de S. RAMÓN Y CAJAL y notas editoriales. Demostración de que la Sociología sigue la ley de la Evolución.

Nociones sobre las primeras edades de la Humanidad por GEORGES ENGERRAND.—Esta obrita es un estudio breve y completo de la ciencia prehistórica. Utilísima á las personas deseosas de poseer conocimientos sobre hechos comprobados por la ciencia.

Humanidad del Porvenir ^{por} EN-

RIQUE LLURIA, epílogo de CARLOS MALATO. Jamás aparecieron, como en esta obra, aliados en tan estrecha y feliz conjunción, los datos irrefutables de la ciencia positiva y las especulaciones ideales por los amplios horizontes del progreso futuro.

Botiquín Escolar ^{por A. MARTÍNEZ} VARGAS. Auxilios

que deben prestarse á los niños cuando sufren perturbaciones en la escuela; tratado útil para los profesores y también para las madres de familia.

Cantos de la Escuela Mo- derna ^{LOS JUGUETES, coro á tres voces, letra} de *Nicolás Estévez*, música de *A. Codina*.—EMPECEMOS, coro á dos voces, letra de *Fermín Salvochea*, música de *A. Codina*.—LA VIDA,

coro á tres voces, letra de *Jaime Bausá*, música de *Pedro Enrique de Ferrán*.—LA MAÑANA, EL DÍA, LA TARDE, coros á dos voces, letra de *Jaime Bausá*, música de *A. Codina*.

Para cada volumen se fija el precio de 2 ptas.—El precio de la CARTILLA y CANTOS, por excepción, es de 1 pta. y del BOTIQUIN ESCOLAR 0'50 céntos.—A los señores corresponsales se les descuenta el 25 por 100. A los envíos del exterior se carga además el franqueo.—A las escuelas se les bonifica con un descuento especial.



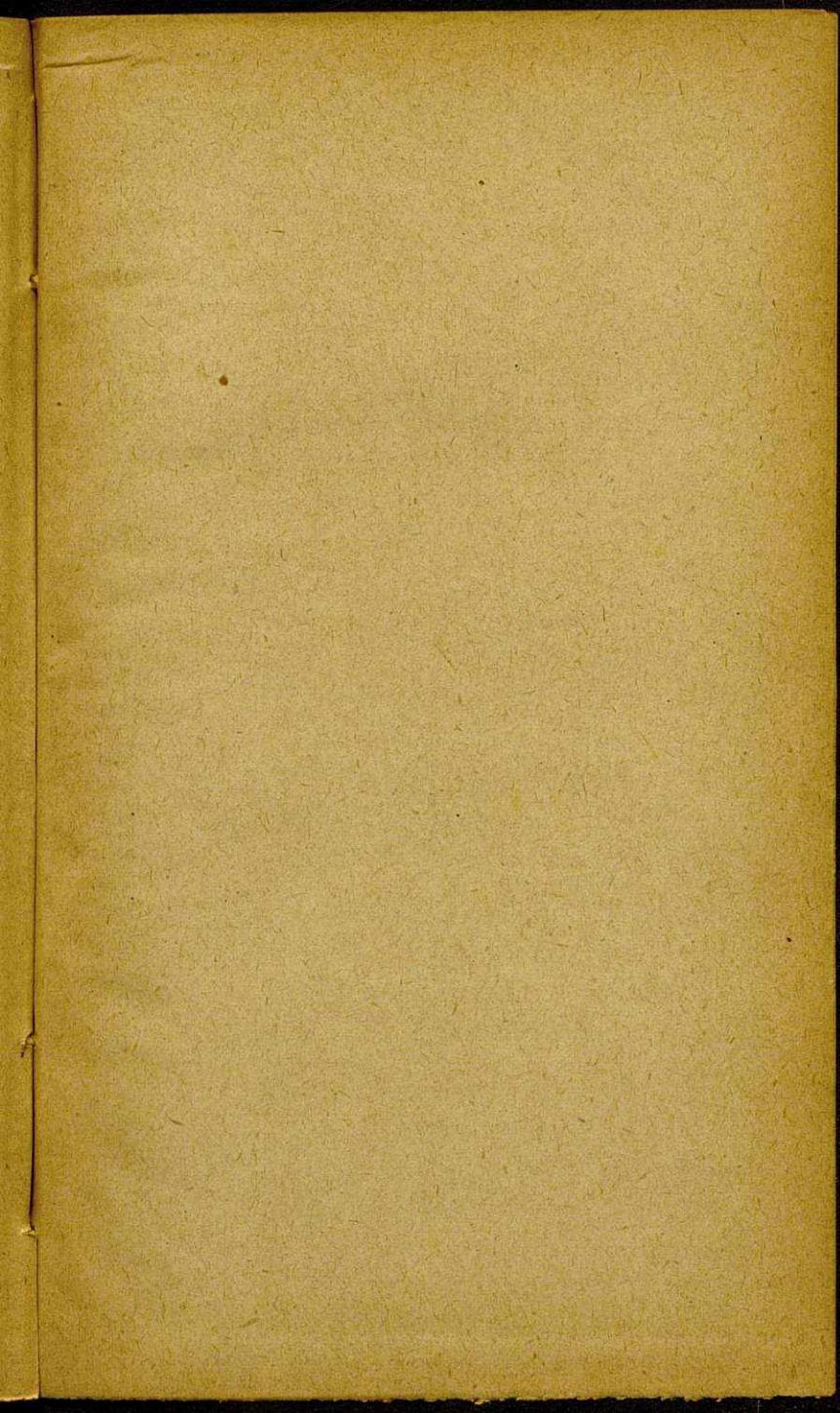
OBRAS EN RÚSTICA

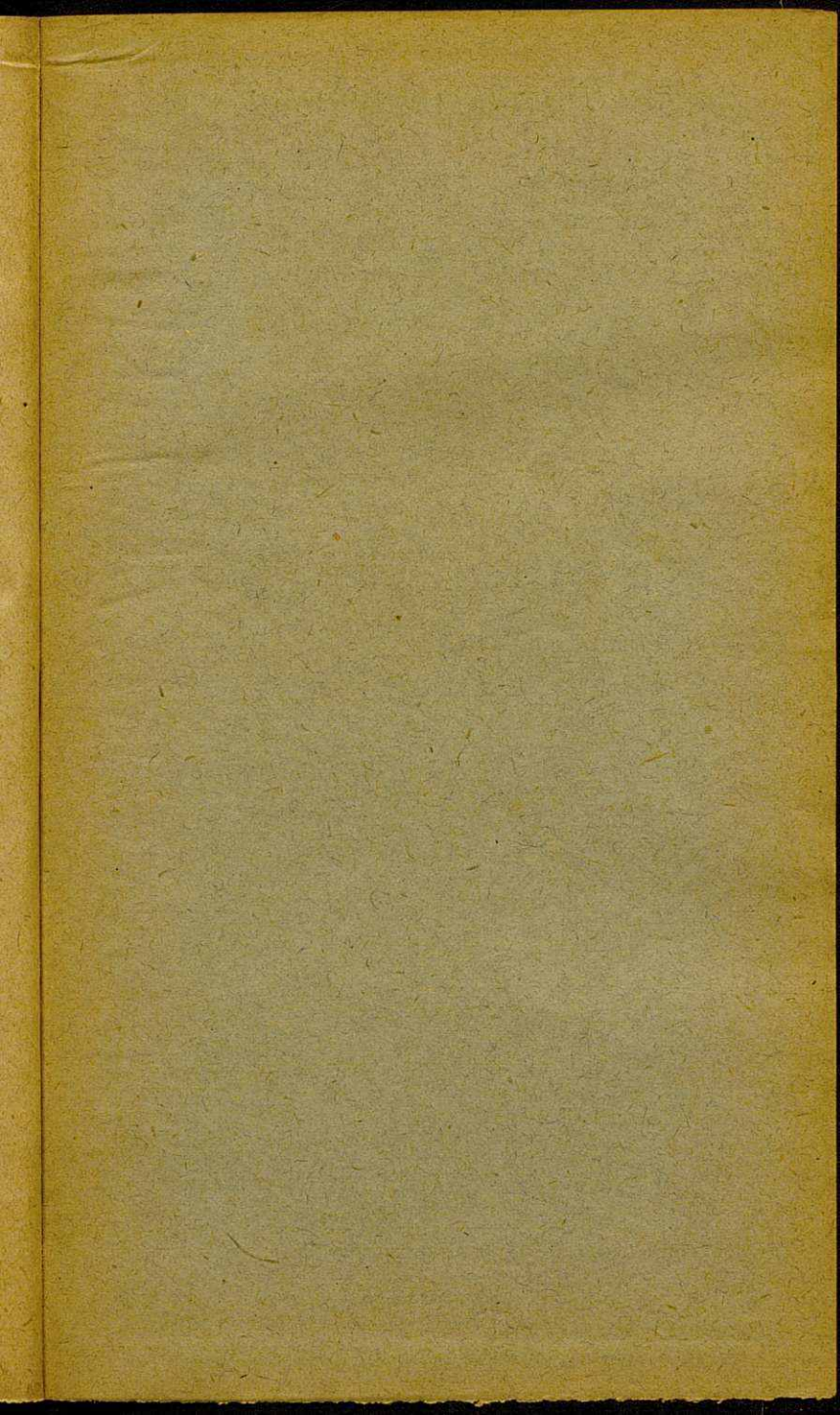
Preludios de la Lucha , por F. Pi y Arsuaga.	1' pta.
El Niño y el Adolescente , por Miguel Petit.	1' "
Sembrando Flores , por Federico Urales.. . . .	1' "
Origen del Cristianismo	1' "
Humanidad del Porvenir , por Enrique Lluria.	1' "
Clases Sociales , por Carlos Malato.	1' "
El Infierno del Soldado , por Juan de La Hire.	1' "
Floreal , por J. P. Chardón.	1' "
En Guerra , por Carlos Malato.	0'40 cts.

Obras no editadas por la Escuela Moderna
pero encargada de su venta

El Banquete de la Vida , por Anselmo Lorenzo.	1'50 ps.
En Anarquía , por C. Pert..	1' "

Descuento: 25 % á los Sres. Profesores y Corresponsales.
Por excepción el 50 % sobre **El Banquete de la Vida**.







ESCUELA MODERNA
S. J. DE LOS RIOS

