

Enciclopedia de Enseñanza Popular Superior

Carlos Sauerwein

HISTORIA  
DE  
LA TIERRA



Publicaciones de la Escuela Moderna  
Cortes 478 - Barcelona

P.

7/4



HISTORIA DE LA TIERRA



R-1157  
N7/44

ENCICLOPEDIA DE ENSEÑANZA POPULAR SUPERIOR

---

# HISTORIA DE LA TIERRA

POR

CARLOS SAUERWEIN

---

TRADUCCIÓN ESPAÑOLA DE

CRISTÓBAL LITRÁN



PUBLICACIONES DE LA ESCUELA MODERNA

CORTES, 478

BARCELONA



## INTRODUCCIÓN

---

*En la precedente obra Evolución de los Mundos, se ha hecho ver cómo se puede concebir, sin hacer intervenir la idea de creación, la manera cómo se forman los mundos. Las ideas generales expuestas en el primer volumen de la Enciclopedia de Enseñanza Popular Superior son verdaderas con el mismo rigor en lo que á la Historia de la Tierra concierne; y todo nuestro esfuerzo se encaminará á demostrarlo.*

*A pesar de las proporciones muy modestas de esta obrita, el autor no se ha separado jamás del objeto de toda obra de ciencia, que es aplicar el método científico en todos los casos, y no afirmar nada que no sea un dato de la experiencia ó una hipótesis que descanse exclusivamente sobre esos datos.*

*Acaso se sorprenda el lector de hallarnos de acuerdo en este punto con algunos sabios deístas (1); lo estaremos cuantas veces apliquen nuestros métodos, pero nos separaremos de ellos desde el punto en que*

(1) Se llama con frecuencia espiritualistas á los que opinan que el espíritu es independiente, en cuanto á sus manifestaciones, á su naturaleza y á su causa, de la materia. La palabra espiritualista es demasiado general para aplicarla en este caso. Los filósofos que no conciben el espíritu sino como una modalidad de la materia tienen también derecho á reivindicar el título de espiritualistas. Es cierto que Renan daba esta significación á la palabra espiritualista cuando decía en *La Oración sobre la Acrópolis* (Recuerdos de infancia) «Haz de nosotros espiritualistas completos». Nosotros hemos procurado evitar toda ambigüedad empleando la palabra más precisa de deístas.

abandonen el sólido terreno de la ciencia para lanzarse en el de las afirmaciones metafísicas.

Basándose en la sola comprobación de los hechos, se aprecia pronto que para concebir el universo en su conjunto, basta reunir estos hechos y presentarlos á la inteligencia en un cuadro sintético. Así se llega á la conclusión de que todo se encadena, que todo evoluciona, que nada se pierde ni se crea, por lo tanto, que la idea de creación es inconciliable con la ciencia. El lector juzgará.

En este estudio de La Historia de la Tierra recordaremos brevemente cómo la Tierra se ha formado y cuáles son sus más remotos orígenes. Para esto nos bastará exponer el sistema de Laplace, hipótesis sin duda, pero que todos los hechos de experiencia actualmente posibles confirman. Haremos ver seguidamente el trabajo continuo de la corteza terrestre, sin cesar modificada por la acción de agentes múltiples que cambian el aspecto de ella y hasta las condiciones de habitabilidad. La geología nos permitirá penetrar más adelante en las capas profundas de esta corteza y leer en ellas — si puedo decirlo — la historia de las etapas por las cuales ha pasado nuestro globo, desde sus orígenes hasta nuestros días. A estos estudios geológicos se relacionará paralelamente la historia de los seres vivos, puesto que en los diversos periodos de formación de la corteza encontramos las pruebas materiales de las lentas transformaciones de los seres que han dado origen al hombre.

Finalmente, nos parece útil añadir, en apéndice, algunas breves consideraciones sobre una ciencia naciente que presta ya un precioso concurso á la geología: la oceanografía.

Esta obra, relacionada con la precedente, que la

*prepara y explica, se encadena á la siguiente por las indicaciones que da sobre las primeras formas de la vida. Este plan, impuesto por los hechos mismos, muestra por sí solo que todos los fenómenos se encadenan y que no es natural tratar de uno de ellos sin relacionarlo á los otros. Toda ciencia especial tiene valor por su método, pero aislada, es insuficiente para hacernos concebir los fenómenos que salen del campo de sus investigaciones.*

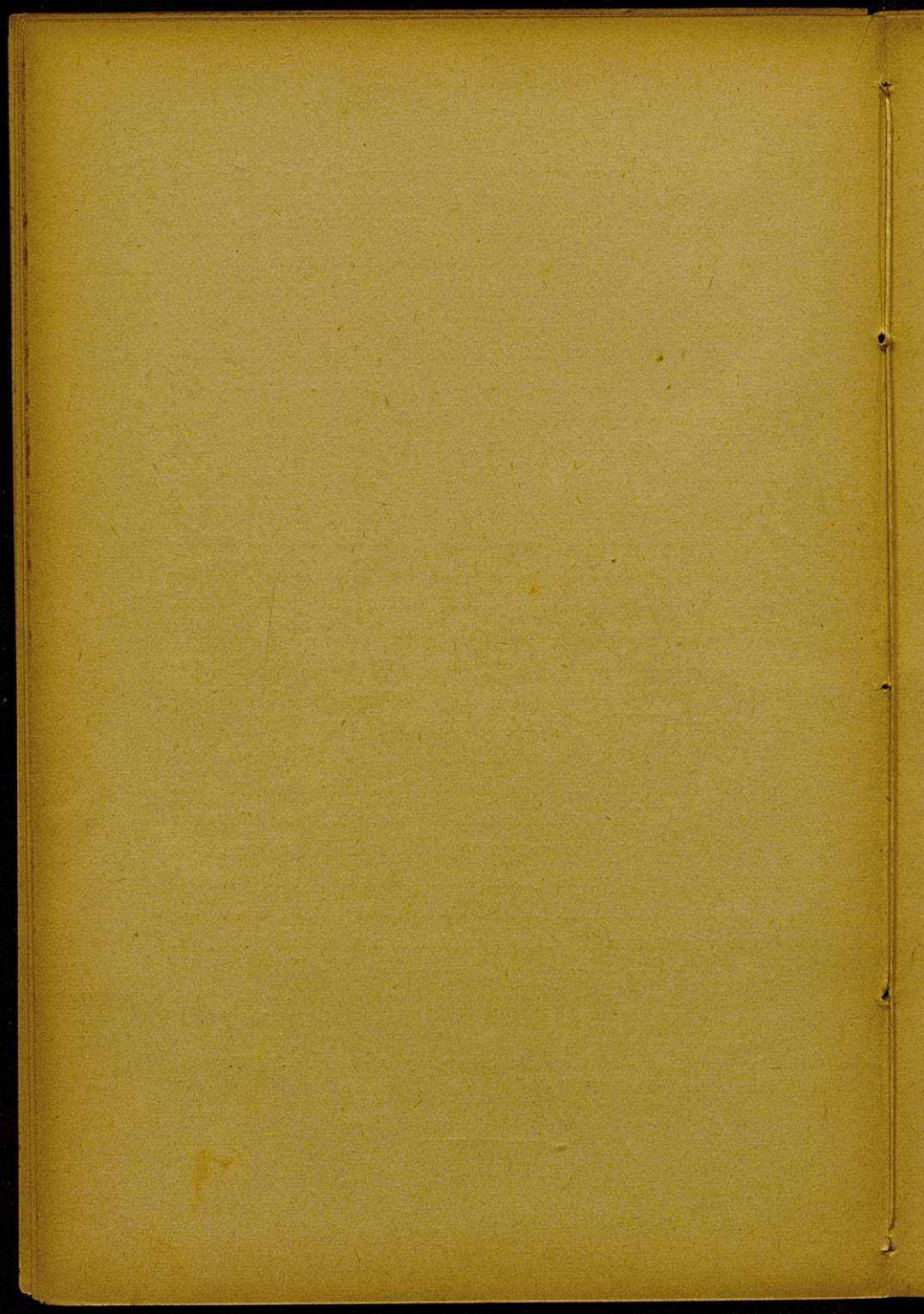
*Habríamos deseado que este estudio hubiese ido precedido de una exposición de las ideas que el hombre se ha formado acerca de la naturaleza, la forma, el origen de la Tierra, á fin de deducir de la evolución de esas ideas una enseñanza filosófica. No podemos hacerlo por falta de espacio; así, pues, remitiremos al lector á la reciente obra de M. de Launay *Histoire de la Terre* (1), y para la exposición más completa y muy ilustrada de estas teorías, á la obra de Kræmer: *L'Univers et l'Humanité* (2).*

*No hemos juzgado útil dar una bibliografía especial para cada uno de los puntos tratados en esta obra. Es fácil y relativamente poco costoso formarse una biblioteca poco menos que completa sobre estas cuestiones. La geología es una ciencia cuyos marcos están bien establecidos. Con escasa diferencia, las obras que tratan de estos hechos tienen el mismo plan. Fácil es hacer investigaciones en ellas.*

J. M. L.

(1) Véase Capítulo I, *Historia de las teorías geológicas*, págs. 1 á 37.

(2) Véase vol. V, págs. 1 y siguientes.



## PREFACIO

---

El estudio general de la formación, de la constitución y de la evolución de nuestro planeta necesitaría una obra inmensa y exigiría el concurso de todas las ciencias humanas.

Más modesta es nuestra tarea. Hemos querido en este librito, resumir las grandes líneas de los conocimientos adquiridos por los esfuerzos de los siglos y, ante todo, indicar los métodos que permitirán, si tal punto interesa, estudiarlo, no como un conocimiento aislado, sino como parte de un todo al cual vienen á desembocar todas las fuerzas inteligentes del hombre puestas al servicio de las ciencias.

No pretendemos poseer una verdad científica inmutable que oponer á los dogmas. En ciencia no hay verdades inmutables. Hay verdades provisionales, basadas sobre conocimientos adquiridos, hipótesis comprobables por la experiencia, hay leyes que permiten conocer las relaciones de las causas á los efectos. Estas mismas leyes son verdades actuales, que cada experiencia nueva puede modificar, y que tienen el mérito de poder ser reconocidas falsas un día, sin que su utilidad presente pueda padecer por la incertidumbre en que estamos acerca de su exactitud futura; pues las etapas sucesivas de las ciencias marcan para cada una de ellas la marcha progresiva de la hu-

manidad hacia el conocimiento de la verdad. Y si nos es posible entrever hoy que esta verdad es *una*, jamás lo afirmaremos sino bajo esta forma: Todo ocurre como si lo que afirmamos fuese la «Verdad».

Hubo un tiempo en la historia de las ciencias, en que los hombres, embriagados por una libertad cararamente conquistada sobre la tiranía de las revelaciones divinas, cansados de adorar un Dios demasiado distante, intentaron crear una divinidad nueva: *la Ciencia*.

Los hombres de ciencia han debido romper también su «Nuevo ídolo».

No existe ni una sola «Ciencia» que por la sola virtud de su nombre pueda aportar á la humanidad ansiosa de conocer su origen y su fin, las explicaciones definitivas tan largo tiempo aguardadas. Existen ciencias, es decir, caminos trazados por la razón humana, á través de lo «Desconocido» hacia la «Verdad».

Y así se hace imposible oponer al dogma la ciencia y proclamar la bancarrota de la ciencia porque no haya podido establecer de una manera definitiva las revelaciones que el dogma impone á la credulidad. Cuando la naturaleza se niega á responder á una pregunta que le formula la inteligencia humana, el sabio se inclina y dice: «No sé». Y su ignorancia, así confesada es un homenaje á la «Verdad».

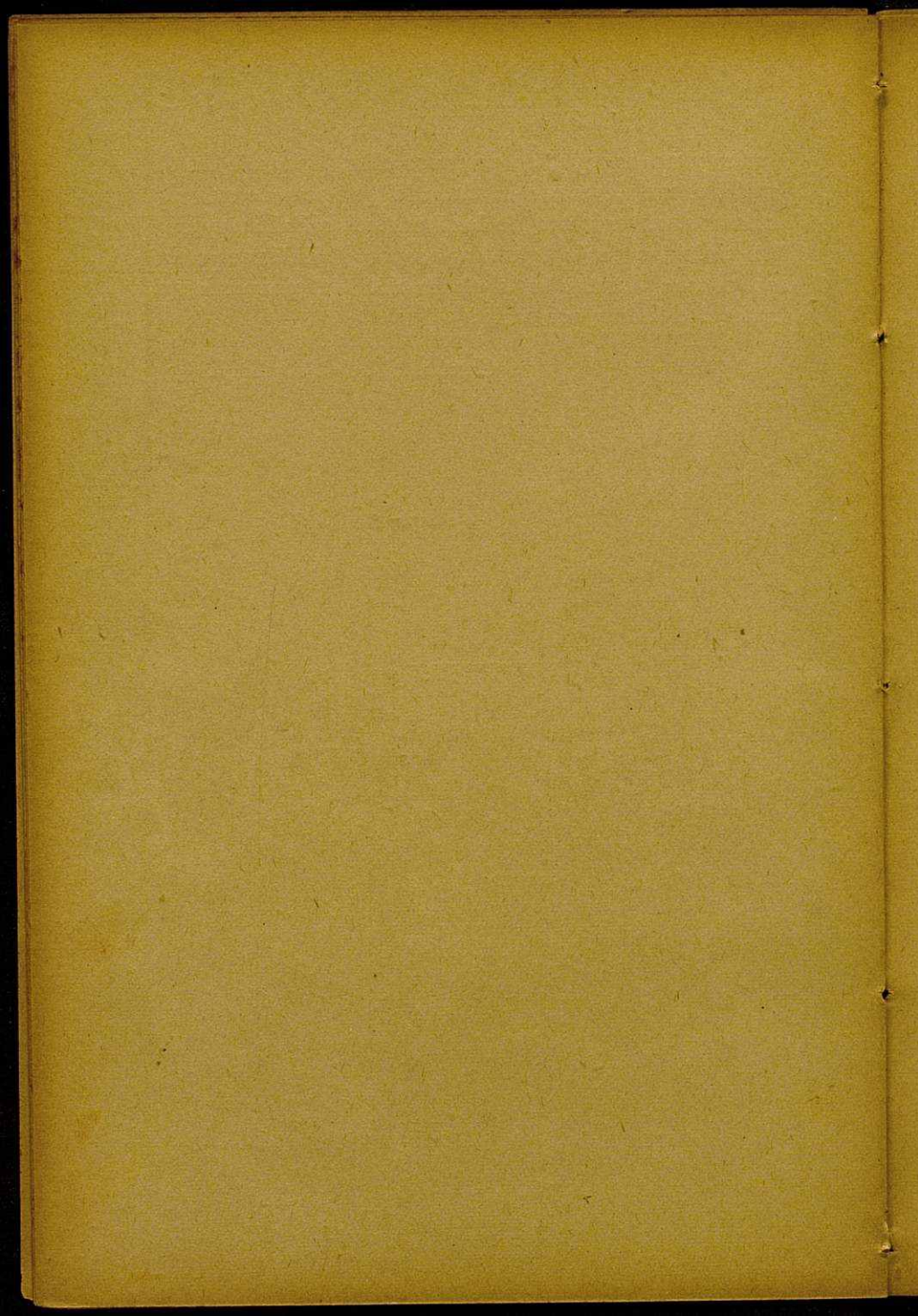
Para el creyente, todo lo que no comprende es Dios, y ese Dios guarda celosamente su imperio de ignorancia que sacerdotes fieles defienden como su patrimonio. Para ellos, toda conquista de la inteligencia humana se hace á expensas del dominio divino: la ciencia de los hombres es un crimen.

Pero las ciencias modernas, con sus métodos precisos, avanzan seguramente. La experiencia sola les

guía, y no hay ya, en nuestros días, una sola autoridad capaz de poner en duda la potencia de sus resultados. El esfuerzo de los hombres sabrá atravesar las tinieblas de la ignorancia, porque la ignorancia no es una fuerza: es la abdicación del pensamiento ante el esfuerzo necesario.

CARLOS SAUERWEIN.

---



# HISTORIA DE LA TIERRA

---

## PRIMERA PARTE

---

### El origen de la Tierra

La Tierra que pisamos no ha tenido, en el origen de los tiempos, la forma de un globo sólido que le vemos hoy.

¿Cuáles son los orígenes de la Tierra? Es éste uno de los más graves problemas que el hombre haya podido plantearse, y cuya solución ha buscado siempre su inteligencia. Esta solución se la ha buscado sucesivamente en direcciones diversas, y la imaginación durante mucho tiempo no ha recurrido más que á la leyenda. Estaba reservado al genio de Laplace indicar por vez primera la solución más racional que el espíritu humano haya podido encontrar acerca de este particular.

Creemos que es preferible pasar por sobre todos los intermediarios, y, dado que exponemos las ideas modernas de la ciencia sobre el origen de la Tierra, que vale más no detenerse en los hechos que han servido de base para el establecimiento de esta teoría, sino que hay lugar á presentarla tal cual es, si se considera que su carácter actual de verosimilitud le

da un carácter de certidumbre científica que hace de ella una verdadera doctrina.

Recordaremos, pues, al comienzo de este volumen, la teoría de Laplace tal como es aceptada en nuestros días.

En el principio, el espacio infinito estaba lleno de una materia que se llama *materia cósmica*. Esta materia tenue y muy diluída llenaba el mundo entero, y tenemos todavía, actualmente, en el universo sideral, ejemplos de ello en esos cuerpos celestes que llamamos *nebulosas*. Si, en efecto, se examina el cielo con ayuda de un anteojó astronómico, se comprueba que, independientemente de los puntos brillantes, que llamamos estrellas y que son centros de emisión de luz y de calor, existen regiones menos brillantes, de aspecto más «lechoso», pero que, no obstante, se distinguen de las estrellas y forman conglomerados claramente definidos en medio del espacio.

Estos conglomerados tienen formas variadas; unos se presentan como manchas lechosas de bordes esfumados, los otros tienen una forma mejor definida que se aproxima mucho á la esferoidal; otros, en fin, muestran claramente un núcleo central rodeado de una especie de anillo, anillo nebuloso, como el mismo núcleo; á más, á través del cielo, se extiende una inmensa banda que tiene igualmente ese aspecto lechoso, que por esto se llama la *Vía láctea*. Estos conglomerados lechosos, esta vía láctea, son lo que se llama *nebulosas*, y es á Herschel, que, organista en un principio, se puso á construir instrumentos de óptica y á realizar seguidamente el más potente telescopio de su época, y llegó á ser uno de los fundadores de la astronomía moderna, es á Herschel á quien se debe el descubrimiento y la definición de casi to-

dos esos fenómenos celestes. Herschel descubrió por sí solo 2,500 nebulosas.

El aspecto que presentan estos cuerpos celestes habíale llamado la atención á Laplace. Creía que esos diferentes aspectos no eran sencillamente debidos al azar, sino que representaban estados sucesivos de la materia cósmica, absolutamente como cuando se examina, en un bosque, árboles de diferentes alturas; aunque unos estén en estado de desarrollo muy diferente de los otros, nos encontramos, no obstante, conducidos fatalmente á encontrar en ellos las evoluciones sucesivas de un mismo individuo.

En estas condiciones, Laplace vióse llevado á suponer que el sistema solar era también una nebulosa, es decir, que nuestro sol central á cuyo alrededor gravita un cortejo de planetas, era sencillamente el estado actual de una nebulosa primordial cuyas diferentes partes se han reunido en núcleo para constituir el sistema solar del que la Tierra no es más que un planeta.

Nada tan hermoso como la serie de razonamientos por la cual Laplace pasó para llegar á esta magistral concepción. He aquí resumidos los puntos principales. Aunque las órbitas de los planetas sean muy diferentes unas de otras, tienen no obstante estrechas relaciones entre sí. Así, todos los planetas se mueven alrededor del Sol en el mismo sentido y casi en el mismo plano; los satélites se mueven alrededor de sus planetas en el mismo sentido y aproximadamente en el mismo plano que los planetas mismos. Finalmente, el mismo Sol, los planetas y los satélites cuyo movimiento de rotación se ha observado, giran igualmente sobre sí mismos en el mismo sentido y apro-

ximadamente en el mismo plano que el de su movimiento de traslación.

Y aquí es donde aparece el genio de Laplace. El se dijo que un fenómeno tan extraordinario no podía ser efecto del azar, y calculó la probabilidad para que los 42 movimientos planetarios que se conocían en su época sean movimientos directos. Halló así esta cifra extraordinaria: que había más de *cuatro mil millones á apostar contra uno* que esa disposición no era efecto del acaso. Y esta probabilidad, que era ya muy hermosa en la época de Laplace, se ha aumentado singularmente, puesto que hay que agregar á los 42 movimientos que se conocían entonces, el de los 400 pequeños planetas que se llaman planetas telescópicos, pues se les ve solamente con ayuda de los instrumentos astronómicos, todos cuyos planetas giran en el mismo sentido y sobre poco más ó menos en el mismo plano.

Una probabilidad de este orden se convierte en certidumbre, y se puede, pues, afirmar, sin temor de engañarse, que una evolución única ha dirigido los movimientos planetarios. Si se relaciona esos resultados con el estudio de las nebulosas, nos vemos llevados, como Laplace, á considerar la hipótesis de una nebulosa original, de un conglomerado primitivo de materias cósmicas animado en un bloque por un movimiento de rotación.

Observemos al propio tiempo que esta nebulosa, esta masa de materia cósmica, debe estar á la vez animada por un movimiento de rotación y elevada á una alta temperatura. La fuerza es, en efecto, una propiedad inherente á la materia, y los recientes descubrimientos de las propiedades del radium y del ura-

nium proyectan una luz completamente nueva sobre esta concepción tan verdadera (1).

Se insistirá, por otra parte, sobre este punto en el último volumen de esta *Enciclopedia*.

Consideremos semejante sistema colocado en medio del espacio indefinido y, por consiguiente, frío. El conglomerado nebuloso es, al contrario, caliente. De tal modo está caliente, que está no sólo en fusión, sino que está volatilizado. Es, pues, un conjunto de cuerpos simples reducidos á vapor lo que constituía nuestra nebulosa primitiva, y aquel conjunto giraba en un espacio extremadamente frío. Por consiguiente, en presencia de aquel estado frío, hizo lo que hace todo cuerpo caliente en su atmósfera ambiente, se enfrió, y como, por otra parte, se sabe que todo cuerpo al enfriarse disminuye de dimensión, y que inversamente, cuando se calienta se dilata, no sólo se enfrió gradualmente la nebulosa primitiva, si que también se contrajo y disminuyeron sus dimensiones.

A medida que las dimensiones disminuían, aumentaba la velocidad de rotación del sistema, y aquí importa mucho imaginarse este pequeño fenómeno de mecánica muy conocido, pero que no es inútil precisar: cuando un cuerpo gira, su masa total no cambia, pero la *distribución* de su masa alrededor del eje de rotación cambia y la velocidad de rotación cambia también.

Un ejemplo muy sencillo va á hacérselo comprender inmediatamente. Tomemos un paraguas viejo al que se le ha quitado la tela; atemos á cada va-

(1) En un pequeño fascículo de vulgarización (*Le Radium et les nouvelles radiations que faut-il en penser, que faut-il en attendre?*) se encontrará lo que esencialmente conocer acerca de estos nuevos descubrimientos.

rilla una bolita de plomo; abrámosle y tratemos de hacer girar el árbol ó palo entre el pulgar y el índice: si el paraguas está abierto, sentiremos una resistencia que proviene de que una parte de la masa del paraguas se encuentra, á causa de estar abierto, apartada del palo que es su eje de rotación; pero si, al contrario, cerramos el mismo paraguas, su masa total no ha cambiado, únicamente las moléculas están más próximas al eje y lo haremos girar sin la menor dificultad.

Eso es exactamente lo que pasó á medida que fué contrayéndose la nebulosa solar por enfriamiento: cuanto más se enfriaba, más se aproximaba su masa al eje, y por consiguiente, más aumentaba su velocidad. Pero entonces interviene una causa primordial en la explicación del origen del mundo: es la *fuerza centrífuga*, la fuerza que hace que siempre que un cuerpo posee un movimiento de rotación, las moléculas tiendan á alejarse del eje á causa misma de la rotación. La honda es la aplicación más clásica de ello.

Cuando la velocidad de rotación de la nebulosa solar, á causa de su contracción aumentó suficientemente, la fuerza centrífuga aumentó también, y aumentó lo bastante para que las moléculas más distantes, abandonando para siempre la masa inicial de la que formaban parte al principio, se hayan reunido en un anillo que ha envuelto el núcleo central sin tocarle, como el anillo del planeta Saturno que podemos observar aún hoy. Pero como estaban al principio animadas de la misma velocidad que el núcleo, han conservado esa velocidad, es decir, que el anillo ha continuado girando después de su separación en el mismo sentido que el núcleo

principal, con la diferencia de que, contrayéndose el núcleo central más y más, verá aumentar su velocidad, mientras que no aumentará la del anillo.

He aquí la primera evolución de nuestro sistema solar. En vez de una masa única que gira en bloque, tenemos ahora un núcleo central rodeado de una masa anular que no le toca. Un experimento de física, á la vez sencillo y genial, debido al físico belga Plateau, permite por lo demás reconstituir sobre la mesa de un laboratorio lo que ocurrió en el infinito del espacio (fig. 1).

Tómase para ello un vaso que contiene una mez-

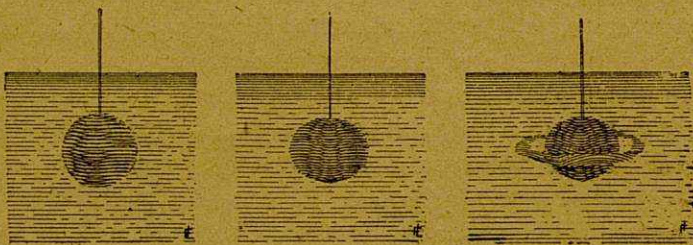


Fig. 1.—Experimento de Plateau

cla de agua y de alcohol, cuya densidad, por consiguiente, será menor que la del agua, y en este vaso, con una pipeta, se deposita una cantidad de aceite de vaselina. Si la mezcla del agua y del alcohol no tiene la densidad requerida, la pequeña masa de aceite de vaselina, ó bien cae al fondo, ó bien sobrenada en la superficie. Supongamos que haya caído en el fondo; entonces se añade una pequeña cantidad de agua de manera que aumente la densidad de la mezcla hasta que sea igual á la del aceite de vaselina. Entonces la gota de aceite flota y se sostiene entre dos aguas sin subir ni descender. Cosa notable, *inme-*

*diatamente toma la forma de una esfera perfecta*, lo que demuestra de una manera elemental por qué los cuerpos celestes son todos esféricos, pues no obedecen más que á la atracción que sus moléculas ejercen unas sobre otras.

Pero no es esto todo. Súpongamos nuestra mezcla de ley bastante exacta para que nuestra gota de aceite de vaselina flote entre dos aguas. Introduzcamos en todo el sistema una aguja para hacer calceta, de manera que la pequeña esfera de aceite de vaselina sea atravesada por su mitad, y con ayuda de una pequeña polea y de una manivelita, hagamos girar rápidamente dicha aguja. No tardará en arrastrar con ella, por frotamiento, la gota de aceite de vaselina que atraviesa: se verá cómo la gota gira y se podrá observar así los efectos sucesivos de la fuerza centrífuga. Primeramente la gota no permanecerá esférica, se aplastará ó achatará ligeramente en sus dos polos y se hinchará en su ecuador, y si aumentamos suficientemente la velocidad, veremos aglomerarse en forma de bordón la materia que se encuentra en el ecuador; este bordón se desprenderá y formará un anillo que permanecerá también girando solo, en el sentido que primitivamente se le había impreso, bien que no esté ya en contacto con la aguja para hacer calceta que arrastra el sistema. Así se ha reconstituído en pequeño el sistema formado por la nebulosa solar en su primera evolución, la que ha destacado de su circunferencia un anillo de materia.

La masa primitiva de materias cósmicas que constituía nuestro universo se ha, pues, dividido en dos masas cada una de las cuales es menor que la primera. Cuando dos masas calientes se enfrían al mismo tiem-

po, es la más pequeña la que más pronto se enfría; por consiguiente, nuestras dos masas así obtenidas van á enfriarse mucho más rápidamente que cuando estaban reunidas, y lo que va á suceder en primer lugar es el enfriamiento del anillo.

Pero aquí importa recordar el estado del cielo en el que se opera el enfriamiento. El cielo no es una superficie uniformemente negra, está salpicada de manchas brillantes cada una de las cuales representa uno de esos lejanos soles que llamamos estrellas. Cada una de esas estrellas envía un poco de calor, y, por consiguiente, en su dirección no hay enfriamiento, no hay enfriamiento más que en las direcciones en que no hay estrellas. Por consecuencia, el enfriamiento del anillo no es simétrico, y hay puntos de ese anillo que se enfriarán más rápidamente que los otros. No es, pues, sorprendente que haya, al cabo de cierto tiempo, un punto del anillo que se haya enfriado más aprisa que sus vecinos y se haya convertido á su vez en centro de un núcleo á cuyo alrededor irá á reunirse toda la materia del anillo separada por la desigualdad del enfriamiento de sus partes. Arrastrado por la velocidad primitiva, este nuevo núcleo continuará girando como gira el antiguo anillo, pero ha abandonado su forma anular para tomar á su vez una forma globular: el anillo primitivo se ha convertido en un *planeta*, y este planeta, á su vez, continuando á un tiempo girando y enfriándose, podrá perder, por la fuerza centrífuga de su circunferencia, un anillo salido de su masa. Este «subanillo», si así se le puede llamar, por el mismo mecanismo de poco ha, al cabo de cierto tiempo suficientemente largo, se romperá á su vez, á consecuen-

cia de la disimetría de su enfriamiento, para dar origen á un *satélite* que girará alrededor del planeta.

Y ahora hemos llegado á la segunda fase del sistema solar: la fase planetaria. Nuestra nebulosa primitiva es reemplazada por un núcleo central alrededor del cual giran uno ó varios núcleos que son planetas rodeados cada uno de ellos por uno ó varios satélites. En esta fase tenemos todavía realmente un elemento en el estado nebuloso; pero el enfriamiento le ha llevado, disminuyendo gradualmente sus dimensiones, á un estado vecino ya de la solidificación. Llega un momento (y observemos que la palabra «momento», en estas cuestiones de origen de los mundos, representa millones de siglos), llegará un momento en que el enfriamiento será suficiente para que las materias que forman el núcleo de la Tierra alcancen la temperatura de su solidificación, absolutamente como un baño de plomo fundido que se deja enfriar tiempo suficiente acaba por pasar de nuevo al estado de plomo sólido. ¿Pero cómo pasará de nuevo á él? No lo hace de golpe en toda su masa; la superficie es la que se solidifica primero, y, solidificándose, esta superficie, en vez de conservar el aspecto de espejo liso que presenta un baño de metal fundido, se coagula en costra arrugada, resquebrajada, abofellada. Por consiguiente, cuando el núcleo que forma la tierra comience á solidificarse, no es en el estado de bola rigurosamente esférica en el que va á solidificarse, se solidificará en su superficie exterior, presentando la doble huella de la fuerza centrífuga que ha aplastado sus polos é hinchado su ecuador, y de la desigual velocidad de solidificación de su superficie que la adornará de pliegues, de cavidades y de protuberancias. Las protuberancias serán las monta-

ñas, las cavidades serán los valles. Así es cómo se ha hecho, en el comienzo de la solidificación de la Tierra, la formación de lo que se llama su *corteza* (1).

Pero no olvidemos que si la Tierra, pedazo desprendido de la nebulosa solar, se ha solidificado así, esto no quiere decir que el pedazo central y primordial se haya solidificado también. Al contrario, la Tierra se ha solidificado primero á causa de la pequeñez de su masa, mientras que el núcleo persistente cuya masa es más respetable, ha permanecido todavía en el estado incandescente, de suerte que la Tierra solidificada en la superficie se encuentra en presencia de un sol á cuyo derredor gira. La misma Luna, fragmento desprendido de la Tierra, cuya masa es ochenta veces más pequeña que la de su planeta, se ha enfriado todavía más rápidamente porque su masa es mucho menor.

Así se concibe que la Luna sea un astro muerto alrededor de la Tierra, que es todavía un astro vivo.

¿ En el momento en que la corteza se ha formado de dicha suerte, era posible la vida en su superficie? No, porque en el momento en que un cuerpo fundido pasa al estado sólido, conserva todavía una temperatura muy alta. En el momento de la formación de la corteza, la temperatura de la superficie de nuestro

(1) Todo lo que precede confirma la hipótesis del fuego central que, sin embargo, es discutida por muchos geólogos. Nada se sabe de las partes centrales del planeta, salvo la progresión regularmente *creciente* del calor á medida que se penetra en la tierra. M. de Launay, prosiguiendo las teorías diversas dice: «Basta, para una teoría, concebir á una distancia relativamente pequeña de la superficie, grandes focos calóricos que tengan una gran extensión en ciertos sentidos, con arreglo á ciertas prolongaciones, pero no necesariamente continuos y ni siquiera necesariamente en estado de fusión general.» (De Launay, *Histoire de la Terre*, pág. 119.) Esta teoría que no parece conforme á los hechos experimentados, exigiría amplio estudio. Pero poco importa para las consecuencias filosóficas que de ella hemos de deducir que el fuego contenido sea central ó esté localizado en sábanas.

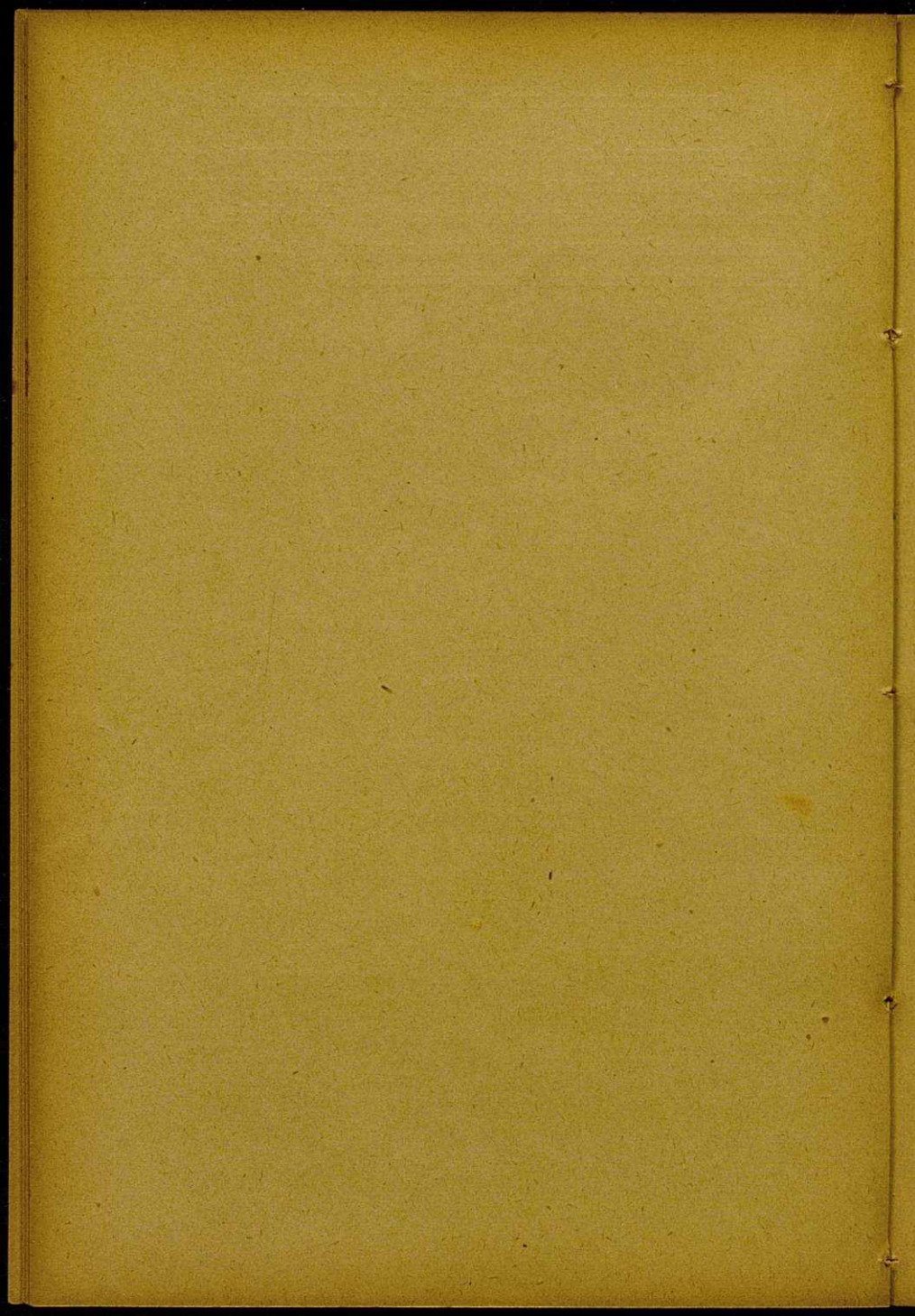
globo era, pues, demasiado elevada para que la vida pudiera aparecer en él, hasta era demasiado alta para que el agua pudiera existir en el estado líquido. Sólo á causa de un enfriamiento todavía mayor, cuando la corteza terrestre hubo alcanzado, descendiendo, la temperatura de 100°, temperatura de ebullición del agua, fué cuando el agua pudo condensarse al fin y cuando toda la masa de vapor que envolvía la Tierra con una atmósfera muy densa, pudo pasar al estado líquido, precipitarse hacia su superficie y ocupar todas las anfractuosidades y todas las depresiones, formando así lagos, ríos, mares.

Dicha agua permaneció durante mucho tiempo á una elevada temperatura, pues no marcó más que una de las fases del enfriamiento. Cuando cayó sobre la Tierra fué, pues, en estado de agua muy caliente, casi hirviente, pero es sabido que cuanto más elevada es la temperatura del agua, en mayor cantidad disuelve los cuerpos sólidos puestos en su presencia; por consiguiente, aquella agua que se precipitaba desde lo alto de la atmósfera hacia la Tierra, á una elevada temperatura, pasó sobre todos los continentes entonces formados, disolvió el máximum de materias que podía disolver, y yendo á las más bajas y más profundas depresiones, á causa de las leyes de la gravedad, constituyó así estos *mares* cuya agua contiene en disolución, no sólo sales de soda y de potasa, si que también vestigios de todos los cuerpos conocidos, hasta de oro.

El globo terrestre ha ido enfriándose siempre, mientras que en su seno y en su superficie se operaban diversas combinaciones de los múltiples elementos químicos que la componían. En un momen-

to determinado, las condiciones de temperatura y de medio general fueron tales que pudo producirse una combinación de tal naturaleza que la vida hiciese su aparición sobre nuestro planeta; aquello fué consecuencia de todos los estados anteriores.

---



## SEGUNDA PARTE

---

### El trabajo de la corteza terrestre

Henos aquí en presencia de una tierra cuya corteza acaba de solidificarse y sobre la cual el aire y el agua han podido aparecer. ¿Esta corteza, esta envoltura protectora que recubre el núcleo central de la Tierra, ha alcanzado del primer golpe su forma definitiva ó va á cambiar incesantemente para llegar á un estado final determinado?

Como hemos dicho, la solidificación de la Tierra se ha hecho por su superficie; el núcleo ha debido permanecer en fusión. Hoy sabemos que no solamente ha debido hacerlo, sino que *lo ha hecho*, y lo sabemos por experimentos muy sencillos, por comprobaciones de todos los días.

En efecto, siempre que se abre un pozo, se comprueba que la temperatura aumenta á medida que se ahonda en la tierra, y aquí no se trata tampoco de un aumento de temperatura debido al acaso. Se observa que dicho aumento de temperatura es de 1° de termómetro cada vez que la profundidad aumenta en 33 metros; por consiguiente, esto comprueba que para tres veces dicha longitud, para 100 metros en cifras redondas, tendremos un aumento de 3 grados, para 1,000 metros, de 30 grados, para 10,000 metros de 300, y si descendemos hasta una profundidad de cien

mil metros, ó sea 10 kilómetros, alcanzaríamos la temperatura de 3,000 grados. Ahora bien, sabemos hoy, después de los hermosos experimentos que Moissan ha hecho con el horno

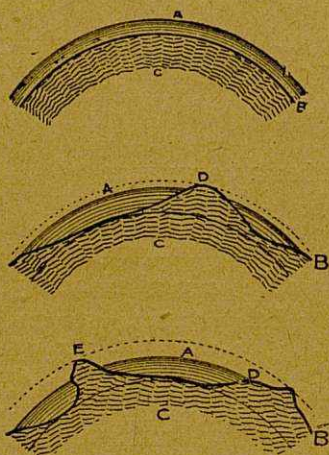


Fig. 2.—Figura teórica que muestra la formación de los continentes y de los mares; 1.ª fig. A, Océano; B, corteza; D, masa fluida interna; 2.ª fig. A, mar; C, continente primitivo; 3.ª fig. E, cadena de montañas; D, continentes.

eléctrico, que á la temperatura de 3,000 grados son, no solamente fundidos, si que hasta volatilizados, todos los cuerpos conocidos en la naturaleza, hasta las rocas más refractarias. Así, pues, no pueden existir materias en estado sólido á la temperatura de 3,000 grados, y como esta temperatura se alcanzaría á la profundidad de 100 kilómetros, la corteza terrestre no puede tener mayor espesor que éste (1).

¿Qué representa este espesor *máximo* de 100 kilómetros, este límite superior del espesor de la corteza, con relación al diámetro total del globo terrestre, que es de 12,000 kilómetros? Es la 120.ª parte, es, pues, á proporción, una coraza menos espesa que el cascarón de un huevo en relación al huevo mismo, con la diferencia de que el cascarón de un huevo descansa sobre una materia fría, cuando nuestra delgada corteza terrestre descansa sobre un núcleo de materias en fusión. Lo que es bien

(1) Otra consecuencia de los trabajos de M. Moissan es la evaluación de la temperatura del Sol. Es evidente que los metales que en dicho astro nos revela el análisis espectral no podrían existir en él si la temperatura á que son elevados excediese de 30,000° (véase Moissan, Sobre la destilación del titanio y la temperatura del Sol, *Bulletin de la Soc. Chim de Paris*, 5 nov. 1906, pág. 95).

á propósito para sorprender la mente es que «se aguan-  
te» y es que cuando se reflexiona en la delgadez de  
esta corteza se comprende que sea sacudida á cada ins-  
tante por estremecimientos y temblores; que se aplas-



Fig. 3.—Erupción volcánica (dibujo teórico): *a*, chimenea del volcán; *b*, cráter; *c*, nube cargada de electricidad formada por el vapor *d* del volcán; *f*, partículas de lava que vuelven á caer sobre el cráter y delante de la montaña; *g*, chimenea secundaria; *i*, fumarolas.

te en ciertos puntos y que se eleve en otros, y que de  
tiempo en tiempo, bajo el esfuerzo de formidables pre-  
siones interiores, esta película, tan debilitada por que-  
braduras y pliegues sucesivos, ceda en un punto me-  
nos resistente para dar paso á las materias ígneas que  
se precipitan en tropel debajo de ella y constituir así  
una erupción volcánica (fig. 3) (1). Hace cuatro

(1). Bien que las erupciones volcánicas sean fenómenos bastante conocidos, nos parece útil decir algunas palabras acerca de las teorías actualmente en circulación.

años vimos un ejemplo tristemente célebre, cuando la erupción de la Montaña Pelada, en la Martinica (2).

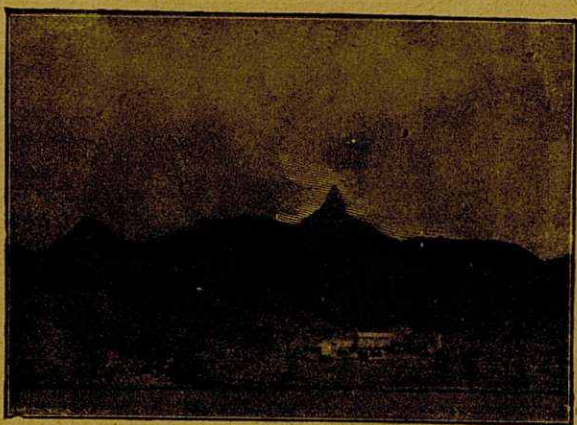


Fig. 4 — Los flancos de la Montaña Pelada, en las cercanías del Predicador

Estos fenómenos de depresiones y de sacudidas terrestres son, pues, una consecuencia fatal del mo-

Se ha observado que los volcanes estaban próximos á las orillas del mar; se ha podido deducir que tenían por origen una infiltración de agua de mar á través de una fisura de la corteza terrestre. El líquido, poniéndose en contacto con la masa ígnea del interior de la tierra, se transforma en vapor y produce así una presión considerable que provoca la emisión de las masas en fusión en nubes ardientes, y la proyección de masas sólidas y de polvos por las vías creadas por la presión de los gases á través de la pared terrestre (figs. 3, 4 y 5).

Una nueva teoría debida á M. A. Gauthier, atribuye la formación de un volcán al derrumbamiento de una masa granítica enorme de la corteza en las lavas en fusión del centro. Por el hecho del resbalamiento y de las combinaciones, se produce una elevación de temperatura que determina cambios que modifican por completo la constitución de las rocas primitivas. Se produce desprendimiento de enormes cantidades de gases que determinan la erupción. El hidrógeno toma el oxígeno que necesita de los materiales fundidos que reduce. Aquella agua se carga de sales minerales que transporta al exterior. Así explica M. A. Gauthier no solamente los volcanes, si que también las aguas termales (*A. Gauthier. Origen del hidrógeno atmosférico, Bull. de la Soc. Chim. de Paris, t. 25, pág. 231. Sobre los gases desprendidos por las rocas ígneas bajo la influencia del calor, íd., p. 337. Sobre los productos gaseosos desprendidos por la acción de las rocas ígneas. Origen de los gases volcánicos, pág. 402.*) Véase también los *Annales des Mines*, marzo 1906, para el origen de las aguas termales.

(2) En diferentes comunicaciones á la Academia de Ciencias ha dado á co-

do de formación de nuestra corteza y constituyen una de las más hermosas confirmaciones de la teoría de Laplace. No estamos cerca de asistir al fin de estos fenómenos, pues en tanto haya en el centro de la Tierra materias no solidificadas, desde luego estas materias estarán sometidas, como todas las materias en fusión, á corrientes que agitan su masa, y además, estarán sometidas al enfriamiento continuo que siempre se opera en la superficie de la Tierra.

Por consiguiente, el núcleo central continúa enfriándose perpetuamente y continúa igualmente disminuyendo lentamente de volumen. Como es sobre él sobre el que reposa la corteza *á manera de una almadría que descansa sobre el agua subyacente*, esta corteza cederá allí donde la contracción del núcleo central le retire su punto de apoyo.

La forma actual de la corteza terrestre, los perfiles de los continentes y de los mares que conocemos, las alturas de las montañas, las profundidades de los océanos no son más que un estado precario transitorio. (fig. 7). El hombre está naturalmente inclinado á creer en la eternidad de forma para la naturaleza en la cual vive, pero basta reflexionar un poco para ver que lo que ha ocurrido en los tiempos prehistóricos es prenda cierta de lo que ocurrirá todavía en el porvenir.

De esto resulta una consecuencia importante. Los

nocer M. Lacroix las observaciones por él hechas en la Martinica cuando la erupción de la Montaña Pelada. Se encontrará un relato más popular de sus trabajos en un artículo «Montagne Pelée» (*Dépêche coloniale illustrée*, 30 abril 1903). Nos daremos cuenta de cómo una erupción modifica el aspecto de una región: bloques enormes transportados por una nube ardiente y quebrados allí, aguja de cúpula añadida á la montaña (figura 5), costas del mar modificadas (figura 6), etc.

Véase también del mismo autor: Pompei, Saint-Pierre, Otajano (*Revue Scientifique*, 1906, vol. II, págs. 482, 489, 519 y 523).

océanos representan zonas de hundimiento de la superficie; por consiguiente, es, por lo general en las

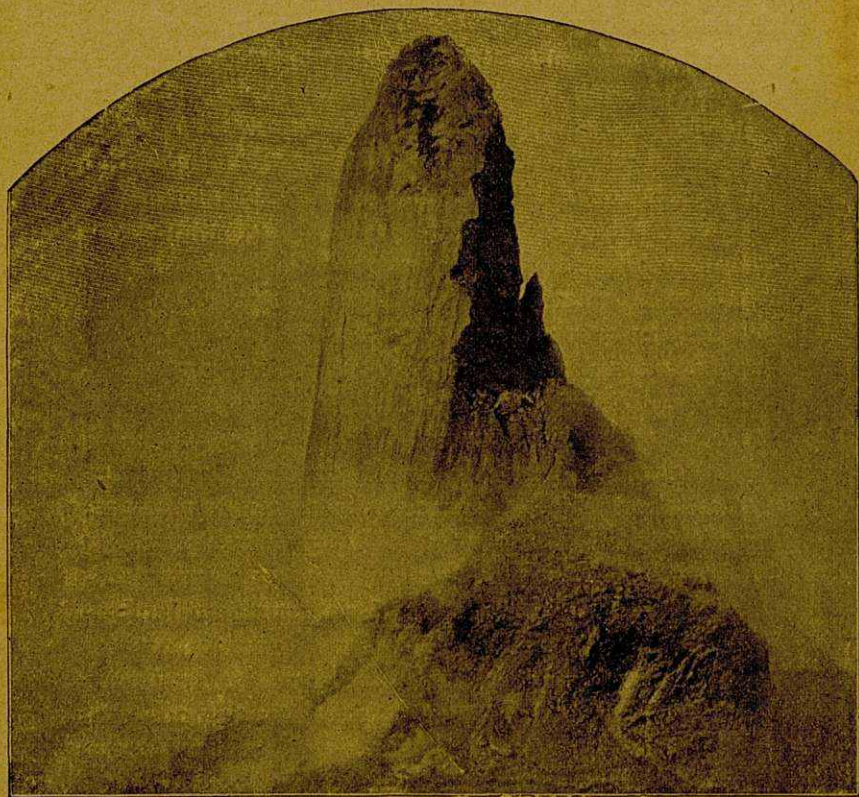


Fig. 5.—La aguja terminal de la cima formada por la erupción de la Montaña Pelada (enero 1903). Vista tomada desde los bordes del cráter

orillas de los océanos antiguos ó actuales, donde se han producido los repliegues que han dislocado la corteza (fig. 2). Ahora bien, tomad una hoja de acero que tiene cierta resistencia en tanto permanece plana y hacedla sufrir un pliegue al martillo. Si tra-

táis, después de haber enderezado aquella hoja, de fabricar con ella una calderita, estaréis seguros de verla explotar en el sitio en que hayáis hecho el pliegue. Es, pues, muy natural que las líneas de los volcanes se encuentren á orillas de los grandes océanos cuyas costas señalan los repliegues de la cor-

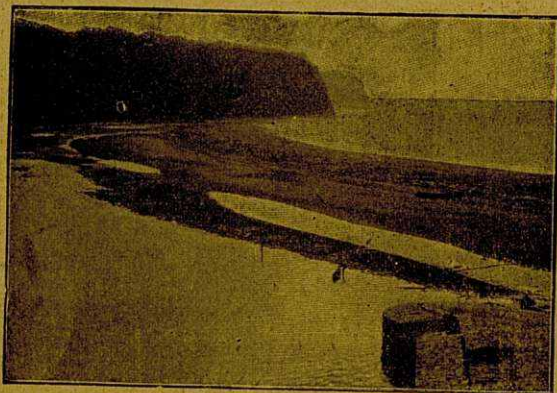


Fig. 6.—La barra de nueva formación en Punta-Baja, cuando la erupción de la Montaña Pelada (enero 1903)

teza. Por esto es por lo que vemos volcanes en el Japón y en toda la extensión del Pacífico. No hay, pues, que sorprenderse de que haya regiones de la Tierra que parezcan predestinadas á los temblores de tierra y á las erupciones volcánicas. La manifestación de estos fenómenos es una consecuencia rigurosa y lógica de la distribución relativa de los continentes y de los mares.

A más, á través de todos los continentes y todos los mares del globo, que lo rodean á manera de cinturón, se encuentra una inmensa depresión que se llama *depresión mediterránea*. Esta depresión es una especie de pozo que da vuelta al globo y está seña-



encontrará, por consiguiente, una línea de repliegues que será también un centro de fenómenos sísmicos y volcánicos. Así se explica la presencia acumulada de volcanes en el Sud del Mediterráneo.

Lleva, pues, nuestra Tierra en sí misma una causa permanente de alteraciones y modificaciones de su superficie, y esta causa es una consecuencia directa de su origen ígneo. Añadamos, para terminar, que tenemos otra prueba de la existencia del núcleo central de materias en fusión. Mediante experimentos de una gran precisión, han llegado los físicos modernos á determinar la densidad de la Tierra, de la Tierra *tomada en su conjunto*, es decir, que si, en un inmenso mortero, con ayuda de un pilón inmenso, se redujese á fino polvo la bola que constituye la Tierra y se hiciera una mezcla íntima y bien batida del polvo así obtenido, esta mezcla tendría una densidad igual á 5 y medio; en otros términos, un litro de dicha mezcla pesaría 5 kil. 500 gramos. Pero las rocas sobre las cuales andamos, aun las más pesadas, tienen una densidad comprendida entre 2 y 3; por consiguiente, para que la Tierra en conjunto tenga una densidad de 5 y medio, dado que las materias que forman su corteza tienen una densidad menor, es preciso, necesariamente, que las materias del centro tengan una mayor densidad, comprendida entre 8 y 10, y únicamente los metales realizan en la naturaleza esta condición. Por consiguiente, el centro de la Tierra, no tan sólo debe estar formado por materias en fusión, si que también por materias en gran parte constituídas por metales, y esto es lo que demuestran superabundantemente las erupciones volcánicas, en las cuales no es más que la parte superficial del núcleo central la que se escapa, y en las que sin embargo,

las lavas encierran una superabundancia de materias ferruginosas. Esto es lo que demuestran también los fenómenos del magnetismo terrestre, que hacen que la aguja imantada, sometida á la superficie de la corteza terrestre, tenga direcciones inflexibles, se encuentre á veces agitada, *loca*, por variaciones directamente relacionadas con los movimientos internos del núcleo magnético central.

---

## TERCERA PARTE

---

### **La evolución de la superficie de la Tierra Los fenómenos actuales <sup>(1)</sup>**

La corteza sobre la cual vivimos dista, pues, de haber alcanzado un estado definitivo del hecho que la naturaleza del núcleo que abarca, pero no es solamente debajo de ella donde ejerce causas de alteraciones: el aire y el agua que en su superficie se encuentran contribuyen sin cesar á modificar su aspecto y á alterar su forma.

Consideremos, en efecto, la Tierra tal cual es, con continentes que emergen y océanos que cubren las tres cuartas partes de sus superficie. Calentadas por los rayos del sol, las aguas del Océano se elevan en forma de vapores en la atmósfera; pero las masas de aire en las cuales esos vapores se encuentran mezclados no permanecen en reposo en la superficie de nuestro globo. El sol, calentando las diferentes zonas del planeta, á causa de la esfericidad de la Tierra que modifica la inclinación de los rayos solares, arrastra masas de aire frío hacia los lugares en que se en-

(1) Aunque este capítulo se refiere á hechos muy conocidos, es muy grande su importancia filosófica. No podemos describir extensamente todos los fenómenos de que se trata. Nos limitamos á su rápida enumeración; de suerte que formen un haz para que de un golpe de vista se aprecie su importancia. El trabajo muy lento y continuo de las «Causas actuales» es acaso lo que hace comprender mejor lo que es la Evolución y evidencia cuán suficiente es la explicación mecánica del Universo.

cuentran masas de aire caliente menos denso, y produce así los vientos generales que reinan por encima de los mares y de los continentes.

Cuando la acción del viento se ejerce sobre comarcas desprovistas de vegetación, las rocas, poco á poco disgregadas (fig. 8) por los diversos agentes at-



Fig. 8.—Acción eólica de las rocas gredosas de la península del Cabo Blanco (Bahía del Lebrél, Africa Occidental)

mosféricos, son reducidas al estado de arena ó de polvo. El viento arrastra esas arenas, que son depositadas en los lugares abrigados, en que se acumulan. Así es cómo se forman los *læss* en China, vastas extensiones de tierra amarilla que alcanzan 600 metros de espesor; así es cómo se forman las dunas, sea en el interior de las tierras, como en el Sahara (200 m. de altura), sea á lo largo de las riberas, como en las costas del mar del Norte ó del Atlántico. Pero sean continentales ó marítimas, las dunas están sometidas á los mismos movimientos de desplazamiento; se ha observado en Bretaña, cerca de Saint-Paul-

de-León, dunas que marchan con una velocidad de 500 m. al año (fig. 9).

Para impedir esas invasiones se ha tratado de detener las dunas mediante plantaciones; en ciertas regiones se ha obtenido bosques de pinos estimados

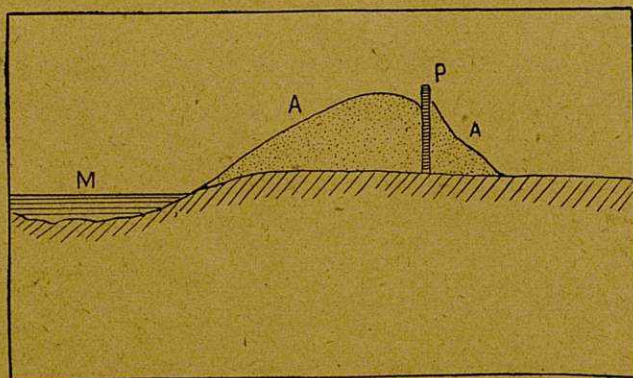


Fig. 9.—Esquema de la formación de las dunas; M, nivel del mar; A A, pendientes del montículo arenoso formado por la acción del viento, chocando con la estaca P.

en más de veinticinco millones (cercanías de Archón).

No todas las rocas se disgregan con la misma rapidez. A veces el viento, arrebatando las partes más frágiles y gastando más lentamente las partes más duras ó las mejor preservadas, desmigaja ciertas rocas que toman las más caprichosas formas: Mares de rocas, Molinos del diablo, Cheswing de Cornouailles, etc. (fig. 8).

Movimientos del agua producidos en el seno de los océanos por causas análogas á las que motivan los vientos regulares, modifican por roce los contornos de las costas, alteran los fondos y, por las mo-

dificaciones que determinan en el clima, cambian también el aspecto de la tierra.

Las masas de aire conteniendo vapor «bombado», por decirlo así, en la superficie de los mares, están en perpetuo estado de mudanza; llegarán, forzosamente, á regiones más frías y el vapor se condensará en las

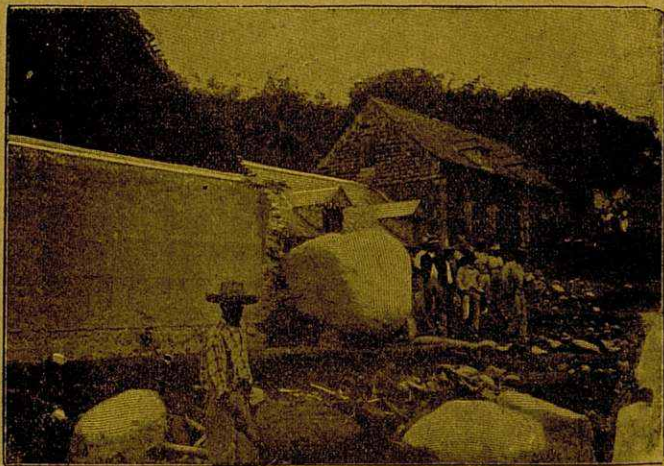


Fig. 10.—Casa derribada á causa del choque de un bloque arrastrado por una inundación, en Basse-Pointe

partes más elevadas de los continentes, es decir, de las montañas.

Si la temperatura de estos lugares de condensación es bastante baja, el agua pasará hasta directamente al estado sólido, cubriendo las cimas más elevadas de nieves y de hielos; pero la parte condensada en las regiones menos frías y las porciones que provienen de la fusión de estas nieves forman masas de agua líquida que van á descender siguiendo la pendiente natural del continente, volviendo así al mar,

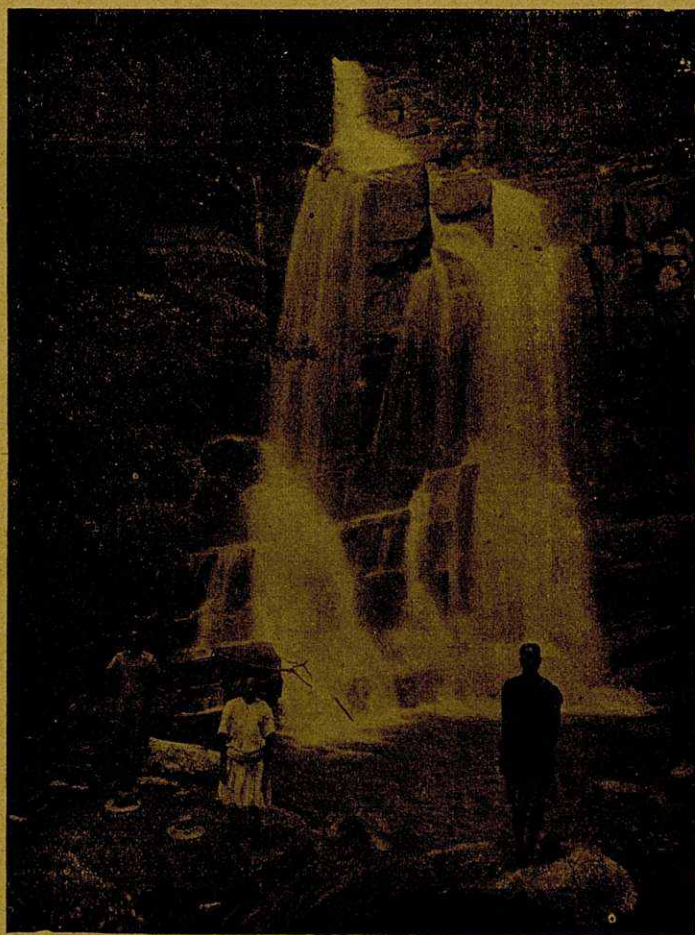


Fig. 11.—Cascada de Vahimarva, en Madagascar

cerrando el ciclo tan sencillo y tan grandioso que constituye la vida de la atmósfera terrestre.

En su movimiento de descenso, esas aguas, que se precipitan en cascadas por pendientes muy abruptas,

tas, y que son en su origen verdaderos torrentes, van á alterar, por un fenómeno que se llama *erosión*, las partes sólidas, las rocas que se encuentran en contacto con ellas; arrastran las rocas más pequeñas, que lanzan como arietes sobre las rocas más potentes, contribuyendo así á disgregarlas como por un verdadero

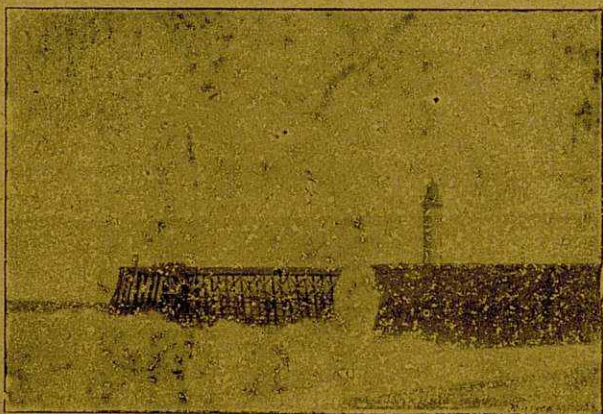


Fig. 12.—La escollera de Dieppe.—A. Antes del 2 de enero de 1899

trabajo de zapa mediante los perpetuos choques que producen (figs. 11 y 19).

Por consiguiente, por el hecho de la circulación de las aguas corrientes, la superficie de la Tierra estará sometida continuamente á alteraciones. No es esto todo. Las aguas del mar, empujadas por los vientos, levantadas por las mareas, se precipitan sin cesar al asalto de las playas. La fuerza destructora de las olas es extraordinaria, pues se ha visto durante las tempestades bloques de cien metros cúbicos arrastrados como si fueran guijarros (fig. 10). Por consiguiente, las orillas del mar estarán en perpetuo es-

tado de dislocación. Bajo la influencia de los repetidos asaltos que les da el Océano, y á cada instante,

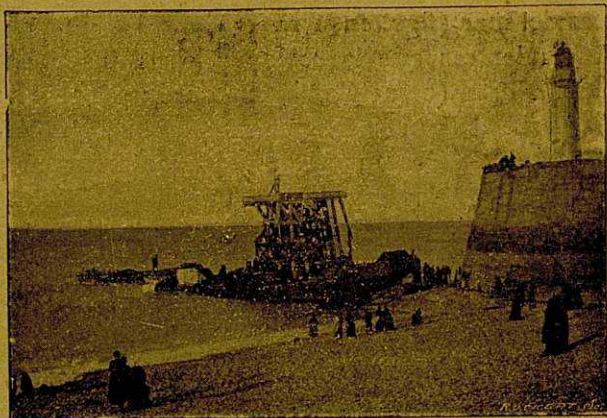


Fig. 13.—B. Después del 2 de enero de 1899



Fig. 14.—Después del 10 de enero de 1899

todavía recientemente en Inglaterra y en Francia, lienzos enteros de acantilados se derrumbaron en el mar. La línea de las costas está, pues, sometida á los fe-

nómenos de destrucción y de acrecentamiento. Unas veces esterilizada y roída por el mar se modifica y disminuye, otras al contrario, se aumenta con los aportes del mar (figs. 12, 13 y 14).

Así, mientras que la costa inglesa situada en el mar del Norte (cerca de la embocadura del Humbert) pierde de 2 á 3 m. por año, y que las costas de Bretaña se decentan más y más, los restos arrancados á la costa inglesa de la Mancha y depositados en la playa normanda han formado los aluviones fértiles del Marquenterre, y los limos del Ródano prolongan hacia el mar la costa del Languedoc.

A más, los hielos formados por la condensación en las partes elevadas y frías de los continentes no permanecen inmóviles. Los glaciares, bajo la presión de su porción superior, descienden lentamente hacia las llanuras, nivelando como gigantesos cepillos los valles sobre los cuales pasan (1). Por consiguiente, por todas estas razones, se concibe que al cabo de un tiempo suficientemente largo, las asperezas de la tierra firme puedan ser todas sucesivamente niveladas cuando una traída de materias sólidas provea poco á poco las profundidades de los océanos para rellenarlos en parte.

Las mismas aguas corrientes forman tierras artificiales en la embocadura de los grandes ríos. ¿No vemos en la embocadura del Ganges, del Mississipí, depositarse incesantemente las arenas, aumentando así

(1) En su marcha descendente, los glaciares arrastran enormes bloques de rocas que depositan en las pendientes de la montaña ó en el valle; estos son los bloques erráticos (figs. 15, 16 y 18) que á veces distantes más de 100 kilómetros de su país de origen atestiguan la presencia de antiguos glaciares.

En las regiones polares, cuando los glaciares alcanzan el mar, no descansando ya sus extremos sobre el suelo, se quiebran, y los diversos trozos flotan en el agua; estos hielos flotantes son conocidos bajo el nombre de icebergs; algunos alcanzan la altura de 100 metros y 300 metros de espesor (fig. 17).

la extensión de las tierras, cuando, por otra parte, con sus repetidos embates la disminuye el mar? (1).

Pues, atmósfera, aguas corrientes, aguas del mar, todo eso son otros tantos factores que cambian constantemente el aspecto de la superficie de nuestro planeta; pero esto no es todo.

Hay todavía que señalar, en efecto, las causas internas de transformación. Los volcanes y los temblores de tierra modifican profundamente la superficie del globo. Las erupciones volcánicas son causa de modificaciones y desastres. Así es cómo

en el año 79, las ciudades de Pompeya y de Herculano fueron sepultadas bajo la lava del Vesubio; có-



Fig. 15.—El glaciar de Aletsch

(1) Los deltas alcanzan á veces considerables proporciones: el del Nilo tiene 22,000 k. c. de superficie y el del Ganges 83,000 k. c., pero mientras que unos aumentan sin cesar otros disminuyen. En el delta del Pó, Adria, que era un puerto de mar en la época del imperio romano, está ahora á 35 k. en el interior de tierra; Arno gana cerca de 6 metros al año sobre el mar; el Pó, que adelanta 70 metros por año, conquista 113...

mo en 1815 el Tambora (situado en una de las islas de la Sonda, la isla de Sumbava), cubrió con sus cenizas la isla distante 210 kms.; se perdieron las cosechas y perecieron 44,000 personas.

La cantidad de lava que brota de un volcán es á veces considerable; en 1787 el volcán de la isla de la



Fig. 16.—Extremo del glaciar del Ródano. Durante los veranos cálidos, los glaciares retroceden á causa de fundirse su extremidad inferior y dejan á cierta distancia una *moraina frontal* ó *terminal*, ó sea un muro semicircular formado de bloques y de restos traídos por ellos. Se ve aquí la extremidad del glaciar rodeado de un parapeto de despojos y varias antiguas morainas frontales dispuestas en arcos concéntricos.

Reunión emitió 86 millones de metros cúbicos de lava.

A veces los movimientos volcánicos destruyen regiones enteras; á veces, al contrario, forman nuevas tierras (fig. 6); así es cómo en 1883, después de una erupción, la isla de Krakatoa disminuyó en dos tercios; mientras que en períodos sucesivos aparecieron las islas de Santorin, en el Mediterráneo oriental (en 198 a. de J. C., 1261, 1707, 1866).

Los temblores de tierra, las erupciones volcánicas, todas las modificaciones de la estabilidad del

planeta, tienen consecuencias generales. M. Darboux, señalando las variaciones de latitud observadas por los diversos observatorios según las épocas, cree que el polo terrestre cambia de lugar. La asociación geodésica ha hecho calcular las variaciones señaladas por M. Darboux, y M. Brillouin; estudiando las curvas publicadas por aquella sociedad, ha señalado en

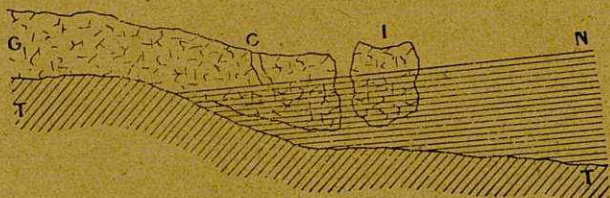


Fig. 17. — Formación de hielos flotantes. T T, tierra firme; N, nivel del mar; G, glaciar cuya extremidad flota libremente; C, línea de ruptura; I, iceberg desprendido.

dichas curvas rupturas que corresponden á las épocas de los movimientos sísmicos.

Los seres vivientes se encargan también de una parte de esta tarea. Debajo de los mares, organismos microscópicos que llamamos corales (1), forman islas enteras, y finalmente, ¿el hombre, por un esfuerzo de su genio, desde hace un siglo no ha soñado y rea-

(1) Los corales son arrecifes á flor de agua formados por pequeños animales constructores (madréporas, poritas) que segregan calcáreo. La parte inferior de la construcción está formada por individuos muertos aglutinados; la parte superior la forman individuos vivos que prosiguen la obra. (Ejemplo: la Gran Barrera de la costa Este de Australia.)

En otras partes los corales afectan la forma de anillo, en cuyo interior se extiende un lago de reducida profundidad; son los «atolls». Véase *Les récifs de corail*. Carlos Darwin. V. también *Voyage d'un naturaliste autour du monde*. C. Darwin.

Darwin ha señalado (*Rôle des verres de terre dans la formation de la terre végétale*), la importancia de la acción de esos animalitos que se considera como cantidad despreciable. «Así, dice, todo el lecho superficial de tierra vegetal, en el transcurso de algunos años, debe atravesar una vez por su cuerpo».

lizado ya en parte profundas modificaciones en el aspecto de los continentes?

¿No hemos visto al Asia separada de Africa por la apertura del istmo de Suez, y no se han hecho proyectos gigantescos, uno por los holandeses, para recuperar el Zuyderzé del mar; el otro, en sentido inver-



Fig. 18.—Pedazo de roca pulida y estriada por la corriente de un glaciar

so, por franceses, para fertilizar el Sahara por la llegada de un mar interior?

Por consiguiente, á todas las causas que hemos enumerado, hay que añadir la que proviene de la voluntad y de la energía de los hombres, y ésta no será la menor. ¡Ojalá pueda esta energía ser dirigida siempre en esta vía esencialmente saludable y fructífera, en lugar de perderse en inútiles querellas que harían se destruyesen entre sí los que deben ser hermanos!

Las precedentes consideraciones nos llevan naturalmente á una conclusión de la más alta importancia: es que nuestro globo sufre constantemente modificaciones que demuestran su *evolución* continua. Bajo la doble acción de las fuerzas internas y de los agen-

tes externos, *tiende* hacia un estado que no alcanzará sino al cabo de muy largo período de tiempo, millares y millares de siglos; pero mientras tanto, su su-

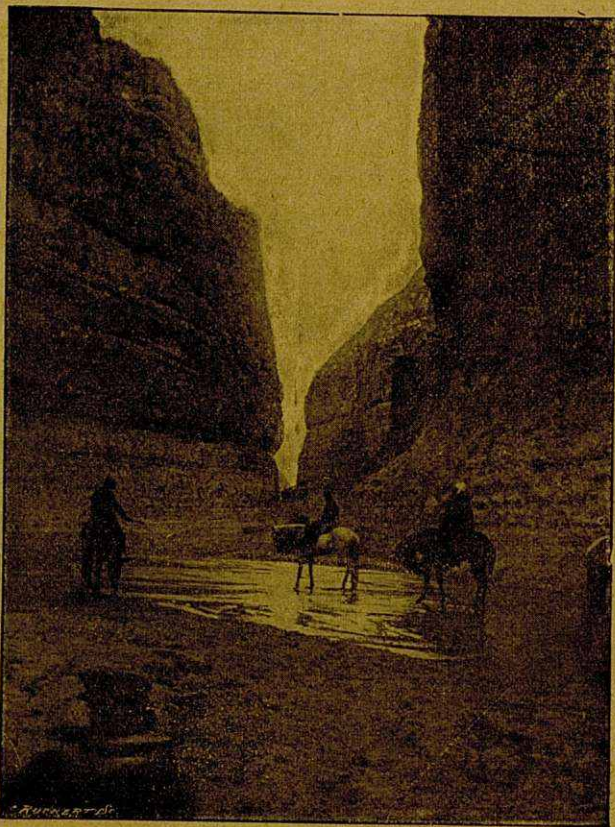


Fig. 19.—Resultado secular del trabajo de erosión de una corriente de agua (Argelia)

perficie se modifica sin cesar, y «mañana» no se asemeja más á «hoy» de lo que «hoy» se parece á «ayer».

Dos principios fundamentales dominan toda nuestra ciencia: uno, descubierto por Lavoisier, es el prin-

cipio de la *conservación de la materia*. Nada se crea, nada se pierde. El otro principio es el de la *conservación de la energía*, que puede expresarse así: No se crea energía como no se puede crear materia. La suma de energía existente en la materia es constante. No se crea energía, *no se hace más que transformarla*. Este principio es la mayor conquista científica del siglo XIX.

Calor, luz, electricidad, no son más que formas de la energía. Para tener electricidad es preciso gastar trabajo mecánico ó calor, es decir, hacer sufrir una transformación á la energía.

De suerte que la materia y la fuerza son regidas por la misma ley, y esta ley, deducida de la observación y de la experiencia, hace inadmisibile la idea de creación: sólo admite como posible la idea de *evolución*, única que corresponde científicamente á los resultados inatacables de un siglo de experiencia.

Y la Tierra, en el conjunto de sus transformaciones, bajo la doble influencia de los agentes internos y externos, se encamina hacia el estado de astro muerto, sin foco interior, sin vida superficial, cual es la Luna actual. ¿Cuándo haya alcanzado este estado habrá cesado de evolucionar? No.

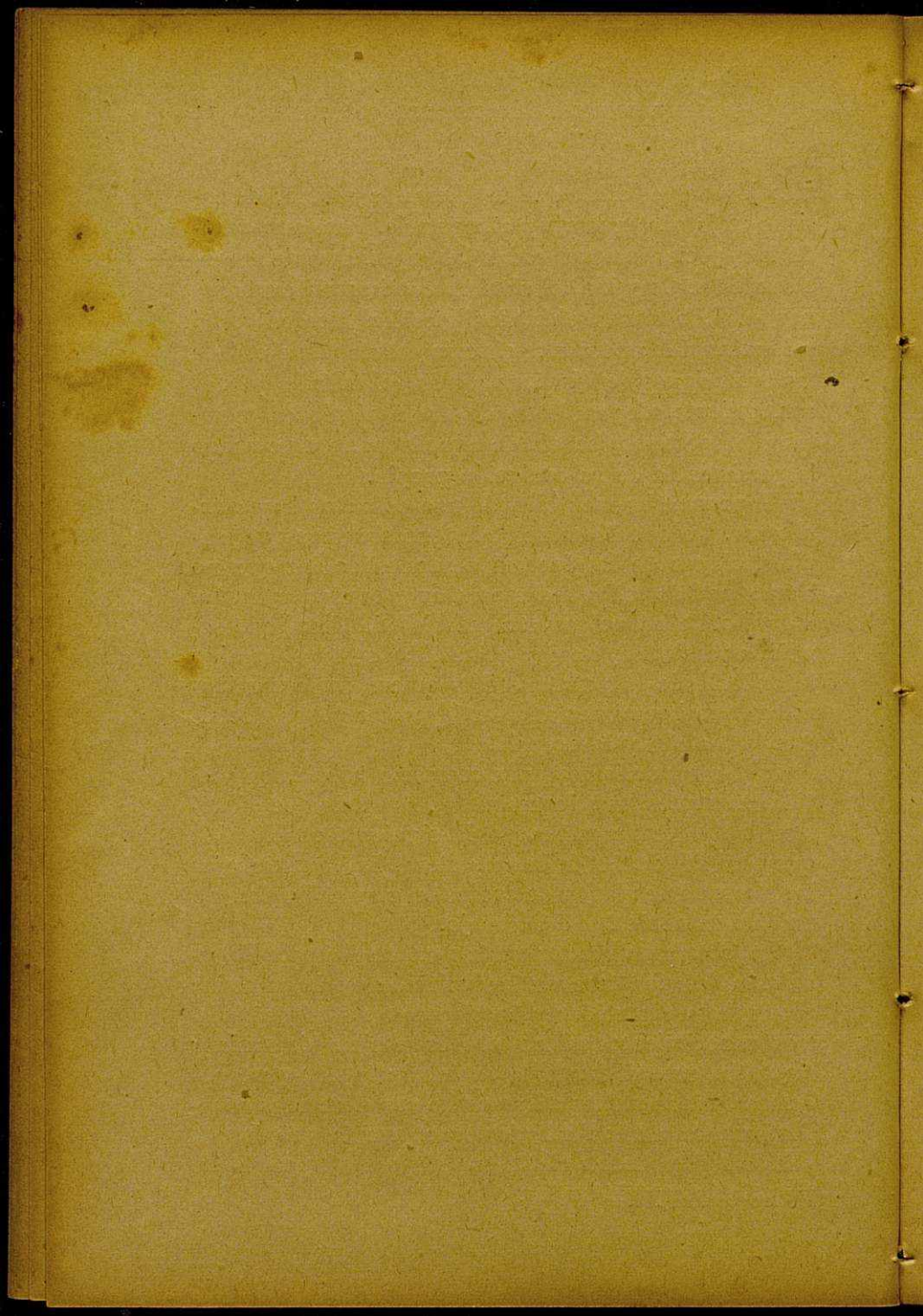
Cuando á consecuencia de enfriamiento gradual, dentro de millones de años, se hayan hecho imposibles las condiciones de la vida en nuestro planeta, *tal como la vemos hoy*, nada nos dice ante todo que por una lenta evolución de los seres y de las especies vivientes ciertos individuos no hayan podido acomodarse á las nuevas condiciones del planeta en que viven. Nada nos dice que el HOMBRE, dueño de la naturaleza, conquistador de sus fuerzas, no haya encontrado el medio de escaparse de las estrechas prisio-

nes de nuestra atmósfera para ir á buscar en astros más jóvenes el calor que la Tierra le rehusa, demasiado vieja para nutrirle y alimentarle. Pero aun cuando la especie humana, todas las especies vivientes se hubiesen extinguido, el sistema continuaría evolucionando. Los astros enfriados girarían alrededor del sol extinguido; pero este sistema estaría á merced de las evoluciones de los otros astros del mundo, y, por consiguiente, dependiendo de sus evoluciones remotas y respectivas, habría de aquella parte encontrado la persistencia de su evolución propia.

Y persuadámonos bien de una cosa: no hay *cataclismos*. Lo que llamamos tales, no son más que manifestaciones de las fuerzas naturales de las que no hemos podido todavía desentrañar todas las leyes. La erupción de un volcán, un temblor de tierra que sepulta una ciudad, no son «cataclismos» en el sentido legendario de la palabra. Ello quiere decir sencillamente que ignoramos aún las leyes completas que rigen la materia y la energía.

Si las conociéramos por completo habríamos previsto esas manifestaciones que no son más que «fenómenos». Y esto nos lleva á la siguiente conclusión: que para ser dueño de la naturaleza, hay que trabajar incesantemente: la ley de evolución para el hombre va unida á la noble ley del trabajo.

La Tierra no ha comenzado en un instante *determinado*, es una fase de la evolución de la materia; prosigue la evolución, y en el estado actual de nuestros conocimientos si no nos es posible determinar rigurosamente á dónde la evolución la arrastra, podemos cuando menos afirmar que sus elementos constitutivos, aun transformados, continuarán existiendo, pues ningún hecho científico apoya la hipótesis de un principio y de un fin.



## CUARTA PARTE

---

### Geología

Tiene, pues, nuestro globo, un pasado, y el estudio de este pasado es indispensable á quien quiere conocer exactamente su historia.

El hombre ha procedido al estudio del pasado de la Tierra por métodos científicos rigurosos con un carácter de lógica absoluta, siguiendo en ello el mismo método que sirve al arqueólogo para estudiar el pasado de los pueblos desaparecidos según los vestigios que nos han dejado los productos de su industria. El arqueólogo, por los documentos que le proporcionan las excavaciones: esqueletos, piedras esculpidas, piedras de sepulcros, restos de monumentos, armas, etc., ha llegado, mediante deducciones sucesivas, á reconstruir con una precisión sorprendente la historia del hombre en las épocas en que faltaban los documentos escritos. Del propio modo, el geólogo deberá partir de los documentos que encuentre en la superficie de la Tierra, y con ayuda de un estudio metódico de esos documentos, deberá remontar el pasado, descifrar las leyes con arreglo á las cuales se hayan sucesivamente depositado.

Los documentos de que el hombre dispone para remontar el pasado de la historia de la Tierra son de dos clases: las rocas y los fósiles.

El aspecto de la corteza terrestre, cuando se le estudia, se presenta bajo dos apariencias que parecen infinitamente variadas y que, en realidad, se re-

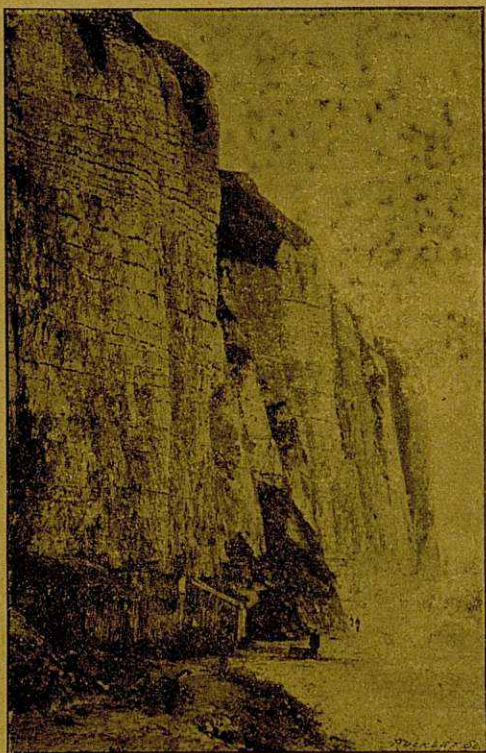


Fig. 20.—Acantilados de Dieppe, donde se puede distinguir los estratos ó capas superpuestas.

ducen á tres tipos principales. Son las formaciones *estratificadas*, las *macizas* y las *dislocadas*.

Todos los ejemplos que presentaremos para las formaciones estratificadas son sobradamente instructivos. Los primeros son los acantilados de las orillas de la Mancha,

Esos acantilados representan gigantescas quebraduras hechas á través de la corteza terrestre, y basta examinar una de ellas, por ejemplo, los acantilados existentes en los alrededores del cabo de Hève, en el



Fig. 21.—Estratificación de las rocas, llamada estratificación horizontal. Las capas han conservado perfectamente la posición por ellas tomada al formarse. Son paralelas á la superficie de la tierra y regularmente superpuestas.

Havre, para ver que están constituidos por capas superpuestas. Así, en el caso que hemos escogido, la base del acantilado está formada por algunos metros de calcáreo, de arcilla azulada. El conjunto soporta en primer término gravas ferruginosas, después una gruesa capa de arena amarilla.

Sobre las arenas se extiende un lecho de arcilla sobre el cual descansa una marga arenosa azulada, y finalmente, coronando el conjunto, se encuentra la capa de creta que remata la parte superior del acantilado, creta que es gris por debajo, blanca arriba, estratificada ella también en capas horizontales marcadas por listas de sílex negro y gris (figs. 21 y 22).

Otro ejemplo clásico y muy claro de formas estratificadas se encuentra en las canteras de la región de Argenteuil, en las cercanías de París. Allí en-



Fig. 22.—Corte de una hondonada, valle ó corte de camino, mostrando m m el corte, cara por la cual una capa desemboca en la superficie de la tierra.

contramos primeramente una gran masa de yeso salpicada completamente de osamentas de mamíferos terrestres. A trechos está cortada esta capa por lechos horizontales de marga amarilla, y aquí, en vez de restos de animales terrestres, las margas presentan

restos de animales marinos. Sobre estas margas amarillas aparecen otras grises que encierran restos de animales acuáticos, pero exclusivamente de agua dulce. Sobre ellas se encuentra una capa de tierra gredosa, en la que se ve reaparecer los restos de animales marinos; finalmente, vienen margas arcillosas que contienen muchos restos de ostras, todo cubierto por arena amarilla.

Revelan superabundantemente estos ejemplos que, en todas las épocas de la Tierra, es la acción del mar lo que ha desempeñado el principal papel. Se sabe, en efecto, que cuando se tiene materias muy tenues en suspensión en el agua, lo que se produce en el caso de todas las aguas sucias, como lo son ¡ay! muchas de nuestras aguas destinadas á la potabilidad, basta dejar reposar aquel agua al abrigo de toda agitación para ver como el fondo se tapiza de una delgada capa horizontal formada por todas las materias sostenidas en suspensión, cuya densidad, mayor que la del agua, ha hecho descender lentamente al fondo del vaso. Si se vierte con cuidado el líquido y se llena el recipiente con otra agua que contenga otras materias en suspensión, se superpondrá al primer depósito un segundo de diferente naturaleza; la introducción en el vaso de un tercer líquido, determinará la formación de un tercer depósito, y así sucesivamente.

El hecho de que materias de diferente naturaleza se hayan depositado en estratificación, en capas horizontales sucesivas, es, pues, un testimonio auténtico de la existencia de masas líquidas que se han sucedido sobre los terrenos en cuestión, depositando cada una de ellas la huella de su paso y dejando caer una capa más ó menos espesa de materias que contenían en suspensión, cada época, cada término de esta

evolución, ha consignado, por decirlo así, sobre la corteza terrestre, la fecha de su paso.

La presencia característica de los restos de animales acuáticos en la mayor parte de los terrenos que así se puede estudiar, muestra el importante papel del Océano en el pasado, y si se reflexiona bien que el Océano cubre, como hemos dicho, las tres cuartas partes de la superficie del globo y que sobre estas tres cuartas partes los fenómenos del pasado continúan realizándose hoy, se ve cuál es la importancia del estudio de la oceanografía cuando se le lleva paralelamente al de la geología. Con razón, pues, ha

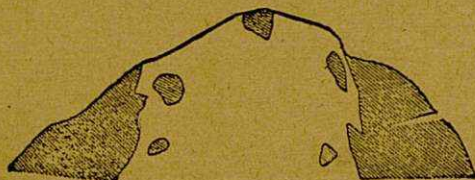


Fig. 23.—Rocas macizas ó no estratificadas: masa rocosa envuelta en todo ó en parte en otra.

podido decir el príncipe de Mónaco que la geología era la oceanografía del pasado, y que la oceanografía era la geología del porvenir.

Después de las formaciones estratificadas, tenemos las *formaciones macizas* (fig. 23).

Hay puntos del globo en que el aspecto de la corteza terrestre, cuando menos en su parte superficial, no ofrece en modo alguno este aspecto de capas horizontales sucesivas y superpuestas. Por el contrario, se ve formaciones macizas á menudo muy redondeadas, formaciones cuyos sistemas se observa admirablemente en la meseta central de Francia; se la observa muy bien, en particular en el recorrido de la vía férrea á través del Limousin. Aquí nada de apariencia de estratificación; por doquiera, al contrario, la roca es compacta y se ve brillar al sol lente-

juelas de cristales de cuarzo y de mica. Hay, pues, en la corteza, hasta la parte superior, rocas que han conservado su forma primera y sobre las cuales no se ha efectuado ningún depósito ulterior.

Pero estas mismas rocas pertenecientes á la corteza general, no están sustraídas á los movimientos convulsivos que agitan la corteza; así en muchas regiones, especialmente en el Jura, las formas primitivamente redondeadas son quebradas, estriadas, cortadas, ofreciendo de esta suerte un tercer aspecto de los terrenos que se puede estudiar. Son los terrenos dislocados.

Tenemos, pues, tres tipos bien diferentes de for-



Fig. 24.—Fracturas de la corteza terrestre franquean paso á las materias ígneas que se solidifican formando las rocas eruptivas (granito, pórfido, basalto, lavas).

mación. Los fenómenos sedimentarios por los cuales, bajo la influencia de la gravedad se han depositado los elementos sucesivos mantenidos en suspensión por los océanos; los fenómenos eruptivos que han empujado, á través de las estratificaciones de los sistemas precedentes, enormes masas de rocas procedentes del núcleo interno (fig. 24); en fin, los fenómenos *orogénicos* que han alterado continuamente el aspecto de la superficie constituido por los dos primeros tipos de fenómenos y han modificado así la geografía del globo en las diferentes etapas de su evolución.

El geólogo se encuentra, pues, ante dos formas de trabajo muy diferentes cuando quiere hacer su pri-

mer estudio. Ante todo, estudiar al por menor la naturaleza detallada de las rocas que puede recoger en la superficie; seguidamente, estudiar la sucesión de los depósitos que han podido producirse, el orden en que se han producido y la misma naturaleza de los depósitos esos.

El primer método es el *método litológico*; el segundo es el *método estratigráfico*.

\* \* \*

No entra en el marco de este librito estudiar el detalle de las rocas. La *petrografía* es una ciencia vasta, minuciosa, que ha proporcionado á la geología los documentos más preciosos y seguros. Bastará dar algunas generalidades sobre este estudio.

Salta desde luego á la vista su importancia. Puesto que los depósitos estratificados están formados de restos orgánicos ó minerales, la parte mineral de estos restos no puede proceder sino de la disgregación de las rocas eruptivas. Así, pues, es esencial estudiar los elementos de que dichas rocas eruptivas están compuestos si se quiere llegar á conocer exactamente los elementos que á su vez componen todas las rocas estratificadas.

De una manera general, las rocas eruptivas provienen de la parte superficial del núcleo central en fusión, y de la propia suerte que en un baño de fundición, en el chorro de un alto horno, en la parte superior del metal fundido se acumulan escorias y detritus más ligeros, que sobrenadan, se comprende que la espuma del núcleo central debe estar formada por los elementos más ligeros. Es por esto por lo que la

parte superior, es decir, la que se observará, estará formada por sílice y cal. La sílice, en particular, que se ha combinado con diferentes óxidos metálicos, óxidos de aluminio, de potasio, de sodio, de calcio, de hierro, de magnesio, habrá dado origen á especies minerales distintas, variables con las condiciones de formación, y á menudo hasta, si se quiere tener en cuenta que la sílice es un ácido, ha podido ocurrir que hubiere un exceso de este ácido con relación á los óxidos minerales, absolutamente como en la fabricación del sulfato de potasa, por ejemplo, puede acontecer que el ácido sulfúrico exceda á la potasa. En el caso particular de la sílice el exceso de ácido silícico cristaliza y forma un mineral característico que se llama *cuarzo* ó *cristal de roca*. Entre los compuestos de la sílice con los óxidos metálicos hay algunos que son hasta muy complicados; se les da el nombre de *feldespatos*; otros silicatos de alúmina menos ricos en sílice que los feldespatos, contienen en cambio hierro ó magnesio y dan origen á minerales complejos, flexibles, que se parten fácilmente en laminillas superpuestas en hojas como las hojas de un librito de papel para cigarrillos: se les llama *micas*.

De una manera general, se divide las rocas en ácidas, básicas ó neutras. Las *rocas ácidas* contienen un exceso de sílice que ha permanecido en libertad; son siempre ligeras y su densidad oscila entre 2,6 y 2,7. Por el contrario, las rocas que no contienen sílice libre, generalmente contienen óxidos metálicos en estado predominante. Por un fenómeno inverso al precedente, es, pues, el elemento básico el que domina en ellas: se las llama *rocas básicas*. Son, en general, pesadas; su densidad, por término medio, es de 3. Lo más á menudo la presencia de los óxidos metáli-

cos en estas rocas les comunica un color obscuro al propio tiempo que una mayor densidad. En este caso se encuentran en particular los minerales de hierro.

Finalmente, la tercera categoría de rocas es la de aquellas que no contienen ni ácido ni base en libertad; se las llama rocas neutras y su densidad media es de 2,75. Así, las rocas se clasifican naturalmente y en relación al punto de vista de su aspecto: el color claro indica la acidez de la roca; el color obscuro su basidad.

#### ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas de las tres categorías que acabamos de indicar están, como todos los elementos de la corteza terrestre, sometidas á la disgregación, y de esta disgregación resultan las partículas que los océanos, en las sucesivas etapas que han recorrido en la superficie de la Tierra, han depositado en lechos horizontales superpuestos (1).

Los sedimentos así formados son unos «areniscos», á la manera de los arenales y de los guijarrales; algunas veces se aglomeran sus elementos para convertirse en asperón y formar diversos conglomerados, pero los sedimentos pueden ser también arcillosos, dando arcillas propiamente dichas ó limos. Las arcillas pueden ser compactas ú hojosas. En este último estado las arcillas se llaman *esquistos*, y cuando los esquis-

(1) Cabe preguntarse cuál es el origen de la discontinuidad aparente de los terrenos sedimentarios. Estos terrenos se han depositado en el lecho de los Océanos primitivos y su naturaleza ha cambiado cuantas veces las materias en suspensión ó en disolución en aquellos terrenos eran modificadas. Cambiando la constitución del medio, resultaba de ello modificaciones en la fauna y en a flora. De ahí el origen de diferentes capas con diferentes fósiles.

tos son duros y se presentan en lechos muy delgados, forman las *pizarras*.

En fin, en los fenómenos de disgregación intervienen las reacciones químicas combinadas con la acción del agua, con la presión, la acción de los cambios de temperatura. Las aguas corrientes depositan, finalmente, una gran cantidad de materias orgánicas; de ahí resultan depósitos que se llaman depósitos orgánicos que están formados, ó únicamente de aglomeraciones de detritus de seres vivos, ó que simplemente contienen inclusiones de restos calcáreos de animales, de conchas, etc...

Los más importantes de esos depósitos orgánicos son los *calcáreos*, entre los cuales, en primer término, se coloca el mármol. Se encuentran también calcáreos foraminíferos, calcáreos margosos, calcáreos políperos. La piedra de construcción tan dura y tan conocida bajo el nombre de piedra de Comblanchien, es característica, por las pequeñas conchas que el pulimento hace aparecer en su superficie. Recordemos finalmente que la creta, que es carbonato de cal, tan quebradiza, tan fácil de cortar, contiene miríadas de envolturas de globigerinas y de algas microscópicas asociadas á pequeños granos de carbonato de cal.

Cuando las materias vegetales han estado enterradas durante mucho tiempo, se han mineralizado dando origen á combustibles que comprenden la *turba*, el *lignito*, la *hulla* y finalmente la *antracita*, que es el término de la evolución de la materia vegetal hacia la forma mineral. La hulla, aun la más compacta, conserva siempre huellas de su primitiva organización, es decir, vegetal, que el análisis químico y á menudo hasta el microscopio permiten descubrir de una manera no dudosa.

## FÓSILES

Según eso, se ve que el papel de la vida de las edades pasadas interviene hasta en el estudio de las rocas. Entre las aglomeraciones considerables se manifiesta frecuentemente de otro modo la huella de la vida en los tiempos pasados. Las rocas no están ya formadas por pequeños elementos microscópicos aglomerados, por restos de seres desaparecidos, sino que se encuentra, enclavados en terrenos de diversas clases, los esqueletos enteros de animales pretéritos: esos son los *animales fósiles*.

Al gran Cuvier estaba reservada la gloria de hacer ver la importancia de su estudio, importancia que fué el primero en evidenciar; y puede decirse que el estudio de la geología propiamente dicho data de la introducción del estudio de los fósiles.

La variedad de estos animales, de los que muchos representan especies hoy desaparecidas, su distribución en familias idénticas siempre en los mismos terrenos, es uno de los medios más seguros de estudiar las formaciones del pasado. Ya se encuentra el fósil todo entero, ya, al contrario, no se encuentra más que su impresión, impresión de su cráneo, de su esqueleto, algunas veces de sus pasos, hasta algunas veces sencillamente de sus excrementos. Se ha dado á estos últimos productos mineralizados el nombre de *coprolitos*. Ninguno de esos monumentos es despreciable, y agrupándolos sistemáticamente es como se ha llegado á constituir la historia del pasado de la Tierra.

## HISTORIA DE LA TIERRA POR ÉPOCAS GEOLÓGICAS

Ahora que conocemos los elementos que hay que estudiar, veamos cómo la inteligencia humana se ha servido de esos elementos para llegar á reconstituir el edificio del pasado.

Tres métodos se han empleado en la historia de la ciencia geológica. Ninguno de esos métodos aisladamente tomado es suficiente, pero la agrupación de los tres constituye uno de los medios más ciertos de llegar á la verdad con relación á las épocas pasadas.

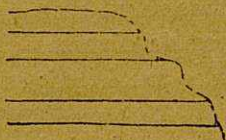


Fig. 25.—Tipo simple de estratificación

En el comienzo de la ciencia, se había creído que el estudio de las rocas debía bastar para referir la historia de la Tierra. Se había, pues, dividido esta historia en períodos, como la edad del asperón, la edad del granito, la edad del pórfiro, la edad del calcáreo.

Evidentemente, á primera vista, en la época en que la geología no estaba aún hecha, semejante clasificación debía parecer suficiente. Este método es el *método litológico*.

Basta recordar lo que hemos dicho de las constituciones sedimentarias sucesivas para hacer ver que en un mismo mar cuyo fondo está formado por una misma roca, pueden superponerse los depósitos sucesivos. Así, pronto se ha renunciado á emplear exclusivamente el estudio de las rocas para hacer el estudio de la Tierra y ha habido prisa en añadir al mismo el estudio de las estratificaciones, es decir, en emplear el *método estratigráfico*.

El principio de este método puede enunciarse en una línea. Se basa en un axioma que es casi completamente evidente, si se reflexiona sobre el origen de las sedimentaciones: esto es, que de dos capas superpuestas la superior es la más reciente.

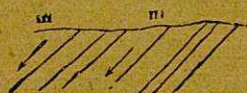


Fig. 26. — Estratificación de las rocas, llamada estratificación levantada inclinada. El camino que toma el agua vertida sobre la superficie de una capa inclinada indica el punto del horizonte hacia el cual se *sumerge* la capa, lo que está indicado por las flechas.

Así es cómo se puede determinar la *edad* de las cordilleras de montañas, cómo se puede determinar la edad relativa de las rocas eruptivas, hasta cuando sólo contienen rocas de origen eruptivo y no estratificadas, pues á menudo el fenómeno eruptivo se traduce en un filón metalífero introducido como una

hoja de hacha á través de una capa de terrenos. Siempre que se encuentran los dos filones se puede afirmar igualmente que el filón que pasa á través del otro es el más moderno de los dos.

Pero por grande que sea el perfeccionamiento introducido por el método estratigráfico, cuando se le agrega el método litológico, hay casos en que puede engendrar incertidumbre. Por ejemplo, cuando algunas capas han sido plegadas y derribadas, lo que puede acontecer, se puede producir un fenómeno análogo al que se presenta cuando se dobla en masa las hojas de un fascículo.



Fig. 27.—La estratificación levantada es aquí vertical.

Los elementos de la cubierta inferior del libro llegan á la superficie y, por consiguiente, si nos limitamos al estudio de las estratificaciones, se podría, en ese caso, opinar por la antigüedad relativa de las capas que son más modernas (figs. 25 á 32). Pero entonces es cuando inter-

viene con seguridad el tercer método, ó sea el *método paleontológico*, es decir, el que se basa en el estudio de los fósiles (1).

Dichos fósiles nos señalan ante todo la antigüedad de la vida en la superficie del globo; nos enseñan que los seres de otro tiempo tenían formas muy diferentes de la mayor parte de los animales contemporáneos; á más nos proporcionan la indicación más precisa que les pedimos con el objeto que perseguimos: nos permiten determinar el medio en que han vivido y las condiciones de depósito de las capas á que pertenecen. No es esto todo: del propio modo que los animales han cambiado con el tiempo, también se encuentra en las capas de las edades desaparecidas, fósiles esencialmente diferentes. Así, cierta capa encierra



Fig. 28.—Tipo de estratificación más compleja. Capas inclinadas ó levantadas son recubiertas por capas horizontales. Las primeras habían sido ya cambiadas de su posición primitiva cuando se depositaron las segundas.

siempre la misma categoría de animales fósiles: se les llama entonces los *fósiles característicos* de aquella capa. Con justo título ha podido decirse que los fósiles representaban para el geólogo el mismo papel que las monedas para el arqueólogo.

El conjunto de los monumentos del pasado representa para el arqueólogo las grandes líneas de una civilización que ha podido durar años y hasta siglos, mientras que en las ruinas de esos monumentos las monedas consienten especificar épocas más cortas con las cuales pueden relacionarse las inscripciones. Los fósiles representan exactamente el mismo papel en el

(1) Véase, aparte del tratadito de Geología de M. Boull, muy claro, muy ilustrado, que utiliza tan juiciosamente el método paleontológico, el capítulo IX de *L'Histoire de la Terre* de M. de Launay, pág. 275 y siguientes, para las consideraciones generales sobre este método.

conjunto de la evolución terrestre, permiten determinar ciertos períodos más cortos y que están caracterizados por su presencia exclusiva.

Agrupando hábilmente esos tres métodos des in-

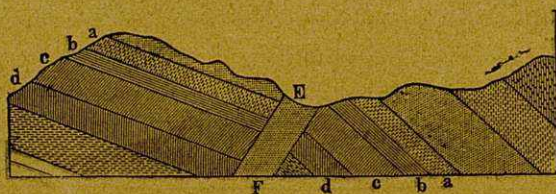


Fig. 29.—Habiendo sido levantadas más sensiblemente las capas *a*, *b*, *c*, *d* de un lado que de otro por una masa rocosa *E*, *G*, salida de la profundidad, un aplastamiento de roca puede haber producido un fenómeno semejante.

vestigación es cómo se ha podido establecer la cronología relativa de los terrenos. Decimos «relativa» y evitamos con cuidado la palabra «absoluto», porque en el estudio que vamos á emprender, el año es una subdivisión demasiado minúscula para que se la pueda tener en cuenta. Es por siglos y por millares y hasta por millones de siglos por los que es preciso evaluar

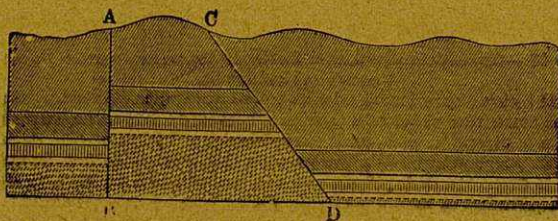
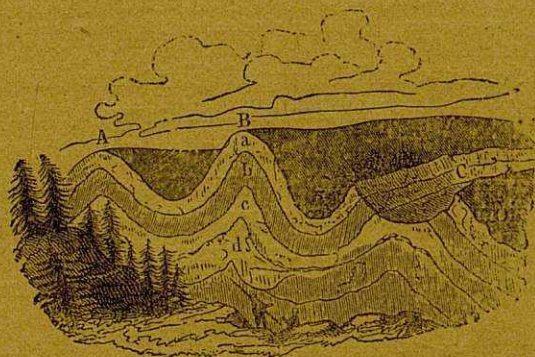
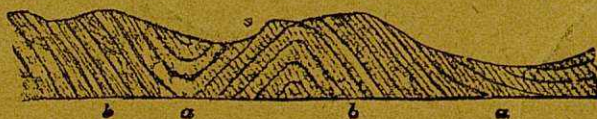


Fig. 30.—La parte *A*, *B*, *C*, *D*, ha sido levantada bajo la influencia de una presión interna.

la duración de los períodos geológicos. ¿Cuál es exactamente esa duración?... Ni siquiera estamos ciertos de su orden de magnitud; si es probable que se exprese por cifras inmensas, análogas á los números á que nos tiene acostumbrados la astronomía para expre-

sar la distancia de los astros entre sí, y ya es mucho haber podido adquirir la noción de la inmensidad de esos períodos que las leyendas de otros tiempos llamaban sencillamente *días*. Y para proseguir nuestra comparación entre la antropología y la geología, así como la historia de la humanidad comprende una se-



Figs. 31 y 32.—Capas primitivamente horizontales se han vuelto sinuosas bajo posteriores influencias.

En la figura 32 se observa además trozos que indican en las capas arqueadas una estructura esquistosa que ha sobrevenido más tarde, cuyas láminas tienen una dirección particular completamente independiente de la de las capas, ya perpendicular (*a a*), ya paralela (*b b*) á éstas. Dichas irregularidades en la dirección de las capas que son onduladas ó en zig-zag, ó algunas veces quebradas, se atribuyen á una fuerte presión experimentada lateralmente por la estratificación.

rie de períodos separados por acontecimientos respetables, y cada uno de los cuales ha sido señalado por el desarrollo de un orden determinado de civilización (edades del bronce, del hierro, época romana, Renacimiento), de la propia suerte en la historia de la Tierra tendremos grandes divisiones que llamamos *eras*

y á las cuales los geólogos han dado los respectivos nombres de era primaria, era secundaria, era terciaria y era cuaternaria.

Y para llevar más lejos la comparación, del propio modo que cada uno de los grandes períodos de la historia está dividido en épocas ó en reinados en los cuales intervienen los acontecimientos políticos, asimismo cada *era* está dividida en varios *períodos* y cada período está, á su vez, subdividido en *épocas*. El conjunto de los terrenos que han tenido origen durante una época se llama estancia, el conjunto de estancias que corresponde á un período se llama *sistema*, y al conjunto de los sistemas que corresponde á una era se llama *grupo*, y obsérvese con cuidado que no hay que confundir palabras que después de esto parecerían sinónimas. Un grupo y una era, un sistema y un período, una estancia y una época, no son expresiones idénticas; las primeras se aplican á los terrenos y las segundas á las *duraciones* en cuyo transcurso se han establecido. Así, los geólogos han formado una nomenclatura hoy universalmente adoptada por los sabios de todas las naciones, y con ayuda de la cual se puede seguir claramente la historia de la Tierra según se la considere en el tiempo ó en el espacio. No hemos de entrar en los detalles de todas las épocas hoy individualizadas por la ciencia; se cuentan sesenta de ellas perfectamente caracterizadas. Vamos sencillamente á indicar los caracteres principales de las grandes divisiones, es decir, de las eras geológicas.

No obstante, antes de entregarnos á este trabajo, hagamos observar al lector que la noción de *eras*, es decir, de períodos de la historia de la Tierra claramente separados, es sólo un procedimiento de estudio. En realidad, la *evolución es continua*, lo hemos dicho y

lo repetimos, no hay «cataclismos» que marquen separaciones entre períodos sucesivos; si á las veces un hecho geológico toma á nuestros ojos el aspecto de una revolución, es que juzgamos su importancia según la nuestra propia en el tiempo y en el espacio. ¿Qué es, en efecto, una erupción volcánica repentina con respecto de las lentas transformaciones del mundo durante los millones de años y las continuas permanentes modificaciones que se realizan por evolución lenta?

Una erupción no es más que un momento muy breve, sin importancia bien apreciable. Las lluvias, para no recordar más que un solo ejemplo, que arrojan continuamente torrentes de agua cuya renovación modifica el aspecto del planeta, tienen una importancia mucho mayor que las erupciones volcánicas.

La *era primaria* corresponde al grupo de los terrenos primarios y éstos comienzan con las capas de la corteza terrestre en las cuales aparecen los primeros animales fósiles. Dichos animales eran todos de especies inferiores y casi no comprendían más que seres invertebrados, conchas ó insectos; así se designa á menudo esta era primaria bajo el nombre de *era paleozoica*, de la palabra griega *paleos*, que significa «antiguo», y de *zoon*, que significa «animal». En la era primaria es, pues, donde aparece la clase más inferior de la ramificación de los vertebrados, los peces; al fin de este período y en el principio del siguiente, los anfibios.

En la *era secundaria* la vida animal vió aparecer especies más perfectas, muchos peces y reptiles y éstos de una potencia infinitamente mayor que las especies que vemos aún hoy. Al finalizar la era secun-

daria aparecen las primeras aves. Se la llama con frecuencia *era mesozoica*.

En la *era terciaria*, la vida animal se perfecciona todavía. Entonces vemos aparecer, en lugar de los reptiles, de los que desaparecen los más enormes, los mamíferos, es decir, animales que anuncian ya la venida de las especies que conocemos hoy.

Finalmente, la *era cuaternaria*, era en la que todavía vivimos, estuvo caracterizada en la historia de la Tierra por el acontecimiento más grande que haya señalado ciertamente la evolución del planeta: por la aparición del hombre, que ha sabido modificar la superficie de la Tierra menos por su fuerza que por su inteligencia y su voluntad, con cuya ayuda ha utilizado las fuerzas de la naturaleza, sabiendo someterlas á todas sus necesidades y á menudo ¡ay! á todas sus pasiones.

Ahora, ¿cómo han sido separadas unas de otras esas eras? Probable es, hasta cierto, que, como todos los fenómenos de la naturaleza, la evolución de la corteza haya sido un fenómeno continuo. Si se considera el espesor de los terrenos correspondientes á cada una de esas eras, se ve inmediatamente que han debido tener muy distintas duraciones. Así, la era primaria ha sido más larga que la secundaria, y ésta más larga que la terciaria, y nada podemos afirmar en cuanto á la cuaternaria, puesto que nos hallamos actualmente en ella, pero lo que podemos decir es que desde la época en que comenzó ha sido la más corta de las cuatro.

Pero esas cuatro eras corresponden á la historia de la Tierra á partir de la época en que la vida hizo su aparición en ella. Ha existido un período anterior á todas las eras, aquel durante el cual se operó la so-

ERAS	CARACTERES GEOLÓGICOS DE CADA ERA	CARACTERES PALEONTOLÓGICOS DE CADA ERA	FORMACIONES ERUPTIVAS	HISTORIA DE LA ESTRUCTURA
<b>QUATERNARIA</b> Formación de los valles. Extensión de los glaciares. Fauna y flora actuales.	<b>Bloques erráticos</b> Aluviones antiguos	<b>El Hombre</b>	<b>Volcanes</b>	<b>Diluvio y Aluvión</b>
<b>TERCIARIA</b> Aumento de los continentes. Oscilaciones del suelo.	4. <b>Plioceno.</b> 3. <b>Mioceno.</b> 2. <b>Oligoceno.</b> 1. <b>Eoceno.</b>	<b>Marnas grises</b> Gredas arcillosas, arenas, calcáreas lacustres (Brie, Beauce). Yeso, calcáreo grosero. Arcilla.	<b>Numulitos</b> Desarrollo y abundancia de los mamíferos.	Erupciones de traquito y basalto. Apertura del mar Rojo.—Socavamiento del mar Egeo, del Atlántico (fin), del Adriático. Est echo de Gibraltar.—Depresión del Atlas, del Apenino, del Himalaya, de las Montañas Rocosas, de los Alpes, Karpatos, Balkanes, Jura, Cáucaso, desecación del Mediterráneo. Evaporación del mar a lo largo de los Alpes.—Levantamiento principal de los Pirineos.—Aplastamiento de las Montañas Rocosas, de los Pirineos, de la Provençe. Extensión del Mediterráneo.
<b>SECUNDARIA</b> Compuesta de rocas calcáreas y arcillosas y gredas. Depósitos marinos efectuados en océanos tranquilos. Periodo de reposo.	3. <b>Cretáceo.</b> 2. <b>Jurásico.</b> 1. <b>Trias.</b>	<b>Creta</b> { amarilla blanca marnosa verde. Arcillas. Arenas verdes. — de agua dulce. Calcáreo lacustre. — compacto. — con políperos. — olíticos. Arcillas. Lias, gredas, calcáreos. Arcilla, sal gemma. Calcáreo, conchas. Greda de los Vosgos.	Amonitas. Aves. Reino de los reptiles. Peces con esqueleto. Anfibios. Durante el Jurásico aparecen los animales intermedios entre las aves y los reptiles.	Periodo de reposo; faltan las rocas eruptivas en toda esta extensión. 3. Expansión y retroceso del mar en Europa 2. Expansión del mar en Europa.
<b>PRIMARIA</b>	4. <b>Permiano.</b> 3. <b>Carbonífero.</b> 2. <b>Devoniano.</b> 1. <b>Siluriano.</b> <b>Precambiano.</b> (Periodo de transición muy semejante á la era arcaica).	{ Calcáreo, esquistos. Greda roja. Calcáreos compactos. Gredas diversas. Esquistos (pizarras). Cuarzo. Esquistos cristalinos.	Primeros reptiles Ganoides. Peces en gran abundancia. Tribolites.	Erupciones porfíricas. Erupciones de las rocas graníticas. Retroceso del mar 3. Depresiones hereinianas (Europa central, Urales, Appalaches). 2. Depresiones Caledonianas (Escocia, Noruega, Montañas Verdes). Expansión del mar en Europa. Depresiones precambianas (zona boreal).
<b>PRIMITIVA ó ARCAICA</b> (Formada por vía de enfriamiento en la superficie del globo y constituyendo la primera corteza sólida en la cual están aprisionadas las masas fluidas internas).	{ Cloristoquistos. Gneis y micasquistos. Gneis granítico fundamental.	No hay fósiles.	Erupciones graníticas; materias en fusión.	

Cuadro que presenta, en resumen, la Historia de la Tierra. Hemos indicado como caracteres paleontológicos de cada era los tipos de animales que durante dicha era llegan á su máximo de desarrollo. No son, no obstante, enteramente propios de una era determinada. Sus antepasados se han presentado en las edades precedentes y su descendencia se presenta todavía en las edades siguientes.

lificación de la corteza, solidificación de que hablamos en el principio de este libro.

Cuando el núcleo central se coaguló en corteza, cuando los vapores que envolvían el planeta se hubieron condensado en lluvias formidables de intensidad y de duración suficiente para constituir los primeros océanos, en aquella época, las condiciones de temperatura eran todavía demasiado elevadas para permitir la aparición de la vida. Rocas que procedían directamente de la cristalización del núcleo formaban entonces, por sí solas, la superficie de la Tierra, y es imposible encontrar fósiles en ellas, puesto que corresponden á condiciones de vida imposibles.

Esas rocas existen y se encuentran debajo de todas las otras; constituyen una categoría de terrenos, la más antigua de todas, que se llama *terrenos arcaicos*. Es por ellos por los que debe comenzar el estudio de la Tierra.

#### TERRENOS ARCAICOS

Se encuentran estos terrenos en todas las partes del mundo, cuando se perfora bastante profundamente el suelo para llegar á atravesar los terrenos primarios. Están formados por rocas que se llaman cristalofilianas, porque están á un tiempo cristalizadas como las rocas eruptivas y dispuestas en hojas como las rocas sedimentarias.

El hecho de que provengan de la cristalización de la corteza terrestre, cristalización que se ha operado por sucesivos enfriamientos, explica muy naturalmente que así sea.

Las principales de esas rocas son el *gneiss* y la *micacita*. Muy raramente horizontales, los terrenos

arcaicos presentan siempre capas levantadas con numerosos fenómenos de depresión y de ruptura, lo que es muy natural si tenemos en cuenta las primitivas convulsiones de la corteza.

Los terrenos arcaicos encierran, entre otros minerales, rocas muy frecuentemente utilizadas por el hombre para las necesidades de su existencia, por ejemplo, el granito, el kaolín, piedras preciosas como el záfiro, la esmeralda, el granate, el topacio; un mineral precioso hoy en la mecánica industrial: el amianto, utilizado para las juntas de vapor y en la industria eléctrica, y finalmente el grafito ó plumbagina. Pero lo que también caracteriza los terrenos arcaicos es la frecuencia de los *filones metalíferos*, que conviene no confundir con los *filones de rocas eruptivas* (1).

#### ERA PRIMARIA

La era primaria comenzó con la aparición de la vida. Los animales, como hemos dicho, eran muy diferentes de los que en la actualidad vemos. Los fósiles de aquella era primaria pertenecían casi exclusivamente á los grupos inferiores del reino animal y del reino vegetal. Los vegetales con flores, los árboles con hojas, no existían todavía, y en cuanto á los animales, sólo hay invertebrados, peces con escamas, y únicamente al fin de la era primaria aparecen cuadrúpedos muy elementales, análogos á las ranas, es decir, anfibios.

Pero sea cual fuere la simplicidad de los primeros seres vivos, su número es respetable. Los vegetales

(1) Los terrenos arcaicos aparecen todavía á veces en la superficie de la tierra: en Bretaña, por ejemplo. Corresponden á las primeras islas que han emergido á la superficie de los océanos primordiales.

eran sobre todo criptógamas, y lo que es muy curioso, es que al mismo tiempo que la era primaria representa la aparición de la vida, ésta ha dejado allí la huella de su origen mismo; es así cómo se encuentran huellas de *microbios fósiles*, y si no queremos servir-

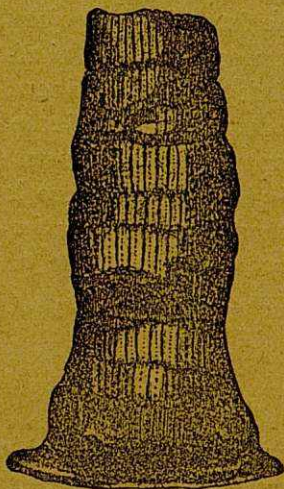


Fig. 33.—Tronco de *Sigillaria*. Gigantescos licopodos de la época carbonífera, susceptibles de alcanzar 20 á 30 metros de altura.

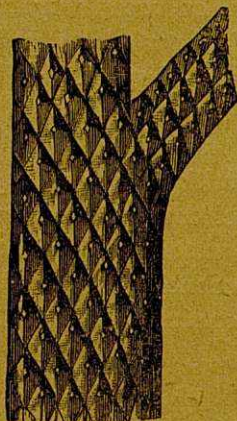


Fig. 34.—Fragmento de tronco de lepidodendron, gigantescos licopodos que tienen hasta 30 metros de altura. Las cicatrices regulares de la corteza son los puntos de inserción de las hojas caídas. Este árbol se bifurcaba regularmente varias veces, y las últimas ramificaciones tan sólo llevaban ramos de hojas.

nos de la palabra vulgar *microbios*, que ha pasado hoy al lenguaje corriente, diremos que se ha encontrado impresiones de *bacterias*, que equivale á lo mismo. Se ha encontrado algunas de forma redonda, análogas á lo que llamamos hoy los *micrococcus*; otras alargadas, idénticas á lo que hoy llamamos *bacilos*. No son, hablando con propiedad, los *microbios* mismos lo que se ha encontrado, sino sus impresiones, que han de-

jado en los terrenos muy blandos de grano muy fino, impresiones que se han endurecido, después mineralizado, en la sucesión del tiempo. En cuanto á las plantas criptógamas que hoy son especies mezquinas, tales como las colas de caballo y los helechos, existían, por el contrario, en la época primaria, vegetales de un aspecto imponente; recordemos sencillamente las impresiones gigantescas que los helechos de esta era han dejado en los terrenos hulle-



Fig. 35. — Fósil de *pecopteris truncata* con sus frutos todavía apreciables (terrenos hulleros).

ros, en los que se ha descubierto troncos enteros de vegetales primarios (figs. 33 á 35).

En cuanto á los animales, los más antiguos terrenos primarios encierran restos de *foraminíferas* y de *radiolarias*, y no carece de interés observar que hasta en nuestros días las *foraminíferas* y las *radiolarias* son las que constituyen los depósitos de una gran parte de los fondos oceánicos.

Los corales estaban muy extendidos en los mares primarios (fig. 36), y muchos animales llamados brachiópodos (figs. 37 y 38), encerrados en conchas de dos válvulas, caracterizan igualmente esta época.

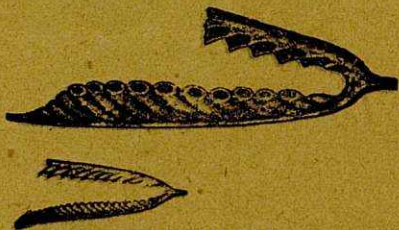
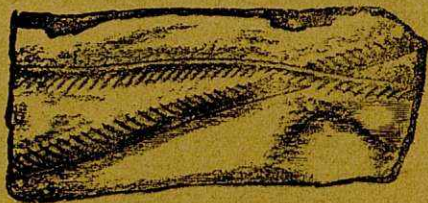


Fig. 36. — Graptolitos, del griego *graptos*, escrito, y *lithos*, piedra, á causa de las pequeñas impresiones que forman, comparables á caracteres de escritura. Aumentados cerca de dos veces. Cada uno de los pequeños compartimientos visibles encerraban un pólipo. (Era primaria.)

Se puede decir que todos los grupos actuales de moluscos (figs. 40 y 41) estaban representados en la era primaria.

Pero el animal característico é importante por excelencia es el *trilobite* (fig. 39), animal articulado que vivía en los mares primarios. Los trilobites tenían una serie de patas que les servían á la vez para moverse y pa-

ra respirar. Son exclusivos de la era primaria, y jamás se ha encontrado ninguno de ellos en los terrenos más recientes.

Se ve, pues, cuán interesante es el estudio de los fósiles en el caso en que se trata de capas plegadas, pues si en una capa que nivela superficialmente la corteza terrestre y á la cual las simples deducciones de la estratigrafía inclinarían á atribuir una edad menos avanzada, se llega á encontrar trilobites, se puede tener la seguridad, por el contrario, de que esta capa pertenece á un terreno de la era primaria

y que es por una convulsión ulterior por la que un pliegue la ha conducido á la superficie.

Igualmente es en la era primaria en la que se encuentra animales articulados en los continentes, pues si la vida ha aparecido en los océanos ha aparecido igualmente en las tierras. Así han comenzado á mostrarse gigantesos cloportes, arañas, escorpiones y enormes insectos. Citemos en particular *libélulas* que tenían 70 centímetros de envergadura de alas.

En cuanto á los animales vertebrados, es decir,



Fig. 37.—Spirífero brachiopodo muy común hacia mediados de los tiempos primarios. (Proviene su nombre de que sus brazos eran soportados por dos láminas calcáreas dispuestas en espiral.)

provistos de un esqueleto óseo con vértebras alineadas, los primeros que hayan aparecido en la tierra algunos tenían un metro de longitud.

¿Cuál es ahora, desde el punto de vista del aspecto de los terrenos, el carácter general de la era primaria?

Los terrenos primarios están lo más á menudo constituidos por rocas detríticas, gredas y esquistos que descansan siempre directamente, sea sobre el granito, sea sobre los terrenos arcaicos. La era primaria ha debido durar mucho tiempo, pues su espesor medio es de 18 kilómetros, por lo cual ha sido preciso subdividir esta era.

Las divisiones principales que se ha hecho en

ella son en número de cuatro. A saber: *los períodos siluriano, devoniano, carbonífero y permiano*. Como hemos dicho, cada uno de estos períodos está subdividido en varias épocas, en cuyo detalle no entraremos.



Fig. 38. — Pentamerus, tipo de brachiopodos, animales compuestos de dos valvas, una dorsal, otra ventral. De la cúspide de la valva ventral se desprende un pedúnculo mediante el cual se fija el animal. Sus conchas son muy abundantes en los terrenos primarios.

Durante todo el período primario, la distribución relativa de las tierras y de los mares, en otros términos, la geografía de la Tierra, era diferente de la geografía actual (figs. 44 y 45). Un pedazo de la América del Norte, toda la Groenlandia, todo el Norte del Atlántico, formaban una inmensa tierra firme, un verdadero continente boreal. Al Sud de este continente un vasto mar daba la vuelta completa á la tierra, y finalmente, en la América ecuatorial, en el Atlántico Central, en casi toda el Africa, se extendía un inmenso continente que se llama Continente Tropical.

Las grandes cordilleras de montañas actuales, Alpes, Pirineos, Himalaya, Cordilleras, no existían.

En el decurso de la era primaria, aquellos emplazamientos respectivos de la tierra firme y del Océano han debido sufrir numerosas variaciones, ya aumentando, ya disminuyendo el dominio continental.

En el principio de la era primaria las capas no habían adquirido todavía la consistencia que el número de siglos que después ha transcurrido les han comunicado; también las erupciones volcánicas eran

en ella en extremo frecuentes y muy numerosos los volcanes. De ellos se distingue todavía la huella en los terrenos primarios, por ejemplo, en la Meseta Central de Francia (fig. 7).



Fig. 39.—Trilobite (asi llamado porque su cuerpo, compuesto de tres partes: cabeza, tórax y abdomen, está dividido longitudinalmente en tres lóbulos), articulado de la era primaria.

El clima debía ser allí uniforme y la naturaleza de los fósiles, de los animales y de los vegetales muestran que la temperatura debía ser excesiva. La prueba de ello es que encontramos corales en los terrenos primarios de Spitzberg.

*Es en los terrenos primarios en los que se encuentra todos los combustibles utilizados hoy por el hombre y extraídos de las profundidades de la tierra.*

Los combustibles por el hombre utilizados abundan en el devoniano y en el carbonífero. En el primero se encuentra la antracita y en el segundo, sobre to-

do en su parte superior, se encuentra la hulla. La antracita, el más puro de los combustibles usuales, contiene cerca de 95 por 100 de carbono; no obstante, se inflama y arde más difícilmente que la hulla; por ello su empleo está designado para las estufas, hoy tan extendidas, que se llaman estufas de combustión lenta.

La hulla no encierra aproximadamente más que 80 por 100 de carbono y arde muy fácilmente. La hulla grasa sirve para hacer el gas del alumbrado, y reducida á fragmentos y aglomerada con ayuda de substancias bituminosas, es empleada para la calefacción de máqui-

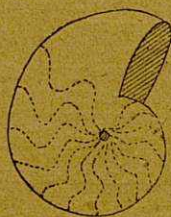


Fig. 40. — Nautilus. Molusco gasterópodo de la era primaria, muy semejante al nautilus, que vive actualmente en los mares cálidos del Pacífico.

nas en forma de ladrillos de contornos geométricos que se puede apilar unos sobre otros de manera que ocupen un mínimo volumen, lo que es de gran precio para el cargamento de los buques.



Fig. 41. — *Marchisonia bilemata*, molusco gasterópodo de la era primaria

En Francia tenemos dos grandes regiones de hulla: la región del Norte (cuencas de Anzin y de Valenciennes) y la región de la Meseta Central. Las cuencas del Norte, que son las más ricas, son la continuación de las cuencas análogas que existen en Bélgica y en Alemania. Las cuencas de la Meseta Central son, sobre todo las de Creusot, de Saint-Etienne, de Carmaux, de Decazeville, de Commentry, etc...

¿Cuál es el origen de la hulla? Esta es una de las preguntas más interesantes de la geología. La hulla ha sido formada en los pantanos por la lenta carburación de los vegetales. Una prueba de esto es que á menudo se encuentra en las minas de hulla troncos enteros de árboles fosilizados, pero con frecuencia proviene de la agregación de restos de pequeñas dimensiones acumulados en aguas que han quedado estancadas, y ciertas hullas, vistas al microscopio, hasta aparecen como aglomeraciones de una infinidad de pequeños organismos vegetales.

La hulla se presenta en capas cuyo espesor varía entre algunos centímetros y algunas decenas de metros. Estas capas casi nunca son horizontales. Se presentan bajo forma de dobleces ó pliegues complicados y muy á menudo, correspondiendo estos pliegues á fracturas

bruscas de la porción de corteza en la cual se encuentran, están, por consiguiente, bruscamente interrumpidas (fig. 46). Esto explica las sorpresas á las cuales se

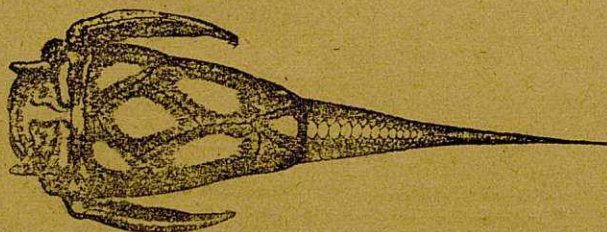


Fig. 42.—*Pterichys* de Escocia, pequeño pez con un caparazón que hace que se le considere ya como un coleóptero ya como un quelonido. Sus patas son articuladas, como las de un crustáceo.

está con frecuencia expuesto cuando se trata de la explotación de las capas hulleras: tal capa parece en extremo rica, muy espesa, se comienza su explotación por galerías que se abren en su dirección, y

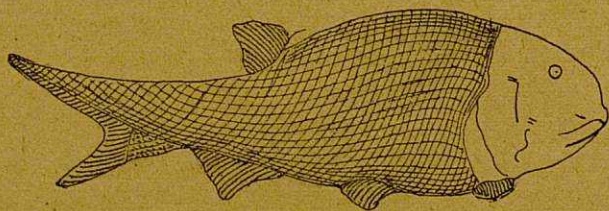


Fig. 43.—Pez primario de cola, *heterocercos*

bruscamente, se encuentra uno en presencia de una roca que nada tiene de carbonífera; se ha llegado, no al extremo de la capa de hulla, sino á un sitio en el que ha sufrido una fractura. Entonces es preciso buscar en las rocas que se interponen como un obstáculo imprevisto, la continuación de la capa cuya

explotación ha sido forzoso interrumpir, cuya continuación se encuentra más arriba ó más abajo.

Se ve por este ejemplo cuán precioso es el estudio

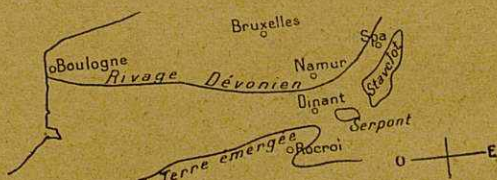


Fig. 44.—Estrecho Westphaliano en el comienzo del período devoniano que muestra el reparto de las tierras en el Norte de Francia.

de la geología, no solamente desde el punto de vista del interés científico que ofrece, si que también desde el punto de vista de sus aplicaciones.



Fig. 45.—Distribución probable de las tierras en Francia á fines de la era primaria. Las líneas antiguas de la costa están marcadas con puntos.

La explotación de la hulla se hace de dos maneras, ya al aire libre, ya en galerías. Citemos, como explotación de la hulla al aire libre, la cuenca de Decaze-

ville, en la que las capas son horizontales y de gran espesor. En estas condiciones se tiene, pues, interés en explotarlo al aire libre, pero lo más á menudo hay que ir á buscar las capas en las profundidades de la tierra, demasiado lejos para que pueda hacerse la explotación á descubierto.

Entonces se abre un pozo vertical que se prolonga hasta su encuentro con las capas sucesivas. Cuando se ha llegado á cortar una de esas capas, se abren

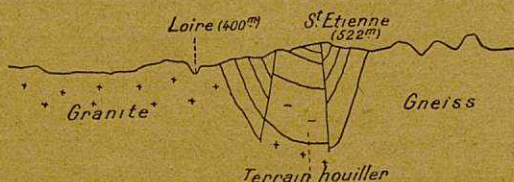


Fig. 46.—Corte del terreno hullero de los alrededores de Saint-Etienne.

galerías perpendiculares á la dirección del pozo: éste sirve entonces de órgano principal de la explotación permitiendo que los obreros desciendan á él, que suban de ellas y suban igualmente con ayuda de cabrias los productos que han extraído en un penoso y fatigoso trabajo en el fondo de las galerías.

Tal vez sería bueno añadir aquí — pues es triste pensar que todavía hoy está el hombre obligado á arrancar á la tierra brizna á brizna la hulla, órgano esencial de toda su industria, — que las maravillas realizadas por las máquinas deban su existencia á este bárbaro é inhumano procedimiento de explotación. Hay que esperar que en un porvenir próximo, la electricidad, que en treinta años ha realizado tantos progresos, permitirá utilizar las fuerzas naturales, como las cascadas, y sobre todo el calor directo del sol, y que, pudiendo transportar á lo lejos la energía así

producida, hará completamente inútil la explotación de las galerías hulleras, que, por lo demás, á la larga, acabarán finalmente por agotarse.

Es digno de nota también que la hulla no es más que una utilización indirecta de la energía solar, pues gracias á la acumulación del calor solar en la masa enterrada de materias vegetales se han formado las hulleras y las turberas. Por consiguiente, la hulla es un intermediario, si podemos expresarnos así, entre el productor, que es el sol, y el consumidor, que es el industrial, y es un principio fundamental en comercio que todo intermediario es costoso, porque percibe su corretaje.

El simple buen sentido es, pues, el que ordena se trate de utilizar directamente el calor del sol, y la utilización de este calor por calefacción directa de aparatos ó por la utilización de las cascadas que son su inmediata consecuencia, se impone más y más.

#### ERA SECUNDARIA

La era secundaria se distingue esencialmente de la primaria porque corresponde á una era de tranquilidad relativa, de reposo de la corteza terrestre. En ella no se han visto las grandes erupciones volcánicas que caracterizaron la era primaria y no hubo en ella esos grandes levantamientos de cadenas de montañas que igualmente caracterizaron la precedente era.

Del mismo modo que la era primaria se distinguía por la presencia de los primeros fósiles, que eran los trilobites, la era secundaria posee fósiles característicos: los *ammonitas* y los *belemnitas*. En la era primaria, los primeros animales que se habían

desarrollado eran animales inferiores; en la era secundaria, al contrario, no son todavía animales del tipo superior los que van á aparecer, pero vamos á ver animales del tipo medio, en particular grandes reptiles, y completamente al fin de esta era, aparecen con una pequeña talla y la dimensión reducida de un gato pequeño, los primeros mamíferos.

Durante la era primaria, los vegetales eran sobre todo criptógamas; durante la era secundaria desaparecen poco á poco y son los *ginospermos* los que dominan.

Después se ve aparecer palmeras y paulatinamente se dejan ver los primeros vegetales dicotiledones, y entre ellos géneros idénticos á los géneros actuales, tales como los álamos, los laureles, los robles.

Entre los animales marinos, están muy extendidas las conchas microscópicas; los mares de aquella época tenían su fondo tapizado de radiolarias y de foraminíferas (fig. 47), completamente semejantes á los tipos actuales. Señalemos también algunas esponjas fósiles (fig. 48), corales y erizos (figs. 49 y 50), y braquiópodos.

Los moluscos están sobre todo representados por ostras (fig. 51) en bancos innumerables; casi cada capa de terreno secundario está caracterizada por una especie particular; pero los fósiles característicos son, como hemos dicho, las ammonitas y las belemnitas. Las ammonitas, (fig. 53), son conchas espiriformes que tienen el aspecto general de una concha de cara-

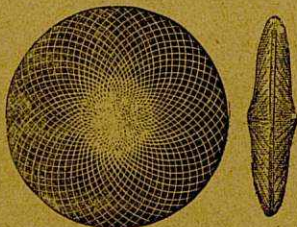


Fig. 47.—Imagen muy agrandada de foraminíferas fósiles de la creta, género *arbitoides*.

col; su tamaño varía entre uno y dos milímetros de diámetro y más de un metro, y su superficie exterior presenta dibujos cuyo aspecto varía hasta lo infini-

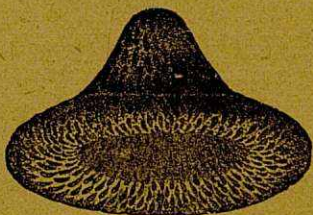


Fig. 48.—Esponja fósil de la época secundaria



Fig. 49.—Eucrine. Estrella de mar fósil en forma de lirio, muy frecuente en el trias medio, al cual ha hecho dar el nombre de *calcáreo eucrinítico*.

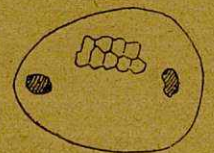


Fig. 50.—*Ananchytes ovata*, erizo de la creta (muy abundante).

to (fig. 55). Como cada una de estas especies de ammonitas caracteriza una capa especial, puede decirse que estas conchas constituyen uno de los fósiles más interesantes, porque con arreglo á sus aspectos exteriores sirven para caracterizar en el mismo terreno diferentes especies de capas.

Las belemnitas (fig. 54) eran lo que se llama de diez-remos y recuerdan los calamares; sus cuerpos son prolongados como cigarros, cuya dimensión tienen aproximadamente.

Los animales de la familia de las belemnitas, de los que tenemos algunas impresiones, se parecían

enormemente á las sepias de nuestros océanos contemporáneos, y, como casi todos los cefalópodos, tenían una bolsa que contenía una especie de tinta; esta tinta ha sido á veces encontrada en perfecto estado de conservación hasta punto tal, que con ella se ha podido dibujar á la sepia.

Los otros animales de la época secundaria pertenecen á los tipos articulados, que son crustáceos é insectos. Se distinguen ya formas de crustáceos análogos á las langostas ó camarones; los insectos se han perfeccionado y se ha visto aparecer por primera vez animales que se asemejan á nuestras abejas, á nuestras mariposas, á nuestras hormigas. Los peces acorazados que hemos visto en la era primaria han desaparecido y ceden el sitio á peces con escamas para ser poco á poco reemplazados por peces cuyas vértebras están muy marcadamente osificadas. Pero sobre todo son los reptiles los que caracterizan la era secundaria, tanto por su misma existencia como por las dimensiones excepcionales que han adquirido durante el transcurso de esta era. Unos eran marítimos, otros terrestres y aéreos los terceros.

Entre los reptiles marinos de la era secundaria hay que citar desde luego los gigantes fósiles conocidos bajo el nombre de *ichtyosauros* y de *plesiosauros*. Las formas extraordinarias y enormes de estos animales, cuyos especímenes son conservados en las galerías de los Museos de Historia Natural, han excitado la imaginación de aquellos noveladores que se complacen en colocar el teatro de las acciones que refieren en



Fig. 51.—Una ostra de la época jurásica (*ostrea marshii*).

épocas de las que no nos ha quedado vestigio alguno escrito, y más de un pintor ha puesto empeño en representar en sus lienzos el combate clásico del ichtyosauro y del plesiosauro.

A fines de la era secundaria aparecía en los mares otro reptil llamado *mosasauro*, que tenía hasta 20 metros de longitud.

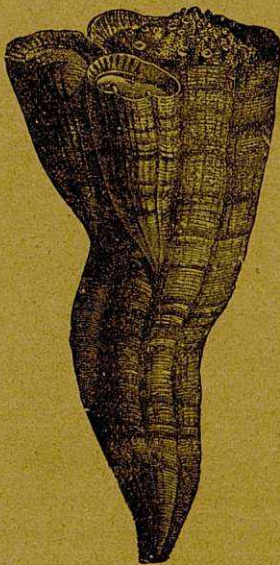


Fig. 52.—Hippurita, molusco de la creta (mitad del tamaño natural).

Los reptiles terrestres se llaman dinosaurianos. Unos tenían la talla de un gigante, otros alcanzaban más de 25 metros, la mayor parte andaban sobre inmensas patas traseras á la manera de los kanguros. Citémos, entre los más extraordinarios, el iguanodon, el tryseratops y finalmente el gigante de todos estos animales, el brontosauo, cuya longitud excedía de 20 metros; todos ellos eran herbívoros.

Finalmente, había reptiles voladores. Parece que exista incompatibilidad entre el sustantivo *reptil*, que despierta la idea de arrastrarse sobre la superficie de la tierra, y el adjetivo *volador*, que expresa la facultad de elevarse en los aires. Pero no hay que olvidar que describimos épocas en las cuales las condiciones de la vida eran completamente diferentes de las que hoy observamos.

Tenemos en la era secundaria animales bien caracterizados como reptiles que estaban provistos de alas á la manera de los murciélagos: se les da el nom-

bre de pterodáctilos (fig. 58). Su diferencia con los murciélagos consistía en que en estos últimos, tal como hoy viven, las alas tienen como armazón todos los dedos que terminan los miembros superiores, y que son muy prolongados, mientras que por lo contrario, entre los pterodáctilos de la era secundaria no hay más que un solo dedo para

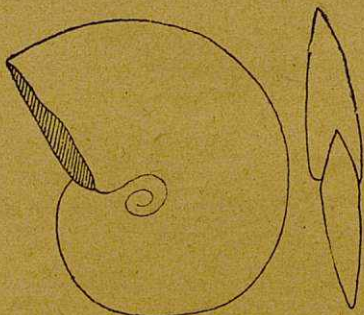


Fig. 53.—Ammonita

formar la armadura del ala entera.

Finalmente, al terminar la era secundaria, aparecen las primeras aves. Ya no hay error posible que permita confundirlas con los pterodáctilos, pues cuando la piel de estos últimos estaba casi desnuda, la piel de las aves fósiles, al contrario, mostraba huellas muy claras de plumas; por consiguiente, eran en realidad las primeras aves que habían hecho su aparición. Los geólogos las han designado con el nombre de *archeopteryx* (fig. 59).

El *archeopteryx* era una verdadera ave, pero se distinguía de ellas por el hecho de tener dientes; es uno de los tipos más notables entre los que marcan la continuidad de las especies. Finalmente, para terminar la historia de los fósiles de la era secundaria, recordemos, como lo hemos he-

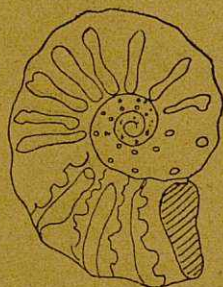


Fig. 54.—*Ceratites nodosus*. Ammonitas de la primera parte de los tiempos secundarios; por su estructura interna revela un grado de complicación creciente. Intermediario entre los ceratites (del primario) y los animales propiamente dichos.

cho desde el principio de este capítulo, que al finalizar la era secundaria, han aparecido, por lo demás con una talla minúscula, los primeros mamíferos (1).

\* \* \*



Fig. 55.—*Turrillites catenters*, conchas de moluscos características de la creta, especie de ammonitas desarrollados y cuyas vueltas están dispuestas en forma de hélice.

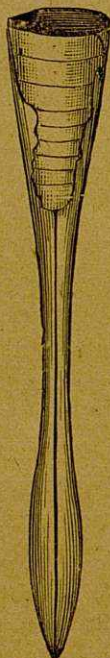


Fig. 56.—*Belemnites hastatus*, llamado dedo del diablo (jurásico). Era una especie de concha interna de un molusco bastante semejante á nuestras sepias.

Con relación al punto de vista de los terrenos, los geólogos dividen la era secundaria en tres períodos,

(1) Se encontrará en el pequeño manual de M. Roule (*Conferencias de Paleontología*, París, Masson), la reconstitución de todos los animales de que acabamos de hablar, según los documentos del Museo de Historia Natural de París,

cuyos nombres son los siguientes: el *periodo triásico*, el *periodo jurásico* y el *periodo cretáceo*.

El período del *trias* es llamado así porque los terrenos que lo forman presentan casi siempre una división en tres partes, de asperón en la inferior, calcáreo en medio y de margas abajo. El triás es la verdadera transición entre la era primaria y la era secundaria (fig. 60).

Los terrenos *jurásicos* deben su nombre al Jura, en donde predominan en cantidad; en el jurásico es



Fig. 57.—*Ichthyosaurus* (jurásico) langosta-pep, especie de cocodrilo de 12 metros cuyos miembros son aletas natatorias.

en el que se ha encontrado la huella de los inmensos fósiles de que hemos hablado hace poco. Forman en Francia una porción considerable de nuestro suelo. Una inmensa faja de terrenos jurásicos parte de Charente, atraviesa el territorio francés al biés y va á terminar en el Luxemburgo: Poitiers, Bourges, Dijon, Besançon, Nancy, Metz, están en el jurásico, que encierra también todo el *alto* valle de la Meuse (fig. 62).

En fin, los terrenos cretáceos deben su nombre á la creta, de que, por lo general, están formados (figura 63).

Durante la era secundaria había cambiado completamente el aspecto general del globo (fig. 61). Las dos Américas estaban en gran parte sumergidas; la América septentrional estaba reunida á Groenlandia

y á las tierras polares; la América del Sud estaba unida á Africa por otro continente. En cuanto á Europa, la Escandinavia y la Finlandia eran las únicas que emergían completamente. En Asia, las partes fuera del agua eran una porción de lo que se ha llamado China y la Siberia Oriental. En el emplaza-

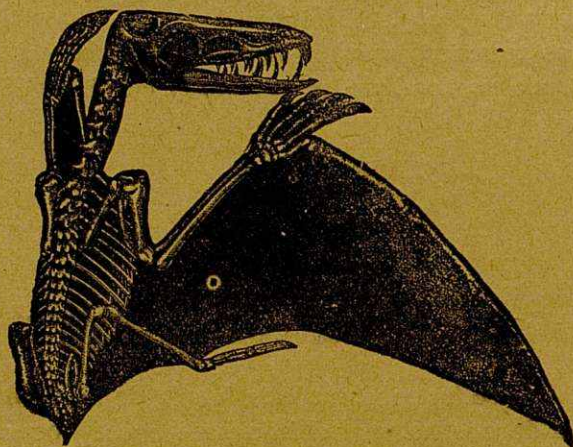


Fig. 58.—*Pterodactylo*, lagarto-volador que fué al principio tomado por un ave. En realidad marca este animal la transición entre los saurios y las aves, como el ichtyosauro y el plesiosauro marcan la transición entre los peces y los saurios.

miento de la Australia actual se encontraba igualmente un continente bastante importante.

La temperatura general que reinaba en la Tierra durante la era secundaria era evidentemente mucho más elevada que la que soportamos hoy, pues los vegetales que caracterizan aquel tiempo geológico, palmeras, etc..., son todos vegetales que exigen calor. El hombre utiliza muchas rocas de la era secundaria entre los materiales que emplea en su industria. Señalemos en primer lugar el asperón de los Vosgos, la

arcilla jurásica que sirve para fabricar las tejas, los ladrillos, etc.; los calcáreos margosos, que sirven para

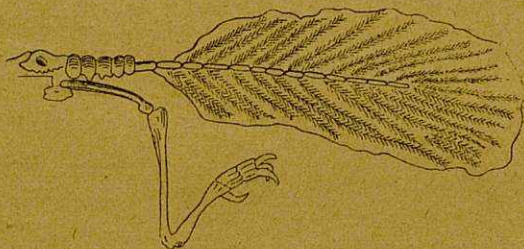


Fig. 59.—Cola y miembro posterior del *Archeopteryx*

fabricar los cementos; y finalmente los calcáreos propiamente dichos, de los que algunos, formados por piedras de grano muy fino, dan la piedra litográfica.



Fig. 60.—El mar de triás de Europa. Las tierras sumergidas están representadas por las partes sombreadas (comienzo de la era secundaria).

fica. Es igualmente el jurásico el terreno que proporciona los mármoles, que son los más bellos materia-

les empleados por los escultores. Finalmente, la creta es utilizada de una multitud de maneras.



Fig. 61.—Mediterráneo medio-jurásico (era secundaria) con tierras vecinas. Las partes sombreadas indican las tierras.

El terreno jurásico encierra también un mineral que es para el hombre una fuente de riqueza, es la *sal gema*. En los terrenos secundarios no se

encuentra, en cambio, más que muy poco carbón, cuando menos en nuestros países, pero en Tonkín, por



Fig. 62.—Distribución de las tierras en Francia durante la era secundaria. Las líneas de costa están marcadas con puntos.

ejemplo, y en las Indias, así como en la América del Sud, se encuentra en estos terrenos enormes montones

de combustible. Digamos, finalmente, que es en los terrenos secundarios donde se encuentra los más ri-



Fig. 63.—Porciones de Francia emergidas al fin de la era secundaria.

cos minerales de hierro, es decir, el metal más empleado hoy.

#### ERA TERCIARIA

La era primaria y la era secundaria pueden, si queremos recordar la comparación histórica de que nos hemos servido, representar la historia antigua del globo. Con la era terciaria comienza su historia moderna, y la era cuaternaria, que después estudiaremos, será su historia contemporánea. La era terciaria, en efecto, está caracterizada por el hecho de que las especies fósiles que en ella se encuentra se aproximan más y más á las especies que se encuentra en el mundo actual. Desde el punto de vista geográfico, es durante la era terciaria cuando grandes convul-

siones de la corteza terrestre, sucediendo á la calma que caracterizaba la era secundaria, van á dar á nuestro planeta un aspecto exterior que va á aproximarse mucho al que tiene ahora. Es así cómo veremos surgir las grandes cadenas de montañas, Alpes, Pirineos, cordilleras de los Andes, cordilleras himalayás (figuras 70, 71 y 72).

Entre los fósiles, las especies características de las épocas precedentes, es decir, trilobites, ammonitas y belemnitas, grandes reptiles han desaparecido por completo. Al contrario, *los mamíferos reinan en la superficie del globo con dimensiones que han perdido por completo en nuestros días.*



Fig. 64.—Fragmento de calcáreo ó apesón que encierra *nummulitas* (muestra de los Pirineos).

Entre los vegetales se encuentra todas las flores. Las palmeras son muy abundantes; hay muchos árboles dicotiledones y las impresiones de plantas son numerosas en extremo, hasta el punto que en ciertos depósitos terciarios se han encontrado las impresiones de varios centenares de especies diferentes deducidas únicamente de las impresiones de sus hojas.

Las gramíneas aparecen por primera vez, *y es de observar cómo aparecen al mismo tiempo que estos seres mismos en las sucesivas manifestaciones de la vida, las condiciones de desarrollo de los seres que están llamados á poblar la superficie de la tierra.* Durante la era secundaria, las hojas bastaban á alimentar los reptiles que eran herbívoros, pero no habrían bastado á alimentar los mamíferos que van á poblar la

era terciaria; también al mismo tiempo que éstos aparecen, vemos aparecer las gramíneas, que suministrarán el alimento de estos animales que son rumiantes.

Entre los animales inferiores no hay ya, por decirlo así, evolución, hablando con propiedad, y los animales marítimos de la era terciaria han adoptado formas casi definitivas y semejantes á las que actualmente tienen.

No obstante, citaremos entre los protozoarios algunos fósiles muy característicos que se llaman *nummulitas* á causa de su forma aplastada, que les hace asemejarse á piezas de moneda; se les encuentra en abundancia en los alrededores de París. Las nummulitas son interesantes por su estructura interna, pues está formada por una multitud de pequeños tabiques dispuestos en forma espiral. Forman hoy terrenos

enteros (fig. 64), y como para justificar más su nombre que les compara con piezas de moneda, tienen todas las dimensiones que han tomado las monedas á través de las edades, desde la dimensión de un



Fig. 65.—Cerita gigante (tamaño natural 0'50 m.). Molusco característico del calcáreo grasoso de la cuenca de París y Londres.

céntimo hasta la máxima de una pieza de 5 francos.

Los moluscos se parecen mucho á los moluscos actuales (figs. 65 y 66). Citaremos los lamelibranquios y los gasterópodos. Los insectos han progre-

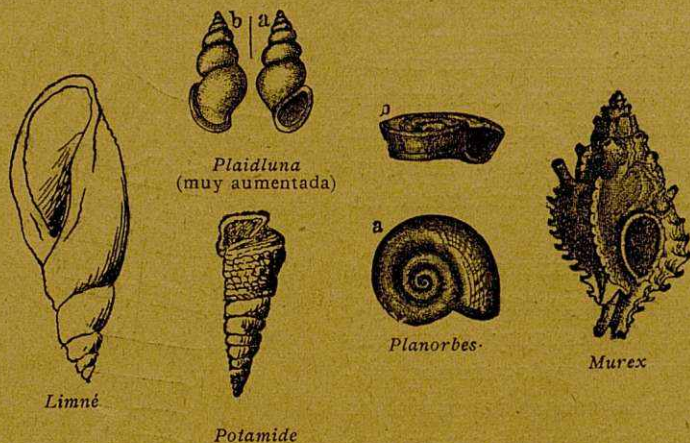


Fig. 66.—Conchas fósiles de los terrenos oligocenos

sado al mismo tiempo que los vegetales, de los que se nutren, y como la era terciaria ve aparecer vegetales con flores, se ve igualmente aparecer en innumerable cantidad los insectos correspondientes: las abejas, las mariposas, etc...

Los peces óseos (fig. 67) están ahora extendidos por doquiera y los grandes reptiles han desaparecido por completo. No hay ya, para representar á estos últimos, más que reptiles que se asemejan muchísimo á los que conocemos, es decir, cocodrilos, lagartos y tortugas, únicamente que no habitan las mis-

mas regiones que hoy, y los ríos de Europa estaban poblados por estos animales.

Las aves reinaban en los aires con formas idénticas á las que ahora tienen, y encontramos durante la era terciaria muchas impresiones de patos, de papagallos, de águilas, etc... impresiones que se encuentran particularmente en Auvergne, en los calcáreos de origen lacustre.

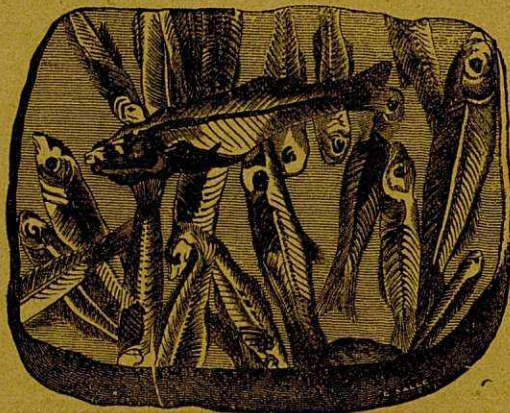


Fig. 67.—Placa de calcáreo terciario en la que se encuentra esqueletos de *Lebias* (tamaño natural).

En cuanto á los mamíferos, es precisamente su presencia universal la que caracteriza la era terciaria. Entre los más pequeños, los que se encontraban á fines de la era secundaria, se han desarrollado. Hasta algunos de ellos no han cambiado y persisten todavía en la época actual en Australia: son *marsupiales* (kanguros, sarigas, etc...). Pero los primeros grandes animales que hicieron su aparición en la tierra, son los paquidermos. En un principio estos animales

tenían miembros macizos y dedos terminados por pezuñas, pero más tarde se perfeccionan y acaban por constituir tipos bien distintos. Los primeros, con pies provistos de un solo casco, como los caballos, son los solípedos; los otros, provistos de un pie hendido, son los rumiantes. Citemos algunos nombres de esos fósiles: el *paleotherium*, el *xiphodon*.

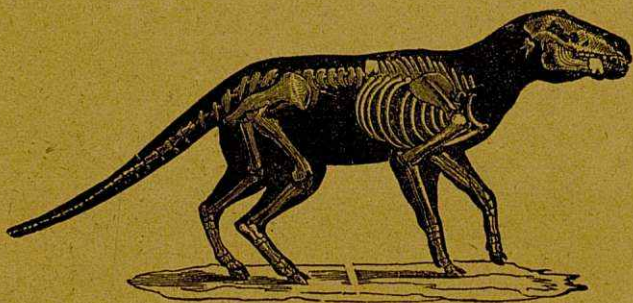


Fig. 68.—*Palæotherium* de los terrenos terciarios de la cuenca de París, semejante al tapir actual.

A mediados de la era terciaria aparecieron animales correspondientes á los tipos principales actuales, rinocerontes, solípedos rumiantes, carnívoros, monos, proboscídeos. Animales análogos á las cebras que se llaman *hippariones* se encontraban en gran número; inmensos antílopes hicieron notar su aparición, y un enorme animal, el *dynotherium* (fig. 69), especie de elefante con las defensas vueltas hacia abajo, es una de las especies más notables de la era terciaria; tenía 5 metros de altura y 6,50 de longitud, sin contar la trompa.

Citemos, finalmente, el mastodonte, que tenía á la vez defensas en las dos mandíbulas, inferior y su-

perior, y dientes incisivos de una dimensión extraordinaria.

En cuanto al final de la era terciaria, *está caracterizado por la aparición de los elefantes*. Los hippariones se han transformado en verdaderos caballos, aparece el hipopótamo en las corrientes de agua y se encuentran finalmente, al terminar este período, ciervos y bueyes.

La curiosidad de los sabios ha estado muy excitada desde que el estudio de la paleontología ha caracterizado la era terciaria por la presencia de tantos animales idénticos, ó á lo menos muy vecinos, de los que conocemos hoy, y se han preguntado si, en medio de esas especies animales ó vegetales que se diferencian muy poco de las que actualmente vemos, el hombre mismo no había hecho su aparición al final de los tiempos terciarios, salvo aparecer primeramente bajo una forma en extremo reducida y rudimentaria, lo propio que á fines de los tiempos secundarios es cuando hicieron su aparición primera los mamíferos en el estado de pequeños animales.

La cuestión no está todavía resuelta hoy de una manera absoluta. No obstante, se ha descubierto recientemente en Java, en terrenos claramente terciarios, pero del final de esta era, restos de un mamífero cuyo cráneo es una especie de transición entre los cráneos de los monos actuales y los cráneos humanos.



Fig. 69.—Cráneo de *dynotherium*, animal del orden de los paquidermos, con dientes caninos encorvados hacia atrás en la mandíbula inferior.

Este ejemplar es desgraciadamente único; los geólogos han dado á esta misteriosa especie los nombres casi idénticos de *anthropopitheco* ó de *pithecantropo*. Abre este descubrimiento un horizonte interesante, pero desgraciadamente no se puede sacar de él conclusiones firmes, dado que el ejemplar del *pithecantropo* que se conoce es único, y dado, sobre todo, que dicho esqueleto fué descubierto, no entero, sino en estado de restos.

Prosiguiendo la evolución que le hemos visto realizar durante la era secundaria, la corteza terrestre se ha encaminado paulatinamente, durante la época terciaria, hacia la forma que actualmente tiene.

La era terciaria es dividida por los geólogos en cuatro periodos, que son:

1.º, los de los terrenos eocenos; 2.º, los de los terrenos oligocenos; 3.º, los de los terrenos miocenos; 4.º, los de los terrenos pliocenos.

Es en los eocenos donde pululan las nummulitas, los gasterópodos y los lamelibranquios. Es igualmente en esos terrenos eocenos



Fig. 70.—Francia en la época eocena. La línea de la costa corresponde al depósito del calcáreo grosero. Las partes sombreadas representan las tierras.

donde se ha encontrado restos de los grandes mamíferos marsupiales y paquidermos. En el período oligoceno, Francia y Europa estaban cubiertas por una serie de lagunas en que vivían muchos moluscos (figuras 65 y 66). Los rumiantes comienzan á des-

arrollarse durante este período de una manera muy importante. Durante el período mioceno se ve aparecer los grandes escualos, los mastodontes, los caballos, los monos, y *este período está caracterizado por el levantamiento de la cordillera de los Alpes.*

Finalmente, el último período de la era terciaria está caracterizado por el hecho de que los animales que encierra contienen hasta 50 por 100 de las especies actualmente conocidas. Se ve, pues, que el fin de la era terciaria es verdaderamente la introducción de la historia de nuestro globo.

Durante el período eoceno, un mar interior cubría el actual emplazamiento de los Pirineos y de los Alpes, España (fig. 70), el Norte de Africa, la Europa Meridional, la Persia, y llegaba hasta el corazón de Asia. Pero al propio tiempo violentos movimientos de la corteza terrestre daban origen a los Pirineos (figura 71); poco después se llenan

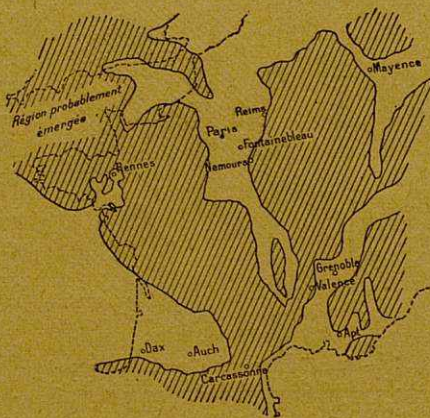


Fig. 71.—Francia oligocena hacia la época de las arenas de Fontainebleau. Las porciones sombreadas son tierras emergidas.

los lagos poco á poco de arcillas y calcáreos y de nuevo grandes convulsiones de la corteza hacen aparecer las grandes cordilleras de los Alpes y del Himalaya. Finalmente, nuestra meseta Central de Francia se elevó y dominó con sus cimas los países vecinos (fig. 72).

Casi es inútil añadir que en medio de aquellas convulsiones se producían numerosas cisuras que abrían ancho paso á las materias del fuego central, es decir, que formidables erupciones volcánicas caracterizaron aquellos períodos, en particular en la meseta Central de Francia.

A fines de la era terciaria las grandes líneas de la geografía actual quedan claramente dibujadas. Los perfiles terminales de los continentes y de los mares son poco más ó menos los actuales perfiles, salvo pe-



Fig. 72.—Francia durante el período neogeno. La línea de la costa es la del mar burdigaliano.

queños detalles; por ejemplo, el Mediterráneo penetraba en parte en el Rosellón y en el valle del Ródano; la Mancha no existía todavía; Inglaterra y Francia estaban reunidas por un macizo cretoso; Córcega y Cerdeña estaban igualmente relacionadas al continente (figs. 70, 71 y 72).

*A fines de la era terciaria fué cuando las convulsiones de la corteza terrestre abrieron los grandes estrechos europeos, Gibraltar y los Dardanelos, y esto mientras que los volcanes de la Meseta Central, el Monte Dorado, el Plomo del Cantal, etc., vomitaban, por cráteres entonces en extremo elevados (varios millares de metros), las lavas que se escapaban de sus orificios.*

En cuanto al clima, se señalaba por un enfria-

miento notable, que sin ser brusco era progresivo.

Las rocas sedimentarias que caracterizan los terrenos terciarios son de las más variadas, y como son los terrenos terciarios los que caracterizan las grandes extensiones de llanuras, es en general en los terrenos terciarios en los que se han elevado las grandes ciudades, por ejemplo, París. El terreno más antiguo que nivela París es la creta, que constituye uno de los vestigios de la era secundaria, pero seguidamente después aparecen los terrenos eocenos (arcillas plásticas, calcáreos groseros, arenas, asperones, yesos), á continuación, siempre en los terrenos parisienses, por debajo del eoceno, se ve el oligoceno (piedras de molino de Brié, arenas de Fontainebleau, calcáreos de Beauce). Con calcáreos terciarios fueron construídas las pirámides de Egipto, y las rocas volcánicas son utilizadas igualmente para la construcción en la región del Macizo Central (lavas de Volvic).

Los terrenos terciarios encierran en España grandes masas de sal gema, así como en Wieliczka, en Polonia. Finalmente, es en los terrenos terciarios de Europa, que se aproximan á las regiones del mar Caspio, donde se encuentra el petróleo (1).

#### LA ERA CUATERNARIA

Y ahora llegamos á la historia contemporánea del globo.

(1) M. Moissan ha atribuido por origen al petróleo la acción del agua sobre los carburos metálicos. Sabido es que el agua obrando sobre el carburo de calcio da el acetileno. Lo mismo ocurre con los otros carburos metálicos que dan origen á diferentes carburos de hidrógeno. Por condensación, esos hidrocarburos dan origen á los carburos líquidos que constituyen los petróleos.

La era terciaria preparó, por aproximaciones sucesivas, todas las especies que actualmente viven en la superficie de la Tierra; ella les ha preparado las condiciones de la vida necesarias á su existencia: la Tierra está dispuesta para recibir al hombre, cuya pre-



Fig. 73.—Límites del *drift* en Europa (fin del terciario). El *drift* es el límite de extensión de los grandes glaciares descendidos de las comarcas septentrionales de Europa. Estos glaciares han empujado ante sí materiales y allanado los terrenos, lo que permite señalar sus contornos.

sencia caracteriza la era cuaternaria, que es la en que vivimos. Esta era se continúa, pues, en nuestros días, y si se tiene á bien considerar la inmensidad de las duraciones geológicas, se puede decir de ella que no ha hecho sino comenzar, pues los cambios sufridos por la Tierra desde el final de la era terciaria hasta nosotros son insignificantes con relación á las precedentes fases de su evolución.

Los fenómenos esenciales que caracterizan el origen de la era cuaternaria son, desde el punto de vista de la vida, la aparición del hombre, y desde el punto de vista puramente geológico, el extraordinario desarrollo de los glaciares (fig. 73).

Los terrenos cuaternarios son, pues, los últimos formados en las evoluciones de la Tierra; así son ellos los que están en la superficie y cubren todos los otros. Estos terrenos no están cubiertos más que por la tierra vegetal. Se les da con frecuencia el nombre de terrenos superficiales, y los terrenos marinos formados durante la era cuaternaria se encuentran todavía en el lugar en que han sido formados, es decir, en el fondo de nuestros actuales océanos. Constituyen la materia de investigaciones á que podrán entregarse los geólogos de las eras que sucedan á la nuestra. Los terrenos cuaternarios son, pues, terrenos esencialmente continentales, es decir, aluviones, morainas, etc.

Dividen los geólogos la era cuaternaria en dos períodos: el período *pleistoceno* y el período *holoceno*, y como la era cuaternaria está caracterizada por la aparición del hombre; como, por otra parte, desde que el hombre se ha encontrado en la naturaleza ha debido luchar por la vida, menos con ayuda de sus fuerzas físicas, á mehudo desproporcionadas á las dificultades que tenía que vencer, que con su inteligencia, que le ha permitido idear instrumentos de combate y de trabajo, la época pleistocena es llamada con frecuencia *época de la piedra tallada*, á causa de la forma que tenían los groseros instrumentos de que se servían los hombres que vivían en aquella aurora de la humanidad. En cuanto á la época holocena que sigue, el hombre había pasado por un desarrollo del que beneficiaban sus generaciones sucesivas; no se

contentaba ya con la piedra groseramente tallada en astilla, sabía pulimentarla, había descubierto ya que con ayuda del fuego los minerales podían darle metales mucho más preciosos y mucho más manuales que las piedras de que había hecho hasta entonces sus únicos instrumentos; así es en este período holoceno en el que vemos *la edad de piedra pulimentada, la edad del bronce, la edad del hierro*, para llegar hasta la época actual.

Desde el fin de la época terciaria y al principio de la época cuaternaria, en el origen de los Pirineos y de los Alpes, había glaciares en todas aquellas montañas, y aquellos glaciares tenían dimensiones extraordinarias con relación á los que conocemos hoy. Así (y esto es indiscutible con arreglo á los materiales que no pueden provenir más que de un desplazamiento por los hielos), los glaciares de los Alpes han llegado hasta Lyon; prueba de ello es que la colina de Fourvières está cubierta de bloques erráticos procedentes de grandes montañas. Los glaciares del valle del Ródano debían alcanzar un kilómetro y medio de espesor; todo el lago de Ginebra y todas las llanuras que le rodean han estado cubiertas de hielos, igualmente el Macizo Central de Francia, en cuanto á las comarcas septentrionales, el fenómeno tomaba en ellas una intensidad inaudita: toda la Escandinavia era, por decirlo así, un solo glaciar, y debía presentar el aspecto que ofrece hoy el interior de la Groenlandia (fig. 73). Estas masas de hielos, dada la débil profundidad del mar del Norte, la llenaban completamente, cubrían casi todas las Islas Británicas, llenaban el mar Báltico cuando los restos de aquellos bloques de hielo, formando bancos, cubrían con un tapiz continuo el Océano Septentrional

hasta Islandia. En cuanto á la América del Norte, estaba enteramente sepultada bajo una espesa capa de hielos de los que se han encontrado vestigios hasta en las montañas de las regiones ecuatoriales.

Seguidamente, á partir del período plioceno, el movimiento de extensión de los hielos ha sufrido fluctuaciones, y á fines del pleistoceno los glaciares han experimentado un retroceso general que les ha reducido á sus dimensiones actuales.

Es evidente que con el período glacial los climas han debido sufrir las mismas fluctuaciones. La propia existencia de estas masas de hielos, que son agua congelada, prueba que las precipitaciones atmosféricas que habían llevado aquella agua debían ser considerables; el régimen pluviométrico era, pues, particularmente intenso, lo que explica también la multitud de aluviones que datan de esta época pleistocena. Estos aluviones son extensiones más ó menos considerables dispuestas en capas escalonadas y recubiertas, sea de gravas, sea de guijarros acarreados bajo arena fina; han sido formados por sucesivas crecidas y estas mismas crecidas han sido ocasionadas por lluvias superabundantes. Como, según acabamos de decir, los terraplenes aluviales están escalonados, resulta de ello que la formación de la cuenca de un río no está jamás hecha de una sola vez, sino que es resultado de varias excavaciones sucesivas. En ciertas regiones calcáreas, las erosiones atmosféricas y los valles sucesivamente excavados han establecido comunicaciones entre las cavernas existentes en el calcáreo y el exterior, y por un nuevo ejemplo de esta concomitancia de la vida de los seres y de sus necesidades, aquellas cavernas sirvieron de madrigueras á fieras tales como los osos, las hienas, que han dejado

en ellas sus esqueletos, y, coincidiendo con la aparición del hombre sobre la Tierra, le han servido de primera habitación.

Los volcanes que hemos visto en paroxismo de erupción durante la era terciaria, habían conservado toda su actividad. *Durante el principio de la época cuaternaria*, cuando los glaciares hubieron retrocedido hasta su emplazamiento actual, *es cuando ocurren las erupciones de los grandes volcanes de la Auvergne*. En Auvergne, en efecto, más de cien cráteres están allí para atestiguar las erupciones que cubrieron aquel país de incandescentes lavas. Es lo que se llama la cordillera de los Puys (fig. 7). En cuanto á las depresiones del suelo que provienen de la regresión de los torrentes ó de los glaciares, las aguas estancadas que allí se acumularon formaron turberas que encierran combustibles en el estado de formación bajo la acción de los agentes atmosféricos.

La era cuaternaria, caracterizada, hemos dicho, por la aparición del hombre, comprende todas las especies animales actualmente conocidas; sin embargo, algunas de estas especies de extraordinarias dimensiones han desaparecido en nuestros días, por ejemplo el oso de las cavernas (*ursus spelæus*), el mamut, inmenso elefante cuyos colmillos eran mucho más encorvados que los de nuestros elefantes contemporáneos y cuyo cuerpo, cubierto de pelos, estaba adaptado á la resistencia en los países fríos que habitaba (Norte de Siberia). Se han descubierto cadáveres enteros de mamuts de tal modo conservados por el hielo que les cubría, que su carne estaba aún en perfecto estado, y á principios del siglo XIX unos cazadores siberianos que descubrieron uno intacto, vieron cómo sus perros se precipitaban sobre él y

se saciaban de aquella carne que contaba varios millares de años de existencia.

Citaremos, entre las especies desaparecidas, el *megaceros*, que era un ciervo de inmensas astas; el *megatherium* de la América del Norte (fig. 74),

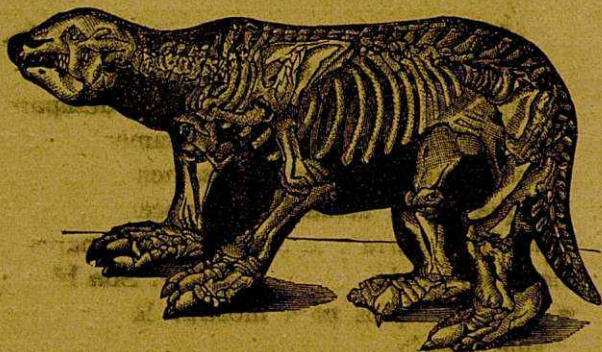


Fig. 74.—*Megatherium*, corpulento y pesado animal del periodo terciario, análogo al tatú, al hormiguero y perezoso de América del Sud, pero gigantesco. El esqueleto del Museo de París tiene 3 m. 60 de altura.

inmenso desdentado; el *glyptodonte*, parecido á un enorme tatú, y sobre todo las aves gigantes de Nueva Zelandia y de Madagascar; el *dynormis*, que alcanzaba más de 3 metros de altura, y el *epiornis*, cuya desaparición no debe ser muy antigua, pues los naturales maoris de Nueva Celandia han conservado tradiciones de él.

Hay que observar que es en estos continentes de Nueva Celandia, de Australia, de Madagascar, es decir, en el Sud del Océano Indico y del Pacífico, donde se encuentra todavía huellas de especies vivientes que recuerdan las extraordinarias especies fósiles, los kanguros de Australia, por ejemplo, los

ornitorincos, los kiwis celandeses. Es también de observar que, cuando por primera vez los exploradores penetraron en el centro de Australia, los indígenas australianos que vivían en medio de aquellas especies retrasadas estaban en el último grado de la civilización y ni siquiera conocían el uso del arco. Parece, pues, que el continente australiano y las tierras vecinas sean un último vestigio aun vivo de los orígenes del hombre sobre la tierra.

Las especies de mayor tamaño han desaparecido, ya lo hemos dicho, en épocas relativamente recientes. Es curioso comprobar que precisamente las grandes especies que en la actualidad conocemos, es decir, el elefante en la tierra y la ballena en los mares, están igualmente en camino de desaparecer. Son bien apropiados estos ejemplos para mostrar la ley de continuidad que rige la evolución de la vida en la superficie de la tierra, y para hacer ver cómo especies que se considera bien vivas pueden gradualmente convertirse en especies fósiles.

A más, un carácter de la época cuaternaria es no sólo la desaparición de determinadas especies, si que también la emigración de ciertas otras. Por ejemplo, el león de las cavernas, que era de una talla más crecida que nuestro león contemporáneo; por ejemplo, el hipopótamo, que vivió en las cercanías de París; por ejemplo, ciertos monos, de los que se ha encontrado restos en los Pireneos. El reno fué un animal vulgar en Francia, hasta en Perpignan y en Provenza; hoy no se le encuentra ya más que en las comarcas absolutamente polares.

## LA APARICIÓN DEL HOMBRE

La historia de la aparición del hombre sobre la Tierra es, cabe decir, una de las conquistas más recientes de la ciencia geológica, pues no data sino de 1846, y es debida á un sabio de Abbeville, Boucher de Perthes.

Este sabio, que había descubierto ciertas piedras talladas en las arenas de los alrededores de la villa que habitaba, afirmó que la uniformidad de aspecto que presentaban aquellas piedras hacía imposible la explicación que atribuía al azar la talla que habían sufrido. Afirmó que su identidad de trabajo revelaba claramente la mano del hombre, y que, por consiguiente, habiendo este último dejado sus huellas en las arenas en que aquellas piedras talladas habían sido descubiertas, se debía admitir que era contemporáneo de aquellas mismas arenas.

¿ Hay necesidad de decir que un escepticismo general acogió en un principio el descubrimiento de Boucher de Perthes? No, no es eso. Puesto que descubrimientos mucho más precisos de la física, de la química y de la mecánica son combatidos á pesar de la evidencia de sus resultados, ¿ cuánto no debía ser batida en la brecha la afirmación de un sabio que enunciaba una proposición que se hubiese casi estado tentado de considerar como subversiva? No obstante, Boucher de Perthes consiguió, poco á poco, vencer á algunas inteligencias elevadas que se unieron á él para hacer triunfar sus puntos de vista, y mediante la actividad de los geólogos, á partir de 1860,

habiéndose hecho varios descubrimientos análogos á los de Boucher de Perthes, fué preciso rendirse á la evidencia y admitir la existencia de lo que se llamaba entonces «el hombre fósil» ú «hombre cuaternario», es decir, concluir en la coincidencia de la vida humana con los primeros períodos de la época cuaternaria.

A partir de la aparición del hombre, se cesa de estar en el dominio de la geología propiamente dicha, y los períodos en los que el hombre vivió no se llaman ya períodos geológicos, sino períodos «prehistóricos»; comprenden el intervalo que ha transcurrido entre la aparición del hombre y el momento en que habiendo aprendido éste á pensar, habiendo sentido la necesidad de traducir este pensamiento de una manera duradera, hubo inventado el lenguaje hablado y la escritura, y dejando huellas de los acontecimientos que habían señalado su existencia permitió que sus sucesores le reconociesen. A partir de aquel momento, es cuando comienza *la historia*.

Las pruebas características de la existencia del hombre son de dos clases: las osamentas procedentes de su esqueleto y los instrumentos que el hombre había ideado para defenderse de los animales, para ¡ay! destruir á su semejante y para construir las habitaciones y los utensilios que necesita. Preciso es decir que se encuentran muchos más vestigios de la industria humana que restos de esqueletos humanos de la época cuaternaria: la constitución de aquellos huesos explica fácilmente su destrucción rápida por el contacto con la tierra y los elementos de descomposición que encierra. Al contrario, es muy natural que los vestigios de la humana industria hayan subsistido, sobre todo si se quiere tener en cuenta que en el comienzo de su existencia desconocía el hombre los

metales y, por consiguiente, fabricaba sus primeros instrumentos con la piedra que debió escoger tan dura y tan inalterable como le fué posible á fin de que pudiesen proporcionarle un servicio tan duradero como le era menester.

Los tiempos históricos son clasificados con arreglo á las evoluciones de la industria humana. Hemos visto que al principio del período que vió nacer al hombre se le llamaba el período pleistoceno, se le llama también la edad de la piedra tallada, y es durante este período, que se llama también paleolítico, en el cual el hombre tuvo que luchar con los grandes animales hoy desaparecidos, mamouts, rinocerontes, piloros, oso de las cavernas, etc... Aquella era la época de los grandes glaciares, era la época de las erupciones volcánicas en la meseta Central.

Pero más tarde, perfeccionando su industria el hombre, perfeccionándola sobre todo gracias á la sociabilidad, comenzó á pulir las piedras que otro tiempo se contentaba con tallar, y entonces aparece la época de la piedra pulimentada, que se llama también época neolítica.

Finalmente, el hombre, socializándose poco á poco, cambiando sus ideas con sus semejantes, llega á sacar partido de una fuerza de la que sacaba menor partido en otro tiempo: su inteligencia. La potencia deductiva de su cerebro le permite reconocer que no todas las piedras son idénticas, distingue los minerales y extrae sucesivamente de ellos los metales que encierran: á partir de este momento, estamos en los comienzos de los tiempos históricos.

Podemos, pues, resumiendo dividir la era cuaternaria, con relación al punto de vista prehistórico, en tres períodos, paleolítico, neolítico y metálico, y

este último subdividido en edad del cobre, edad del bronce y edad del hierro.



Fig. 75.—Instrumento de piedra de los aluviones cuaternarios de Saint-Acheul. Sílex. Museo de Saint-Germain (mitad del tamaño natural).

(se les llama trogloditas) se pusieron á trabajar para tener utensilios más delicados, las únicas sustancias duras que, aparte de las piedras, estaban á su disposición, las espinas de los grandes peces, los huesos de los mamíferos y el marfil de los colmillos. Así vemos en la misma época paleolítica y en compañía con los objetos de piedra tallada (figura 76), agujas de hueso, barbas de flecha, harpones de hueso y de marfil. Igualmente sobre materias animales, como astas de ciervo ó de reno, dejó el hombre los primeros vestigios de sus

#### INDUSTRIA DE LA PIEDRA TALLADA

Los instrumentos del hombre del primer período estaban hechos de sílex con mango de ramas de árbol hendidas y sujetas en las hendiduras por vegetales flexibles. En el comienzo, el hombre no se servía más que de aristas naturales de aquellos sílex; más tarde llegó á hacerlas cortantes (fig. 75), y finalmente, los hombres de aquella época que vivían en las cavernas



Fig. 76.—Punta de flecha con barbas y pedúnculo, sílex. Palafito del lago de Varese (Lombardía). Tamaño natural.

artes gráficas, y lo más curioso es que antes de que fuese inventada la escritura, se ha encontrado dibujos de animales sobre huesos de reno, cuyo aspecto está particularmente muy bien reproducido.

No difería el hombre cuaternario de una manera muy marcada del hombre actual, salvo, sin embargo, algunas particularidades de su cráneo, que presenta una semejanza, como ya hemos indicado, con el de los pueblos más inferiores que hoy conocemos, es decir, con los cráneos de los indígenas de la Australia actual.

En cuanto al período neolítico, está caracterizado por una civilización mucho más adelantada ya. Los grandes animales de los comienzos han desaparecido, nuevas razas humanas han hecho su aparición, y cuando el hombre paleolítico, incapaz de esfuerzos sostenidos, se limitaba á pedir la existencia á la lucha contra las fuerzas de la naturaleza, es decir, á la caza, el hombre neolítico, que había aprendido á pulimentar la piedra en vez de tallarla simplemente, había pensado en explotar la naturaleza de una manera sistemática y se había convertido en agricultor. Los hombres neolíticos no vivían ya en las cavernas, sino que se construían viviendas, y en particular preferían las construídas sobre postes,



Fig. 77.—Puñal de asta de reno encontrado en Langerie-Basse (Dordogne), actualmente en el Museo de Saint-Germain-en-Laye,

cuyos restos, muy claramente visibles hoy en ciertos lagos, constituyen lo que se llama poblaciones lacustres.

Indudablemente es la desconfianza del hombre hacia sus semejantes la que le ha impulsado á aislar así su habitación en medio de un lago que la hacía de más difícil acceso.

De aquella época datan los monumentos llamados *megalíticos* (dólmenes, menhires), que se encuentra todavía en Bretaña. Es igualmente en la época neolítica cuando el hombre aprendió á fabricar objetos de alfarería, ladrillos, con ayuda de arcilla, y á fabricar los primeros tejidos y las primeras telas.

Finalmente, cuando llega la edad de los metales, el hombre supo extraerlos de los minerales que los encierran, y una vez extraídos los primeros metales, la industria humana, por rudimentaria que fuese, había nacido. No eran ya barracas de ramaje, eran verdaderas construcciones, sea de carpintería, sea de piedra.

El fuego no era ya sencillamente un agente de calefacción, sino una herramienta para el hombre, que bien pronto supo, al propio tiempo que preparaba sus primeros metales y construía con ellos sus primeros instrumentos, adornarlos con signos que tenían un significado: el lenguaje escrito estaba inventado, y aquí debemos detenernos; la geología ha terminado su obra y debe retirarse para ceder el sitio á la historia.

---

# APÉNDICE

---

## La Oceanografía

La geología ha permitido reconstituir la historia de la Tierra. Las excavaciones han arrancado á nuestro planeta el secreto de su pasado. Desde hace algunos años, una ciencia nueva, la oceanografía, aporta á la geología un precioso concurso.

Gracias á la oceanografía, conocemos vivos seres completamente primitivos, y merced á ella también se puede afirmar hoy que la vida ha tenido su origen en el medio marítimo. El estudio de la oceanografía es, desde este punto de vista considerado, del mayor interés para nosotros.

Desgraciadamente, el reducido espacio de que disponemos nos impide extendernos largamente sobre sus ingeniosos métodos y sus sorprendentes adquisiciones.

Damos, pues, sobre oceanografía nociones muy sumarias, pero indispensables.

Se puede definir la oceanografía diciendo que es la descripción geográfica, geométrica y física del mar.

Las aguas del Océano cubren más de las tres cuartas partes del globo terrestre (fig. 78); y la superficie así cubierta está unida, pues la movilidad de las moléculas líquidas les permite obedecer libremente á las acciones combinadas de la atracción y de la

fuerza centrífuga, mientras que el suelo continental, atormentado por el trabajo subterráneo, desfigurado por las acciones eólicas, por las erosiones fluviales ó glaciares, ve su superficie carcomida, erizada de asperezas, de grietas, salpicada de montañas y de valles.

Una de las primeras consecuencias de este predominio de los mares es que el estudio de la meteorología debe comenzar por el estudio de la meteorolo-

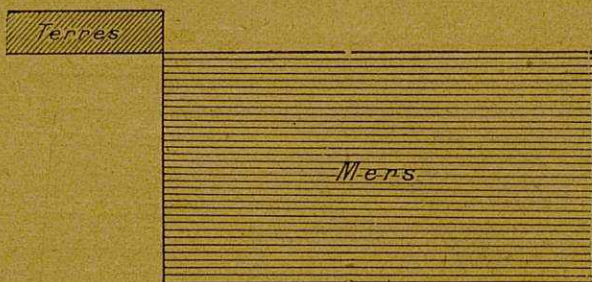


Fig. 78.—Extensión proporcional de los mares y de los continentes terrestres.

gía náutica, las grandes masas de la atmósfera situadas por encima de las superficies uniformes de los océanos, pueden obedecer libremente á las leyes del equilibrio estático y dinámico de los flúidos, cuando por encima del modesto manto formado por la tierra firme, á cada instante desviados de sus direcciones racionales por elevadas montañas, ó influidos en su temperatura por el contacto con llanuras sucesivamente abrasadoras y frías, presentan también un problema de suerte tal complejo, que esos movimientos constituyen una excepción y no una regla, un caso particular y no un caso general.

El caso general está encima de los mares; y he

aquí por qué la meteorología continental está tan poco adelantada cuando la meteorología náutica, cuyo estudio constituye un capítulo de la oceanografía, merece ya el nombre de ciencia formada. Preciso es que los metereólogos terrestres se resignen á ello: no harán, así procediendo, habitando como habitan solamente la cuarta parte de la superficie de nuestro planeta, más que soportar esa inexorable ley de las mayorías, á la cual no pueden substraerse más los cuerpos elegidos que los continentes; pero pueden estar sostenidos por la esperanza de que bien pronto, á la luz de las leyes generales descubiertas por la meteorología náutica, podrán ver claro en el problema todavía tan obscuro de la meteorología continental.

\* \* \*

El primer estudio que debe hacer la oceanografía es la realización de un mapa general de los mares en proyección horizontal y en profundidad.

Apenas se hubo trazado las primeras cartas marinas, cuando las necesidades de la navegación señalaron las profundidades en la vecindad de las costas, es de las profundidades en la vecindad de la scostás, es decir, los resultados de los *sondeos*. Y desde entonces nació esta parte capital de la oceanografía: la *batimetría*, ó estudio de las profundidades.

Del estudio de la batimetría cerca de las costas se debía pasar bien pronto, siempre por razón de necesidad práctica, á la batimetría de la latitud.

Hacia mediados del siglo XIX se concibió el audaz proyecto de transmitir á través de los mares el pensamiento humano con ayuda de la corriente eléctrica.

ca; era preciso para esto sumergir un cable entre Europa y América; era, pues, necesario conocer las profundidades que se iba á encontrar, la naturaleza de los fondos sobre los cuales descansaría la larga serpiente de metal aislado. Fueron necesarios sondeos profundos; desde aquella época se han multiplicado, y son la operación corriente de toda expedición oceanográfica.

Digo «corriente», pero no «fácil». Cuando se sonda algunos centenares de metros, nada más sencillo; pero cuando se está por sobre grandes profundidades oceánicas, cuando la sonda se extiende millares de metros sin alcanzar el fondo; cuando, y éste es el caso en el sud-oeste del Pacífico, el aparato acusa la profundidad de 9,427 metros, lo que representa presiones de más de 900 atmósferas; cuando, además, se plantea uno el problema, no sólo de conocer aquella profundidad con exactitud, si que también de medir en ella la temperatura del agua, de sacar una muestra de aquel agua, así como un espécimen de la naturaleza del fondo, se conciben las dificultades de empresa semejante: hoy están vencidas estas dificultades, y el número de sondeos se ha aumentado bastante para que en una serie de Congresos internacionales celebrados en Berlín en 1899, en Cristianía en 1901, en Wiesbaden en 1903, se haya reconocido la posibilidad, hasta la necesidad, de formar un *mapa general de los océanos* á la escala de 1 : 10,000,000, que indique á la vez su contorno y su profundidad, ya que esta última viene marcada en las cartas ó mapas geográficos por curvas de nivel llamadas *isobáricas*; se acordó, además, una nomenclatura uniforme.

Era la obra difícil y costosa á la vez; difícil porque exigía de parte del que asumiese la realización, una

competencia especial, una universal erudición relativa á las cosas del mar; costosa por el número, por la importancia, la duración de los trabajos de toda suerte que exigiría.

El príncipe de Mónaco se ofreció generosamente para llevarla á cabo: su nombre era garantía de que serían vencidas todas las dificultades. Lo fueron. Hoy está formado el mapa de todos los océanos en 24 hojas.

Constituye un monumento elevado á la oceanografía, necesario, por otra parte, para conocer el relieve general de la corteza terrestre.

El estudio de la «forma» del fondo de los mares no basta á la curiosidad del sabio. Es preciso, además, conocer la *naturaleza* de ese fondo. Es otro problema de la oceanografía, tan importante desde el punto de vista científico como desde el punto de vista práctico.

Desde el punto de vista científico, la ley con arreglo á la cual se depositan actualmente las substancias minerales ú orgánicas que tapizan el fondo de nuestros mares, nos permite arrojar claridad muy especial sobre las estratificaciones, formadas por restos de los animales marinos que los geólogos encuentran en el seno de la tierra estudiando su historia. Con justa razón ha podido decirse: «*La geología es la oceanografía del pasado, y la oceanografía es la geología del porvenir*».

Desde el punto de vista práctico, los datos de la oceanografía proporcionan á los marinos un nuevo método de navegación que es precioso cuando las nieblas persistentes les privan de interrogar á los astros para conocer su posición exacta. Echan entonces la sonda: la carta batimétrica les indica sobre qué

curva isobárica pueden colocarse según los resultados de su sondeo; el mapa litológico del fondo, al lado de la muestra por la sonda traída, viene á precisar en aquella isobara un punto que es el que ocupan en el momento de la observación, en la superficie del Océano.

Dos oficiales franceses, los comandantes *Trudelle* y *de Roujoux*, han aplicado este método á las recaladas de Brest, de New-York, del Hâvre, tan dificultosas á causa de la niebla, y la sonda se ha convertido hoy en instrumento tan exacto como el sextante ó el cronómetro.

\* \* \*

El estudio de la distribución de la temperatura en el mar es uno de los problemas más grandes de la física del globo. De sus variaciones dependen, independientemente de las condiciones de la existencia de las especies animales, el mayor ó menor volumen, la mayor ó menor densidad del agua de los mares. Una diferencia de algunas décimas de grado entre dos puntos del Océano, basta para determinar aun en las profundidades mayores, un movimiento de las aguas entre estos dos puntos, y, en su último cruceo á las Azores, el príncipe de Mónaco ha podido determinar así, con ayuda del termómetro, la existencia de corrientes submarinas cuya lentitud es tal que recorren apenas algunos metros en una jornada (1).

¿Cómo ha llegado el hombre á determinar sin error

(1) Se conocía ya las corrientes marinas que recorren los Océanos en toda su extensión y desempeñan un importante papel en la temperatura de los mares (V. fig. 79).

la temperatura de las grandes profundidades? Por un artefacto bien sencillo, el *termómetro de inversión*, que se vuelve automáticamente en el fondo y aísla así en el tubo invertido la porción de mercurio que se ha dilatado.

Gracias á este instrumento, se ha podido señalar la temperatura de los abismos más profundos: es en ellos uniforme y siempre muy próxima á cero, hasta para los fondos de 7 á 8,000 metros, cuando si se hiciera á través de la costra terrestre una perforación de esta profundidad, se encontraría una temperatura de más de ¡*doscientos grados!*

Como se ve, los grandes problemas de la geofísica surgen en cada página de la oceanografía.

¿Por qué, finalmente, la intensidad de la gravedad es más marcada sobre los mares que sobre los continentes? ¿Por qué, en una palabra, pesa más un cuerpo sobre los océanos que sobre el continente europeo-asiático, constituido, no obstante, por materiales más densos que el agua de mar?

Otro misterio para cuya explicación uno de los físicos más notables de este tiempo, el profesor Lippmann, ha propuesto una seductora hipótesis.

\* \* \*

La transparencia del agua de mar ha sido objeto de numerosos estudios. El agua de los océanos no se deja atravesar por la luz del sol sino extrayendo, por decirlo así, un derecho de pasaje, tanto y tan bien que á partir de 400 metros de espesor, la luz no atraviesa ya el agua marina, y en el fondo de los mares deberían reinar eternas tinieblas.

Digo «deberían», pues, en realidad, la obscuridad

de los grandes fondos está iluminada por mil resplandores lanzados por los organismos especiales de los seres que habitan aquellas numerosas regiones.

¿Cuál es la naturaleza de esa luz especial de los

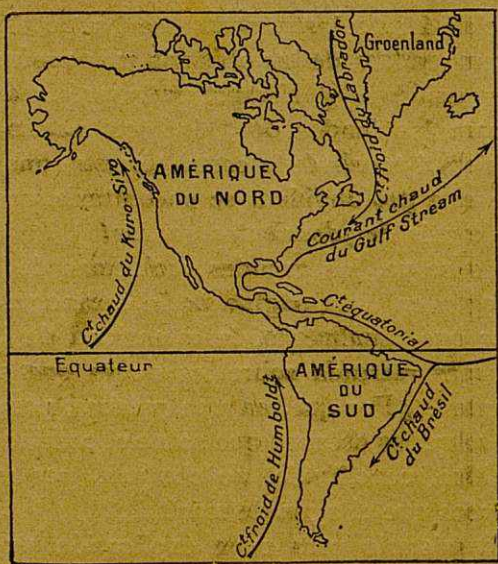


Fig. 79.—Principales corrientes marinas de las costas de América.

cuerpos que, análogos al radium, gozan de las propiedades radioactivas?

¿Hay que buscar su origen en este nuevo capítulo de la física, en ese nuevo mundo de la ciencia, del que Curie, cual un Hernán Cortés, ha explorado una de las más ricas comarcas, pero cuyo Cristóbal Colón es incontestablemente nuestro ilustre compatriota H. Becquerel?

Este es todavía un problema de la oceanografía física, y es ciertamente uno de los que más apasionan.

Finalmente, un último y muy importante capítulo de la ciencia del mar es el que estudia sus movimientos. De estos movimientos, unos, como la ola, las ondas, las mareas, son rítmicos en períodos más ó menos largos; los otros, las corrientes, son movimientos generales de traslación.

La ola, las ondas, agitan siempre la superficie de las aguas: todo el mundo ha sido testigo, aunque no fuese más que en la costa, del magnífico espectáculo de los furores del mar. Hasta cuando el mar está en su extensión absolutamente tranquilo, origina, llegando á una playa de pendiente suave, un sistema de ondas con estrépito rompedizas.

Corresponde á la oceanografía estudiar esos movimientos.

Mediante experimentos de laboratorio han sentido los físicos del mar que el movimiento de las moléculas líquidas era *local* y arbitrario: las moléculas de agua vibran *en su sitio* y lo que transmite la ola no es *materia*, es *movimiento*: *Non materia ipsa progrediens, sed forma materiae progrediens*.

No es por vana curiosidad por lo que se ha estudiado este perfil de las olas en forma de *trocoide*: se ha hecho de él una aplicación modernísima. Cuando nuestros ingenieros de marina tienen que construir torpederos extrarrápidos, dan á las curvas horizontales del casco la forma de un trocoide; de esta manera las moléculas del agua violentamente separadas por la intrusión del buque encuentran para guiarlas hacia el retorno á su posición inicial, la curva misma con arreglo á la cual se hace familiar su movimiento: ellas oponen, pues, la resistencia mínima á la marcha del buque.

Y mientras que los oceanógrafos de laboratorio estudiaban, mediante ingeniosos aparatos, los movimientos ondulatorios y sus leyes, los marinos, oceanógrafos militantes, hacían en medio de los mares el estudio experimental de las ondas; Roß, Dumont d'Urville, Paris, describen así en los mares australes esas olas de 18 metros, altura máxima de aquellas montañas líquidas: es la altura de una casa de 5 pisos en París. Afortunadamente la latitud de esas enormes olas alcanza 200 veces su altura, lo que transforma en colinas de pendientes relativamente suaves las «montañas de agua» que nos habían descrito imaginaciones un poco entusiastas.

He aquí algunos de los puntos que tiene que estudiar la oceanografía pura.

Es una ciencia vasta y que justifica, por la importancia de sus aplicaciones, los sacrificios que por ella se hacen.

---

## CONCLUSIÓN

---

Las conclusiones que deben sacarse de los precedentes estudios son de diversos órdenes.

La astronomía y la geología nos enseñan la manera cómo se ha constituido nuestro planeta, por qué serie de estados ha pasado antes de alcanzar su actual estructura y en qué relaciones de paralelismo con los terrenos sedimentarios están las diversas formas de la vida vegetal y animal.

Si es impotente la geología para fijar cifras, hace, sin embargo, entrever la inmensa duración de la formación de las capas terrestres; nos enseña también que nada se ha formado bruscamente, á consecuencia de cataclismos, sino que la historia de la Tierra ha sido continúa, que la acción de los agentes de transformación ha sido semejante en el pasado á la que observamos en el presente. Por el estudio de los fenómenos actuales seguimos los ínfimos cambios que modifican cada día nuestro planeta bajo la triple influencia de los agentes exteriores, de los agentes internos y de los seres vivos. Ahora bien, esta comprobación nos induce á creer que lo que vale en cuanto al presente valdrá también en cuanto al porvenir, y que los tiempos geológicos, lejos de estar terminados, proseguirán sin detención ni discontinuidad.

Como todo cuanto vive, la Tierra no puede alcan-

zar un punto de estabilidad ni entrar en reposo; en momento alguno es idéntica á sí misma. He aquí por qué la palabra vida que sirve para caracterizar los movimientos de los astros es también aplicable á la Tierra.

De la propia suerte que se habla de la vida de los astros, se puede hablar de la vida de la Tierra.

«Esta, como un ser viviente, se transforma sin cesar, y esas transformaciones son las que constituyen su historia. En todo momento cambian de lugar sus elementos materiales, se disocian y entran en los grupos nuevos por efecto de las energías diversas, las que asimismo, para nuestros sentidos, cambian sin cansarse, de naturaleza (1).

Finalmente, este estudio, como todos los de las obras de nuestra serie, proporciona á la inteligencia tres nociones tipos: la noción del infinito en el tiempo por la imposibilidad de evaluar en cifras suficientes la edad de la Tierra y la duración de las eras sucesivas; la noción de evolución, puesto que los fenómenos se encadenan sin presentar interrupción ni ruptura; finalmente, la noción de progreso. En efecto, por el examen de los períodos geológicos se ve cómo se perfeccionan las formas; los terrenos, los animales, las plantas de la era primaria están en un estado de perfección menor que los de la era secundaria, y así hasta la época cuaternaria, en que el progreso se marca con la aparición del hombre y el fenómeno del pensamiento que permite á un ser vivo formarse conciencia del Universo.

Ahora bien, el paso de los estados más primitivos á los estados más perfectos se hace con una continui-

(1) De Launay. *Histoire de la Terre*, París, Flammarion, 1906, pág. 84.

dad tal que en momento alguno tenemos que hacer intervenir la idea de «la materia sacada de la nada».

En el curso de este estudio hemos señalado incessantes transformaciones de la materia bajo la influencia de agentes físicos. Sabemos ciertamente que los estados de la materia aquí comprobados no son *todos* los estados bajo los cuales se presenta. Pero conviene á otras ciencias estudiar esos estados últimos.

Cuando en el volumen final de la serie tengamos que tratar el problema de la noción de materia desde un punto de vista filosófico, los argumentos que de la *Historia de la Tierra* se han de deducir serán todos favorables á una concepción del mundo que excluya la idea de creación.

El principio de Lavoisier: «Nada se pierde, nada se crea», es una verdad sin excepción si se quiere admitir que los fenómenos materiales no caen todos fácilmente bajo nuestros sentidos. Hay fenómenos que no apreciamos más que por los procedimientos de investigación que á nuestros sentidos añade la ciencia.

El principio de Lavoisier es exacto en tanto se limita á afirmar la indestructibilidad de la materia. Pero abusivamente se ha extendido á la inconmutabilidad de los elementos. Hay que considerar, como hemos dicho ya á propósito de la evolución de la superficie de la Tierra, la materia y la energía como cosas conexas, cuyas relaciones mutuas se realizan sin que intervenga potencia exterior alguna.

A consecuencia del abuso hecho de un neologismo, se había admitido por un instante que la materia debe en ciertas condiciones disasociarse y transformarse en energía.

La energía intra-atómica contenida en la materia es enorme. La disociación completa, por ejem-

plo, de una moneda de cobre de un céntimo, de un gramo de peso, corresponde á 510 millares de kilogrametros, ó sea la cantidad de energía correspondiente á la que gasta un tren de mercancías recorriendo cuatro veces y media la circunferencia de la Tierra.

El calor solar encontraba en el número de sus causas una diasociación rápida y continua de la materia; así el radium, cuya disociación es en extremo lenta, es, sin embargo, elevado á una temperatura de 3 á 4 grados superior á la del medio ambiente, por el hecho mismo de esta evolución, muy débil. Con una evolución rápida, en condiciones de medios diferentes de los que en nuestro globo existen, la cantidad de calor producida sería infinitamente más elevada y una destrucción bien débil de materia bastaría para proporcionar la cantidad necesaria de calor para el sostenimiento de la temperatura del Sol.

Estos hechos están fuera de duda, pero no debe creerse que cambien los principios de nuestra constitución del mundo.

En el actual estado de la ciencia sabemos muy bien que no es posible dar una explicación completa de todos los fenómenos, pero podemos afirmar que sobre ellos no puede intervenir una voluntad independiente de la materia ni intervenir en su génesis.

La primera de las conclusiones de una historia científica de la Tierra es, pues, la confirmación del principio de Lavoisier. Nada se pierde, nada se crea.

Todavía se imponen otras conclusiones.

Se ha podido observar que en la lenta, pero incesante evolución de la Tierra, no hay principio, no existe punto de partida. Arrancando del examen de una nebulosa, hemos seguido sus modificaciones hasta el término en que toma para nosotros el nombre de

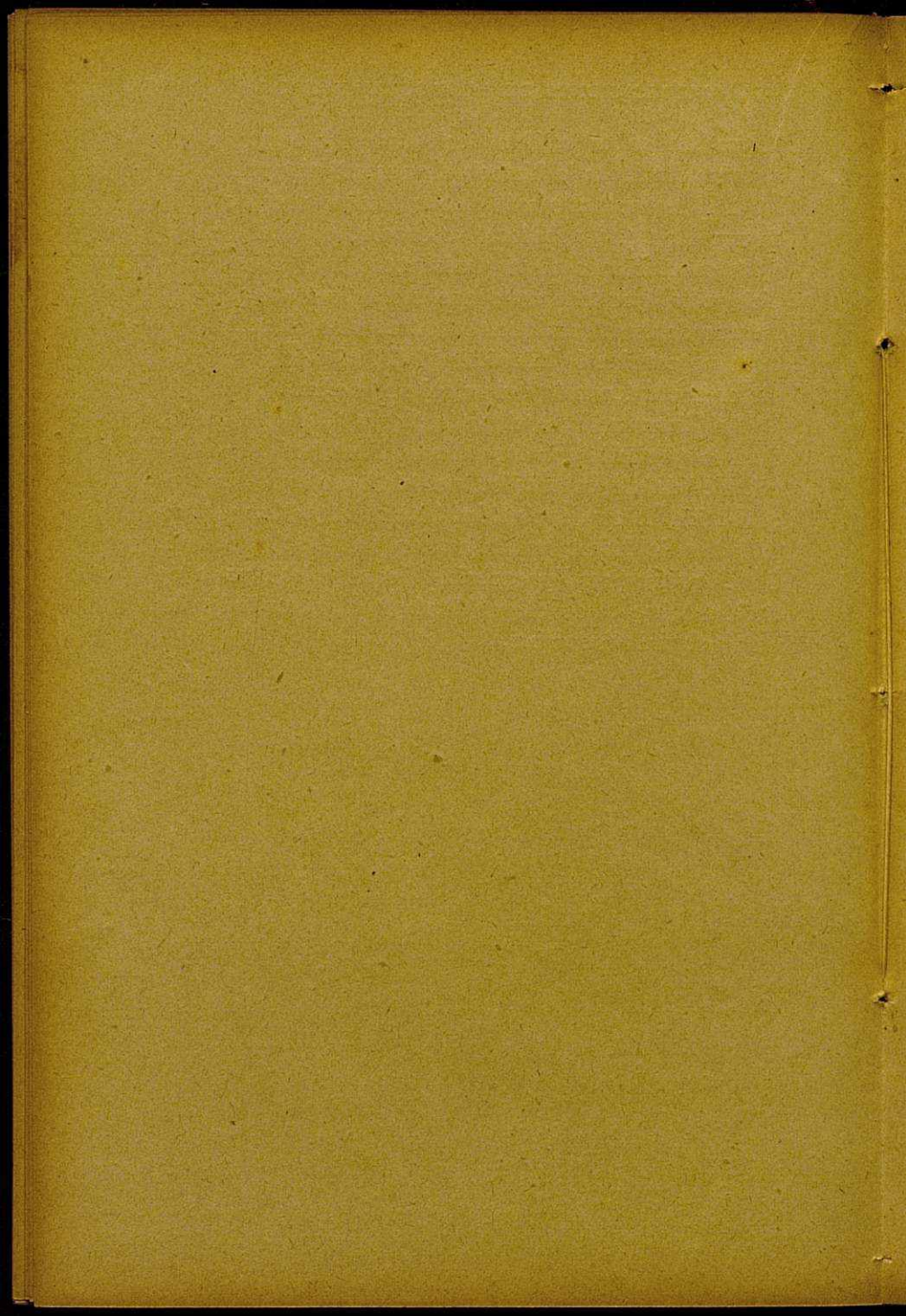
Tierra sin haber podido decir una sola vez: en tal instante comienza la historia de nuestro planeta.

Y si remontando más alto se desea saber de dónde proviene esta nebulosa, recordaremos, con arreglo á las conclusiones de la precedente obra de esta Enciclopedia, que todo astro nuevo está formado por elementos de astros antiguos modificados ó alterados.

Otra conclusión filosófica á deducir de este estudio es la condenación del principio finalista.

La Tierra no evolucionā hacia un fin determinado. Será lo que la hagan las fuerzas. Podemos, en la débil medida cuyos medios nos da la ciencia, prever el sentido de esta evolución. Si aun no podemos dirigirla, es de desear que la humanidad consiga, con el fin de asegurar su prosperidad, crearse una parte de acción sobre estos ciegos fenómenos para dirigirlos en un sentido favorable.

FIN



## BIBLIOGRAFÍA

---

Para aquellos de nuestros lectores que deseen ampliar sus estudios en la materia, nos permitimos añadir la lista de una serie de obras con alguna indicación acerca de ellas, que el hombre estudioso puede consultar con fruto.

Hemos prescindido de indicaciones acerca de obras especiales de mineralogía y de algunos tratados de paleontología, por su carácter excesivamente técnico, que las haría poco menos que inútiles para el público al que destinamos esta Biblioteca ó «*Enciclopedia de Enseñanza Popular Superior*».

**Progrès de la Stratigraphie.**—Elie de Beaumont.—Aunque algo vieja, es notable esta obra que marca una época en la historia de la Geología. Su autor prestó un concurso precioso á Lyell cuando atacó la teoría de las revoluciones de Cuvier.

**Le radium et les nouvelles radiations. Que faut-il en penser? Que faut-il en attendre?**—A. Berget.

**Conferences de Geologie.**—Boule (M.).—Es un excelente tratado destinado á las clases de los Liceos, al propio tiempo que una notable obra de vulgarización. Contiene 223 páginas, 273 grabados y 7 planchas, fuera del texto. Es libro muy interesante y recomendable por su estilo conciso y la sabia elección de los grabados,

en su mayor parte reproducciones fotográficas de documentos que obran en el Museo de Historia Natural de París.

Es libro indicado para hacer conocer, en forma clara y á todas las inteligencias asequible, los últimos adelantos de la Geología.

**Force et Matière ou principes de l'ordre naturel mis á la portée de tous.**—Louis Büchner.—De esta obra, muy notable por su claridad, hay, aunque algo deficientes, algunas traducciones españolas.

En el libro del doctor alemán, aunque algo antiguo, puede el lector encontrar una exacta imagen de la concepción general del mundo, no obstante ser escasa su documentación científica.

**Les révolutions du Globe.**—Cuvier.—Es una obra en la que el autor explica, valiéndose de una hipótesis—cuya falsedad demostró Lyell,—las transformaciones de la Tierra.

Es recomendable sólo desde este punto de vista poético.

**Voyage d'un naturaliste autour du monde.**—Ch. Darwin.—Esta obra, en la que el gran naturalista inglés consigna sus observaciones hechas durante su viaje en el *Beagle* (1831-1836), aunque no se refiera exclusivamente á la Geología, es digna de ser leída, pues acostumbra al lector á pensar con independencia de criterio ante los numerosos y notables datos que en ella se aducen, y con los cuales formó Darwin su famosa teoría acerca del origen de las especies y la descendencia del Hombre.

Hay en español una traducción muy fiel y recomendable de esta obra.

**Les récifs de Corail, leur structure et leur distribution.**—Charles Darwin.—Es un estudio profundo de la

formación de los bancos de coral, de las diferentes formas de islotes coralinos y de la naturaleza de estas islas. Al final del libro encontrará el lector un mapa planisférico que señala la distribución de las diferentes clases de los bancos de coral y la situación de los volcanes activos. Ayuda dicho mapa grandemente á conocer la importancia que esos dos elementos, corales y volcanes, tienen en las modificaciones de la corteza terrestre.

**Rôle des vers de terre dans la formation des terres végétales.**—Ch. Darwin.—Es una monografía muy sugestiva acerca del papel de esos animalitos en la transformación de la tierra. Indudablemente ese papel es mínimo, comparado á las influencias que han podido ser invocadas como causa de las «catástrofes», pero para concebir el conjunto de los fenómenos que rigen la evolución constante de nuestro planeta, es necesario conocer el trabajo de esos animales, de extraordinaria pequeñez. La obra que nos ocupa, de lectura muy agradable, resulta altamente instructiva acerca de este importante particular.

**Observaciones geológicas sobre las islas volcánicas.**—Ch. Darwin.—El autor estudia, con la profundidad en él peculiar, todas las islas volcánicas.

**Le monde avant la création de l'homme.**—Flammarión.—Esta obra ha sido, no obstante lo relativamente elevado de su precio (12 francos), el tipo de la obra de vulgarización. Hay hoy otros libros que con el de Flammarión pueden competir, especialmente en cuanto al precio.

El libro del gran vulgarizador se recomienda por la sencillez de su lenguaje y por la exactitud de sus comparaciones que facilitan medios mnemotécnicos de sumo empleo y de grandísima utilidad.

**Les tremblements de terre.**—Fouqué.—Es muy interesante al estudio de este continuador aventajado de Lyell.

**La Géologie.**—La obra ofrece un considerable número de hechos y observaciones claramente consignados, sin sacar de ellas consecuencias filosóficas. Es un Compendio sabiamente hecho, en cuyo arsenal pueden hallarse infinidad de datos de gran valor. Acompaña al libro un índice bibliográfico muy completo, que hace de la obra un verdadero diccionario de geología.

Su precio no es excesivo, pues cuesta 8 francos y contiene 724 páginas y 151 grabados.

**L'Univers et l'Humanité.**—Krœmer.—Es una obra alemana de 5 volúmenes. De ellos sólo el primero trata de la Historia de la Tierra. Tiene grabados muy ingeniosos para explicar los fenómenos descritos. Su lenguaje es más bien sencillo que técnico.

**Œuvres complètes de Laplace.**—Es entre todas las ediciones publicadas la dada á luz bajo los auspicios de la Academia de París, en 1884, la más fiel y recomendable. Consta de 12 volúmenes. El VI es el que comprende la «Exposición del sistema de los mundos».

Es obra costosa, pero la exposición del sistema de Laplace puede leerse también en el «Annuaire du Bureau des Longitudes» para el año 1867.

**Traité de Géologie.**—A. de Lapparent.—Es sin disputa este libro uno de los que con más fruto puede estudiarse para conocer la Historia de la Tierra. Aunque filosóficamente Lapparent sea deísta, de la lectura de su obra, de la apreciación desapasionada de sus estudios, se sacan conclusiones contrarias.

Tiene, además de esa obra que es muy voluminosa, un Compendio titulado *Abregé de Géologie*, que es en extremo interesante.

También es recomendable su obra *Notions générales sur l'Ecorce terrestre*.

**L'Histoire de la Terre.**—L. de Launay.—No es una obra de vulgarización, pero puede útilmente ser leída por todo el mundo.

Es un autor en extremo espiritualista, y el lector debe prevenirse contra la tendencia neocristiana que campea en el libro.

**L'Evolution de la terre et de l'homme.**—Lespagnol.—Es un libro curioso é interesante que merece ser consultado.

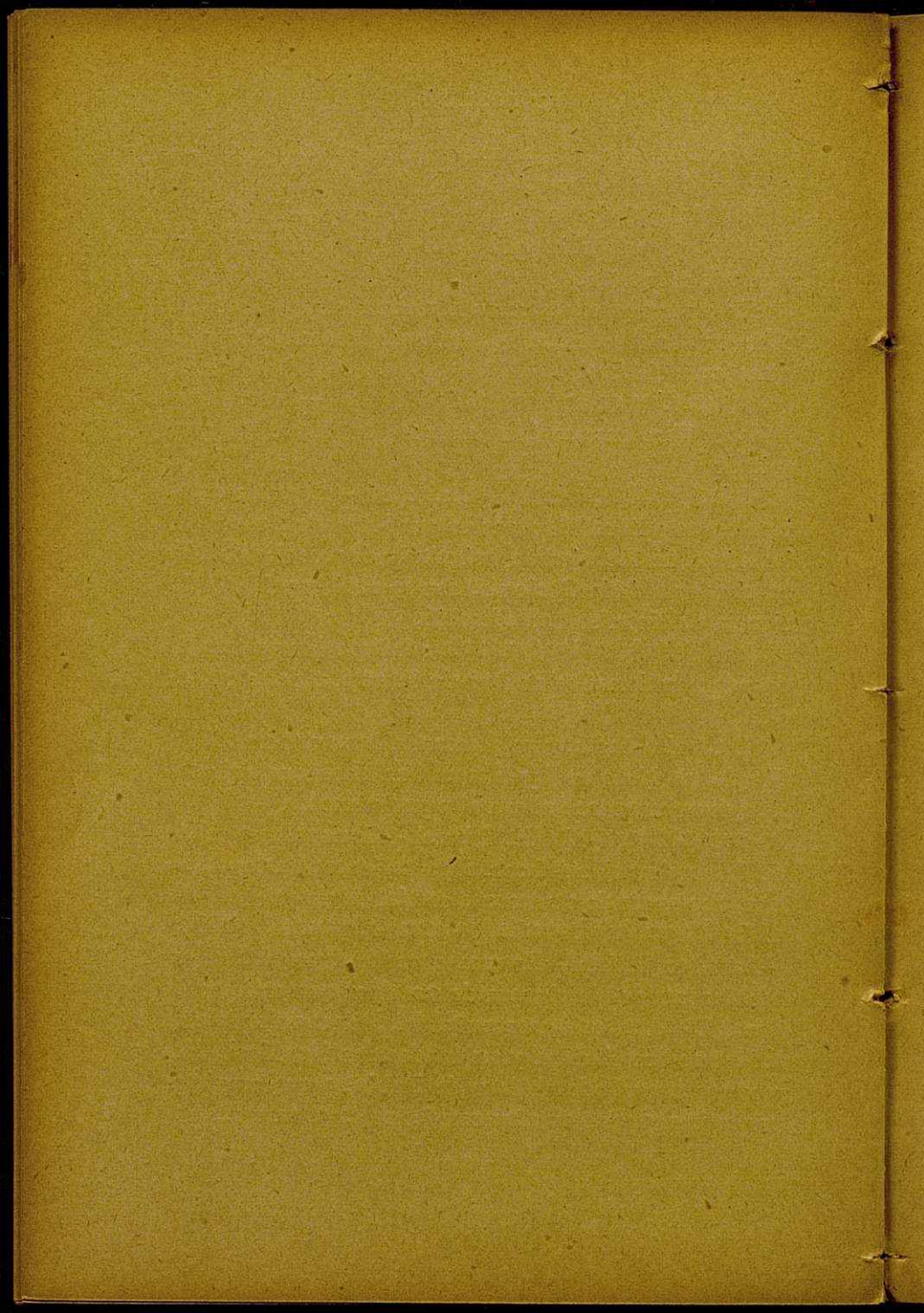
**Principes de Géologie.**—Ch. Lyell.—El autor combate en este libro las ideas catastróficas de Cuvier. A las ideas de Revolución substituye las de Evolución en el campo de la Geología, con lo cual imprimió á la ciencia un impulso considerable.

Los **Principios de Geología** de Lyell, sugirieron al gran naturalista Carlos Darwin la noción de la evolución.

Esto sólo basta para indicar la importancia filosófica de las ideas de Lyell, que han dado una orientación completamente nueva al pensamiento.

**Les abimes.**—E. A. Martel.—Curiosísimo relato de las exploraciones hechas por el autor en los abismos, acompañado de copioso caudal de datos.

**La Terre, ses aspects, sa structure, son évolution.**—Augusto Robin.—Es una obra de gran valor, especialmente por la riqueza de sus documentos fotográficos. El texto que acompaña á las ilustraciones está redactado con claridad y sin tendencias filosóficas. Merece ser consultado el libro de Robin, para completar por la imagen las enseñanzas de los otros tratados.



# ÍNDICE DE MATERIAS



	Págs.
INTRODUCCIÓN . . . . .	5
PREFACIO. . . . .	9

## PRIMERA PARTE

El origen de la Tierra . . . . .	13
----------------------------------	----

## SEGUNDA PARTE

El trabajo de la corteza terrestre . . . . .	27
--	----

## TERCERA PARTE

La evolución de la superficie de la Tierra.—Los fenó- menos actuales . . . . .	37
---	----

## CUARTA PARTE

### GEOLOGÍA

Rocas sedimentarias. . . . .	61
Fósiles . . . . .	63
Historia de la Tierra por épocas geológicas . . . . .	64
Terrenos arcaicos. . . . .	74
Era primaria . . . . .	75
Era secundaria . . . . .	86
Era terciaria . . . . .	97

	<u>Págs.</u>
La era cuaternaria . . . . .	107
La aparición del hombre . . . . .	115
Industria de la piedra tallada . . . . .	118

## APÉNDICE

La Oceanografía . . . . .	121
Conclusión . . . . .	131
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	137

---

# PUBLICACIONES

DE LA

# ESCUELA MODERNA

---

## CATÁLOGO GENERAL

---

	<u>Pesetas</u>
<b>Cartilla</b> (primer libro de lectura).—Dedicado a la enseñanza racionalista de niños y adultos; tercera edición. Un tomo encuadernado en cartóné . . . . .	1
* <b>Las Aventuras de Nono</b> (segundo libro de lectura), por <i>Juan Grave</i> , traducción de A. Lorenzo; tercera edición . . . . .	1
* <b>El Niño y el Adolescente</b> .—Desarrollo normal. Vida libre, por <i>Michel Petit</i> (segundo libro de lectura . . . . .	2
* <b>Preludios de la Lucha</b> (segundo libro de lectura), por <i>F. Pi y Arsuaga</i> . . . . .	1
* <b>Sembrando Flores</b> (segundo libro de lectura), por <i>Federico Urales</i> . . . . .	1
<b>Primer Manuscrito</b> .—Interesante correspondencia escolar, y varios modelos de dictados. Un tomo encuadernado en tela. . . . .	2
* <b>Origen del Cristianismo</b> (cuarto libro de lectura) . . . . .	1

NOTA.— Las obras así marcadas \* se sirven también encuadernadas en tela con el aumento de una peseta el tomo.

<b>Epítome de Gramática Española</b> , por <i>Fabián Palasi</i> ; tercera edición. Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Aritmética Elemental</b> , por <i>Fabián Palasi</i> . Un tomo en- cuadernado en tela . . . . .	2
<b>Elementos de Aritmética</b> . Clase elemental y curso medio. Dos tomos encuadernados en tela . . . . .	4
<b>Resumen de la Historia de España</b> , por <i>Nicolás Esté- vanes</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Compendio de Historia Universal</b> , por <i>Clemencia Jaqui- net</i> . Tres tomos encuadernados en tela . . . . .	6
<b>Nociones de Idioma Francés</b> , por <i>Leopoldina Bonnard</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>La Substancia Universal</b> , por <i>A. Bloch</i> y <i>Paraf-Javal</i> , traducción de A. Lorenzo. Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Nociones Sobre las Primeras Edades de la Humanidad</b> , por <i>Georges Engerrand</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Evolución Super-Orgánica</b> (La Naturaleza y el problema social), por <i>Enrique Lluria</i> , prólogo de <i>S. Ramón y Cajal</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>*Humanidad del Porvenir</b> , por <i>Enrique Lluria</i> , con un epílogo de <i>Carlos Malato</i> . . . . .	1
<b>Geografía Física</b> , por <i>Odón de Buen</i> , prefacio de <i>Eliseo Reclus</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Pequeña Historia Natural</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Dos tomos encuadernados en tela . . . . .	4
<b>Mineralogía</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Un tomo encuaderna- do en tela . . . . .	2
<b>Petrografía y Vida Actual de la Tierra</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Edades de la Tierra</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Un tomo enca- dernado en tela . . . . .	2

	Pesetas
* <b>Tierra Libre</b> (cuento), por <i>Juan Grave</i> , versión española por A. Lorenzo . . . . .	1
<b>Psicología Étnica</b> , por <i>Ch. Letourneau</i> , traducción de A. Lorenzo. Cuatro tomos encuadernados en tela . . .	8
<b>Botiquín Escolar</b> , por <i>A. Martínez Vargas</i> . Encuadernado en cartóné . . . . .	0'50
<b>El Banquete de la Vida</b> , por <i>Anselmo Lorenzo</i> . . . . .	1'50
<b>Floreale</b> , drama social en tres actos, por <i>J. P. Chardon</i> , traducción de A. Lorenzo . . . . .	1
<b>El Infierno del Soldado</b> , novela francesa de costumbres militares, por <i>Jean de la Hire</i> , traducción de Soledad Gustavo. . . . .	1
<b>En Guerra</b> , idilio, por <i>Carlos Malato</i> , traducción de A. Lorenzo. . . . .	0'40
<b>Las Clases Sociales</b> , estudio sociológico por <i>Carlos Malato</i> , versión española, A. Lorenzo . . . . .	1
<b>A B C Sindicalista</b> , folleto de propaganda societaria, por <i>J. Yvetot</i> . . . . .	0'15
<b>En Anarquía</b> , novela francesa, por <i>Camille Pert</i> , versión española y prefacio por <i>Anselmo Lorenzo</i> . . .	1
<b>En el Café</b> , por <i>Enrique Malatesta</i> , traducción de A. L. Rodrigo . . . . .	0'25
<b>Génesis y Evolución de la Moral</b> , por <i>Carlos Letourneau</i> . . . . .	0'75
<b>La Moral Anarquista</b> , por <i>Pedro Kropotkine</i> , traducción de A. Cruz . . . . .	0'25
<b>La Escuela Nueva</b> , por <i>J. F. Elslander</i> , versión española de Anselmo Lorenzo. Un tomo en rústica con el retrato del autor . . . . .	2
<b>Hacia la Unión Libre</b> , por <i>Alfred Naquet</i> , versión española de Cristóbal Litrán. Un volumen en rústica con el retrato del autor. . . . .	2
<b>República Francesa y Vaticanismo o La Política Religio-</b>	

- sa en Francia, por *André Mater*, versión española de Cristóbal Litrán. Un tomo en rústica con el retrato del autor. . . . . 2
- La Evolución de los Mundos**, por *M. I. Nergal*, versión española de Cristóbal Litrán. Un tomo profusamente ilustrado. . . . . 2
- Historia de la Tierra**, por *Ch. Sauerwein*, versión española de Cristóbal Litrán. Un tomo con 79 grabados. . . . . 2
- Cómo se forma una inteligencia**, por el *Doctor Toulouse*, versión española de Cristóbal Litrán . . . . . 2

En preparación:

**Las Razas Humanas**, por *G. Engerrand*.

## RETRATOS DE FERRER

En busto y de cuerpo entero, son reproducción fiel de su última fotografía hecha en París. Trabajo artístico sobre lujosa cartulina mate de 50x32; precio, 0'60.

**Postales PAX**, por *F. Sagristá*, alegoría del ideal racionalista, en tricromía. Primera de la serie, 0'15.

*Todas las obras del presente Catálogo pueden adquirirse en o por mediación de todas las librerías y kioscos.*

## EL HOMBRE Y LA TIERRA

Obra maestra del gran escritor, de renombre universal, **Eliseo Reclús**. Traducción del distinguido publicista ANSELMO LORENZO; revisada por el catedrático de la Universidad de Barcelona DON ODÓN DE BUEN.

Consta la obra de seis tomos de más de seiscientas páginas.

Precio de los seis tomos, ricamente encuadernados con tapas especiales, 120 pesetas. Se puede adquirir por tomos sueltos a 20 pesetas uno. Se sirve por cuadernos a 0'50 pesetas.

Ventas a plazos a 10 pesetas mensuales

---

## LA ESCUELA MODERNA

Póstuma explicación y alcance de la Enseñanza Racionalista, por **Francisco Ferrer Guardia**. Obra notabilísima de Ferrer que debe ser leída por todos los hombres que aspiren a orientarse bien en los asuntos pedagógicos, de los que depende la transformación de la mentalidad de la generación futura.

A este título debe figurar en todas las bibliotecas, y para facilitar su adquisición le hemos fijado el precio de 2 pesetas.

---

## LA GRAN REVOLUCIÓN

Por **Pedro Kropotkine**. Versión española de ANSELMO LORENZO. Tan interesante obra será editada por cuadernos semanales por esta casa en las condiciones artísticas y económicas que requiere su importancia.

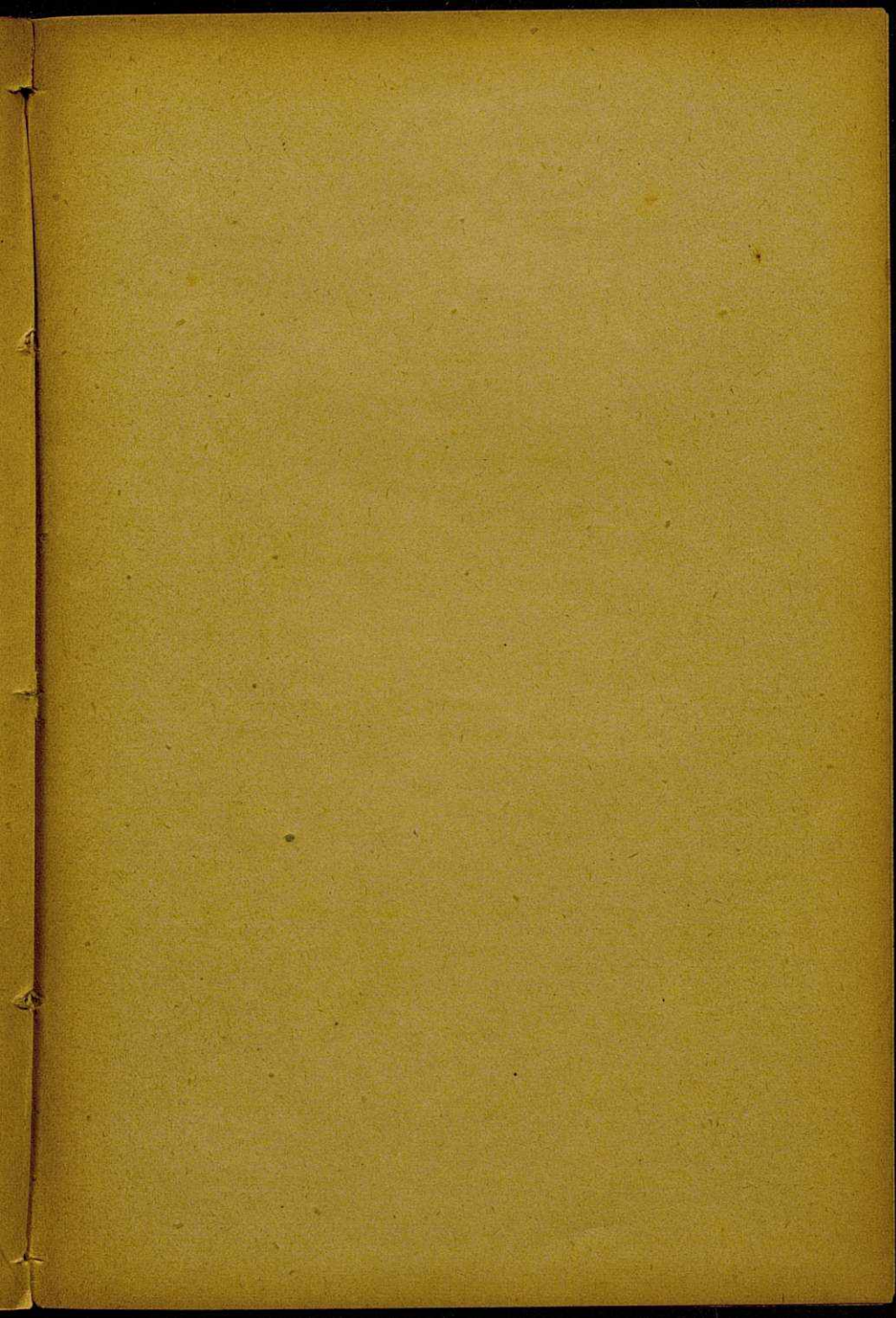
De la dirección artística de la publicación se ha encargado el notable dibujante *Kupka*, conocido ya de los suscriptores de EL HOMBRE Y LA TIERRA.

---

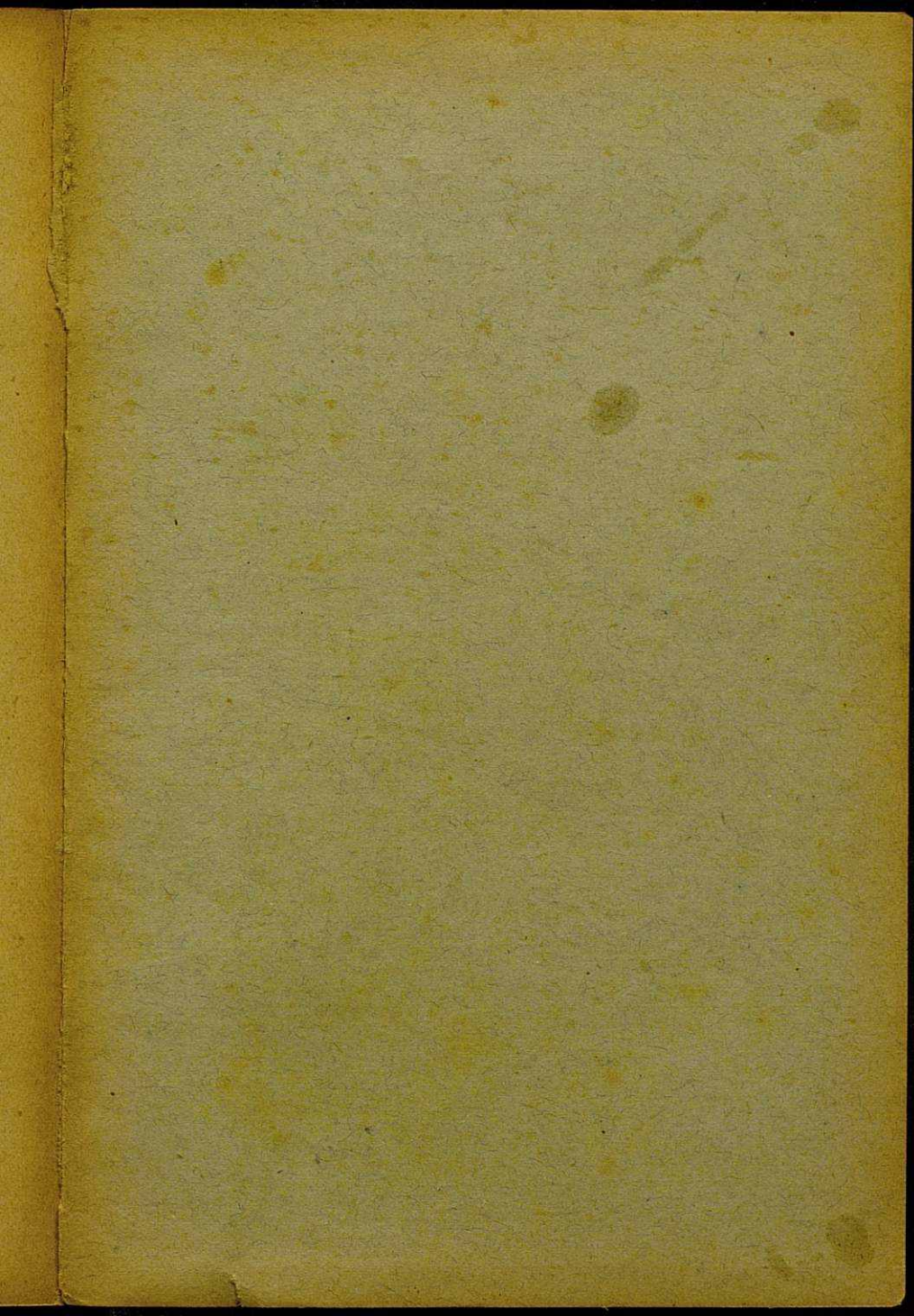
Las obras de Reclus, Letourneau, Engerrand y De Buen, comprendidas en este Catálogo, son declaradas de texto por el Consejo Supremo de la Iglesia independiente de Filipinas para los seminarios y escuelas del Archipiélago.

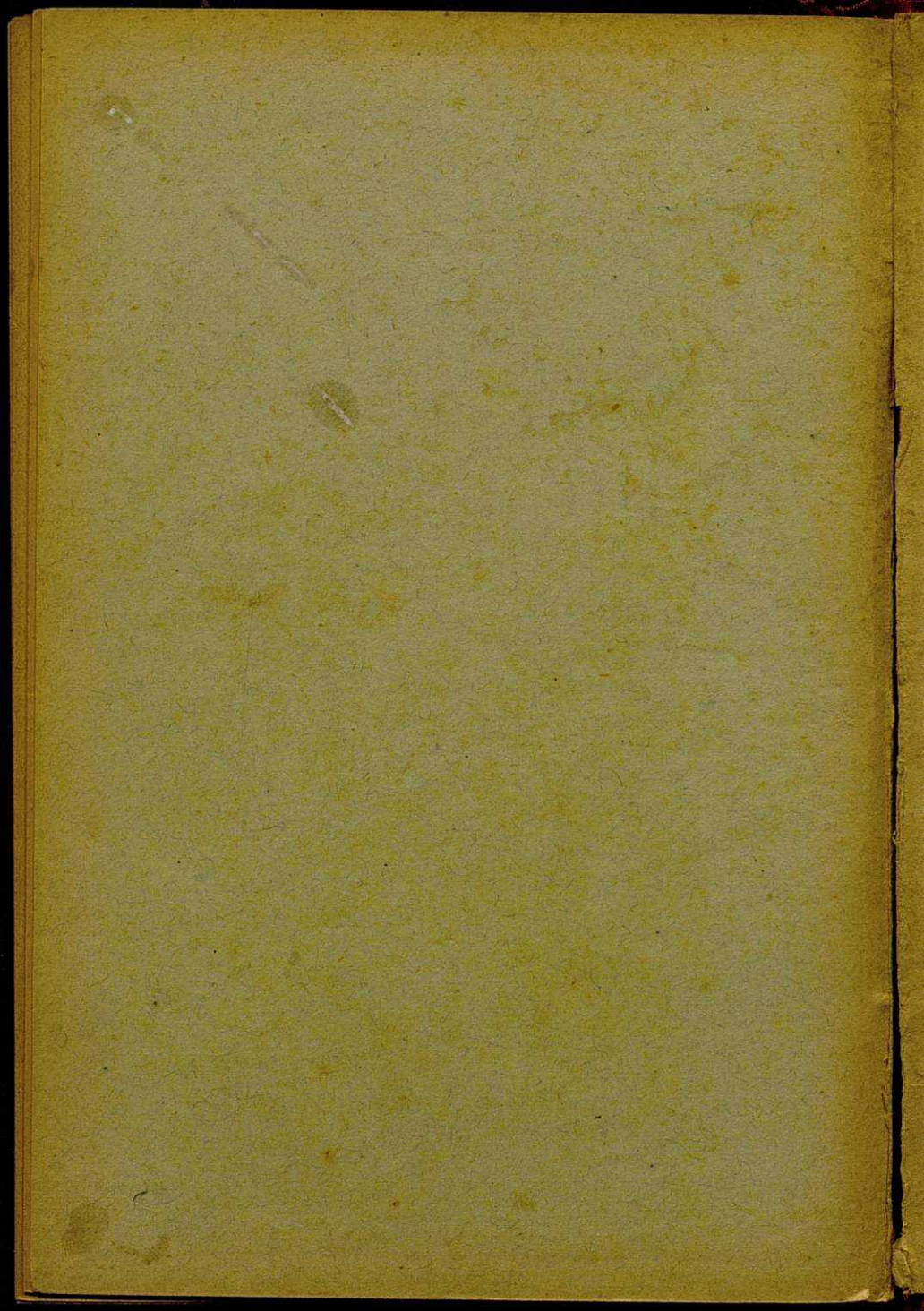
(Véase el BOLETÍN DE LA ESCUELA MODERNA, núm. 61, correspondiente a 31 de mayo de 1909).











# Librería A. Batlle

COMPRA Y VENTA DE LIBROS

Paja, 23 - Tel. 301 58 84 - Barcelona - 2

