

APUNTES DE GEOLOGIA GENERAL
Y DE LA DEL PAIS VASCO

Nociones preliminares

La GEOLOGÍA tiene por objeto el estudio de la estructura del globo terrestre.

Este estudio tiene tres partes; descriptiva, científica e histórica. La primera describe los materiales de que se compone la Tierra, y la situación y modo de colocación de los mismos; la segunda trata de averiguar el origen de esos materiales y los agentes que los transforman; la tercera reconstruye los cambios que ha experimentado la Tierra en el transcurso de los tiempos.

La Geología descriptiva recibe el nombre de *Fisio-
grafía*, cuando trata de la forma y condiciones físicas de la Tierra; de *Geognosia*, cuando estudia las masas minerales que constituyen el globo terrestre, y de *Geotectónica* cuando describe la colocación o posiciones respectivas de tales masas.

FISIOGRAFÍA

Forma y dimensiones de la Tierra.—La Tierra es un esferoide o globo aplanado por los polos, cuyo radio ecuatorial mide, según Bessel, 6.377.397 m., y el polar 6.356.079. El achatamiento polar alcanza, por lo tanto, 21.318 m.

Densidad de la Tierra.—Dos clases de procedimientos—astronómicos y físicos—se han empleado en la determinación de la densidad de nuestro globo. El procedimiento astronómico se funda en el hecho de que la aceleración comunicada a la Luna por la Tierra es proporcional a la masa de ésta. El otro—el procedimiento físico—consiste en determinar y comparar las atracciones que tanto la Tierra como una gruesa esfera metálica de masa conocida ejercen sobre otra esfera pequeña, con lo cual queda averiguada la masa de nuestro globo y, por lo tanto, también su densidad, puesto que ésta equivale

a $\frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$. Con tales procedimientos se ha llegado a conocer que la densidad media de la Tierra es de 5,52, o lo que es lo mismo, la Tierra pesa 5,52 veces más que una esfera de agua de igual volumen que aquélla.

Partes de la corteza terrestre.—Son tres: la *atmósfera*, o el envolvente gaseoso—mezcla de oxígeno y nitrógeno—cuyo espesor es superior a 30 km.; la *hidrosfera* o masa líquida, que ocupa algo más que $\frac{7}{10}$ partes de la superficie total del globo, y la *litosfera* o masa sólida de la que forman parte los continentes y las islas.

Las masas continentales ocupan con preferencia el hemisferio norte, y ofrecen generalmente la particularidad de que su extremo sur se estrecha terminando en punta. Así, el continente americano termina en cabo de Hornos; el africano en el de Buena Esperanza, y Oceanía en Nueva Zelanda.

El relieve continental y submarino de la litosfera es sumamente irregular, y acusa un desnivel de más de 18.000 m., puesto que la mayor elevación—la del Himalaya—alcanza 8.882 m., sobre el nivel del mar, y la mayor profundidad marina 9.788. Este desnivel, sin embargo, es insignificante si se le compara con la longitud del radio terrestre; de suerte que, como ya lo dijo Landerer, los relieves de la corteza de nuestro planeta con relación al volumen del mismo son como las arrugas de una naranja con relación a la magnitud de ésta.

Las partes más salientes del relieve terrestre se llaman *montañas*, las cuales aparecen frecuentemente como alineadas, formando *cordilleras* o cadenas montañosas.

Las cordilleras no ofrecen, en general, flancos igualmente inclinados, sino que por un lado son abruptas y por el otro presentan pendiente suave y de mayor extensión. A esto se llama *disimetría de las vertientes*. Se ha observado que la pendiente brusca de una costa continúa debajo del mar, alcanzando éste, a poca distancia de la orilla, una gran profundidad. Tal ocurre en el Cantábrico. (Fig. 1).

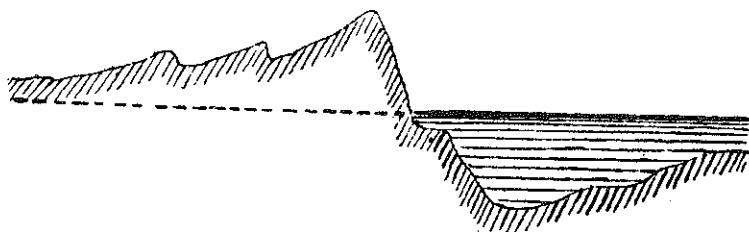


Fig. 1.—Los relieves más acusados de la superficie terrestre, formados por ondulaciones sucesivamente crecientes, ocupan generalmente zonas litorales, formando abruptas pendientes que continúan debajo del mar.

En los mares se distinguen, en sentido vertical, tres regiones biológicas, a saber: *nerítica*, *batial* y *abisal*.

La región *nerítica* está comprendida entre el nivel del mar y 200 m. de profundidad. En toda ella penetra la luz solar. Su temperatura es variable y sus aguas se hallan constantemente agitadas. En ella viven las algas, los corales, los gastrópodos herbívoros y muchos peces.

La totalidad de su fauna es diversa, según la diversidad de los climas.

La región *batial* está comprendida entre 200 y 1.000 m. En ella hay poca luz, y la temperatura es constante. Apenas hay plantas y, por lo tanto, son escasos los animales herbívoros. Pero existen peces y crustáceos que se alimentan de sustancias orgánicas en descomposición.

La región *abisal* se extiende de 1.000 m. para abajo. Se caracteriza por ausencia de luz y temperatura baja, próxima a 0°. Está habitada por animales que se alimentan del plantón, es decir por organismos acuáticos arrastrados por las corrientes. Muchos de ellos son ciegos y otros tienen ojos muy desarrollados, con los que pueden ver animales fosforescentes que abundan en aquella región de tinieblas perpetuas.

GEOGNOSIA

MATERIALES DE LA CORTEZA TERRESTRE

Los cortes del terreno practicados en las canteras, en las vías férreas y en las minas y los acantilados de las costas nos muestran una parte, aunque pequeña, de la corteza terrestre.

En tales cortes nos será fácil observar diversos materiales que reciben el nombre de *rocas*.

Las rocas son grandes masas de un mineral o mezclas de minerales distintos. Y en este sentido es roca una peña caliza, como lo son también las arenas de las playas, las graveras de los ríos y las tierras de las huertas.

No todas las rocas ofrecen el mismo aspecto ni la misma estructura, ni el mismo modo de distribución. Las

hay que se presentan en capas o estratos yuxtapuestos, de espesor variable y más o menos paralelos entre sí. Son *rocas estratificadas*.

Otras aparecen sin estratificación alguna, en forma de masas más o menos redondeadas que se prolongan hacia el interior de la corteza terrestre, de suerte que rara vez nos es posible conocer el género de rocas sobre las cuales descansan. Reciben el nombre de *rocas macizas*, o también el de *rocas cristalinas*, porque la mayor parte de sus elementos se hallan cristalizados.

Hay, finalmente, otro grupo de rocas que tienen a la vez caracteres de rocas estratificadas y de macizas o cristalinas, puesto que se componen de elementos cristalinicos como éstas, y están colocadas en capas superpuestas y paralelas como aquéllas. Son conocidas con los nombres de *rocas cristalofílicas*, *esquistos cristalinos*, *pizarras cristalinas*, etc.

MINERALES

Los minerales que más entran en la composición de las rocas son el *cuarzo* y los *silicatos*.

Cuarzo

Sílice o anhídrido silícico. Se presenta en cristales

derivados del sistema romboédrico, ofreciendo frecuentemente la forma de prisma exágonal terminado por pirámides. Se funde a la temperatura de 2.000° . (Fig. 2).

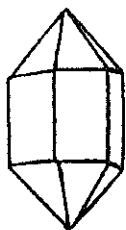


Fig. 2.

Entre sus variedades, que son muchas, citaremos el *cristal de roca*, incoloro y transparente, el *cuarzo ahumado*, la *calcedonia* y el *pedernal*.

Silicatos

En los silicatos el cuarzo se halla asociado a los óxidos del aluminio, potasio, sodio, calcio, hierro y magnesio. Se distinguen, entre otras, las siguientes familias: los *feldespatos*, las *micas*, los *piroxenos*, los *anfíboles* y el *peridoto*.

Feldespatos. — Esta familia comprende varias especies minerales: la *ortosa* o silicato de alúmina y potasa que cristaliza en el sistema monoclinico, se presenta frecuentemente en masas de color blanco, rosado o verdoso y de brillo vítreo; la *albita*, o silicato de alúmina y sodio que ofrece cristales blancos del sistema triclínico; la *oligoclasa*, o silicato sódico-cálcico del sistema triclínico y de aspecto vítreo; la *labradorita*, o silicato de alúmina y cal con algo de sodio, también del sistema triclínico, de aspecto generalmente gris y brillo vítreo; la *anortita* o

silicato de alúmina y cal, el más básico de todos los feldespatos, y que se presenta en cristales triclínicos, generalmente maclados, de brillo vítreo-nacarado.

Micas. — Forma esta familia un grupo de silicatos de alúmina asociados a álcalis. Las hay de aspecto negruzco como la *biolita*, que es ferro-magnésica; o alúmino-potásicos, de color más o menos blanquizco, como la *moscovita*. Cristalizan en el sistema monoclinico y se presentan en masas de estructura escamosa u hojosa.

Piroxenos. — Son silicatos de cal, magnesia e hierro, (dominando el calcio sobre el magnesio), entre cuyas especies se hallan: la *augita* que es un silicato de alúmina, cal, magnesia y hierro, de color negruzco o verdoso y rotura escamosa; la *dialaga* y la *diópsida*, que son silicatos cálcicos, ferro-magnésicos, siendo de estructura laminar y brillo nacarado la primera, y de color verde, o incoloro, y fractura concoidea la segunda. A los piroxenos caracteriza principalmente el hecho de que en ellos la cal entra en proporción por lo menos igual y generalmente superior a la de la magnesia.

Anfíboles. — Son silicatos de magnesio, calcio y hierro. Se caracterizan por la preponderancia de la magnesia sobre el calcio; aquélla entra, cuando menos, en cantidad igual a la de éste. Por lo demás, su composición es análoga a la de los piroxenos. Cristalizan en el sistema monoclinico.

Las especies más importantes son: la *actinota*, de color verde oscuro con mucha magnesia y poco de alúmina; y la *hornblenda* de color negro en masa, y verde pardo en cristales, con buena dosis de alúmina y algo de sodio y potasio.

Peridotos. — Son silicatos magnético-ferrosos del sistema ortorómbico, entre los cuales se halla el *olivino*, llamado así por sus colores de verde aceituna.

ROCAS MACIZAS

Atendiendo a su estructura, distinguimos tres géneros de rocas macizas: *granitoideas* u *holocristalinas*, *porfídicas* o *semicristalinas* y *vítreas*. Las rocas *granitoideas* son aquellas en que la cristalización es completa, siendo casi del mismo tamaño los granos cristalinos de que se componen. Tal ocurre en el granito. Las rocas *porfídicas*, son aquellas en que los granos cristalinos son *desiguales*, formando los más pequeños una pasta granudo-cristalina cuyos elementos sólo son visibles al microscopio. Ejemplos de estas rocas son la *traquita* y el *basalto*. Las rocas *vítreas* son aquellas cuya materia aparece completamente homogénea y amorfa sin ninguna formación cristalina, como la *obsidiana*.

Las rocas macizas reciben también nombre de rocas *eruptivas*, por razón de su origen.

Por su composición, las rocas macizas o eruptivas se pueden agrupar en tres categorías: rocas *ácidas*, *básicas*, y *neutras*, según que la sílice entre en ellas, como elemento, en proporción superior a 66 por ciento, o inferior a 55 por ciento, u oscile entre 55 y 66.

Rocas ácidas

Granito.—Es roca dura, compuesta de cuarzo, feldespato y mica. El cuarzo, está formando la trama a través de toda la roca. El feldespato suele ser generalmente la ortosa, y la mica es casi siempre ferromagnésica o biotita.

Granulita.—Es de composición análoga a la del granito; pero el cuarzo está en ella formando granos aislados y la mica es blanca o alúmino-potásica (moscovita).

Pegmatita.—Es también granito de mica blanca que se distingue de la *granulita*, por sus cristales más grandes, por tener la mica concentrada en pilas exagonales y por la presencia de otros minerales, como la turmalina que es un borosilicato fluorífero.

Pórfito cuarcífero.—Es roca granítica, de estructura semicristalina, en cuya pasta, que forma un fondo rojo, oscuro o verdoso, se distinguen netamente cristales de feldespato y granos de cuarzo.

Obsidiana.—Llamada también *vidrio de los volca-*

nes, es roca de la familia de los granitos, de estructura vítrea, en cuya masa se ven abundantes microlitos y cristales alineados en series paralelas.

La *pedra pómez*, esponjosa y sumamente ligera, es una variedad de la obsidiana.

Rocas neutras

Sienita. — Esta roca, de estructura granitoide de color verde oscuro, se compone de cuarzo (60 %), ortosa y de hornblenda o mica negra.

Traquita. — Está compuesta de granos microscópicos de ortosa mezclados con hojuelas de mica, anfíbol, piroxeno e hierro. Es roca volcánica de estructura porfídica, áspera al tacto.

Diorita. — Roca de estructura granitoide que se compone de oligoclasa o labrador, hornblenda y augita o biotita: es de color gris o verdoso.

Rocas básicas

Gabro. — Es roca compacta, de color verdoso y estructura granitoide. En su composición entran, además de la sílice (52 %), el feldespato labrador o anortita, la dialaga y a veces la biotita.

Diabasa. — Es una roca verdosa constituida por cris-

tales de cuarzo cementados por la augita y por diversos feldespatos.

Ofita. — Es una roca de estructura semiporfídica, en la que se hallan agregados a la sílice la dialaga y los feldespatos oligoclasa o labrador. Su color es verdoso.

Basalto. — Roca de estructura porfídica, compacta, de color negruzco o azulado, en la que se han asociado al cuarzo el peridoto, la augita y la magnetita o hierro oxidulado. Se presenta en grandes masas formadas por columnas prismáticas exagonales.

Peridotitas. — Son rocas en que al cuarzo (42 %) se asocia como elemento predominante el olivino o peridoto.

Rocas piroclásticas. — Se llaman así las rocas que proceden de la consolidación de materias ígneas arrojadas por los volcanes. Tales son las *cenizas volcánicas*, *tobas apomezadas*, *bombas volcánicas* y *toba basáltica*.

ROCAS ESTRATIFICADAS

Estas rocas se presentan en la Naturaleza formando fajas o capas paralelas llamadas estratos.

Arena. — Es roca compuesta de partículas incoherentes de sílice, de feldespatos y a veces de caliza. Se llaman *gravas* las rocas formadas por granos incoherentes, más o menos redondeados, y cuando éstos son cantos rodados de mayor tamaño, reciben el nombre de *guijarrales*.

Arenisca. — Cuando las arenas adquieren consistencia por algún cemento de sílice, de cal o de otro mineral, constituyen lo que se llama *arenisca* o *asperón*. La arenisca recibe el nombre de *arkosa*, cuando se compone de granos de cuarzo y feldespato ligados por un cemento arcilloso; el de *psamita*, cuando es micácea, y el de *molas*, cuando está compuesta de partículas de caliza.

Conglomerados. — Se llaman así las gravas y guijerales cementados. Si

estos elementos son redondeados, constituyen lo que se llama *pudinga*, y si son angulosos, forman la *brecha*. (Fig. 3).



Fig. 3.—Pudinga de Montserrat. (Colección de grandes bloques del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona).—[Según San Miguel de la Cámara y Ferrando Mas].

Arcilla. — Esta roca se compone de silicatos de alúmina hidratados. Es muy frágil cuando está seca, y con el agua forma una pasta sumamente plástica o moldeable.

Cuando la arcilla es pura, recibe el nombre de *caolín*. La arcilla endurecida por la acción del calor y de infiltraciones silíceas, se llama *pizarra* o *esquist*.

Caliza. — Carbonato de cal, al cual van asociados generalmente otros minerales, como los óxidos de hierro que le tiñen de rojo, o la *glauconia*, que es un silicato hidratado de óxido férrico y de potasa casi siempre aluminoso y que da a la roca un tinte verdoso.

Se llama mármol, la caliza formada por granos o masas laminares cristalizadas. El *travertino* es una caliza concrecionada, depositada por los manantiales ricos en carbonato de cal. Las *estalactitas* y *estalagmitas* son calizas cristalinas formadas en el techo y en el suelo de las cavernas respectivamente (fig. 4).

La *marga* o *cayuela* es caliza asociada a la arcilla, de estructura terrosa. La *creta* es una caliza amorfa, blanca y pulverulenta, a la que se agregan residuos de organismos microscópicos fosilizados. *Lumaquela* es roca dura y compacta formada



Fot. Julio Caro Baroja.

Fig. 4.—Columna estalagmítica de una caverna de Zugafamurdi (Navarra).

por conchas fósiles cementadas por la caliza. *Dolomita*: roca de aspecto granugiento, a veces cristalino, compuesta de doble carbonato de cal y de magnesia. *Yeso*: sulfato de cal, al que se agregan frecuentemente óxidos de hierro que le colorean.

Hierro.—En combinación con el oxígeno forma diversas rocas, entre las cuales se hallan las especies siguientes: *piedra-imán* o hierro oxidado, de propiedades magnéticas; *hierro oligisto* o peróxido de hierro que, cuando está concrecionado, se llama *hematites*, y cuando es terroso por su mezcla con la arcilla, recibe el nombre de *ocre rojo*; *limonita* o hierro hidroxidado, que se presenta con estructura terrosa, compacta, fibrosa, granuda, es de polvo amarillo, siendo sus variedades el hierro en geodas o masas aisladas y el hierro en granos terrosos por su mezcla con la arcilla.

Carbones minerales.—Son rocas en cuya composición entra principalmente el carbono. Las principales son: la *antracita*, de color negro brillante y estructura compacta, contiene 90 % de carbono; la *hulla*, también compacta y lustrosa, generalmente rica en materias bituminosas, contiene de 78 a 82 % de carbono; el *lignito*, más pobre en carbono (de 55 a 75 %), se presenta en masas negras o pardas en las que se distingue frecuentemente su estructura leñosa; la *turba*, roca de estructura esponjosa, formada por vegetales, cuyas fibras, incompletamente descompuestas, se distinguen todavía.

ROCAS METAMÓRFICAS

Estas rocas se componen, como el granito, de cuarzo, feldespato y mica, presentando aspecto más o menos estratificado. Tales son, por ejemplo, la micacita y la cuarcita.

Micacita: roca compuesta de cuarzo y mica negra, rica en ferromagnésica, a los que se asocian el hierro oligisto, el grafito, el granate, y la turmalina. La micacita es de estructura apizarrada y hojosa. La *cuarcita* es roca formada por arenas de cuarzo.

GEOTECTÓNICA

La *Geotectónica* es la parte de la *Geología* que estudia el modo o disposición en que se hallan colocadas las rocas que forman la corteza terrestre.

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS MACIZAS

Las rocas macizas se presentan a veces formando grandes masas que se ensanchan a medida que se profundiza en la corteza terrestre. En este caso reciben el nombre de *batolitos*. (Fig. 5).

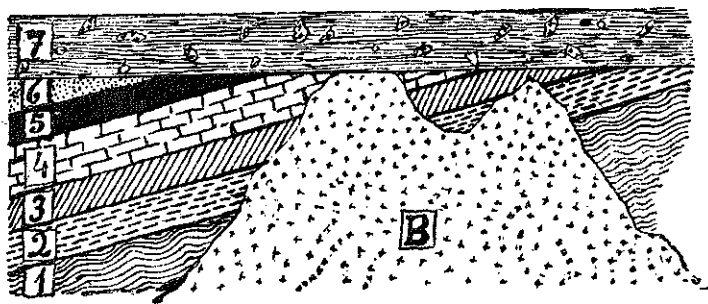


Fig. 5.—B, batolito. Es más moderno que las capas 1, 2, 3 y 4 que atraviesa. Probablemente es también más moderno que las capas 5 y 6. Mas la capa 7 es más reciente que el batolito, porque contiene restos de éste y porque descansa directamente sobre el mismo.

La roca maciza se llama *lacolito*, cuando ocupa cavidades o huecos de otras rocas, a modo de grandes bolsas (fig. 6); *dique*, cuando aparece rellenando anchas

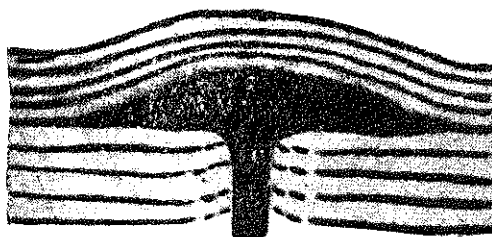


Fig. 6.—Lacolito.

fisuras o grietas del terreno, y *filón* cuando tales grietas son pequeñas. Otras veces las rocas macizas se hallan cubriendo superficies más o menos extensas de otras rocas: tales son los *mantos* o corrientes de lava.

GEOTECTÓNICA DE LAS ROCAS ESTRATIFICADAS

En las laderas peñascosas de los montes, en los acantilados de las costas, en los cortes del terreno practicados en carreteras, vías férreas, canteras, minas, etc., se pre-

sentan frecuentemente las rocas formando capas o lechos superpuestos, de espesor variable, llamados *estratos*. (Fig. 7.)

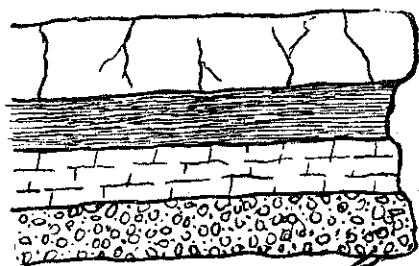


Fig. 7.—Estratificación normal.

Potencia de un estrato es el grosor del mismo.

Los estratos pueden hallarse *horizontales*, *verticales*, o *inclinados*. En este último caso hay que anotar la *inclinación* o ángulo que forman con el horizonte; el *buzamiento*

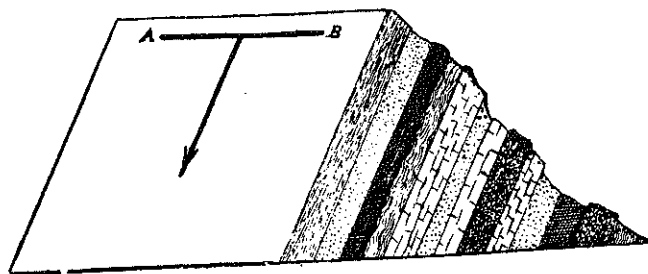


Fig. 8.—La línea horizontal A-B indica la dirección de los estratos; la flecha, el buzamiento de los mismos.

miento o lado hacia donde descienden formando vertiente, y la *dirección* o prolongamiento horizontal, perpendicular al *buzamiento*. (Fig. 8).

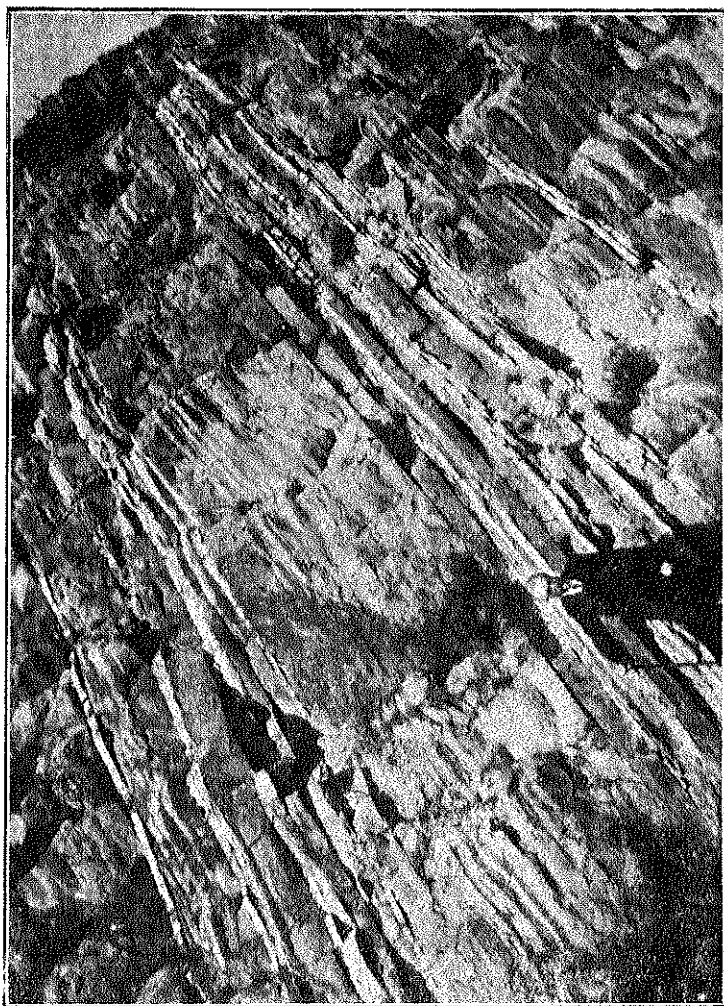


Fig. 9.—Estratos de la ladera W. del monte Urgul (S. Sebastián).—Fot. J. M. de Barandiarán.

Cuando los estratos son paralelos, se dice que son *concordantes*; y *discordantes*, cuando se hallan inclinados unos con respecto a otros o formando ángulo. (Figs. 9 y 10).

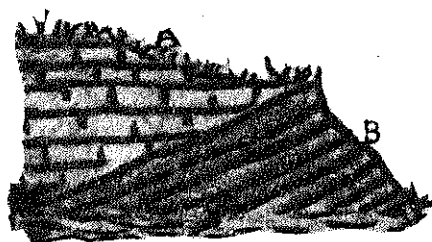


Fig. 10.—Estratificación discordante. Los estratos A se hallan en discordancia con los B.

Con frecuencia los estratos aparecen más o menos ondulados y aun plegados. En este caso la parte

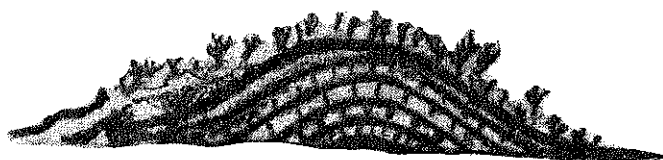


Fig. 12.—Un anticlinal en el acantilado de Deba.

convexa o superior del pliegue se denomina *anticlinal*, y

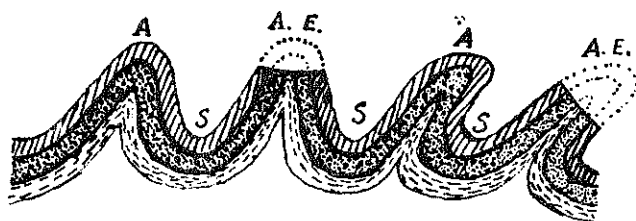


Fig. 13.—Pliegues: A, anticlinal; S, sinclinal; A.E., anticlinal erosionado.

la parte cóncava o inferior *sinclinal*. (Figs. 11, 12 y 13).



Fig. 11.—Sinclinal y falla en el acantilado de Deba, sobre la carretera que va de este pueblo a Itziar.—Fot. J. M. de Barandiarán.

Falla, es toda abertura o rotura de estratos con des-

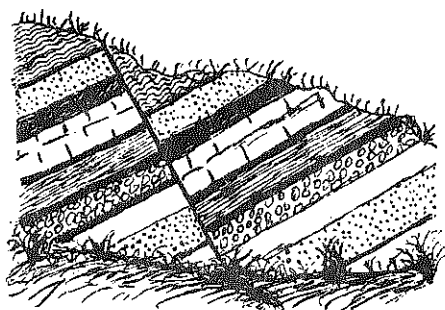


Fig. 14.—Falla.

plazamiento, de arriba abajo, de una de las partes que resultan. (Fig. 14).

GEODINAMICA

La *Geodinámica* es la parte de la *Geología* que estudia los agentes que contribuyen a modificar el relieve terrestre.

La simple inspección de las rocas y de su disposición en la parte del globo que nos es accesible, sugiere interesantes problemas acerca del origen de tales materiales y de las vicisitudes que ha experimentado la corteza terrestre desde los albores de su formación.

Mas para llegar a soluciones aceptables en estos problemas hay que partir del estudio de los fenómenos actuales, pudiendo decirse que la *Geología* interpreta y reconstruye lo pasado a la luz de lo presente.

GEODINÁMICA INTERNA

Esta parte de la *Geología* estudia la actividad interna del Globo, la cual se hace patente principalmente en la energía calorífica del interior de la Tierra, en los fenómenos volcánicos y en los movimientos de la litosfera.

Grado geotérmico

Las variaciones de la temperatura exterior se hacen sentir en la corteza terrestre sólo en la capa superficial, de espesor variable, que en nuestras latitudes apenas pasa de 20 metros.

A esta profundidad la temperatura se mantiene constante. Pero de ahí para abajo aumenta progresivamente con la profundidad, habiéndose observado que por cada 33 m. que se descienda, la temperatura sube un grado centígrado (1).

Esta distancia vertical de 33 m. que hay que descender para cada grado de aumento, recibe el nombre de grado geotérmico.

Si es constante el grado geotérmico, a los 66 km. de profundidad habrá una temperatura capaz de fundir las sustancias más refractarias.

Volcanismo

Se llama así el conjunto de fenómenos que consisten en la emisión o expulsión de materiales procedentes del interior de la Tierra.

Volcán es una abertura por donde se efectúa la emi-

(1) Las observaciones realizadas en el conducto abierto para el proyectado pozo artesiano de Vitoria y que alcanzó 1.031 m. de profundidad, dieron 35,66 m. para el grado geotérmico.

sión de diversas materias ígneas procedentes del interior del Globo. Cuando el volcán se halla en actividad, es decir, arrojando materiales incandescentes, se dice que está en *erupción*. (Fig. 15).

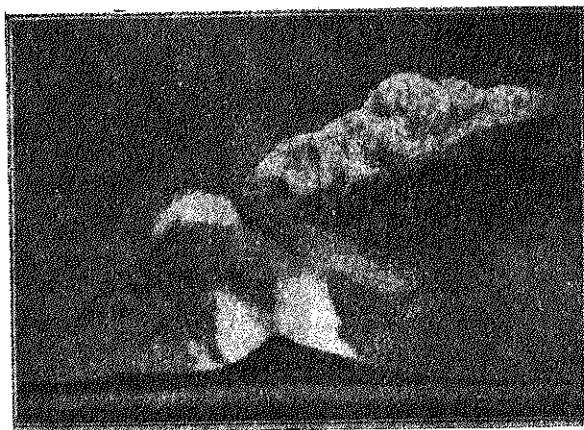


Fig. 15.—Erupción del Vesubio en Abril de 1872.

En todo volcán se distinguen *el foco*, o región profunda de donde parten las materias ígneas; la *chimenea* o conducto por donde salen tales materias; el *cráter* o abertura exterior en forma de embudo, y las lavas y cenizas arrojadas por el volcán y que están constituyendo el monte volcánico de forma de cono. (Fig. 16).

En tres grupos se pueden distribuir los materiales que lanza un volcán, a saber: *sólidos*, *líquidos* y *gaseosos*.

Entre los materiales sólidos se hallan las rocas que,

arrancadas de la pared de la chimenea, son arrojadas al exterior, así como numerosas porciones de lava solidificadas en el aire.

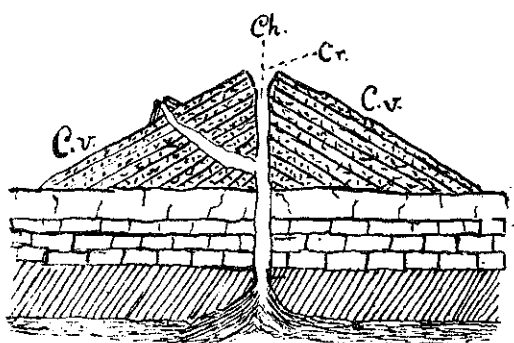


Fig. 16.—Corte vertical esquemático de un volcán. Cr, cráter; Ch, chimenea; C. v., cono o monte volcánico. En la parte inferior se halla representada la materia amorfa o magma volcánico que pertenece a la *pirosfera*, es decir, a la zona incandescente que muchos geólogos creen que se halla debajo de la litosfera.

Estas últimas adoptan, con frecuencia, formas redondeadas, fusiformes, llamadas *bombas volcánicas* (fig. 17), y otras veces se presentan en forma de ceniza debida a explosiones que pulverizan la lava.

La lava o piedra fundida constituye

el producto líquido, el cual sube por la chimenea y, desbordándose por el cráter, corre como torrente de fuego por las vertientes exteriores. Su temperatura alcanza a veces más de 2.000 grados. Al solidificarse al contacto con el ambiente exterior, las lavas forman lo que se llama *manto o corriente volcánica*.

Los materiales gaseosos suelen ser el vapor de agua, anhídrido y óxido carbónico, nitrógeno, metano, gas sulfuroso, etc., los cuales forman densas humaredas llamadas *nubes ardientes*. El volcán de Monte Pelado (Mar-

tinica) lanzó las nubes ardientes que destruyeron la ciudad de San Pedro en el año 1902.

Fumarolas.—Después de un período de erupción, el volcán continúa emitiendo gases y vapores, los cuales reciben el nombre de *fumarolas*. Estas emisiones se llaman *solfataras*, cuando son calientes y llevan vapor de agua con sales amoniacas y ácido sulfhídrico; y *mo-fetas*, cuando son frías y llevan anhídrido carbónico y carburo de hidrógeno.

Geiseres.—Los geiseres son manantiales de agua caliente mezclada con vapores acuosos y gases sulfurosos que brotan con fuerza en algunas regiones volcánicas. Los geiseres más notables son los de Islandia, entre los cuales hay uno que lanza el agua a 50 ms. de altura.

Fuentes termales.—Las aguas pluviales que penetran en zonas profundas de la corteza terrestre, adquieren una temperatura elevada, y dan origen a las *fuentes termales*.

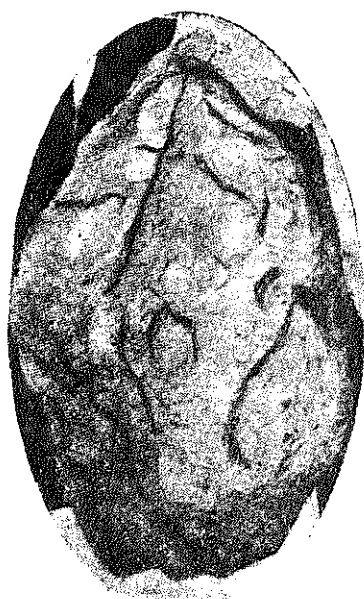


Fig. 17.—Bomba volcánica de San Feliú de Pallarols (Gerona).
(Colección del Museo Martorell, Barcelona). [Según San Miguel de la Cámara y Ferrando.]

Constituyen, pues, una de las manifestaciones del calor interno de nuestro globo. Las fuentes termales se hallan repartidas por todo el mundo.

Teorías del volcanismo.—Se ha hecho notar por muchos geólogos que la distribución de los volcanes por la Tierra, corresponde a las regiones más débiles y de mayor movilidad de la corteza terrestre. En este hecho se basa la teoría según la cual el volcanismo es debido a hundimientos de materiales de la costra en la piroesfera, cuya masa, comprimida, se ve precisada a salir por las fracturas del terreno. Según otros, el volcanismo se debe al descenso de los geosinclinales. Estos, al llegar a regiones profundas de la tierra, se funden, transformándose en lavas, gases y vapores, y dando lugar a erupciones volcánicas.

El volcanismo actual y las rocas antiguas.—Teniendo en cuenta las clases de rocas a que dan origen tanto los fenómenos volcánicos actuales como los experimentos de reproducción sintética que se realizan en los laboratorios, se ha llegado a la conclusión de que las rocas macizas, que forman parte de la corteza terrestre, son de carácter eruptivo, cristalizadas en diversas condiciones. Las rocas macizas de estructura granuda, representadas principalmente por el granito, corresponden a una cristalización profunda realizada a presión; las de estructuras microgranuda (el microgranito o pórfido cuarcífero) y

ofítica, a cristalizaciones intrusivas o filonianas; las de estructura microlítica y vítrea (el basalto y las lavas) a cristalizaciones efusivas, es decir, a condensaciones realizadas en la superficie.

Movimientos de la litosfera

Otra de las manifestaciones de la energía interna de la tierra son los movimientos de la corteza terrestre.

Estos pueden ser bruscos—fenómenos sísmicos o terremotos—, o lentos.

Terremotos.—Con este nombre—o con el de *sismos*—se designan las sacudidas bruscas del suelo. Durante el terremoto cada partícula del suelo se halla animada de un movimiento periódico o vibratorio. Este movimiento, considerado en una extensa zona, es ondulatorio, es decir, se propaga en forma de ondas (*ondas sísmicas*).

La parte interior de la corteza terrestre, de donde parte el movimiento, se llama *hipocentro*; y la zona o región de la superficie que cae encima del hipocentro, es el *epicentro*.

En el hipocentro se originan dos clases de ondas—*longitudinales y transversales*—, las cuales, al llegar a la superficie, dan lugar a las *ondas superficiales*, análo-

gas a las olas del mar. Las ondas longitudinales se propagan, por término medio, con una velocidad de 12 km. por segundo; las transversales con 6 y $\frac{1}{2}$, y las superficiales con 3 y $\frac{1}{2}$. La velocidad de las ondas longitudinales y transversales se acrecienta cuando atraviesan zonas profundas. Así, las longitudinales, que llevan alrededor de 3 y $\frac{1}{2}$ kms. por segundo en la superficie, a los 320 kms. de profundidad alcanzan la velocidad de 11 kms. que se mantiene casi constante hasta los 1.500 kms. Después aumenta lentamente hasta los 4.000 kms. En la zona comprendida entre los 4.000 kms. y el centro de la tierra, la velocidad de las ondas longitudinales suele ser de 15 y $\frac{1}{2}$ kms. por segundo. Las ondas transversales llevan en todos los casos la mitad de la velocidad de las longitudinales.

El hecho de que las diversas ondas sísmicas se propaguen con diferentes velocidades y que, sobre todo, las longitudinales alcancen una rapidez muy superior a la velocidad de propagación del movimiento en las rocas más elásticas conocidas, se explica teniendo presente que tales ondas atraviesan diferentes zonas del globo, las cuales deben hallarse constituidas por masas tanto más densas y elásticas, cuanto más profundas, siendo las inferiores de una rigidez superior a la de las rocas de la litosfera.

Así se comprende que las ondas longitudinales que

viajan por el interior de la tierra, alcancen una velocidad extraordinaria.

Las ondas longitudinales y las transversales se producen al mismo tiempo. Pero las segundas, cuya velocidad es siempre inferior, llegan a diversas partes del mundo retrasadas respecto de las primeras. Y este retraso es tanto mayor, cuanto más distante se halle el hipocentro. Este hecho sirve de base para calcular la distancia a que se halla el foco sísmico. Estas mismas diferencias de tiempo con que llegan las diversas ondas, han servido también para conocer la profundidad del *hipocentro*, la cual suele ser de 10 y hasta de 20 kms.

Las sacudidas del suelo pueden ser registradas por los *sismógrafos*, que son unos aparatos fundados en la inercia de una masa dispuesta en forma pendular.

Una masa pesada suspendida, a modo, de péndulo del techo de una habitación, por medio de un hilo, puede darnos idea de lo que es un *sismógrafo*. Si la habitación tiembla o se mueve con oscilación rápida, la masa colgante, por su gran inercia, no se mueve. Si el péndulo va provisto de un estilete que roce ligeramente con un papel colocado en el suelo, al oscilar éste, el estilete dibujará trazos en el papel. Tales dibujos reciben el nombre de *sismogramas*.

Hoy se emplean mucho los péndulos horizontales (fig. 18), en los cuales la masa pendular se mantiene

más estacionaria, es decir, las sacudidas sísmicas no la afectan. Lo cual tiene la ventaja de que no aparezcan registrados los movimientos propios del péndulo juntamente con los sísmicos.

Causas de los terremotos.—Las sacudidas de área hipocentral extensa se deben a roturas y desplazamientos de enormes masas de la *litosfera*.

Las de área hipocentral muy limitada suelen ser producidas por erupciones volcánicas. Por eso las sacudidas

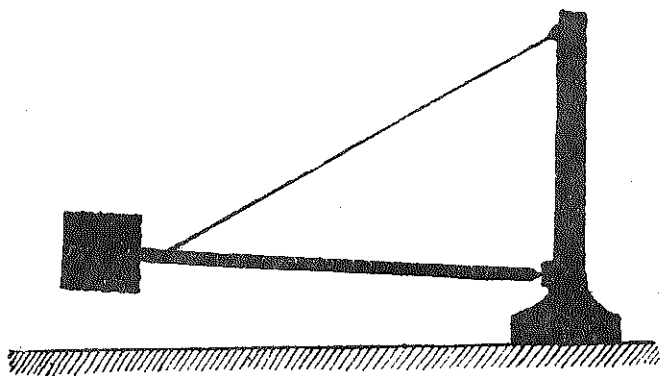


Fig. 18.—Péndulo horizontal de gran masa.

de esta última clase reciben el nombre de *terremotos volcánicos*, y las primeras el de *terremotos tectónicos*.

La movilidad sísmica del país vasco es poco apreciable. Los centros sísmicos más próximos son el de la cuenca del Ebro—que alguna vez ha aparecido localizado en la comarca de Arnedillo—y el de los Pirineos de Huesca.

Movimientos epirogénicos

Se llaman *movimientos epirogénicos*, aquellos movimientos de elevación y descenso que experimentan las masas continentales y cuyos efectos sólo se hacen perceptibles en el transcurso de muchos años o siglos.

Estos movimientos suelen ser más patentes en las costas. Así, existen pruebas de levantamiento en el N. de España (Santoña y Avilés), en la provincia de Málaga y en las costas de Italia. En los Países Bajos se nota, por el contrario, un apreciable hundimiento del suelo, lo mismo que en algunas costas de Francia y España (Cádiz, Salmedina y otras localidades), donde se encuentran a bastante profundidad, dentro del mar, restos de edificios y monumentos antiguos.

En las épocas geológicas han tenido lugar también los movimientos epirogénicos, como lo patentizan las series transgresivas y regresivas que la estratigrafía nos muestra en muchas localidades. (Fig. 19).

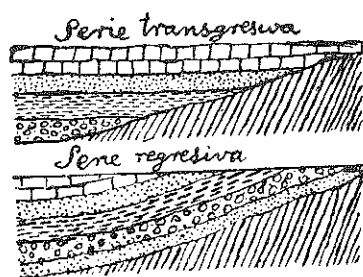


Fig. 19.—Serie transgresiva y regresiva. La primera revela que el agua ha ido invadiendo tierras progresivamente. La segunda, por el contrario, demuestra que el agua ha ido retirándose.

La actividad interna del globo y el relieve terrestre

Los fenómenos que tienen su origen en la actividad interna de nuestro planeta (movimientos epirogénicos, sísmicos, volcanismo), nos dan la explicación de cómo se forman actualmente determinados accidentes y elementos geográficos y de cómo han venido formándose y moldeándose, desde los más remotos tiempos geológicos, el relieve y la arquitectura de la corteza terrestre.

A los agentes internos se deben, en efecto, los plegamientos y las fallas que tanto abundan en las formaciones geológicas y de los cuales hicimos mención en la Geotectónica. En cuanto a la explicación de cuáles sean, en concreto, los agentes internos que dan origen a los fenómenos geotectónicos y orogénicos, existen divergencias de opinión entre los geólogos.

Según *la teoría de la contracción*, las desigualdades que presenta la superficie terrestre son arrugas producidas en la litosfera al adaptarse ésta al núcleo de la Tierra, que se va contrayendo a consecuencia de su progresivo enfriamiento.

Según la *teoría de la isostasia*, si la tierra fuese homogénea, adoptaría la forma de un elipsoide de revolución; pero no siendo homogénea, por constar de partes densas y partes ligeras, debe tener irregular forma, de suerte que las regiones de materiales más ligeros se hallen más prominentes que las zonas donde abunden terrenos más pesados: sólo así puede mantenerse el equilibrio. Mas los agentes externos, como son los vientos, las aguas, etc., actúan constantemente sobre la superficie terrestre, tendiendo a nivelar las desigualdades. De donde resulta que los continentes van perdiendo parte de sus materiales, mientras que las depresiones oceánicas se colman, produciéndose así el desequilibrio. A restablecer el equilibrio vienen los movimientos orogénicos, que dan lugar a la formación de nuevos plegamientos — cordilleras y fosas marítimas.

La *teoría de las translaciones continentales*, ideada por Wegener, supone que los continentes están flotando en un magma más denso. Al desplazarse un bloque continental, su frente se comprime y se pliega contra el fondo del magma donde flota. Así se han originado las cordilleras. Se considera como una confirmación de los movimientos de la corteza terrestre el hecho de corresponderse los entrantes y salientes de la costa occidental africana con los entrantes y salientes del litoral sudamericano.

Constitución de la tierra

El hecho de que la densidad de la corteza terrestre sea próximamente 2,8, siendo así que la densidad total del globo es 5'5, obliga a suponer que la densidad ha de

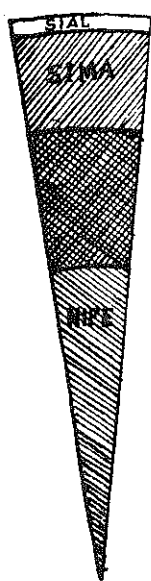


Fig. 20.-Esquema de la constitución del globo terrestre.

aumentar con la profundidad. La diferente propagación de las ondas sísmicas a distintas profundidades nos conduce también a la misma conclusión. Por esta razón dividen algunos geólogos toda la esfera terrestre en las siguientes zonas: un núcleo central de ferromiquel llamado por esto *Nife*, cuyo radio es de 3.400 a 3.500 kms.; una capa de 1.700 kms. de grosor formada por una brecha de *Nife* y de materiales propios de la zona superior inmediata; *Sima* o envolvente de material viscoso constituido por silicatos ferromagnésicos, de 1.000 kms. de espesor; *Sial* que es una capa incompleta, de unos 100 kms. de espesor, compuesta de silicatos de alúmina, cal, hierro, etc..., y es la que forma las masas continentales; una capa incompleta acuosa que forma los océanos, y finalmente la atmósfera, de espesor desconocido. (Fig. 20).

GEODINÁMICA EXTERNA

Esta parte de la Geología estudia los agentes externos que actúan sobre la superficie terrestre, tendiendo a nivelarla, borrando los salientes y llenando los huecos.

Los agentes externos que ejercen su acción inmediatamente sobre la superficie de la Tierra son: *el agua, el aire y los organismos vivientes.*

Agentes acuosos

La acción del agua sobre los relieves de la corteza terrestre puede ser química o mecánica según que actúe disolviendo las rocas e hidratándolas, o disgregándolas y destruyéndolas mediante sus propiedades físicas y por su acción en forma de corrientes, oleajes, etc... Este fenómeno de destrucción y desmenuzamiento de las rocas recibe el nombre de *erosión*, y el acarreo de los materiales que de ahí resultan, operado por las corrientes, se denomina *denudación*.

El agua, como agente geológico, debe ser considerada principalmente en sus estados sólido y líquido.

Nieve y glaciar. — La nieve que cae en invierno en las pendientes de montañas elevadas, resbala con frecuencia y desciende rápidamente en forma de enormes masas llamadas *aludes*, arrastrando peñascos, destruyendo aldeas

y arrasando bosques y cuanto encuentra a su paso. La nieve se acumula en gran cantidad en los valles y depresiones del terreno de las regiones polares y de las zonas altas de las grandes cordilleras. (Fig. 21). A consecuencia de la presión, nacida de su propio peso y de haberse congelado en su masa el agua procedente de la fusión de las capas superficiales, la nieve se transforma en tales sitios en una costra de hielo compacto y azulado que se llama *glaciar*. (Figs. 22 y 23). Este se halla animado de un movimiento lento (uno o dos centímetros

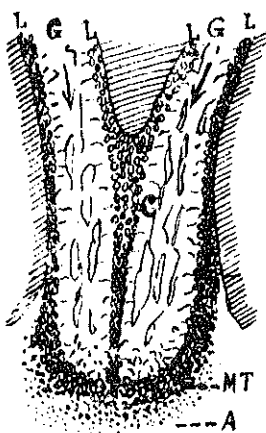


Fig. 24. — Confluencia de dos glaciares y lengua glaciar. G, glaciar; L, morrena lateral; C, morrena central; MT, morrena terminal; A, arenas y lodo glaciar.

por hora) y según avanza por la pendiente del valle, va englobando y transportando arenas, gravas y peñascos que arranca del fondo y de las paredes de su cauce. En las orillas va dejando parte de estos materiales, cuyas acumulaciones reciben el nombre de *canchales* o *morrenas laterales*.

Cuando desciende a una zona, cuya temperatura sea suficientemente elevada para fundir la masa helada, el glaciar desaparece, dando origen a un río. (Figs. 24 y 25).

En el lugar del deshielo se acumula gran cantidad de cantos y lodo que constituyen lo que se llama *morrena terminal* o *fron-*

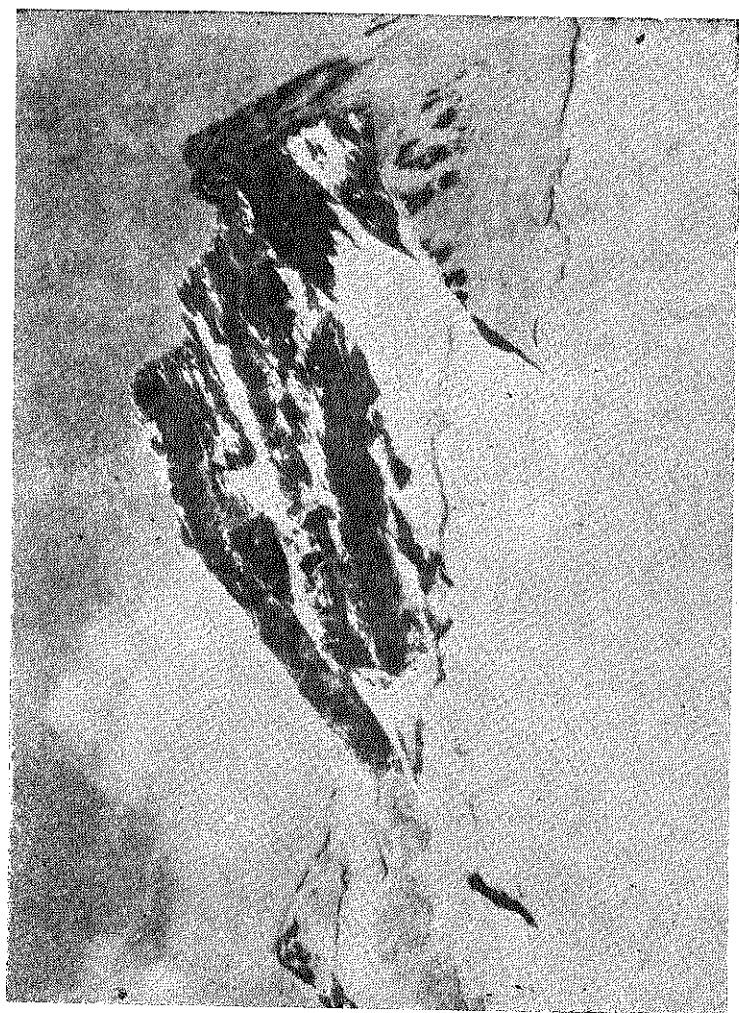


Fig. 21.—La cumbre de *Jungfrau* (4.166 m. de altitud) en los Alpes suizos. Vista tomada desde el collado *Jungfrau-joch* (3.560 m). La nieve que cae abundante sobre los flancos de esta Peña durante todas las épocas del año, se desliza rápidamente por sus vertientes, descendiendo a los barrancos y dando origen a varios glaciares.—*Fot. J. M. de Barandiarán*.



Fig. 22.—Glaciar de Eismeer (Alpes suizos). Mar de hielo agrietado. A causa del movimiento de descenso de los hielos hacia niveles inferiores, se producen en la superficie del glaciar numerosas grietas que le cuarteán. Esto da lugar frecuentemente a la formación de enormes bloques exaédricos llamados *seracs*.—*Fot. J. M. de Barandiarán.*

censo de los hielos hacia niveles inferiores, se producen en la superficie del glaciar numerosas grietas que le cuarteán. Esto da lugar frecuentemente a la formación de enormes bloques exaédricos llamados seracs.—Fot. J. M. de Barandiarán.



Fig. 23.—Eigergletscher (Alpes suizas). Glaciar de Jungfrau (+).—Fot. J. M. de Barandiarán.

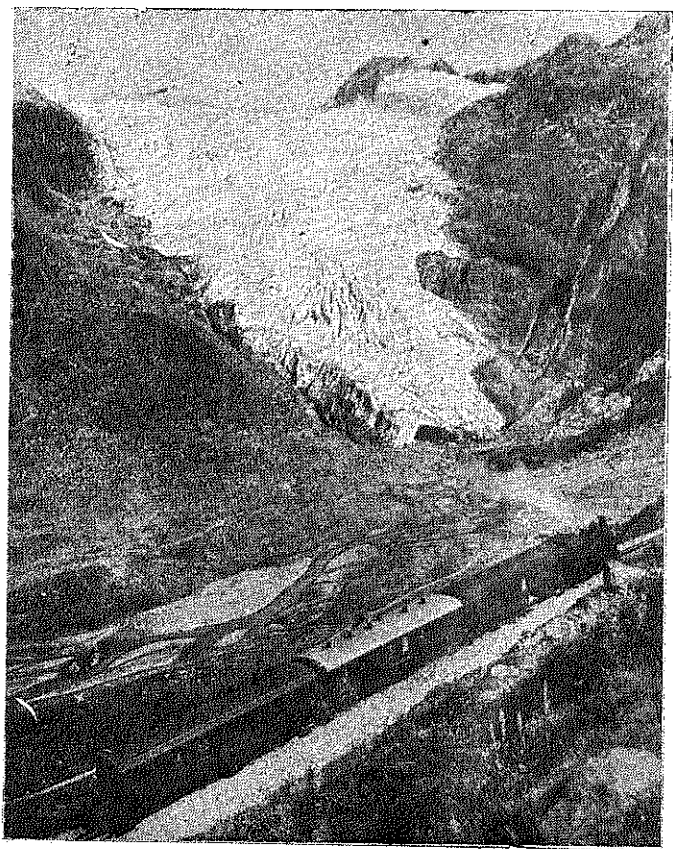


Fig. 25.—Glaciar del Ródano (Suiza). Lengua glaciár y zona final, donde pueden apreciarse grietas marginales y frontales. Una lengua glaciár es como un río congelado que se desliza lentamente empujada por la presión que sobre ella ejercen las masas de hielo y nieve de las zonas altas.—Fot. J. Gaberell.

tal. El glaciar arranca y transporta a veces a mucha distancia, materiales pétreos. Algunos bloques aislados que se hallan hoy lejos de su origen en las cercanías de los Alpes y en ciertos países llanos del Norte de Europa, fueron depositados allí por los antiguos glaciares. Los tales bloques llevan el nombre de *cantos erráticos*. (Fig. 26).

Heladas.— Cuando se hiela y aumenta, por lo tanto, de volumen el agua introducida en los poros de las rocas, ejerce en éstas enérgicas acciones destructoras, produciendo hendiduras y disgregando las diferentes partes, las cuales, al llegar el deshielo, se separan y se desprenden.

Agua del mar.— Las olas, azotando las costas escarpadas, destruyen las partes inferiores de los acantilados, los cuales, al faltarles la base, se derrumban. De esta suerte los embates del mar obligan a retroceder al perfil costero. Los materiales arrancados a las rocas son distribuidos de diverso modo, según su volumen y naturaleza. Los menos pesados son llevados por las corrientes a regiones a veces lejanas de la ribera; y los más pesados, como los guijarros y arenas gruesas, quedan en la proximidad de la costa.

El mar se halla como sembrado de corrientes diversas.

Estas corrientes oceánicas—entre las cuales la llamada *corriente del Golfo* es una de las más importantes—son agentes eficaces que transportan de unos lugares a

otros diversos materiales, como gravas, arenas y, sobre todo, partículas cenagosas.

Agua fluvial.—El agua de lluvia ejerce en las rocas importantes acciones erosivas y denudadoras: disgrega los materiales pétreos, bien por la fuerza con que cae, bien disolviéndolos e hidratándolos, y los trasporta y acumula al pie de las pendientes. Si corre sobre rocas incoherentes, excava en ellas multitud de surcos que, con el tiempo, se ensanchan y ahondan. Sus efectos son, por lo tanto, desiguales, siendo la erosión y la denudación más rápidas en unas rocas que en otras, en cuyo caso las rocas más resistentes quedan como testigos de antiguas formaciones ya desaparecidas. (Figs. 27 y 28).

Reunida el agua en los barrancos, continúa su curso, formando torrenteras y ríos que también arrancan materiales a las paredes y fondo de sus cauces. Cuando amaina la fuerza de la corriente, los materiales se depositan, primero los más pesados y después los más ligeros. Estos depósitos reciben el nombre de *aluviones* o formaciones *aluviales*, y en la desembocadura de los grandes ríos forman enormes acumulaciones llamadas *deltas*.

Terrazas.—Cuando el curso de un río se hace más rápido por haber crecido su caudal, o por haberse rectificado su cauce, o por otra causa, asurca y ahonda su lecho, dejando a ambos lados del valle o del barranco donde corre, los aluviones de gravas y arenas deposita-

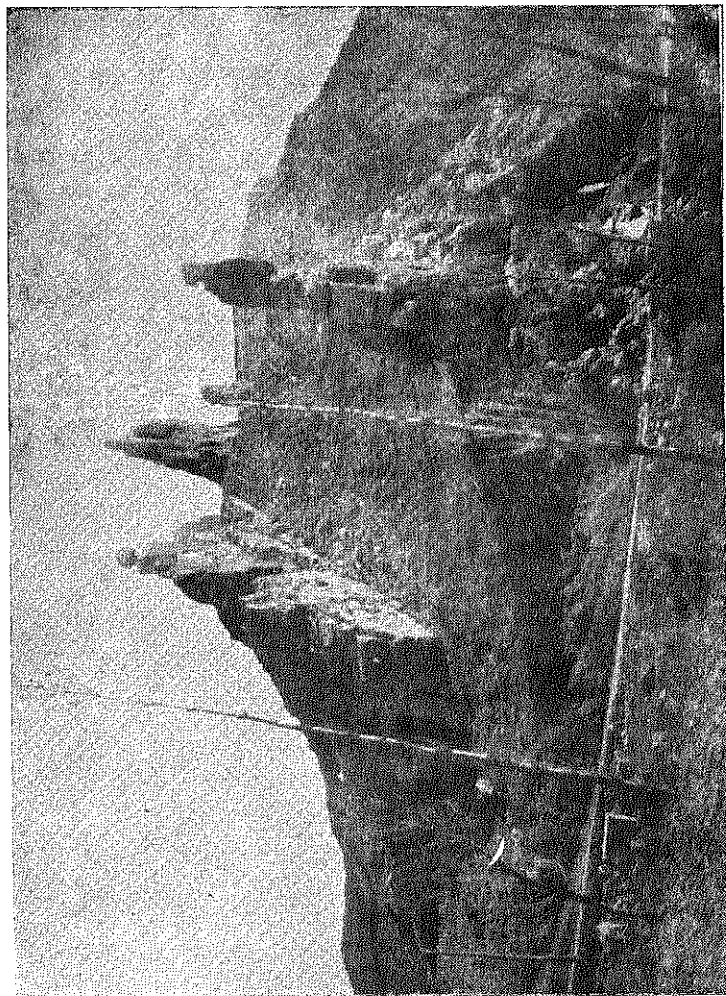


Fig. 27.—Peñas junto a la carretera que va de Acedo a Los Arcos (Navarra), formadas por estratos verticales que han resistido a la erosión mejor que otros entre los cuales sobresalen tan altos.—Fot. J. M. de Barandiarán.

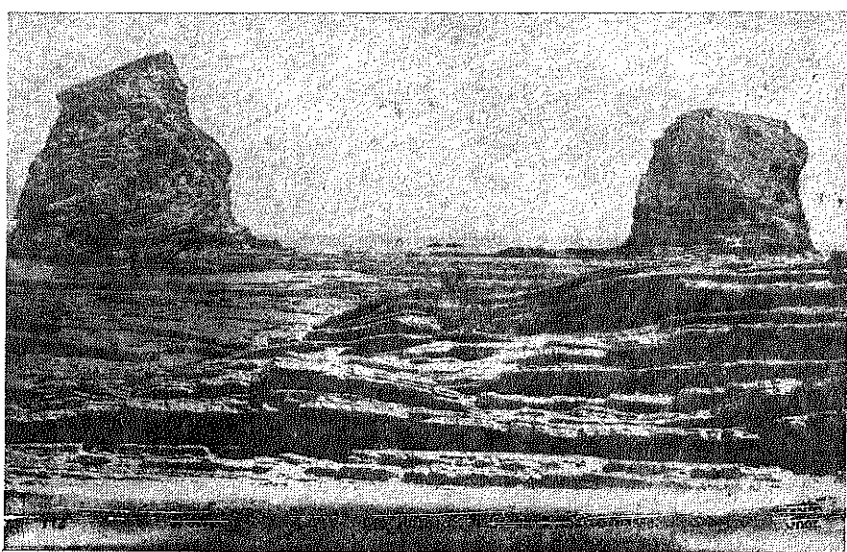


Fig. 28.—Por efecto de la erosión han desaparecido numerosos estratos en las rocas del acantilado de Hendaya, dejando como testigos estas dos peñas.

dos hasta entonces. Tales depósitos se llaman *terrazas*. A consecuencia de sucesivas excavaciones del lecho, el nivel de la corriente va descendiendo, y, como testigos de sus anteriores posiciones, quedan escalonadas sus terrazas en las pendientes de las riberas o en los flancos de

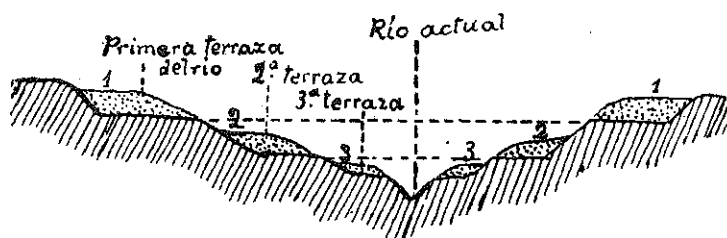


Fig. 29.—Corte teórico del valle excavado por un río y de las terrazas sucesivas depositadas por el mismo en sus orillas.

los montes entre los que fluye el río. Este escalonamiento revela, por lo tanto, el orden cronológico de la formación de las terrazas, de suerte que la terraza superior sea la más antigua y la inferior la más reciente. (Fig. 29).

Aguas subterráneas.—Parte de la lluvia o agua meteórica que cae sobre los continentes vuelve a la atmósfera por evaporación, y el resto corre por la superficie, o se filtra en el suelo cuando éste es permeable. Sobre las rocas ejerce acciones químicas—como la oxidación—, principalmente en aquellos terrenos que contienen hierro. Además, si va cargada de anhídrido carbónico, como ocurre casi siempre, ataca las rocas calizas convirtiéndolas en bicarbonato cálcico que se disuelve en el agua. De

éste modo se abren y se ensanchan rendijas y galerías en los estratos calizos que, con el tiempo, alcanzan las proporciones, a veces imponentes, que admiramos en muchas grutas o cavernas. (Fig. 30). Las materias disueltas originan capas o costras que recubren el techo y las paredes de las grutas, o concreciones diversas de forma de conos que cuelgan del techo (*estalactitas*) o emergen del fondo (*estalagmitas*). (Fig. 31). Tales formaciones se deben a que el agua, al caer goteando lentamente, se evapora algo y pierde parte del anhídrido carbónico. En consecuencia, pierde también su poder disolvente y precipita, en forma de concreciones, el carbonato cálcico disuelto.

Las aguas pluviales que, después de un recorrido por conductos subterráneos, salen al exterior, dan origen a los manantiales o fuentes. Cuando tales aguas caen en estratos permeables, se filtran luego. Si un terreno permeable y acuífero se halla entre dos estratos impermea-

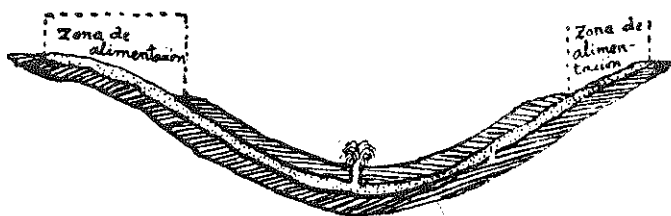


Fig. 32.—Pozo artesiano.

bles inclinados, el agua baja corriendo a lo largo de estos

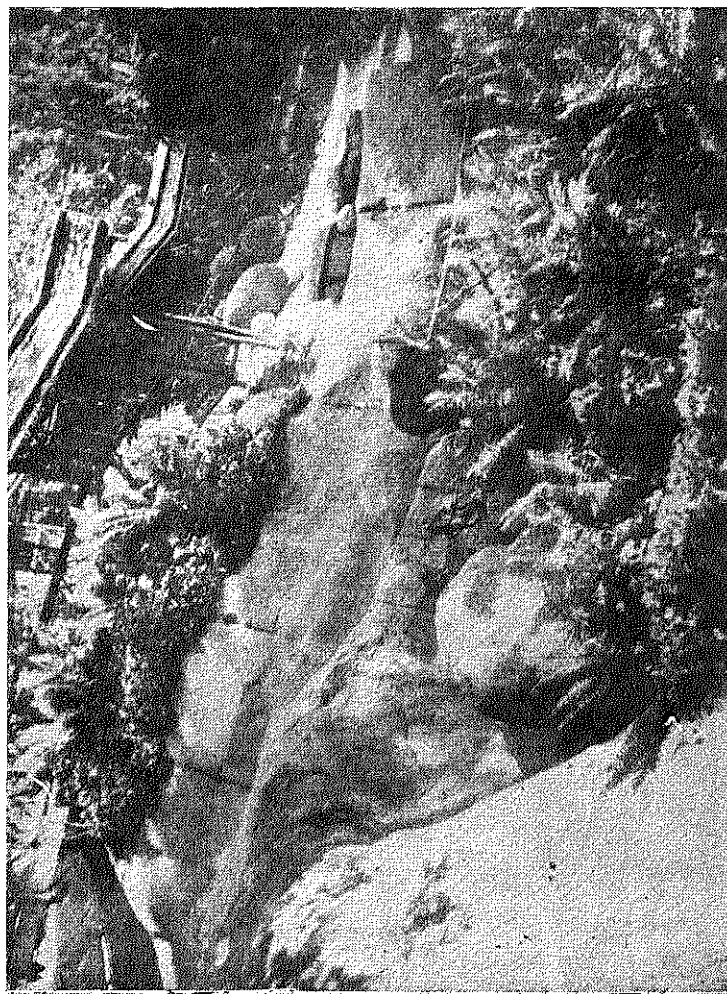


Fig. 26.—Lucerna (Suiza). El «jardín de los glaciares». Cantos erráticos y huecos o marmitas de gigantes de un glaciar cuaternario. Los antiguos glaciares transportaron grandes bloques de piedra a regiones muy distantes de las de su origen. Tales bloques se denominan «cantos erráticos». —Fot. J. M. de Barandiarán.

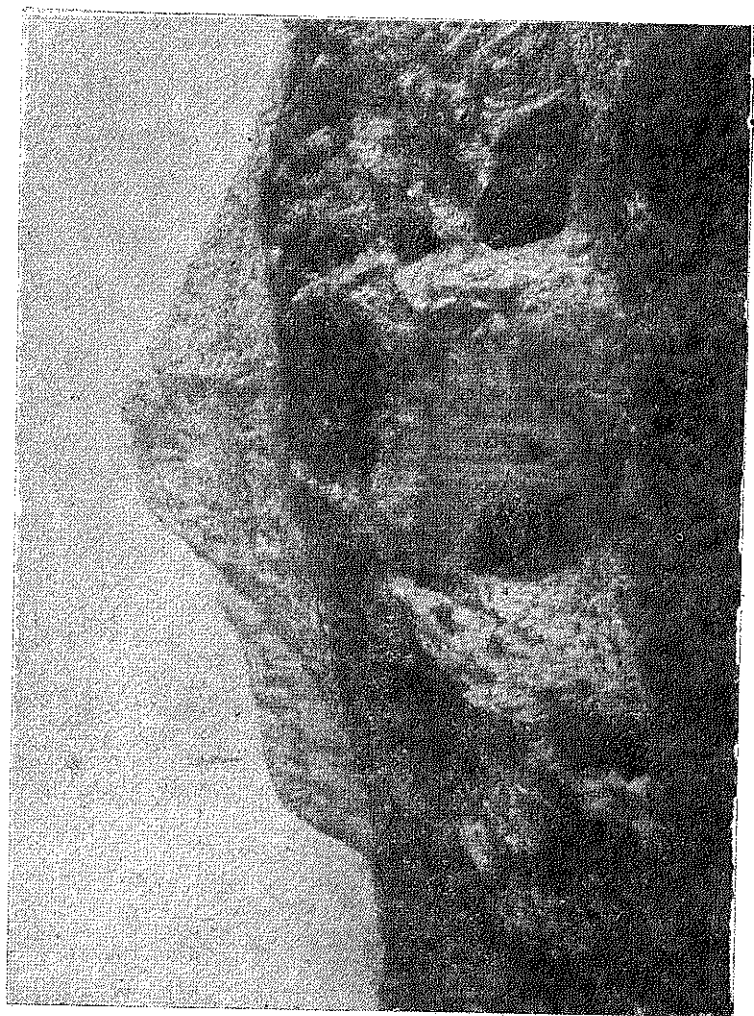


Fig. 30. — Carranza: Pico Mirón y las cuevas de Venta de Laperra (centro) y Polvorín (izquierda). — Fot. J. M. de Barandiarán.

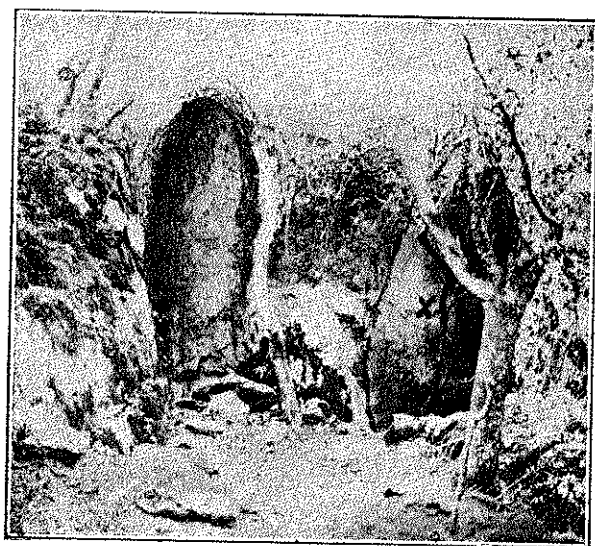


Fig. 31.—Cuevas de *Jentiletxéta* (Motrico), donde pueden contemplarse curiosos efectos de la erosión y multitud de formaciones estalactíticas. — Fot. J. M. de Barandiarán.



Fig. 33.—Efectos de la erosión y huellas de helminthos en la peña *Eskilantxari* (Saturaran — Guipúzcoa).—Fot. J. M. de Barandiarán.

Fig. 33.—Efectos de la erosión y huellas de helintos en la peña *Eskilantxañi*
(Saturan—Guipúzcoa).—Fot. J. M. de Barandiarán.



Fig. 34.—Efectos de la erosión en las piedras de la portada románica de la ermita de
Nuestra Señora de la Antigua de Zumárraga (Guipúzcoa).—Fot. J. M. de Barandiarán.

dos estratos. Si se perfora el superior en una zona baja, el agua de la capa subyacente sube hasta alcanzar próximamente el nivel de donde desciende. Si llega a la superficie, forma un manantial que recibe el nombre de *pozo artesiano*. (Fig. 32).

Agentes y fenómenos atmosféricos

Las alternativas de dilatación y de contracción, debidas a variaciones bruscas de la temperatura, son causa de que las rocas se cuartecen y se disgreguen. A consecuencia de esta acción se forman a veces extensos pedregales sobre los macizos de rocas peladas.

El aire altera las rocas, produciendo en ellas descomposiciones químicas por la acción del oxígeno, del vapor de agua y del anhídrido carbónico que contiene.

El oxígeno oxida muchos minerales y los convierte en sustancias fácilmente disgregables; el vapor de agua los hidrata y les da consistencia terrosa, y el anhídrido carbónico hace solubles ciertas rocas duras y compactas. Son ejemplos de estos fenómenos la oxidación de los minerales de hierro, que forma tierras rojas, y la descomposición del granito y de la caliza por el anhídrido carbónico. (Figs. 33 y 34). El viento realiza una acción cons-

tante sobre las rocas ya descompuestas, transportando a distancia los materiales finos y acumulándolos en forma de montículos y montes de arena. Las colinas de polvo y arena formadas por el acarreo de estos materiales en ciertos parajes reciben el nombre de *dunas*. El polvo transportado por el viento de los desiertos y regiones muy secas a comarcas más húmedas, se fija en éstas, cubriendo grandes extensiones de terreno. Tales depósitos o mantos reciben el nombre de *loes*.

Agentes orgánicos

Los seres orgánicos contribuyen también a las transformaciones que se operan en la corteza terrestre. Las plantas con sus raíces destruyen las rocas, ensanchando las grietas y disolviendo y descomponiendo con sus ácidos los carbonatos y los silicatos. Las algas y los líquenes alteran la superficie de las rocas donde viven, formando a sus expensas delgadas capas terrosas donde se desarrollan después diversas especies vegetales. El humus y la tierra de cultivo suelen ser resultado de estas acciones químicas y mecánicas y de la putrefacción de sustancias orgánicas.

La descomposición de ciertos vegetales, sobre todo de los musgos de los géneros *Sphagnum* e *Hipnum*, provocada por un microbio llamado *Bacillus Amylobacter*

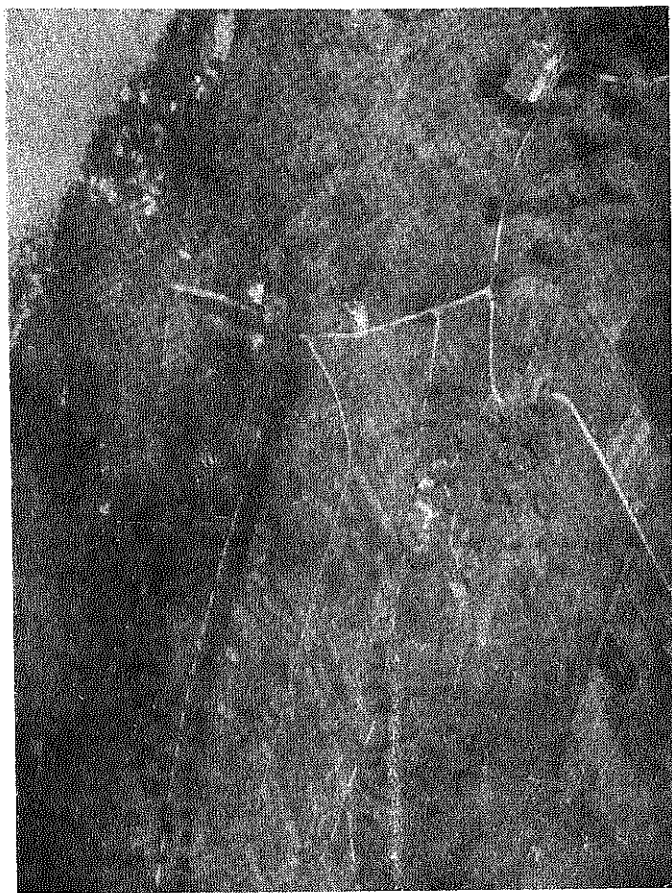


Fig. 35.—Entre los lagos de Lucerna y Küssnacht (Suiza). Vista tomada desde un aeroplano. Mediante construcciones, desmontes, roturación de terrenos de labrantío, cultivo de árboles, vías de comunicación y otras obras, contribuye el hombre a transformar la corteza terrestre. — *Fot. J. M. de Barandiarán.*



Fig. 36. — Huellas de oleaje en los estratos de arenisca del acantilado de Deba (Guipúzcoa). — Fot. J. M. de Barandiarán.

un aeroplano. Requiere construcción, acomodo, y se necesita
brantío, cultivo de árboles, vías de comunicación y otras obras, contribuye el
hombre a transformar la corteza terrestre. — Fot. J. M. de Barandiarán.

en los sitios bajos y húmedos o encharcados, da lugar a la formación del carbón natural llamado *turba*. La formación actual de ciertos carbones naturales semejantes a los lignitos en los lugares pantanosos de las regiones templadas y tropicales, es debida a la descomposición de hojas y troncos de árboles. Esto nos conduce a pensar que la carbonización de las sustancias vegetales en épocas geológicas antiguas se ha realizado de modo análogo, transformándose la celulosa, por fermentación anaerobia, en materia más carbonosa. Así se han debido formar el *lignito*, que contiene de 55 a 75% de carbono, y la *hulla*, donde esta sustancia entra en proporción de 75 a 99%.

El hombre contribuye también a la transformación de la corteza terrestre cuya faz ha llegado a cambiar en muchas zonas de la Tierra con sus construcciones, vías de comunicación, repoblaciones forestales, labrantío de tierras, apertura de canales, etc. (Fig. 35).

Los animales terrestres realizan también cambios notables en la superficie del Globo. Pero la acción de los animales marinos es de unas proporciones inmensamente mayores. Las acumulaciones de las conchas de ciertos moluscos, como las ostras, forman a veces enormes depósitos litorales. Los *protozoos*, seres diminutos de caparazón silíceo o calizo, que en grandes cantidades viven flotando en las aguas, caen, al morir, al fondo del mar,

formando extensas capas de roca silícea o caliza. Los corales, que viven en innumerables colonia en los mares tropicales, dan origen a potentes formaciones calizas, constituyendo bancos, arrecifes e islas madreporicas.

Sedimentación

Los materiales arrancados a las partes elevadas de la superficie terrestre son luego arrastrados hacia regiones más bajas, donde se depositan formando capas o estratos más o menos horizontales. Este fenómeno se llama *sedimentación*. La sedimentación es *aluvial* cuando es provocada por las corrientes de agua en los valles o en las faldas de las montañas; *eólica*, cuando la realiza el viento; *lacustre* cuando se verifica en los lagos, y *marina* si en el mar. Las gravas y las arenas gruesas llevadas a los mares se depositan cerca de la ribera; más adentro se depositan las arenas finas y el fango que no se extiende, sin embargo, más allá de 500 km. de la costa; a mayores distancias la sedimentación es química y orgánica, porque allí se forman los estratos por acumulaciones de restos orgánicos y por precipitación de diversas sustancias disueltas en el agua.

En las masas sedimentarias así constituidas quedan incluidos o enterrados numerosos vestigios y restos de

animales y plantas. Tales restos se mineralizan con el tiempo, sin perder por esto su forma primitiva, y reciben el nombre de *fósiles*. Estos son, pues, verdaderos testigos de las condiciones en que se desarrollaba la vida en las épocas en que fueron sedimentados. (Fig. 36). El modo de formación de los estratos actuales nos da a entender que los terrenos estratificados, que constituyen gran parte de la corteza terrestre, han tenido su origen en un proceso de sedimentación, hecho que aparece plenamente confirmado por los numerosos fósiles en ellos contenidos. La ciencia que estudia los fósiles recibe el nombre de *Paleontología*.

Ciclo de los fenómenos geológicos.—Teniendo presente lo que llevamos dicho, podemos resumir todos los fenómenos de la Geodinámica del modo siguiente: *glip-togénesis* o modelado del relieve terrestre por la erosión y la denudación; *litogénesis* o formación de los estratos por sedimentación en el fondo de los valles, de los lagos y de los mares; *orogénesis*, o levantamiento de los estratos por la acción de los agentes internos, dando origen a las montañas, islas y continentes. Sobre las tierras así emergidas reanudan los agentes externos su obra de destrucción y modelado, repitiéndose otra vez las mismas operaciones. Esta serie de operaciones recibe el nombre de *ciclo de fenómenos geológicos*.

Edad de los estratos y de los fenómenos geológicos

Al hablar de la edad de los estratos y de los fenómenos geológicos, nos referimos a su edad relativa, es decir, a la etapa a que pertenecen en la sucesión cronológica de los terrenos que forman la corteza terrestre. Son varios los criterios que facilitan esta tarea.

Criterio de superposición.—En todo conjunto de estratos superpuestos, los inferiores son los más antiguos, siempre que no hayan sido invertidos por alguna dislocación. Si la formación de los estratos no hubiera sufrido ninguna interrupción en toda la extensión de la superficie terrestre, en un corte profundo practicado en cualquier punto de la Tierra encontraríamos toda la serie de terrenos, desde los más antiguos hasta los más modernos, lo cual facilitaría sobremanera la reconstitución de la historia geológica. Pero no hay una sola porción de la Tierra en que esta sucesión aparezca completa. Existen, pues, muchas lagunas, bien porque ciertos estratos fueran erosionados, o bien porque en determinadas épocas algunas regiones estuvieran levantadas y no se formaran en ellas los correspondientes sedimentos. Mas los estratos que faltan en unas regiones, se encuentran en otras. Por eso

es preciso reunir los datos de diversos puntos de la Tierra para rehacer la historia geológica.

Criterio de las discordancias.—Un fenómeno tectónico (pliegue, falla, levantamiento, etc...) es más reciente que los estratos por él afectados y más antiguo que los

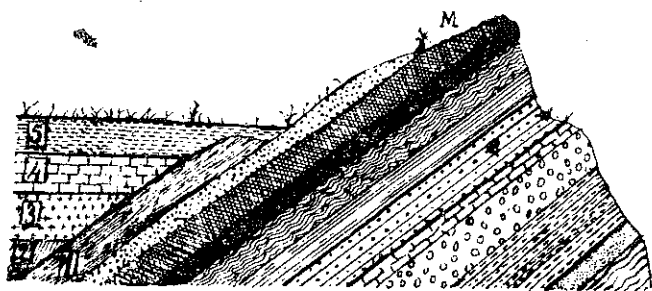


Fig. 37.—La montaña M es anterior a las capas 2, 3, 4 y 5, y posterior a la 1.

estratos superiores discordantes con aquéllos. No hay que olvidar que los estratos, al formarse, se hallan horizontales. (Fig. 37).

Criterio paleontológico.—Dos terrenos que encierran los mismos restos orgánicos son de igual edad. Este criterio se basa en el hecho de que cada terreno tiene su fauna y flora características. Puede expresarse también en esta otra forma: si dos formaciones sedimentarias tienen la misma *facies*, es decir, presentan un conjunto de caracteres petrográficos y paleontológicos idéntico, son sincrónicas.

Para determinar la edad relativa de las rocas erupti-

vas sirve el siguiente criterio: Una roca eruptiva es más antigua que el terreno que la cubre y que aquel otro en

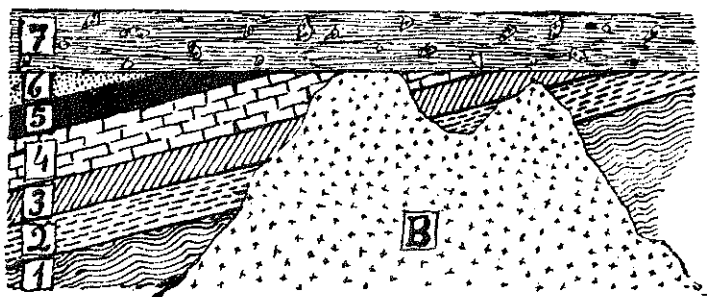


Fig. 38.—B, batolito. Es más moderno que las capas 1, 2, 3 y 4 que atraviesa. Probablemente es también más moderno que las capas 5 y 6. Mas la capa 7 es más reciente que el batolito, porque contiene restos de éste y porque descansa directamente sobre el mismo.

que se hallan envueltos sus fragmentos; pero es más reciente que el terreno por ella cubierto, atravesado, englobado o metamorfozido (fig. 38).

GEOLOGÍA HISTÓRICA

GEOGONÍA U ORIGEN DE LA TIERRA

Entre las varias hipótesis por las que se ha pretendido explicar el origen de nuestro globo, la más célebre y la que se halla en la base de todas las teorías geogénicas modernas, es la de Laplace. Según ella, la sustancia que constituye los astros de nuestro sistema solar, estaba al principio formando una inmensa nebulosa animada de un movimiento de rotación. Así se formó un centro de condensación o núcleo primitivo, es decir, el Sol. Según iba disminuyendo su volumen, la nebulosa adquiría una mayor velocidad de rotación. La fuerza centrífuga, que con esto se desarrollara, obligó a la parte periférica, todavía muy enrarecida, a disponerse en anillos o zonas concéntricas, las cuales, condensándose y reuniéndose en masas globulares, vinieron con el tiempo a constituir los

planetas, que después han seguido girando alrededor del núcleo primitivo, a la misma distancia y en el mismo plano que los anillos de que proceden (fig. 39). La Tierra se formó de uno de los anillos. Siguiendo el mismo proceso, los planetas dieron origen a los satélites.

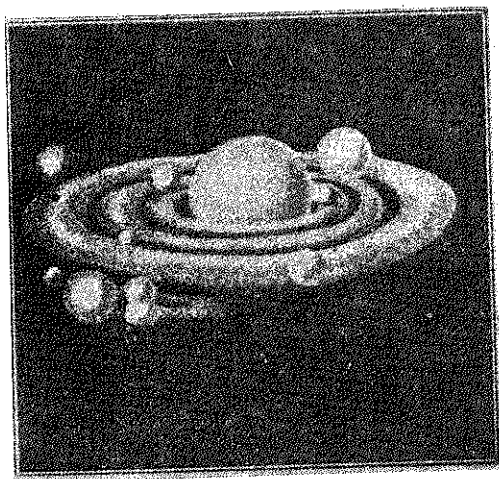


Fig. 39.—La Nebulosa de Laplace en la fase de condensación y formación de anillos y subanillos. (Según Mazo).

Separada de la nebulosa, la Tierra pasó por la *fase estelar*, es decir, fué durante mucho tiempo un astro luminoso en que todos los elementos se hallaban en estado fluído, hasta que, enfriándose su masa por irradiación de calor, se condensó en la zona periférica, cris-

talizando las sustancias más refractarias y ligeras, como son la sílice y los feldespatos alcalinos, que vinieron a constituir la primera costra sólida. Habiendo aparecido en ésta los primeros relieves, bien sea a consecuencia de la contracción del núcleo terrestre, bien por las leyes isostásicas o por otra causa, luego empezaron a actuar sobre ellos los agentes externos, iniciándose así el primer

ciclo de los fenómenos geológicos y con él la *fase* propiamente *geológica* de la Tierra.



Fig. 40.—Nebulosa en espiral de la Osa Mayor (M. 51) [según J. H. Jeans].

La teoría de Laplace parece hallarse confirmada por la existencia actual de las nebulosas (fig. 40); por el

diverso grado de evolución de muchas estrellas; por los anillos de Saturno; por el achatamiento polar de la Tierra que se explica suponiendo que ésta se hallaba primitivamente en estado fluído; por el calor interno del globo terrestre que parece ser resto de la elevada temperatura de la fase estelar; y por la distribución de los elementos en la Tierra según el orden de densidades, hecho que se explica partiendo de la hipótesis de su primitivo estado de fluidez.

FASE GEOLÓGICA

La fase geológica de nuestro globo comprende seis grandes eras, correspondientes a otras tantas series de terrenos sedimentarios, a saber: *era arcaica o azoica* (1), *era eozoica o arqueozoica*, *era primaria o paleozoica*, *era secundaria o mesozoica*, *era terciaria o cenozoica*, *era cuaternaria o antropozoica* (2).

Las discordancias de los estratos, que revelan movimientos de la corteza terrestre, y, sobre todo, el hallarse caracterizada cada serie de terrenos por fauna y flora peculiares han servido de base para establecer esta división de los tiempos geológicos.

(1) Otros prefieren llamarla *agnostozoica* (de *agnostos*, desconocido; y *zoon*, animal), extendiendo esta denominación a la era siguiente.

(2) Dr. H. Haas: *Leitfaden der Geologie*, pág. 143. Leipzig, 1920.

ERA ARCAICA O AZOICA

No se conocen restos orgánicos pertenecientes a esta era. Por eso ha sido llamada *azoica*, término que indica ausencia de organismos animales. Pero no aparece apropiada esta denominación, puesto que no tenemos datos convincentes para negar la existencia de la vida en aquellos remotos tiempos.

Los estratos de esta era aparecen muy metamorfizados. Sus materias son principalmente de gneis (roca metamórfica que se compone de los mismos elementos que el granito) en la base, y de pizarras cristalinas en los terrenos superiores. Se hallan generalmente muy dislocados y plegados, y su conjunto alcanza una potencia de unos 30 km. Afloran en muchas regiones de la Tierra. Alrededor del polo N. forman una zona llamada *banda paleártica*.

ERA EOZOICA O ARQUEOZOICA (1)

Se ha llamado también *algonkiense*. Los terrenos de esta era aparecen muy difundidos por la Tierra; pero principalmente se hallan al S. de la *banda paleártica* formando una serie de sedimentos (de 10 km. de poten-

(1) La palabra *ezoica* viene de *eos*, aurora, y *zoon*, animal. *Arqueozoica* deriva de *arkein*, principio, y *zoon*.

cia) constituídos por pizarras semicristalinas, conglomerados, areniscas, arcosas, etc...

En este tiempo se levantó la cordillera *huroniana* (del lago *Hurón*—Canadá), cuyos restos se hallan en la región de los grandes lagos de América, al S. de Finlandia y al N. de China.

Carácter paleontológico de esta era.—Está ya demostrado que en la era eozoica existían organismos vivientes, si bien sus restos fósiles son indeterminables a causa del metamorfismo de las rocas.

Han sido descubiertas algunas formas de moluscos, semejantes a lapas aplastadas, de crustáceos y gusanos. A algunos lechos de antracita se atribuye origen vegetal.

Clima.—La escasez de formaciones calizas y ciertos conglomerados con vestigios de glaciares parecen indicar que el clima era frío.

ERA PRIMARIA O PALEOZOICA (1)

En las formaciones de esta era predominan las areniscas, las cuarcitas, conglomerados y pizarras.

Comprende cuatro períodos: cámbrico, silúrico, devónico y antracolíptico.

(1) *Paleozoica* deriva de *palaios*, antiguo, y *zoon*,

Cámbrico (de *Cambria*, nombre antiguo de Gales)

La constitución litológica de las formaciones de este período es análoga a la de las arqueozoicas. No hay calizas.

Carácter paleontológico.— La flora, aunque escasa, está representada por diversos géneros, como algas, *Eophyton*, *Nereites*, etc... La fauna tiene su representación principalmente en los braquiópodos, pterópodos y trilobites (crustáceos de tres lóbulos). Son característicos del período los trilobites de los géneros *Olenellus*, *Paradoxides* (fig. 41) y *Olenus*.

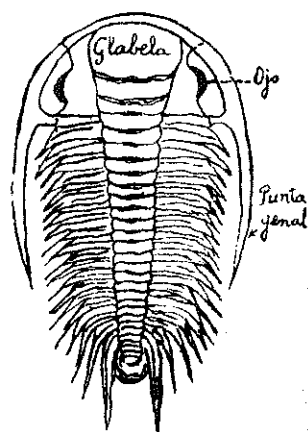


Fig. 41.—*Paradoxides bohemicus*.

Silúrico ⁽¹⁾

Los estratos del Silúrico se hallan formados por pizarras, areniscas y calizas. Su potencia es de unos 10 km.

(1) Esta palabra deriva del nombre *Siluros*, antiguo país de Inglaterra.

Carácter paleontológico. — Existen algas marinas. La fauna está representada por abundantes corales, crinoides, braquiópodos, cefalópodos y crustáceos.

Animales característicos del período son los *Graptolites*

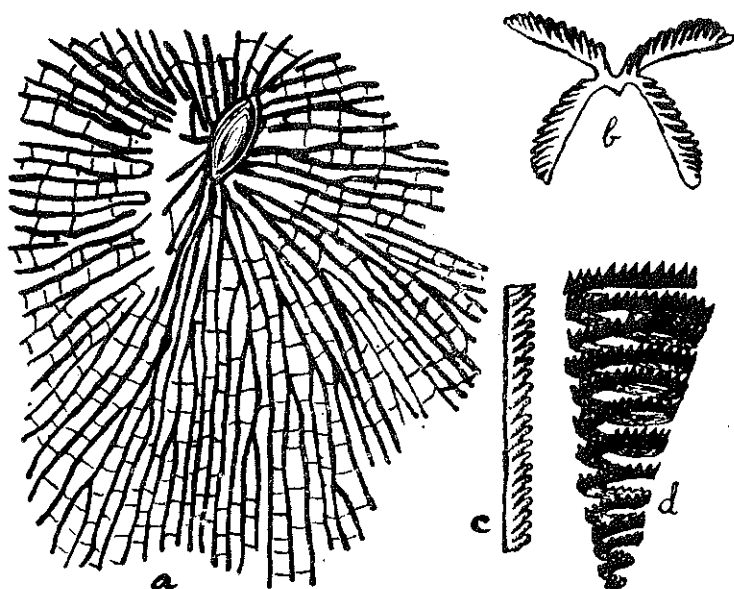


Fig. 42.—*Graptolites*: a) *Dictyonema retiforme*; b) *Tetraraptus bryonoides*; c) *Monograptus priodon*; d) *Monograptus turriculatus*.

lites (fig. 42), los trilobites de los géneros *Calimene* (fig. 43) y *Trinucleus* (fig. 44) y otros.

Los peces más antiguos y el primer animal de respiración (*Palaeophonus nuncius*—un escorpión) son de este período.

Al final del Silúrico se levantó la cordillera *Cale-*

doniana (de *Caledonia*, antiguo nombre de Escocia), cuyos restos se extienden al Sur del plegamiento *huronia-*

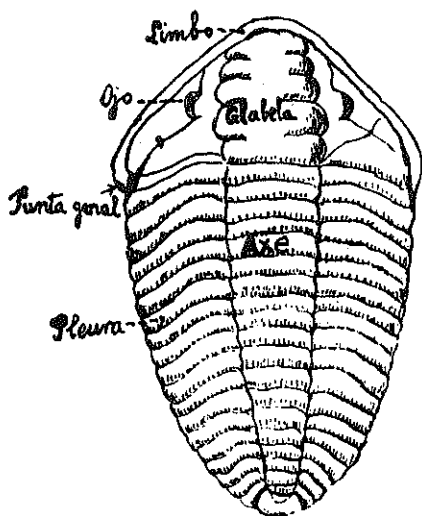


Fig. 43.—*Calimene* del Silúrico superior.

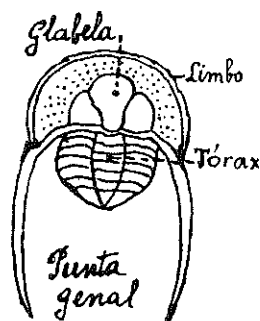


Fig. 44.—*Trinucleus* del Silúrico.

no en las regiones septentrionales de Europa y América.

Devónico (1)

A expensas de la cordillera *Caledoniana*, recientemente emergida, se forman potentes estratos de areniscas.

También se depositan en muchos sitios considerables bancos de caliza.

Carácter paleontológico. — Aparición de la flora con-

(1) De Devonshire, en Inglaterra.

tinental que se compone de numerosas especies criptógamas (*Archaeopteris*, *Annularia*, *Lepidodendron*, *Sigillaria* [fig. 45], etc.) y gimnospermas.

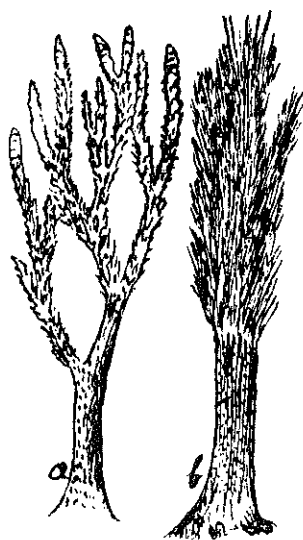


Fig. 45.—Devónico. a) *Lepidodendron*; b) *Sigillaria*.

La fauna está caracterizada por los primeros insectos, por los cefalópodos *Anarcestes*, *Goniatites* (fig. 46)

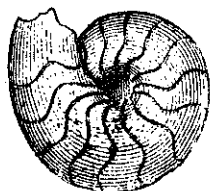


Fig. 46.—Devónico. *Goniatites retrorsus*.

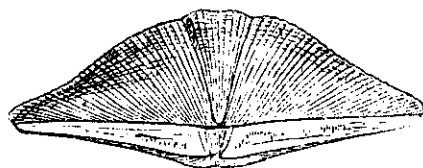


Fig. 47.—Devónico. *Spirifer Verneulli*.

y *Climenia*, Los braquiópodos *Spirifer* (fig. 47), los

trilobites del género *Phacops* (fig. 48) y por la

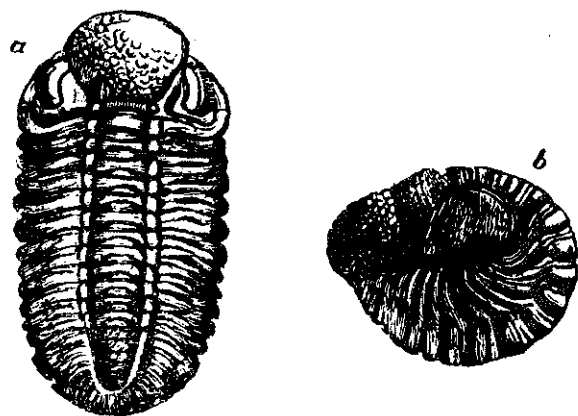


Fig. 48.— Devónico. *Phacops latifrons*, a) extendido; b) arrollado.

expansión de los peces ganoideos.

Antracolítico (de *Anthrax*, carbón y *lithos*, piedra)

Comprende dos subperíodos: carbonífero y pérmico. Extensas formaciones de facies continental constituídas por pizarras, areniscas, conglomerados y estratos hulleros juntamente con otras calcáreas de facies marina.

Carácter paleontológico.—Flora abundante representada, desde luego, por los géneros del devónico, como

Sigillaria, *Lepidodendron*, *Sphenopteris* (fig. 49) por helechos de los géneros *Pecopteris*, *Neuropteris*, etc...;



Fig. 49.—Antracolitico. *Sphenopteris obtusiloba*.

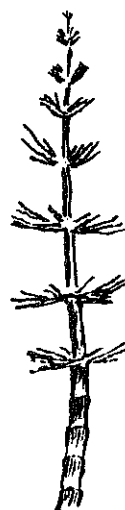


Fig. 50.—*Calamites* del Antracolitico.

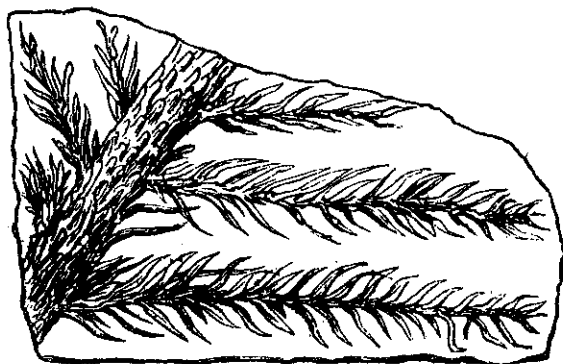


Fig. 51.—*Walchia piniformis* del Antracolitico.

equisetíneas, como *Calamites* (fig. 50); gimnospermas, como el género *Walchia* (fig. 51); criptógamas, como *Annularia* (fig. 52), etc...

La fauna está caracterizada por los foraminíferos *Fusulina* (fig. 53); por los braquiópodos *Productus*

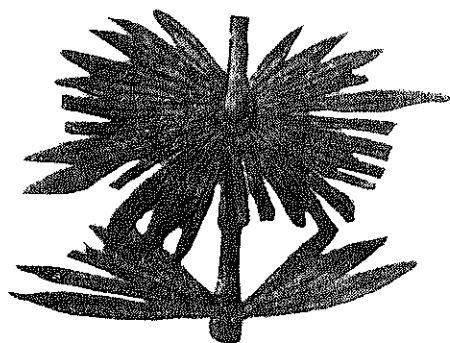
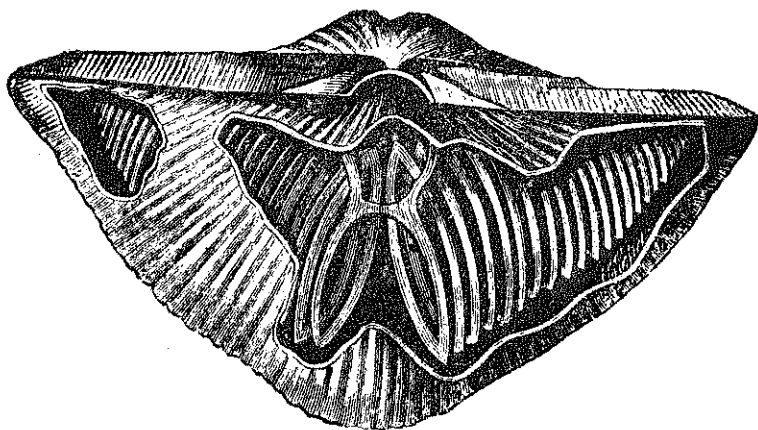


Fig. 52.—*Annularia stellata* Schlt.
del Antracólítico.

Fig. 53.—*Fusulina cylindrica*
del Antracólítico.



Fig. 54.—*Productus horridus*
Sow. del Antracólítico.



(fig. 54) y *Spirifer* (fig. 55); por amonítidos, como *Arcestes*, y por los anfibios *Estegocéfalos* que empezaron en

este período y desaparecieron en el siguiente. Se desarrollaron los peces ganoideos (fig. 56) y los reptiles (fig. 57).



Fig. 56.—*Paleoniscus*, ganoideo del Antracolítico.

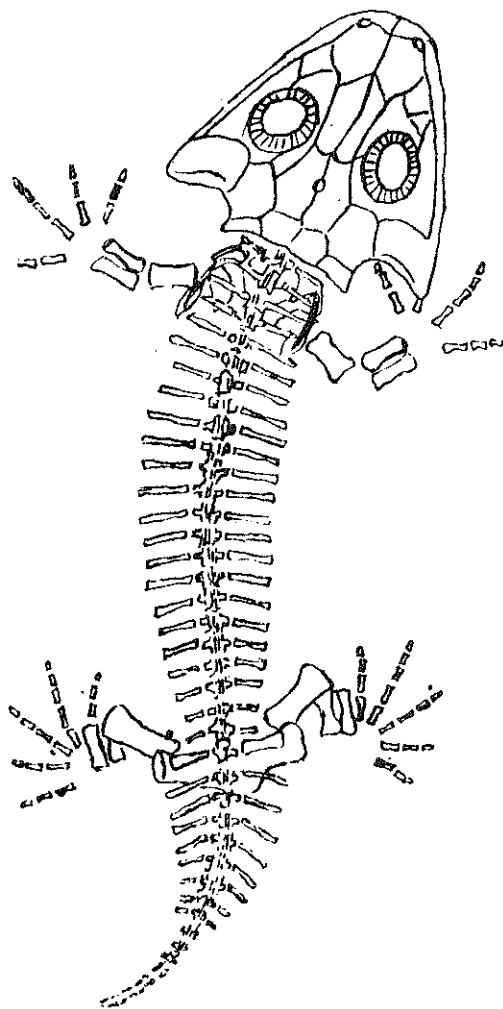


Fig. 57.—*Pelosaurus laticeps* del Antracolítico.

Clima.—A juzgar por la enorme difusión de plantas tropicales y de formaciones coralinas por todas las

latitudes, durante este período debió reinar un clima cálido en toda la extensión del globo. No se encuentran plantas cuyo desarrollo requiera acción directa de los rayos del Sol; por otra parte los insectos de este tiempo son de los que viven en sitios sombríos. Lo cual parece indicar que el cielo estaba constantemente cubierto de nubes.

Plegamiento herciniano.—Durante este tiempo se verificó el levantamiento de la cordillera herciniana (de *Hercinia*, antiguo nombre de Alemania) que formó una cadena de montañas al sur de la cordillera caledoniana.

ERA SECUNDARIA O MESOZOICA (1)

Esta era se halla caracterizada: 1.º, por un gran desarrollo de las formaciones calcáreas; 2.º por estar sus estratos menos dislocados y metamorfozados que los de la era primaria; 3.º, por la abundancia de los reptiles y de los *Ammonites* y *Belemnites*. Comprende tres períodos: triásico, jurásico y cretácico.

Triásico

Se llama así, porque en Alemania los terrenos correspondientes a este período aparecen formados en tres grupos: el inferior con areniscas y conglomerados rojos; el medio

(1) Del gr. *mesos*, medio, y *zoon*, animal.

con calizas conchíferas, y el superior con margas irisadas.
Carácter paleontológico.—Entre los animales carac-

Fig. 58. —*Ceratites nodosus*. Triásico.

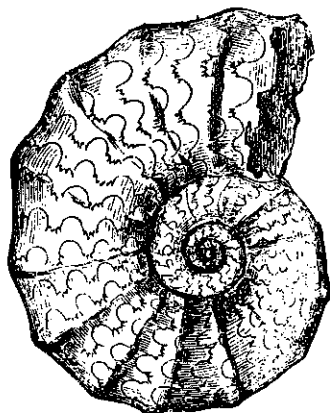


Fig. 59. —Huellas de *Chirotherium* en piedra arenisca.

terísticos hay que apuntar el amonítido *Ceratites* (figura 58), *Ceratodus*, *Chirotherium* (anfibio) [fig. 59],

Zanclodon (dinosaurio), *Belodon* (fig. 60), etc. De

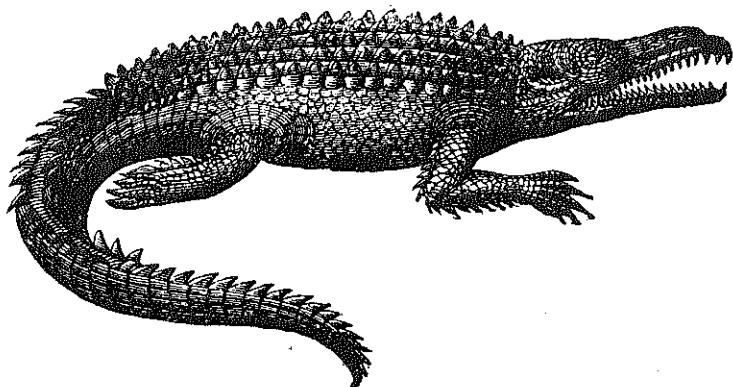


Fig. 60.—*Belodon* (*H. Haus*) del Triásico.

este tiempo datan los mamíferos, representados por los marsupiales.

Jurásico (1)

En Europa corresponde a un período de invasión marina. Sus sedimentos son principalmente calcáreos.

Carácter paleontológico.—La fauna es más abundante que en los períodos anteriores, con el máximo desarrollo de los reptiles, braquiópodos de los géneros *Tere-*

(1) Este nombre deriva del de las montañas de Jura.

brátula (fig. 61) y *Rynchonella* (fig. 62) y de los *Ammonites*, *Belemnites* y *Ostrea* (fig. 63). Aparición

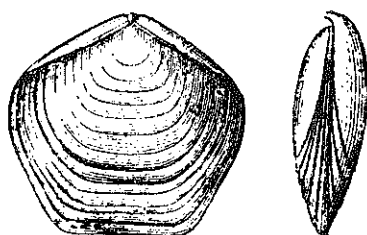


Fig. 61.—*Terebratulina* (*Waldheimia*) *numismalis*. Jurásico.

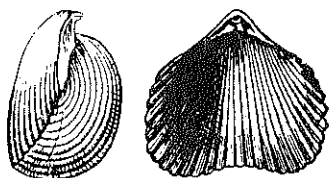


Fig. 62.—*Rhynchonella* vista de frente y de perfil. Jurásico.



Fig. 64.—*Archaeopteryx lithographica*.

Fig. 63.—*Ostrea Marshi* Sow. (*Ostrea Cristagalli* Schloth). Jurásico.



Fig. 65.—*Avicula contorta* del retense (Jurásico).

del tipo ave (*Archaeopteryx* [fig. 64] con dientes como los reptiles). Como fósiles característicos se citan: *Avicula contorta* (fig. 65), *Ammonites angulatus*, *Am. Arietites*

(fig. 66), *Belemnites acutus*, *B. brevis*, *B. clavatus*

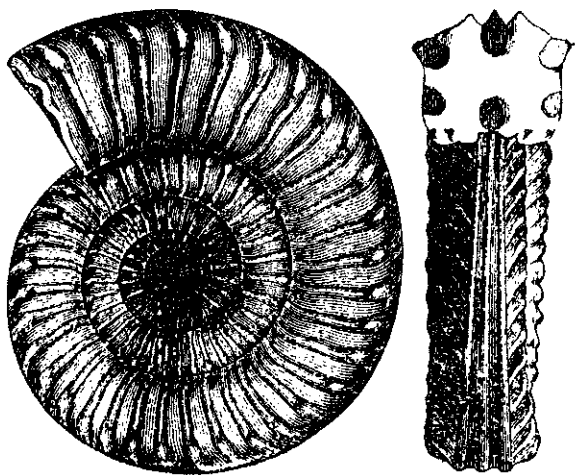


Fig. 65.—Ammonites (Arietites) Bucklandi del Jurásico

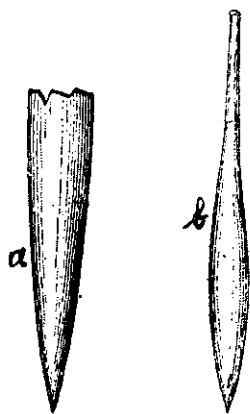


Fig. 67.—a) *Belemnites brevis*.
b) *Belemnites clavatus*.

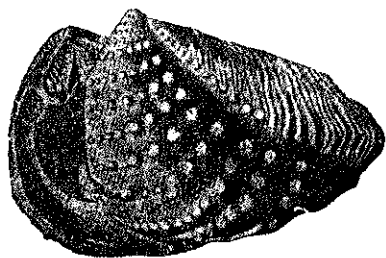


Fig. 68.—*Trigonia navis* Lam. Jurásico.

(fig. 67), *Gryphaea dilatata*, *Trigonia navis* (fig. 68),

Trigonia costata, *Cidaris coronata* (fig. 69). Hay reptiles gigantescos, como el *Ichtyosaurus* (fig. 70)

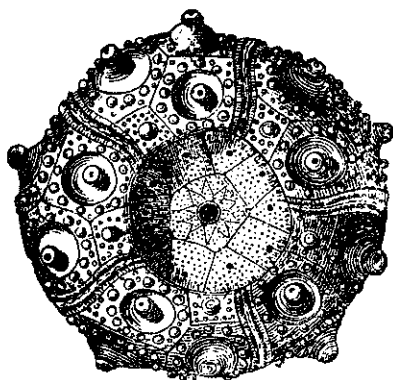


Fig. 69.—*Cidaris coronata* Goldf.
Jurásico.



Fig. 70.—*Ichtyosaurus*. Jurásico.

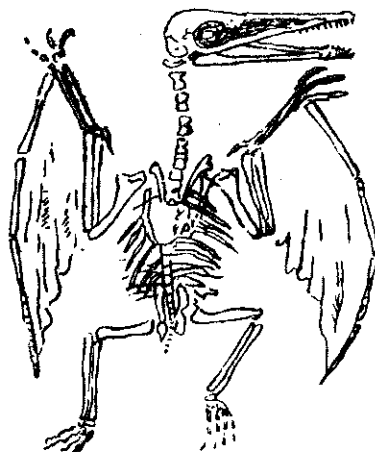


Fig. 72.—*Pterodactylus*, reptil volador
del Jurásico, del tamaño de un cuervo.

Plesiosaurus (fig. 71, a), *Atlantosaurus* (de 25 m. de longitud), *Brontosaurus* (fig. 71, b), etc. Existen tam-

bién reptiles voladores semejantes a los murciélagos (fig. 72).

Cretácico

Se llama así por la abundancia de la creta en los terrenos que lo forman.

Carácter paleontológico.— Aparición de las plantas

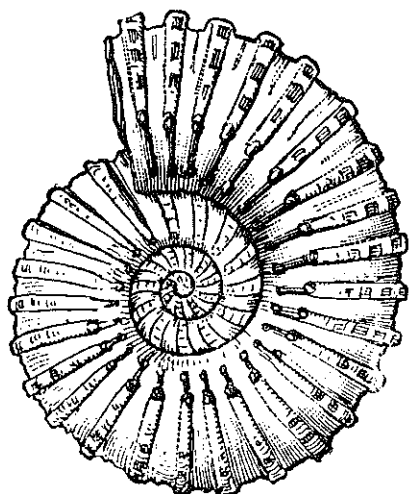


Fig. 73.—*Acanthoceras mamillare* del albiense. Cretácico.

Fig. 74.—Orbitolina cóncava. Cretácico.

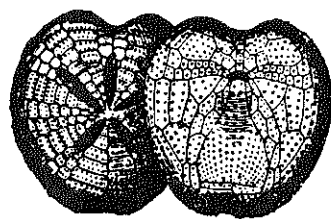


Fig. 75.—*Micraster corangium*, crizo de mar del Cretácico.

dicotiledóneas. Fauna: *Ammonites Acanthoceras* (figura 73) y *Desmoceras*; *Alveolinas* y *Orbitolinas* (foraminíferos [fig. 74]); equinodermos muy abundantes (figu-

ra 75); *Hippurites*, *Radiolites*; *Hesperornis* e *Ichthyornis* (aves) [fig. 76]; continúan los grandes reptiles, como



Fig. 76.—*Ichthyornis*. Cretácico.

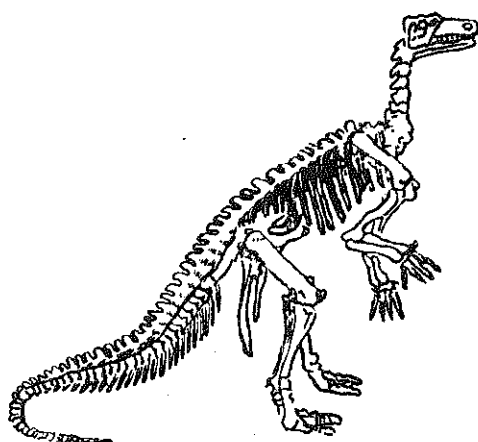


Fig. 77.—*Iguanodon* (de 10 m. de longitud). Cretácico.



Fig. 78.—*Gigantosaurus* y *diplodocus*. El primero tenía 48 metros de longitud por 6,60 de altura; el segundo 25, por 3. (S. Miguel de la Cámara y Ferrando).

los *Iguanodontes* (fig. 77), *Gigantosaurus* (fig. 78), *Diplodocus* y *Estegosaurus*.

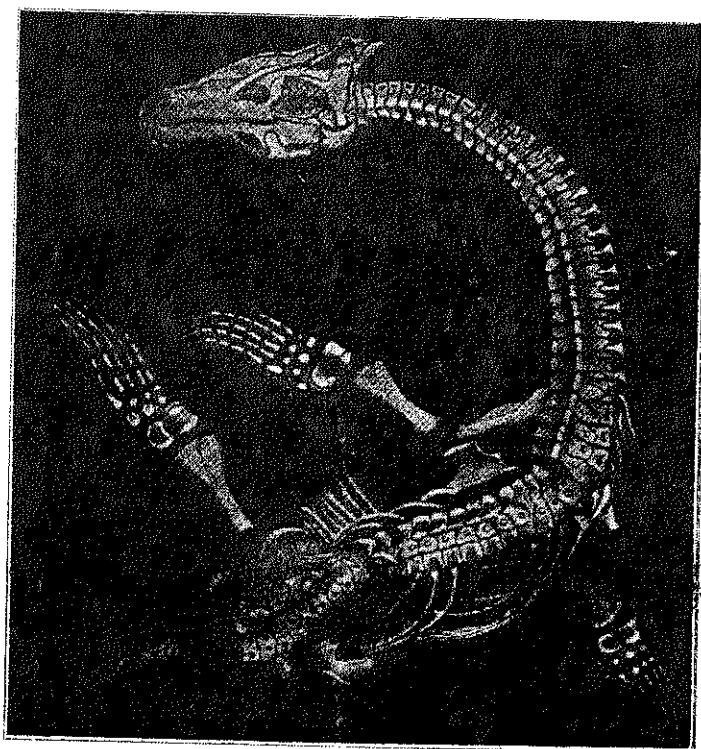


Fig. 71. a. — Plesiosauro, reptil nadador del jurásico que
medía alrededor de 10 m. de longitud.

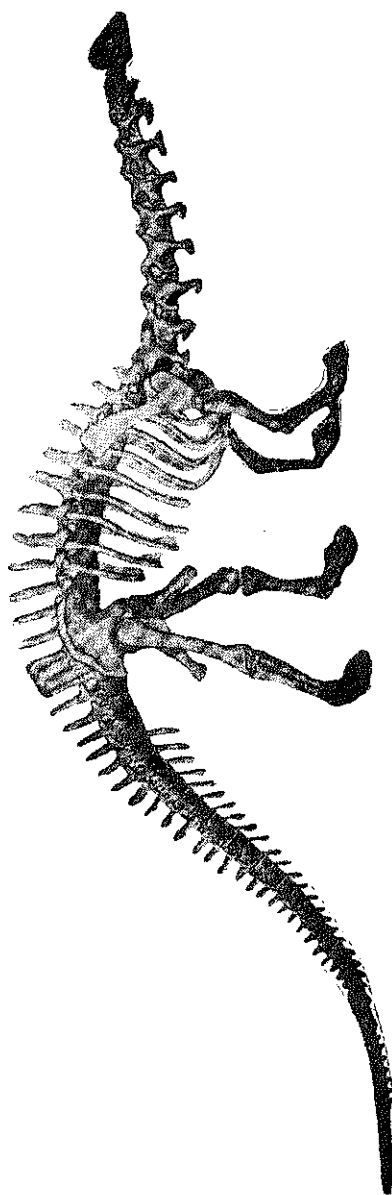


Fig. 71, b.—Brontosaurus, reptil andador del jurásico que llegaba a medir 18 m. de longitud.

ERA TERCIARIA O CENOZOICA (1)

Durante esta era los relieves del mundo sufren profundas transformaciones y adquieren, por fin, un aspecto semejante al que representan los mapas actuales. Numerosas manifestaciones de la actividad volcánica. Surgen las cadenas montañosas más grandes que existen actualmente. En la fauna y en la flora existen ya muchas de las formas de nuestros días. Los foraminíferos llamados *Nummulites* (por su forma discoidea, semejante a una moneda) se desarrollan prodigiosamente, así como los mamíferos. Esta era se divide en dos períodos: *eógeno* (que comprende las épocas *eocena* y *oligocena*) y *neógeno* (al que pertenecen las épocas *miocena* y *pliocena*).

Eógeno (2)

Las calizas numulíticas se presentan formando enormes bancos.

Carácter paleontológico.—Los *Nummulites* son los más característicos entre los fósiles marinos de este

(1) *Cenozoica* deriva del gr. *kainos*, reciente, y *zoon*, animal.

(2) Del gr. *eos*, aurora, y *gennao*, yo engendro.

período (fig. 79). Entre los animales terrestres se citan algunos équidos de varios dedos en los pies, como los *Phenacodus*. El *Xyphodon* (fig. 80) y el *Palaeotherium*

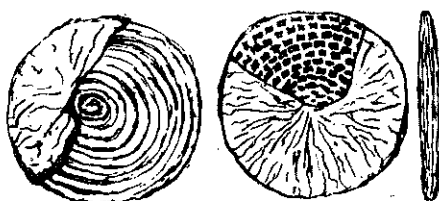


Fig. 79.—Nummulites, Eógeno.

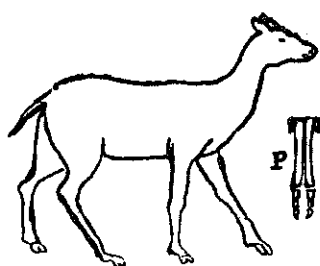


Fig. 80.—Xyphodon gracile. P, pata anterior de Xyphodon. Eógeno.

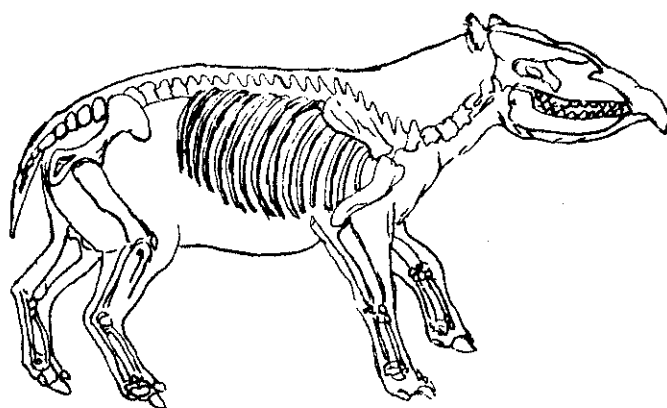


Fig. 81.—Palaeotherium magnum. Eógeno.

(fig. 81) son también mamíferos del Eógeno. Existen Simios antropomorfos (*Propliopithecus*).

Neógeno (1)

Las formaciones marinas de este período son principalmente litorales. Los Continentes van alcanzando la forma actual.

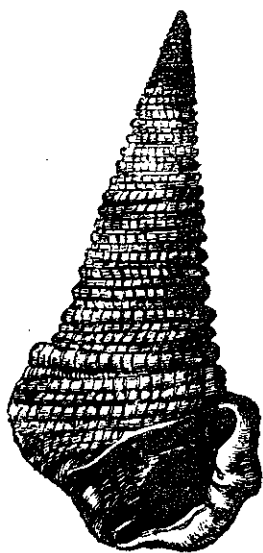


Fig. 82.—*Cerithium margaritaceum* Bröcchi. Neógeno.

Fig. 83.—*Amphistegina* Haueri d'Orb. Neógeno.

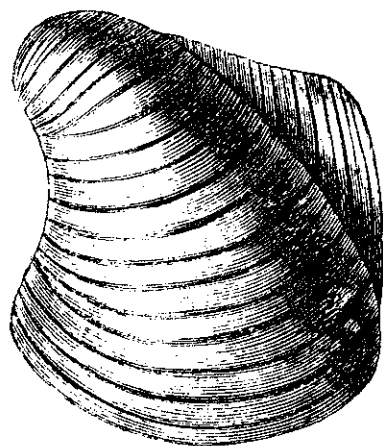
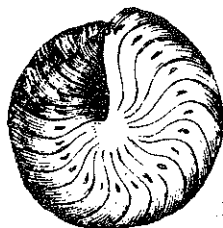


Fig. 84.—*Congeria subglobosa* Partsch. Neógeno.

Carácter paleontológico.—Como animales característicos se citan el *Cerithium margaritaceum* (fig. 82), *Amphistegina Haueri* (fig. 83), *Congeria subglobosa* (fig. 84), los

(1) Del gr. *neos*, nuevo, y *gennao*, yo engendro.

équidos *Anchitherium* e *Hipparium* (fig. 85) y los probos-

Fig. 85.—*Hipparion* gracile; c, pata posterior del caballo actual; h, id. de *Hipparion*. Neógeno.

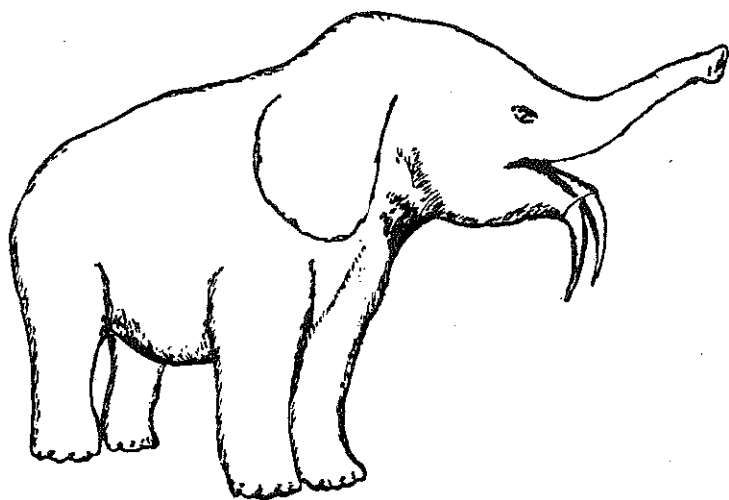
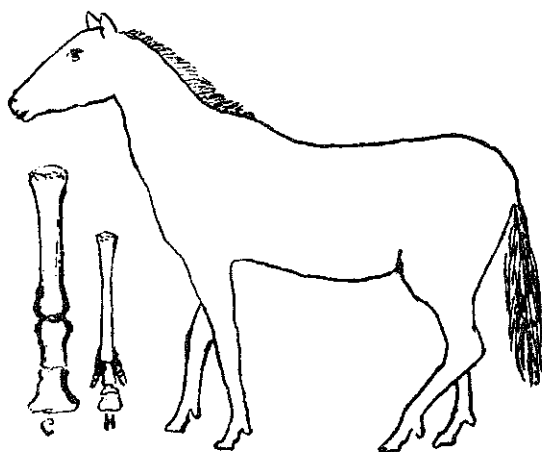


Fig. 86.—*Dinotherium*, gigantesco proboscideo del Neógeno, el mayor de los maníferos que ha habido en la Tierra (5 m. de altura y 6,50 de largo). Tenía dos defensas encorvadas abajo y atrás en la mandíbula inferior.

cídeos *Dinotherium* (fig. 86), *Mastodon* y *Elephas*

meridionalis. Es también de este tiempo el antropomorfo *Driophitecus*.

Plegamiento alpino.—Durante la era terciaria se produjo el movimiento orogénico que dió lugar al levantamiento de los Pirineos, de la Cordillera Ibérica, de los Alpes, del Himalaya, de los Andes, etc...

ERA CUATERNARIA O ANTROPOZOICA (1)

La era cuaternaria empieza por el desarrollo del glaciario en Europa. Como la Geografía se había constituido ya casi en la forma en que se halla actualmente, las formaciones cuaternarias que pueden estudiarse son principalmente continentales. Tales son los depósitos de *facies glacial*, como morrenas, cantos erráticos y lodo glacial; de *facies fluvial*, como arenas, gravas, toba, etc.; y *edólica*, como el *loes*, que es una roca amarillenta e incoherente formada por polvo finísimo y que recubre extensos territorios al sur de Inglaterra, en Francia, Bélgica, Europa central y oriental, China, etc.

La era cuaternaria se ha dividido en dos períodos: *Pleistoceno* y *Holoceno*. El Pleistoceno (del gr. *pleistos*, más numeroso, y *kainos*, reciente) abarca la primera etapa hasta la última retirada de los glaciares; y el Ho-

(1) De gr. *antrophos*, hombre.

loceno (del gr. *olos*, todo), desde esa época hasta nuestros días.

Durante el *Pleistoceno* tuvieron lugar en Europa cuatro grandes expansiones glaciales (1) o épocas en que el recrudecimiento del clima dió por resultado una extraordinaria extensión de los glaciares, los cuales descendían de las altas montañas avanzando hasta regiones muy distantes de los glaciares de nuestros días. Se ignoran las causas del recrudecimiento del clima en aquellas épocas. A este propósito conviene tener en cuenta que bastaría el descenso de la temperatura media anual en unos 6° para que en nuestros días se reprodujeran fenómenos glaciales análogos a los de Pleistoceno.

No sólo las altas cordilleras y sus estribaciones (Alpes, Pirineos, Cordillera Cantábrica, Montes Ibéricos, Sierra Nevada, Meseta Central de Francia, Vosgos, Jura, etc.), sino también los países y mares del norte de Europa se hallaban cubiertos de espesa capa de hielo y nieve cuyo borde meridional pasaba por el sur de Inglaterra, Holanda, Norte de Alemania y

(1) Juzgo preferible el empleo de la palabra *glacial*, como adjetivo, en vez de *glaciar*, no sólo porque tiene sus precedentes en obras de geólogos eminentes sino también porque se presta a menos confusiones, puesto que la palabra *glaciar* está consagrada ya por el uso para designar las masas de hielo resultantes de la transformación de la nieve de las altas montañas.

centro de Rusia (fig. 87). Así lo atestiguan las formaciones erráticas (enormes cantos de granito, por ejemplo) que se observan en los parajes llanos de esos países, y



Fig. 87.—Mapa de Europa durante el Cuaternario antiguo. Según algunos, el estrecho de Gibraltar estaba abierto antes de la era Cuaternaria.

cuyo origen sólo cabe señalar en las montañas de Escandinavia, de donde un ancho glaciar las fué irradiando en

diversas direcciones. Se calcula que el espesor de esta masa helada alcanzaba en aquella península alrededor de 2.000 metros. Esa extensa cubierta de hielo o escudo glacial ha sido llamada por los geólogos con el nombre de *Inlandsis*.

Las cuatro glaciaciones o épocas glaciales que ha habido en Europa durante el Pleistoceno, se denotan con nombres tomados de los de otros tantos ríos alpinos, a saber: *Günziense*, *Mindeliense*, *Rissienne* y *Würmiense*. De la actividad de los glaciares pleistocénicos nos dan una idea las enormes acumulaciones de cantos, arenas y gravas que yacen alrededor de muchas cordilleras. De los escombros acumulados al pie de los Alpes se ha calculado que la erosión glacial rebajó la altura de aquellos montes en unos 400 ó 500 metros. La glaciación máxima corresponde al *Mindeliense*, en que el nivel de las nieves perpetuas estaba a 1.300 m. más bajo que hoy.

Los intervalos o épocas interglaciales que mediaron entre las cuatro glaciaciones, estuvieron caracterizados por climas benignos.

La existencia de fases glaciales, con sus correspondientes interglaciales, aparece confirmada en los estratos cuaternarios superpuestos, de los que unos denotan, tanto por su constitución como por la flora y fauna que contienen, un origen glacial; mientras que otros intermedios revelan climas templados o benignos.

Algunas regiones no afectadas por el glaciario presentan huellas inequívocas de extensas e impetuosas corrientes de agua que formaron en los valles grandes depósitos de arenas y gravas. Lo cual demuestra que en aquellos tiempos los hidrometeoros habían desarrollado —en ciertas zonas cuando menos— actividad extraordinaria. Numerosas terrazas, restos de aluviones pleistocénicos, pueden observarse todavía en los flancos de muchas montañas entre las cuales ahondaron sus cauces los torrentes. Cauces por donde discurren los ríos actuales.

La flora y la fauna pleistocénicas son distintas, según se trate de épocas glaciales o interglaciales.

La flora glacial del centro de Europa se halla representada por *Salix polaris*, *Dryas octopetala*, *Betula nana*, etc... En cambio, durante los períodos interglaciales vivían en las regiones del N. de Francia y Alemania ciertas plantas, como la higuera, el boj, el tilo, el nogal y otras, que hoy crecen en zonas más meridionales. El conjunto de la flora de los períodos interglaciales revela que la temperatura media anual de algunas regiones de Europa era más alta que la de hoy en dos o tres grados, lo que hace suponer que el nivel de las nieves perpetuas estaba a unos 400 m. más arriba que en la actualidad.

La fauna glacial de Europa comprende algunos paquidermos ya extinguidos, como el Mamut o elefante

lanudo (*Elephas primigenius*—fig. 88) y el rinoceronte lanudo de narices tabicadas (*Rhinoceros tichorhinus*), y otras especies árticas o subárticas, como el antílope saiga, el zorro azul, el reno (*Rangifer tarandus*), la foca, etc...

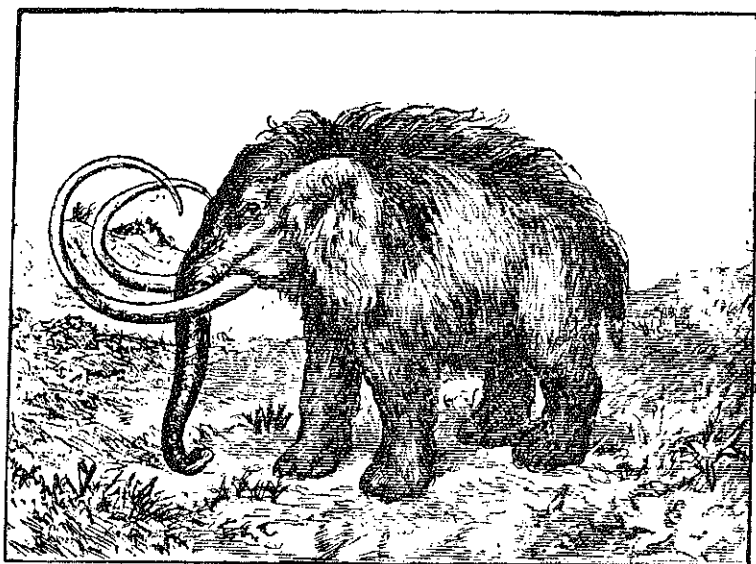


Fig. 88.—Mamut.

Durante los períodos interglaciales existieron varias especies propias de clima cálido. Tales eran *Elephas meridionalis* y *Rhinoceros etruscus* (del primer período interglacial), *Elephas trogontherii* (del segundo período interglacial), *E. antiquus*, *Rhinoceros Merckii*, *Hippopotamus major*, *Corbicula fluminalis* (actualmente vive en los ríos de Siria y Egipto), etc.

Vivieron, además, en Europa durante el Pleistoceno otras especies indiferentes al clima, como el oso de las cavernas (*Ursus spelaeus*), el león de las cavernas (*Felis spelaea*), la hiena de las cavernas (*Hyaena spelaea*),

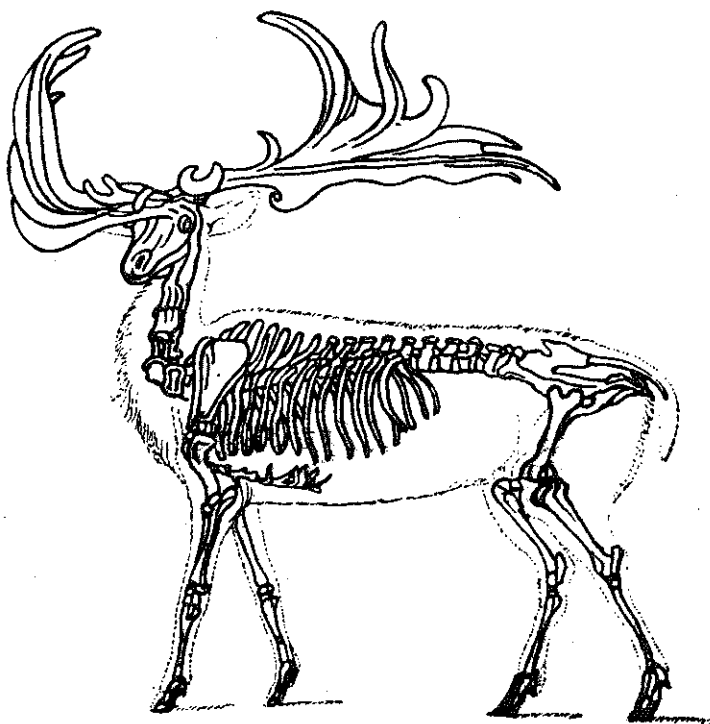


Fig. 89.—Ciervo gigante (*Cervus megaceros*).

el toro salvaje (*Bos primigenius*), el bisonte (*Bos priscus*), el ciervo común (*Cervus elaphus*), el ciervo gigante (*Cervus megaceros*—fig. 89), el corzo (*Cervus capreolus*), el jabalí (*Sus scrofa ferus*), etc.

El hecho más importante del Pleistoceno es, sin duda, la aparición del hombre, de donde se ha llamado antropozoica a la era cuaternaria (del gr. *anthropos*, hombre).

La raza humana más antigua que conocemos hasta hoy—la del *Homo heidelbergensis*—aparece en el segundo período interglacial. Después pueblan Europa sucesivamente las razas del Neandertal (*Homo neandertalensis* o *primigenius*) y de Cro-Magnon (*Homo sapiens*, var. *fossilis*). De las tres razas la que más se parece al hombre actual (*Homo sapiens*, var. *recens*) es la última. En muchos estratos cuaternarios aparecen asociados a la fauna y flora pleistocénicas los restos fosilizados del hombre y de su industria, restos cuyo estudio forma parte de la *Prehistoria*.

El retroceso de los glaciares, después de la última glaciación, se hizo por etapas y oscilaciones varias hasta que el extremo inferior de las nieves perpetuas se retiró al nivel actual (3.000 m. en la parte meridional de los Alpes y de los Pirineos). Entonces desaparecieron varias especies cuaternarias, como *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Cervus megaceros*, *Ursus spelaeus* y otras.

El *Holoceno* o la actualidad geológica se caracteriza por un clima más templado. Por lo demás, los aluviones de los ríos, la sedimentación marina y lacustre, el *humus*

o tierra vegetal, el amontonamiento de arenas y guijarros al pie de los escarpes y las concreciones estalagmíticas de las cavernas continúan formándose en nuestros días, aunque no todos con la misma intensidad y extensión con que lo hicieran durante el *Pleistoceno*.

EL MUNDO Y LOS SERES VIVIENTES

La teoría de Laplace, cuyo esquema puede verse en otro lugar (pág. 53), ha servido de base a las teorías cosmogónicas posteriores. Sus elementos han sido aprovechados hábilmente para nuevos ensayos. Pero el proceso evolutivo del sistema solar, tal como había sido ideado por Laplace, no satisface plenamente las exigencias de la ciencia actual, y aun puede decirse que ha sido definitivamente abandonado en algunos de sus aspectos.

Según las ideas hoy predominantes, se supone que en tiempos remotísimos los espacios estaban colmados de tenue y enrarecida neblina de corpúsculos eléctricos—positivos y negativos. No había luz todavía.

Las partículas eléctricas, por sus mutuas atracciones, formaron en diversas regiones del espacio pequeños agregados que desde aquel momento constituyeron otros tantos centros de condensación.

Alrededor de estos primitivos conglomerados la gravitación fué arracimando la masa granular circundante.

Así quedó fragmentada y distribuída la materia cósmica en universos-islas o nebulosas, cuyo número, según cálculos recientes, no baja de dos millones. Las más lejanas de estas nebulosas conocidas hasta hoy distan, según Hubble, 150 millones de años de luz.

Las nebulosas, en virtud de movimientos rotatorios, adoptaron formas lenticulares y ensortijadas en espiral.

La misma gravitación contribuyó también a formar en las nebulosas otras condensaciones—condensaciones estelares. Así como en diversos puntos de una nube se forman, por condensación, gotas de agua, así también en diversas zonas de una nebulosa se concentran esas masas gaseosas que son las estrellas. Una nebulosa, pues, se resuelve en estrellas.

Tal ocurrió en la nebulosa o universo-isla llamado *Galaxia* (Vía Láctea), de que forma parte nuestro Sol con su cortejo de planetas y cuyo diámetro se calcula entre los 100.000 y 300.000 años de luz.

Y la actividad de innumerables partículas eléctricas, apiñadas en el seno de grandes masas, se manifiesta desde entonces en forma de luz y de calor que se irradian por los espacios.

De una de aquellas primitivas estrellas surgieron los planetas de nuestro sistema solar. ¿Cómo? Recuérdese otra vez la teoría de Laplace. Pero ya he dicho que algunos detalles de esa teoría no satisfacen las exigencias

actuales. En una masa gaseosa, animada de movimiento de rotación, no se forman anillos ecuatoriales separados, como supuso Laplace.

Hay quien explica la formación de los planetas como un fenómeno originado a consecuencia de haberse aproximado dos estrellas, siendo una de éstas nuestro Sol. Una tal aproximación debió provocar en éste enormes mareas, protuberancias y surtidores de materia gaseosa que, desgajándose del núcleo, formaron astros aparte—los planetas.

Mediante un proceso análogo, la atracción del Sol desgajó de la Tierra una gran masa que vino a formar la Luna.

* * *

En las páginas precedentes hemos podido ver que la vida—el proceso de la vida orgánica—ha tenido un principio. Hubo un tiempo en que no había seres vivientes. Aquellas tumultuosas precipitaciones químicas en el seno de masas fluídas incandescentes, y los innumerables surtidores de gases ardientes que borbollaban impetuosos sobre la Tierra, no permitían a los elementos materiales asociarse en forma orgánica. Antes, durante la fase nebular, los copúsculos eléctricos no se habían agrupado todavía en átomos. Más tarde, formados ya los átomos,

éstos continuaron por largo tiempo aislados, sin que les fuera posible formar estructuras más complejas. Así, pues, los átomos de carbono no podían organizarse todavía en grupos apropiados, ni constituir, por lo tanto, edificios adecuados para la vida. Diluvios torrenciales de radiaciones diversas (lumínicas, caloríficas, ultrapenetrantes) se oponían a ello. Pero un accidente, al parecer insólito, introdujo en una región del Cosmos, hoy ocupada por el sistema solar, una parcelación de materias tal que acarreó una rápida disminución de toda actividad radiante. Lo cual produjo en este rincón del Universo que llamamos Tierra condiciones adecuadas para un posible desarrollo de la vida. Y un día apareció en nuestro planeta algo nuevo: un ser viviente. La fase orgánica habíase iniciado. Y la nueva forma de actividad floreció en innumerables especies de plantas y animales durante miles y millones de años (1). Finalmente vino a la vida el hombre, ser excepcional, capaz de captar con su inteligencia, no sólo las especies sensibles, sino también la estructura interna del mundo; que elabora conceptos que trascienden los fenómenos; que descubre el campo de la Metafísica y da un sentido racional a todas las cosas; que en lo presente contempla lo pasado y

(1) Según los cálculos de algunos geólogos de los más moderados, la fase orgánica ha durado 20.000.000 de años.

preve lo futuro; que crea nuevas formas—las producciones culturales—y las hace progresar indefinidamente.

* * *

¿Cómo surgió la vida? ¿Cuáles fueron los factores que elaboraron el primer ser vivo? A esto se ha dado una contestación categórica: que las fuerzas físicas, convenientemente acondicionadas, son capaces de producir organismos vivientes. Pero ni la observación de la Naturaleza ni los ensayos de laboratorio han suministrado un solo dato que corrobore tal hipótesis. De todos los campos accesibles a nuestra experiencia queda excluída la generación espontánea o equívoca. Y, por lo mismo, no debería ser sostenida como hipótesis científica. Con todo, las teorías antiespiritualistas modernas que forman ambiente, le otorgaron derecho de ciudadanía entre muchos cultivadores de las ciencias naturales, procurándole una base metafísica.

Conviene advertir que el hombre empieza a conocer los fenómenos vitales en sus formas más excelsas—sensación, intelección, volición—, no por la observación del mundo físico, sino recurriendo a un orden más trascendental. Es ya antigua aquella observación del biólogo Al. Herzen: «estudiarán los fisiólogos, durante siglos, los nervios y el cerebro, y todavía no habrán llegado a

formarse la más pequeña idea de lo que es sensación, si ellos mismos no han experimentado subjetivamente tales estados de conciencia» (1). Es decir, que no podemos hallar la sensación, empleando los mismos procedimientos y recorriendo los mismos caminos por los que llegamos a los demás fenómenos del mundo corpóreo. Lo cual demuestra, desde luego, que la realidad sensible no constituye todo lo real. El fenómeno vital consciente se halla, pues, situado en un campo extraño al en que se manifiesta ordinariamente la causalidad física. No hay que pensar, por lo tanto, que el problema del origen de los seres vivos es simplemente el de la materia organizada, sino que implica muy principalmente la génesis de ese epifenómeno que llamamos vida. Y la palabra espontogénesis, referida al origen de los seres vivientes, como si éstos fuesen meramente producto de fuerzas físicas, no tiene sentido.

* * *

A partir de la era eozoica la vida se desarrolló en una maravillosa floración de plantas y de animales durante largo período de tiempo.

Los documentos paleontológicos atestiguan que muchos grupos faunísticos que los naturalistas llaman especies, dotados de gran variabilidad, han procedido unos

(1) *Le Cerveau et l'activité cérébrale*, p. 34. Lausanne, 1887.

de otros mediante lentas transformaciones. Pero esta variabilidad de las especies no ha sido ilimitada. Las transformaciones se han verificado dentro de ciertos límites, y muchos grupos zoológicos han nacido, se han desarrollado y extinguido independientemente unos de otros, sin que hayan tenido relación genética entre ellos ni puedan ser considerados como ramas derivadas de un tronco común. Existen, pues, grupos naturales independientes que en el espacio y en el tiempo han conservado sus caracteres de modo invariable. El transformismo, pues, que no puede tener aplicación en este caso, es insostenible. Mas, dentro del grupo, las modificaciones han sido numerosas, y han dado lugar a múltiples variedades y especies sistemáticas que han pululado prodigiosamente en las edades geológicas. Todo conduce a pensar que un plan único, diversamente escenificado, ha presidido el desarrollo de la fase orgánica, en el que las especies han hecho su aparición, unas simultáneamente y otras en momentos sucesivos. El hombre ha sido el feliz coronamiento de esta obra grandiosa, como género aparte con rasgos que le separan hondamente de los demás grupos naturales.

esta
Las
ertos
han
de
ellos
un
pen-
ado
ues,
ble.
me-
es-
nte
asar
ha
las
e y
eliz
arte
más

SEGUNDA PARTE

GEOLOGÍA
DEL
PAÍS VASCO

FISIOGRAFIA DEL PAÍS VASCO

OROGRAFÍA

El país vasco abarca las dos vertientes de los Pirineos occidentales desde el pico de Anié hasta el golfo de Gascuña y la Sierra Salvada. Comprende, pues, dos regiones: una continental y la otra, más extensa, peninsular. Aquí tratamos de esta última.

La superficie del país vasco peninsular es de 17.601,45 kms. cuadrados, distribuidos en la forma siguiente: Navarra, 10.506,37 kms.; Alava, 3.044,92; Vizcaya, 2.165,46; Guipúzcoa, 1.884,71.

El levantamiento pirenaico, que se inició a principios de la era terciaria, afectó profundamente al territorio vasco, produciendo numerosos pliegues entrantes y salientes, lo cual, unido a los muchos surcos debidos a la erosión o desgaste de las rocas, imprimió a gran parte del país un aspecto sumamente accidentado.

Las crestas del Pirineo vasco y con ellas la divisoria de aguas, se hallan orientadas de E. a W., dividiendo el país en dos zonas correspondientes a ambas vertientes—oceánica y mediterránea—de la citada cordillera. A la primera zona pertenecen toda Guipúzcoa, casi toda Vizcaya y pequeñas porciones de Alava y Navarra. Lo restante se halla en la vertiente mediterránea. Las cumbres y los puertos más elevados están en la misma divisoria de aguas o en regiones muy próximas a ella.

En el siguiente cuadro se pueden apreciar las altitudes de las montañas y pasos naturales más importantes.

Cumbres y puertos de la divisoria de aguas y de sus cercanías	Altitudes en metros	Cumbres y puertos de la vertiente cantábrica	Altitudes en metros
Pico de Anié.....	2.500	Peña de Ernio.....	1.064
Puerto de Arlas.....	2.062	Peña de Ustúre.....	742
Pico de Ori.....	2.017	Lañunafi (Aralar).....	1.424
Orzanzurieta.....	1.570	Murumendi.....	894
Puerto de Ibañeta ...	1.065	Izañaitz.....	891
Collado de Maya.....	602	Anduz.....	610
Lañun.....	900	Udalatz.....	1.082
Peña de Aya.....	835	Santa Eufemia (Aulestia).....	701
Irumugarieta (Aralar).....	1.427	Oiz.....	1.041
Puerto de Otzaurte...	607	Ganekogorta.....	1.006
Aizkofi.....	1.544	Solube.....	684
Puerto de Arlabán...	616	Cumbres de la vertiente mediterránea	
Amboto.....	1.361	Iga de Monreal.....	1.298
Collado de Urkiola ...	688	Beriain.....	1.485
Gorbea.....	1.538	Kapildui.....	1.175
Peña de Aro (Sierra Salvada).....	1.183	Yoar.....	1.421
		Toloño.....	1.263
		Sierra de Bóveda	1.207

A partir de la divisoria de vertientes, las aguas han abierto numerosos barrancos y valles generalmente angostos.

Las llanuras abarcan poca extensión, siendo la mayor la de Vitoria. Algunas vegas de escasa amplitud han sido formadas por los ríos. En la vertiente cantábrica las más importantes son: la del Bidasoa entre Irún y Fuenterrabía; la de Zarauz; la de Loyola; las de Durango, Amorebieta, Abando, Baracaldo y Lamiaco, bañadas por el Ibaizábal; la de Guernica; la de San Juan y San Julián de Muzquiz; la de Orduña, etc. En la vertiente mediterránea las vegas son más numerosas y, en general, más extensas, sobre todo en aquellas regiones, como Miranda de Ebro, San Adrián y Milagro, en cuyas cercanías se incorporan al Ebro los ríos Zadoña, Ega y Aragón respectivamente.

HIDROGRAFÍA

De la crestería de picos y sierras que, formando la divisoria de vertientes del Pirineo, atraviesa la Vasconia, arrancan los ríos principales de este país. Estos llevan, predominantemente, direcciones normales a la de los estratos y, por lo tanto, a la divisoria.

Entre los ríos que surcan la vertiente cantábrica los más importantes son: el *Bidasoa*, que, naciendo en el

puerto de Otsondo, al N. de Maya (según otros, cerca del pico de *Lesete*), desemboca entre Irún y Hendaya; el *Lezo*, cuyo recorrido es muy corto; el *Urumea*, que nace cerca de Zubieta (Navarra) y desagua en San Sebastián; el *Oria*, que, partiendo de las sierras de Aralar y Aizkoñi, va a desaguar en Orio; el *Urola*, que tiene su origen en Aizkoñi y después de recorrer estrechas gargantas y valles angostos, entrega sus aguas al Cantábrico en Zumaya; el *Deba*, cuyo recorrido está comprendido entre Arlabán y el puerto de su nombre; el *Ondárroa*, el *Lea* y el *Guernica*, que, naciendo en las laderas del monte Oiz, van a desembocar, después de cortos recorridos, junto a las playas de Ondárroa, de Lequeitio y de Mundaca o Laida respectivamente; el *Nervión* o *Ibaizabal*, el más importante de Vizcaya, cuyos afluentes principales bañan la planicie de Orduña y los territorios de Llodio, Areta, Miravalles, por un lado, y las vegas de Elorrio, Durango y Amorebieta por el otro, hasta que, unidos en Ariz, forman la ría de Bilbao que desemboca en el Abra de Portugalete; el *Cadagua*, que después de bañar el valle burgalés de Mena y los de Valmaseda, Zalla, Güeñes, Sodupe y Burceña, pierde su nombre en Luchana vertiendo sus aguas al Nervión.

Los ríos de la vertiente mediterránea son tributarios del *Ebro*, cuyo curso coincide, en gran parte, con el límite meridional del país vasco. Tales son: el *Aragón*,

que, formado por diversos afluentes de los que algunos nacen en la zona oriental del Pirineo vasco y otros en Huesca, rinde sus aguas al *Ebro* en las cercanías de Milagro; el *Esca*, que, después de bañar el valle de Roncal, se une al *Aragón*; el *Irati* que, procedente de la falda meridional del pico de Ori, se suma también al *Aragón*, cerca de Sangüesa, después de surcar las tierras de Orbaiceta, Oroz-betelu y Aoiz y recoger las aguas de varios afluentes entre los cuales merece citarse el *Uróbi*, originario de Roncesvalles; el *Arga*, otro de los afluentes del *Aragón*, cuya cuenca está comprendida entre los Alduides y Funes, abarcando la zona media (Pamplona, Puente la Reina, Berbinzana) y N. W. (valle de Burunda y Aralar); el *Ega*, que desciende de las sierras de Toloño y de Enzia, recibiendo diversos afluentes de Urbasa (*Uredeña*) y las Amescoas, para incorporarse al *Ebro* en las inmediaciones de San Adrián; el *Odrón* que nace en los montes de la Berrueza y baña las tierras de Mues, Los Arcos, Lazagurría y Mendavia en cuyas cercanías tributa sus aguas al *Ebro*; el *Zadoña* que, formado por diversos arroyos de Aizkoñi y de Enzia, surca la llanada de Vitoria, atraviesa el boquete de Arganzón y tierras del Condado de Treviño, recibiendo en el camino el caudal de varios afluentes originarios de los montes de Urkiola, Gorbea y Badaya, hasta que confunde sus aguas con las del *Ebro* no lejos

de Miranda; el *Ayuda* que nace en los montes de Arlucea y Oquina, atraviesa el Condado de Treviño y va a unirse al *Zadoña* poco más arriba que la desembocadura de éste; el *Bayas*, que procede de las laderas meridionales de Gorbea y pasa por Murguía, valle de Cuartango y Pobes para desaguar en el *Ebro* cerca de Miranda; el *Omecillo* que recibe varios afluentes procedentes de la sierra de Bóveda y de las laderas meridionales de Sierra Salvada, baña las tierras de Valdegobía y se une al *Ebro* cerca de Puentelearrá.



Fig. 90, a. — Curioso fenómeno de erosión en las rocas calizas de la ladera de *Lañun*, cerca de *Aldabe'ko borda* (Sara).

Fot. J. M. de Barandiarán.

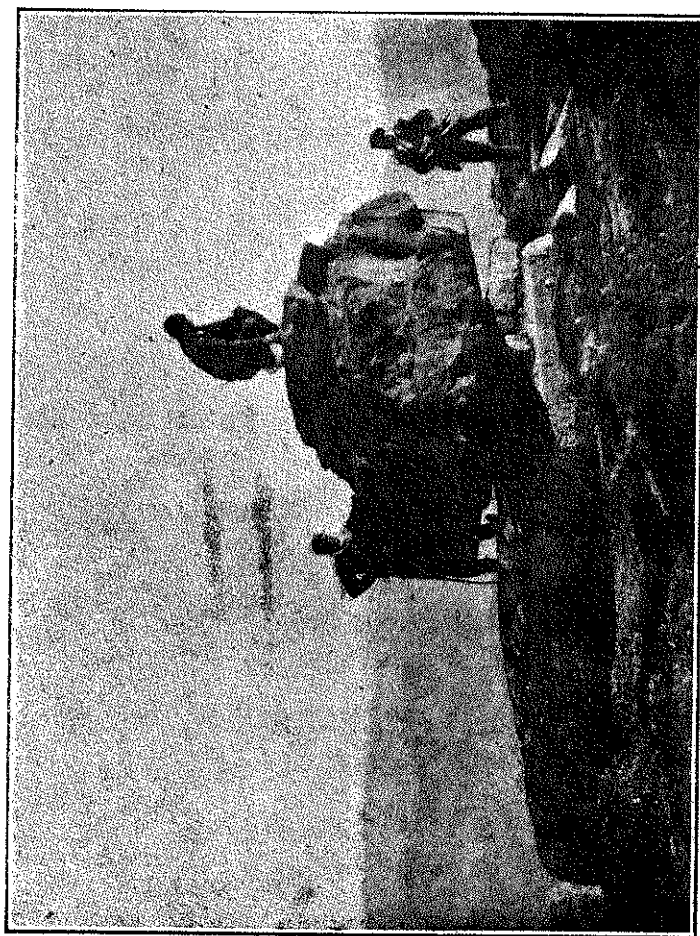


Fig. 90, b. — Añikulunka o piedra oscilante de las cercanías de Elizondo. — Fot. Lázaro Ormariz,

TECTÓNICA E HISTORIA GEOLÓGICA

Hemos esbozado la fisiografía o configuración externa del país vasco. Ahora debemos describir someramente la estructura del subsuelo y la tectónica del mismo, siguiendo el proceso o el orden cronológico de su formación.

Las rocas estratificadas forman casi todo el territorio. Conservan, en general, la dirección E.-W., y sus vertientes meridionales son suaves, mientras que las septentrionales son más abruptas. En medio de ellas asoman, en diversas localidades, varias clases de rocas macizas. En primer lugar trataremos de aquéllas, dejando estas últimas para más tarde.

Para mejor inteligencia de esta breve descripción, téngase delante el mapa geológico que la acompaña. Y el que quiera ampliar los datos que aquí se contienen, puede consultar los trabajos y notas de D. Ramón Adán de Yarza, de D. Fermín Marquina, de D. Vicente Kindelán (*Bol. Inst. Geol. de España*, t. XX, p. 165), de D. Pedro Aranegui, de D. J. M. Susaeta (*Rev.*

Int. de los Est. Vasc., t. XVI, p. 374), de Scheu (*Das kantabrische Gebirge und die nordspanische Riviera*, Leipzig, 1932).

ROCAS ESTRATIFICADAS

ERAS ARCAICA Y ARQUEOZOICA

Los únicos restos visibles de alguna consideración que de las eras arcaica y arqueozoica conocemos en el país vasco, se hallan en la vertiente continental del Pirineo. Son rocas estrato-cristalinas, constituídas por gneis, micacitas y pizarras cloríticas, que están formando el monte *Ursuya* y los territorios de *Hasparren*, *Bouloc*, *Mendiondo*, *Helette* y algunos otros.

ERA PRIMARIA

Hacia S. y W. de la mancha estrato-cristalina los terrenos primarios forman dos zonas de bastante consideración. La primera ocupa, en la región oriental del Pirineo vasco, una estrecha faja que avanza hacia W., para dilatarse después por *Valcarlos* y *Alduides* hasta el monte *Orzanzurieta*, *Roncesvalles* y el puerto de *Valate*. Vuelve a estrecharse hacia *Bidarray*, el monte

Baigura y *Louhossoa*, para extenderse más al occidente formando la segunda zona, en la que se hallan enclavados el monte *Lañun* y los pueblos de *Sara* y *Urdax*, y, ya en la vertiente peninsular, el subsuelo de *Vera*, algunos montes meridionales de *Oyarzun* y las localidades de *Aginaga* (*Irún*), *Lesaca*, *Yanci*, *Aranaz*, *Echalar*, *Sumbilla*, *Arano* y *Goizueta*.

La mancha primaria presenta grandes altitudes y depresiones. De su espesor nos dará una idea el hecho de que en algunos parajes la serie de estratos paralelos yuxtapuestos es muy larga, como sucede en el monte *Loizati* formado por estratos horizontales, el cual mide 900 m. sobre *Goizueta*.

Cámbrico

Al cámbrico han sido atribuídas por *Adán de Yarza* las pizarras silíceas y arcillo-carbonosas que asoman por bajo de las cuarcitas con crucianas en varios lugares, como sucede en el puerto de *Roncesvalles*, en el de *Echalar*, entre *Lesaca* y el monte *Aretxulegi*, en la carretera de *Elizondo* al puerto de *Otsondo* y en las inmediaciones de *Goizueta*.

Silúrico

Al sistema silúrico pertenecen series de pizarras os-

curas que constituyen la mayor parte de la mancha paleozoica antes mencionada. En él se hallan, pues enclavados los montes *Orzanzurieta* y *Astobiskar*, Valcarlos, Arnegui, Esterenzubi, Alduides, S. Esteban de Baigorri, Arano, Goizueta, Aranaz y Echalar. También hay que incluir en el silúrico la mayor parte de los terrenos que rodean la *Peña de Aya* y los montes *Aretxulegi*, *Adula*, *Malmazar*, *Mandoegi* (Berastegui), etc.

Devónico

Son escasos los terrenos del devónico en el país vasco. Se presentan en forma de pizarras calíferas grises o negras y de capas de caliza. Sus asomos más importantes se hallan al W. del silúrico de Alduides, en una estrecha faja que corre por Sumbilla y Azpilcueta y en algunos montes de Oyartzun.

Antracolítico

Los terrenos correspondientes a este sistema forman media docena de islotes dentro de la mancha paleozoica. Uno de los más extensos es el comprendido entre el monte *Lañun* y los pueblos de Vera, Lesaca, Yanci, Echalar y Urdax y el puerto de *Otsondo*. Se halla formado por pizarras negras con lechos carbonosos que alternan

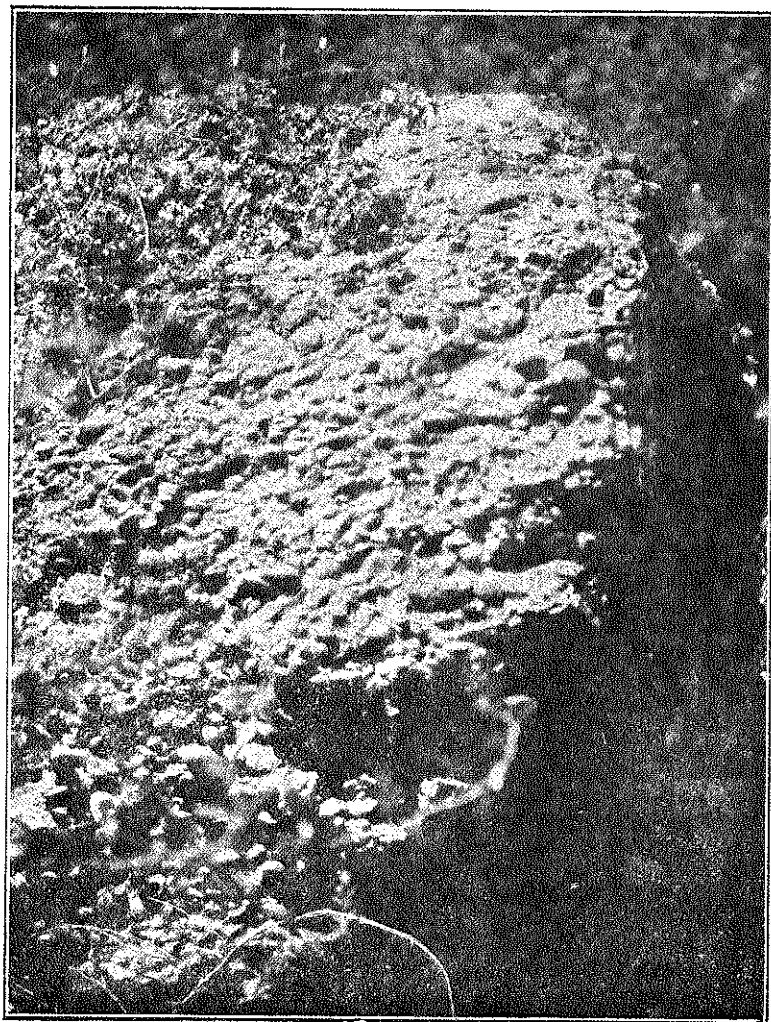


Fig. 91.—Conglomerado rojizo de la ladera de *Lafun*, cerca del caserío *Hudaidia* (Sara).—Fot. J. M. de Barandiarán.

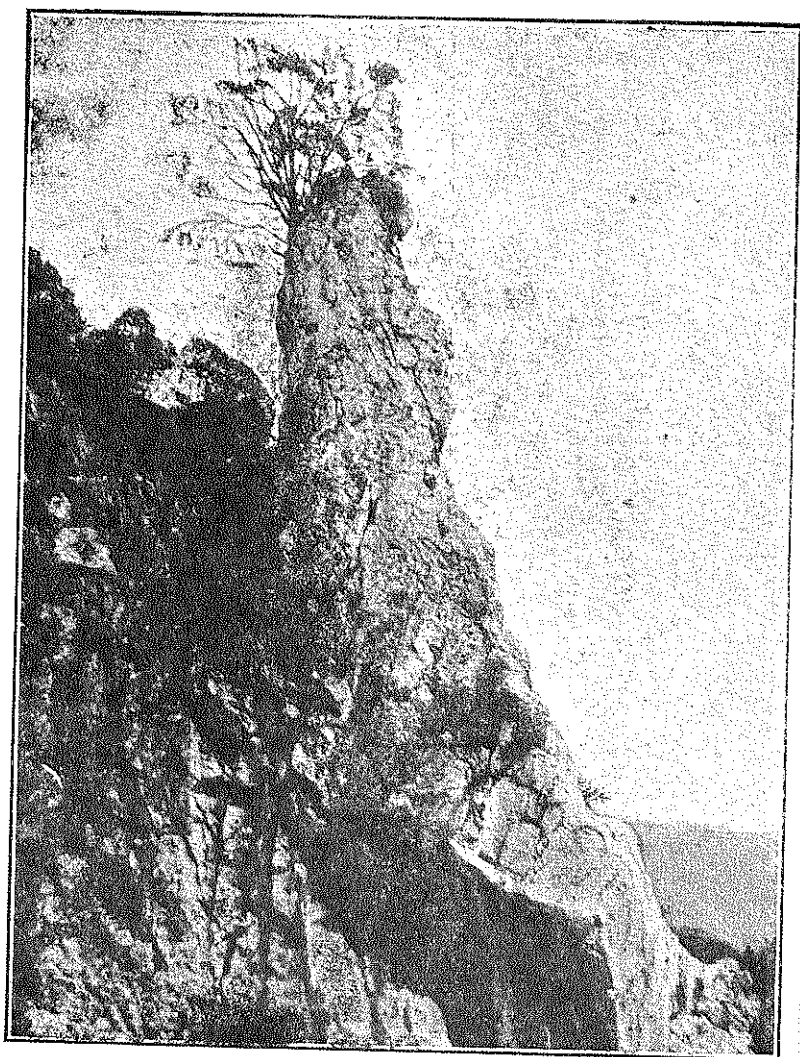


Fig. 92. — *Sansonái* (piedra de Sansón), de las calizas jurásicas de Tolosa.

con pizarras cuarcíferas y pudingas de cemento arcilloso. Contiene fósiles característicos, como *Fusulina*, *Productus*, *Calamites*, *Annularia stellata*, etc.

Otro islote importante es el que se encuentra entre el Baztán, Alduides y el valle de Eugui. Está constituido por pizarras arcillosas y azuladas que alternan en algunos sitios con bancos de caliza.

ERA SECUNDARIA

Las formaciones de la era secundaria alcanzan una gran extensión en el país vasco. Ocupan una zona considerable en Navarra, la máxima parte de Alava y Guipúzcoa y la casi totalidad de Vizcaya.

Triásico

Los sedimentos triásicos se presentan en el país vasco, bien en forma de areniscas micáceas, rojizas, impregnadas de óxido de hierro, bien en forma de conglomerados de cantos de cuarzo. En algunos lugares alcanzan espesores de más de 500 metros. Aparecen generalmente como rocas transgresivas sobre diversas formaciones primarias.

Los terrenos de este sistema forman una mancha anular de contornos irregulares alrededor de la zona paleozoica occidental, alcanzando su máxima anchura en

la región de Elizondo, de donde se prolonga por el Sur hasta el puerto de *Velate*. Desde las cercanías de Sara se extiende una estrecha faja que penetra en Guipúzcoa formando las crestas del monte de *S. Marcial* (Irún) y de *Soloaga*, y pasando por Oyarzun termina al S. W. de esta villa. Esta faja del triásico está comprendida entre la mancha paleozoica y la cretácica, hallándose en estratificación concordante con aquélla y discordante con ésta. Vuelven a aparecer más el W. las rocas del triásico constituyendo los montes *Urdaburu*, *Altxista*, *Adarra* y *Belabieta* y las localidades de Berrobi, Elduayen y Berástegui. Penetran en Navarra, pasando por los pueblos de Ezcurra y Zubieta y comprendiendo casi todo el valle de Baztán. Esta faja se halla, por el lado occidental, cubierta en estratificación concordante por la formación jurásica.

Otra pequeña mancha triásica se extiende entre Aurizperri (Espinal) y Abaurrea Alta. Y otra se halla situada en el extremo meridional de Navarra, entre Fitero y Grávalos.

Jurásico

Los terrenos del jurásico forman una faja poco ancha en Guipúzcoa y Navarra, y rodean la mancha triásica por el Sur y W. Dilátanse hacia S. W. en la

región de Tolosa hasta cerca de Astigarreta. Están constituidos por calizas agrisadas y margas carbonosas, cuyos estratos aparecen en algunos sitios en estratificación concordante con los del triásico y del cretácico.

Mr. Stuart-Menteath señala una mancha jurásica en las cercanías de Oyarzun, y Adán de Yarza habla de otras cuatro: una que asoma en Aizarna, la segunda al E. de Betelu, la tercera en Ramales (Santander) cerca del confín de Vizcaya y la cuarta en Montoria (Alava). El hecho de que en todos esos sitios tan distantes entre sí las rocas jurásicas afloren por debajo de los estratos cretácicos nos indica que el jurásico sirve de base al cretácico en toda la extensión del país vasco.

Cretácico

Los sedimentos cretácicos del país vasco están constituidos por calizas y areniscas, cuyos estratos alcanzan, en conjunto, un espesor de 10 km. por lo menos. Por un lado envuelven la zona ocupada por terrenos de edades anteriores, y por el Sur se hallan limitadas por la gran mancha terciaria que llena la máxima parte de Navarra y, que penetrando por Urbasa y Enzia se extiende a Alava.

La formación cretácica se divide en dos sistemas: *cretácico inferior* y *cretácico superior*.

El cretácico inferior forma en Navarra, Guipúzcoa

y Vizcaya un gran anticlinal, dirigido de SE. a NW., desde el puerto de *Velate* hasta Somorrostro. En su borde meridional se destacan los macizos montañosos de *Aralar*, *Aizkoñi*, *Aloña*, *Gorbea* y *Ganekogorta*. En el borde septentrional se hallan las localidades de *Ciga*, *Labaien*, *Beunza*, *Arraras*, *Gorriti*, *Areso*, *Oreja*, *Lizarza*, *Arama*, *Beasain*, *Ezquioga*, *Zumárraga*, *Anzuola*, *Anguiozar* y el monte *Udalatx*, *Arazola* con el monte *Amboto*, *Mañaria*, *Bernagoitia*, *Bedia*, *Bilbao* y *Somorrostro*.

Existen otras dos manchas del cretácico inferior: una en Vizcaya, comprendida en el triángulo *Marquina—Lequeitio—Mundaca*, con los montes *Igozmendi* (cerca de Marquina), *Ilunzar*, *Atxañe*, *Ogoño* y *Otoyo* y sus estribaciones; la otra en Guipúzcoa con los montes *Arno*, *Anduz*, *Izañaitz*, *Ernio* y *San Marcos*.

El cretácico superior aparece formando tres manchas en el mapa del suelo vasco peninsular: la del N., la central y la meridional. La primera, que se halla en Guipúzcoa y Vizcaya, ocupa todo el territorio no comprendido en esas regiones por rocas de edades anteriores, exceptuando sólo algunas manchas eruptivas y pequeñas zonas terciarias del litoral cantábrico y otras de menor cuantía. Ahora, sin embargo, es cada vez más general la opinión de que gran parte cuando menos de esa

mancha que se ha considerado hasta hoy como del cretácico superior, pertenece al sistema eoceno.

La Mancha central es una faja de contornos irregulares que atraviesa de E. a W. todo el país vasco. Penetra en el extremo oriental del Pirineo vasco abarcando una estrecha comarca, para dilatarse en la región alta de los ríos *Irati* y *Urobi*. Estréchase nuevamente a partir de Erro y atraviesa los valles de *Ulzama*, *Arakil*, y *Burunda*. Vuelve a ensancharse al penetrar en Alava por *Egino*, abarcando hacia occidente una extensa zona en cuyo eje mayor están alineadas las poblaciones de *Salvatierra*, *Vitoria*, *Amurrio* y *Valmaseda*. Las sierras de *Elgea*, *Arlabán*, el lado meridional de la de *Gorbea*, *Arato*, *Badaya*, *Gibijo* y *Salvada* se hallan en esta misma Mancha. Los estratos de cayuelas que constituyen el subsuelo de la *llanada alavesa*, y que pertenecen al último piso del cretácico, alcanzan un espesor de más de 1.000 metros, según se comprobó en el pozo artesiano de *Vitoria* (1).

La Mancha meridional del cretácico superior ocupa

(1) Entre los años de 1877 y 1881 se practicó en la plaza del *Mentirón* o de la *Virgen Blanca* de Vitoria un memorable sondeo con el fin de abastecer de aguas a la ciudad. La perforación, hecha a través de margas y calizas compactas alcanzó la profundidad de 1.021 m. sin que se llegara a capas acuíferas de pizarras y areniscas como se esperaba, hasta que hubieron de suspenderse los trabajos por la rotura del trépano que quedó adherido a las paredes del pozo.

una zona considerable al W. de Estella comprendiendo la región superior del *Ega* y de su afluente *Uredera*, más una estrecha faja que se prolonga por el S. y SW. de Alava. En ella entran, pues, *Montejúta*, las *Amézcoas* y las sierras de *Yoar*, *Izkiz*, *Toloño* y *Arzena*.

ERA TERCIARIA

Casi todas las formaciones terciarias del país vasco se hallan en la zona meridional del mismo, cubriendo grandes superficies. Mucha menor extensión ocupan las que afloran en el litoral cantábrico.

Eoceno

Una extensa mancha del eoceno numulítico avanza en la vertiente sur del Pirineo desde Cataluña hasta poco más allá del límite occidental de Alava. Confinando al N. con la banda central del cretácico superior, y al S. con los terrenos del sistema oligoceno y con los del tramo meridional del cretácico, atraviesa de E. a W. todo el país vasco.

En la zona oriental de Navarra forma una faja ancha y potente, compuesta de tres tramos superpuestos: el primero o inferior, calizo; el segundo, de margas grises; el superior, de areniscas calíferas. Según va avanzan-

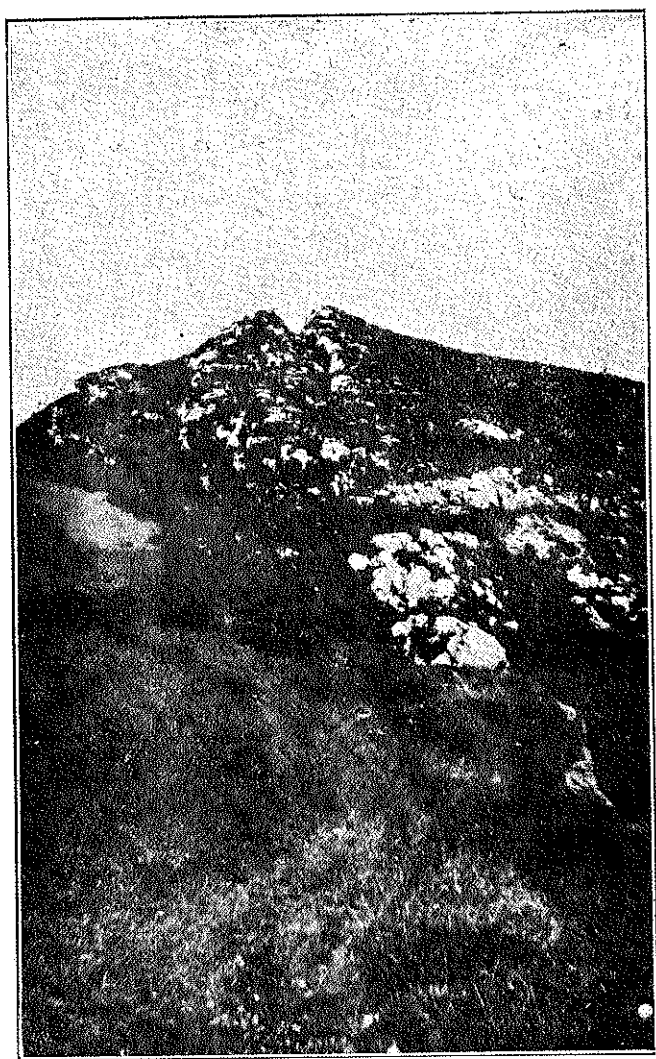


Fig. 93.—*Atxurkulu*, curioso fenómeno debido a la erosión en la cretácica peña de Ogoño (Elantxobe).—*Fot. Terán.*

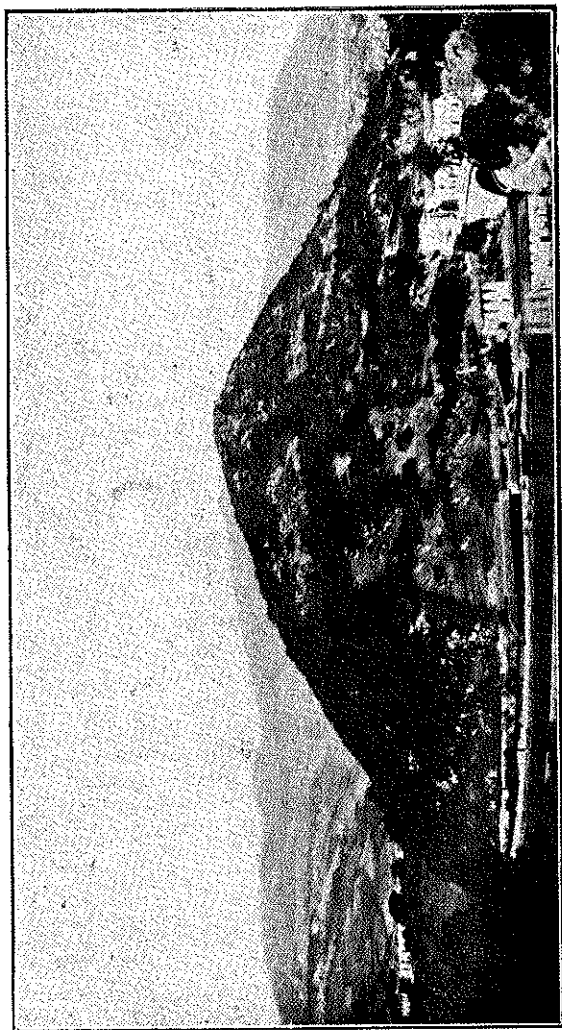


Fig. 94. — Vista del monte *Lumentxa* (cretácico inferior) de Lekeitio, tomada desde la carretera de Mendexa. Al pie del monte se ve el *Lea*. Cerca de su cumbre se abre una cueva, en cuyo interior existe un yacimiento prehistórico y una gravera de coexistencia gonfolítica, probable resto de antigua terraza fluvial. — Fot. J. M. de Barandiarán.

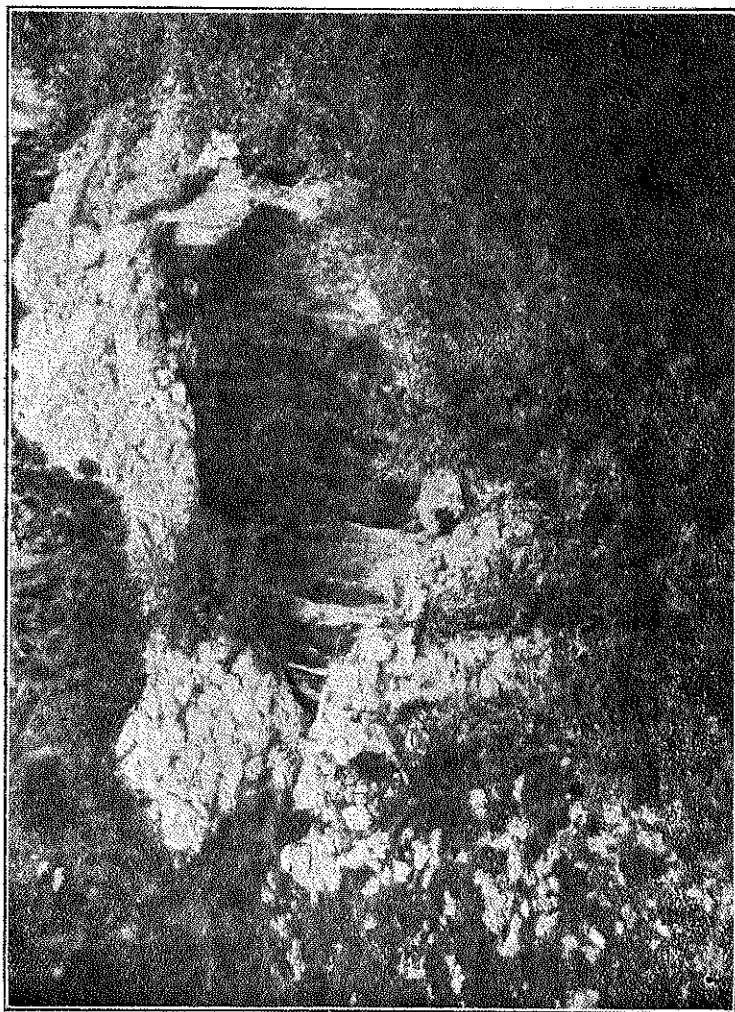


Fig. 95.—*Jentilzubi* (puente de los gentiles), excavado por la erosión en las peñas cretácicas de las proximidades de la cueva de *Balzola* (Dima).—Fot. J. M. de Barandiarán.

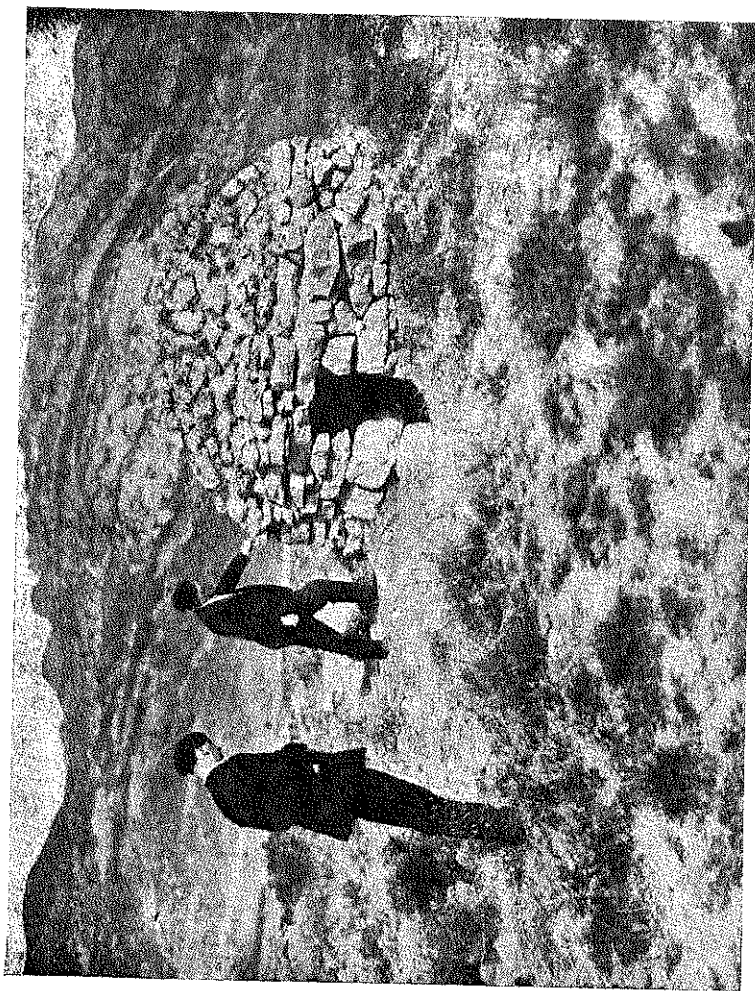


Fig. 96. — Escarpas meridionales de la sierra de Toloño (en el fondo). — Fot. J. M. de Barandiarán.

Fig. 96. — Escarpas meridionales de la sierra de Tolono (en el fondo). — Fot. F. M. de Barandiarán.

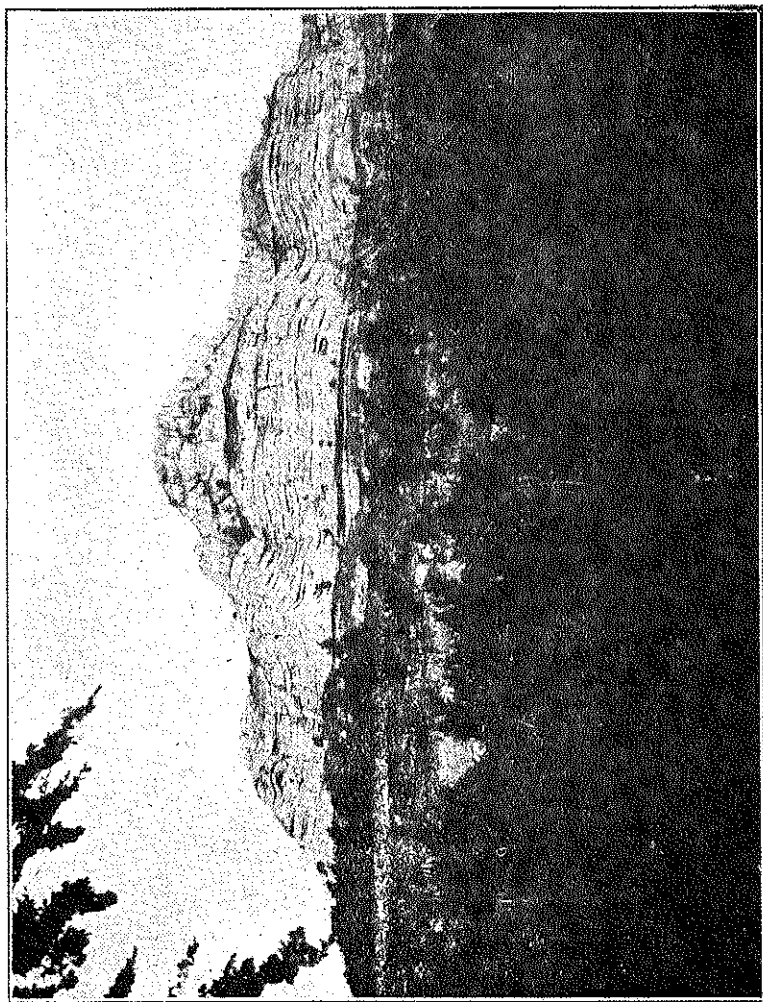


Fig. 97. — Escarpa septentrional de Leguire (sierra de Enzia). — Fot. F. M. de Barandiarán.

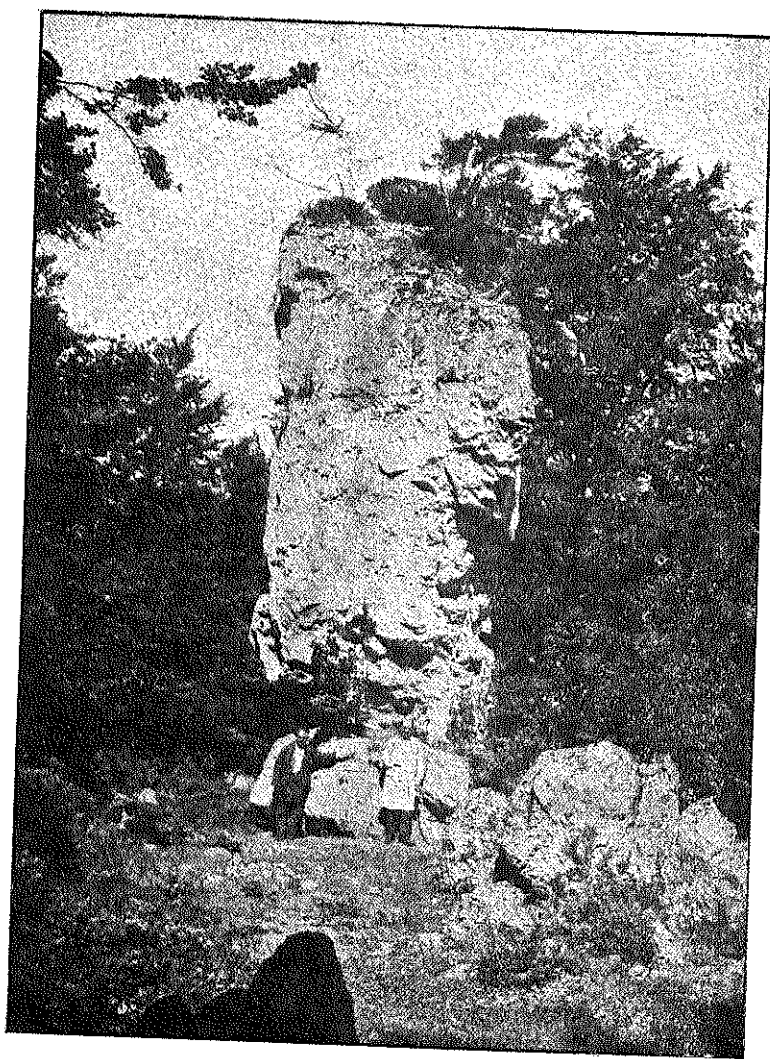


Fig. 98.—Último resto de los numerosos estratos eocenos que la erosión y la denudación han hecho desaparecer en la sierra de Enzia. Peña de roca caliza llamada *Bitxokolafi*.

Fot. J. M. de Barandiarán.



Fig. 99. — Estratos del eoceno de la playa de *Sakoneta* (Itziar—Guipúzcoa). — Fot. J. M. de Barandiarán.

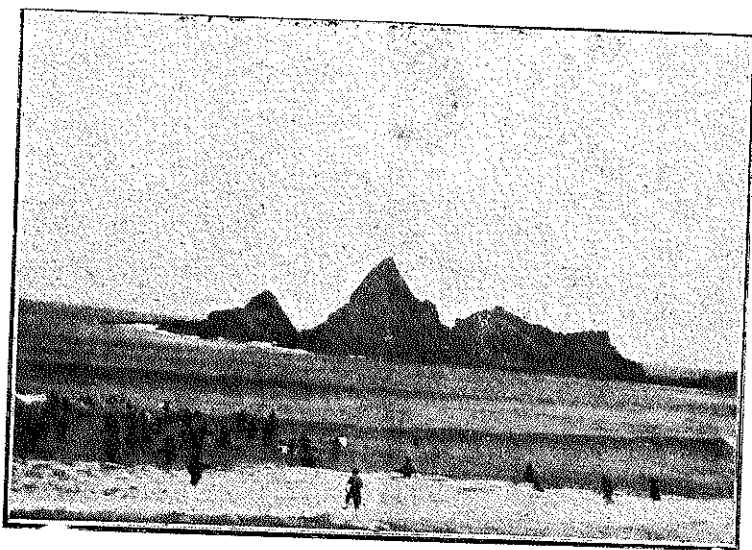


Fig. 100. — *Eskilantxati* o peñas de Satufaran con la playa de su nombre, confín de Guipúzcoa y Vizcaya. Rocas del sistema eoceno. — Fot. J. M. de Barandiarán.



Fig. 101.—Estratos de conglomerados y areniscas en el acantilado de Satufaran.—*Fot. J. M. de Barandiarán.*

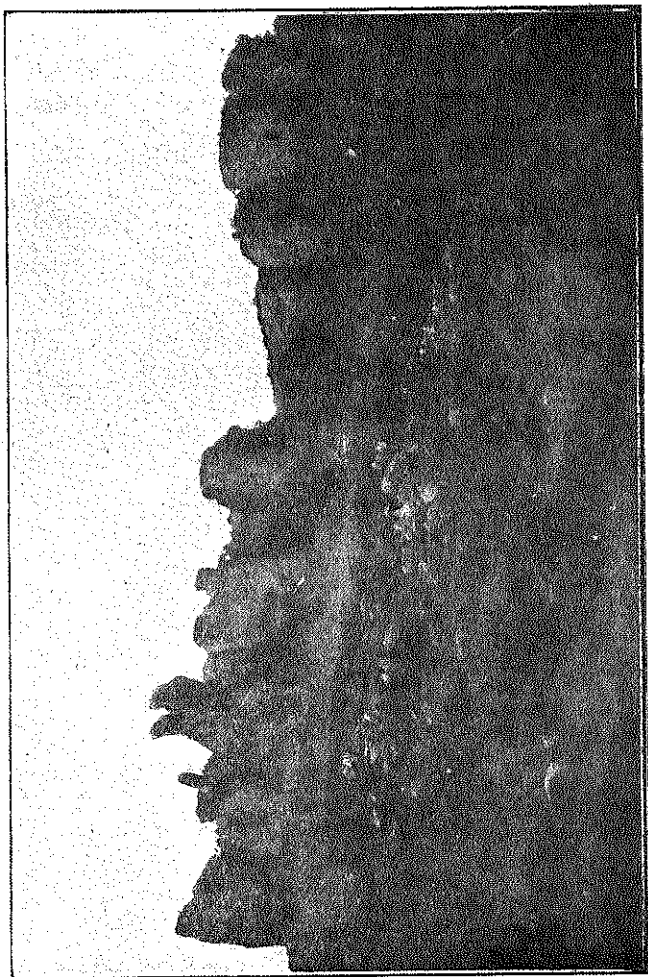


Fig. 102. — Cerro llamado *Urutxu* junto al prado d. *Busturia* (Condado de Treviño).
En una de las peñas de la derecha se ve la boca de una cueva artificial situada a
mucho altura. La roca es arenisca del eoceno. — Fot. J. M. de Barandiarán.

do la mancha hacia W., va disminuyendo en potencia y perdiendo los tramos empezando por el superior. Estréchase, además, en los alrededores de *Atondo*, para prolongarse después por las cumbres de *Beriain*, *Andia*, *Urbasa* y *Enzia*, donde conserva tan sólo el tramo inferior, el cual va siendo también cada vez menos espeso hasta que termina en cuña en los *Montes de Vitoria*. Vuelve a aparecer al N. de Valdegobía para terminar, finalmente, en la provincia de Burgos, no lejos del confín alavés. Se ve, pues, que los sedimentos de esta mancha eocena son regresivos.

Varias manchas del eoceno han sido señaladas también en el litoral vasco. Los acantilados de Biarritz, San Juan de Luz, Guetaria y Zumaya están formados por estratos eocenos con diversas especies de numulites y *Lorenzinia apenninica* y otros fósiles característicos del sistema. A la misma edad corresponden los estratos, casi verticales, con buzamiento septentrional, de la costa de Itziar (Deva), según pude comprobarlo yo mismo junto a la playa de Sakoneta. Lo mismo debe decirse, aunque no con igual seguridad, de las escarpas peñascosas de Satufaran (Motrico). De un modo general el geólogo Menteath consideró como eocenas las areniscas sin fósiles de la costa guipuzcoana.

Ultimamente han sido reconocidas algunas manchas eocenas en Vizcaya, singularmente en Galea, Algorta y

Berango, y se nos asegura que también las hay en Rigotia y Ermua.

Oligoceno

Al sur de la formación eocena de Navarra se presentan los conglomerados, molasas y margas arenosas del oligoceno, con buzamiento generalmente meridional, formando en conjunto una extensa banda que se prolonga desde la frontera de Aragón hasta las inmediaciones de Estella, donde termina en discordancia con el cretácico superior. La facies lacustre de estos sedimentos se halla comprobada por las impresiones y moldes de *Melania*, gasterópodo de agua dulce.

En la región SW. del país, en territorio alavés, reaparece la formación del oligoceno lacustre, abarcando el Condado de Treviño y gran parte de Valdegobía. También aquí los bancos de conglomerados están en la base del sistema, siendo en general de molasa y caliza blanca los tramos superiores. El lago, en cuyo fondo se sedimentaron estos materiales, medía como unos 60 kms. de largo y 20 de ancho, a juzgar por la extensión actual de la mancha oligocena lacustre de Alava.

Mioceno

Los estratos de molasas de color amarillento, que

constituyen principalmente el subsuelo de la Rioja alavesa y de la Ribera de Navarra, son del sistema mioceno de facies lacustre. Contienen moluscos fósiles de agua dulce, como *Limneas*, *Paludinas* y *Planorbis*. Existía, pues, en esas regiones durante el mioceno un lago extenso, el cual se prolongaba por toda la cuenca del Ebro.

Plioceno

Hasta ahora no se conoce ningún terreno de este sistema en el país vasco peninsular.

ERA CUATERNARIA

A esta era pertenecen muchos arenales y graveras que existen en los valles. Tales son los de la llanada de Vitoria, de las cercanías de Miranda, del llano de Orduña, de las vegas de Guernica, Durango y Amorebieta, de las cercanías de Bilbao. Terrenos aluviales o terrazas de ríos cuaternarios existen en las proximidades de casi todos los ríos actuales. Así, cerca del río *Bidasoa*, a unos 15 m. de altura, se halla una terraza visible en el corte del ferrocarril Madrid-Irún, a poca distancia de esta última estación; en Azcoitia y Loyola existen terrazas cuaternarias, a una altitud que oscila entre 12 y 24 m. sobre el río *Urola*; alcanzan 10 m. de altura sobre el río *Deba* las terrazas que hay en las cercanías

de Escoriaza; en una cueva que se abre en el monte *Aizkoltxo* (Mendaro), a unos 20 m. sobre el nivel actual del río *Deba*, existe también una terraza; una antiquísima terraza existe en el fondo de la cueva de *Lumentxa* (Lequeitio) a 60 m. sobre el nivel del río *Lea*; a 15 m. sobre el río *Ibaizabal* hay una terraza en Elorrio; a 10 m. sobre el mismo río hay otra en Apatamonasterio; otra tanta altitud alcanza la que existe en las cercanías de Amorebieta; unos 12-18 m. la de Galdácano y Dos Caminos; y 30 m. la de la vega de Orduña en la margen derecha del río Nervión. El río *Zadoña* ha dejado en el cuaternario antiguo importantes terrazas que pueden apreciarse a lo largo de su cuenca, como sucede, no sólo en las inmediaciones de Vitoria, donde cubren una parte considerable de la Llanada, sino también en Nanclares de la Oca, en Puebla de Arganzón y sobre todo en Miranda de Ebro, donde existen extensos terrenos de aluvión. En Ezquerecocha existe una terraza a 7 m. de altura sobre el río *Bañundia*. En las inmediaciones de Espejo y Bergüenda el río *Omecillo* formó terrazas que todavía subsisten. Más extensas son todavía las masas diluviales que el río *Aragón*, con sus afluentes el *Arga* y el *Zidakos*, depositó en su confluencia con el *Ebro* y en las comarcas próximas. Y este río cubrió con aluviones grandes extensiones de terreno en los alrededores de Tudela.

ROCAS ERUPTIVAS

Granito.—La Peña de Aya es el único macizo granítico que conocemos en el país vasco. Por hallarse metamorfozadas por el granito las pizarras carboníferas próximas, se considera este asomo eruptivo como posterior al período carbonífero. Del mismo modo, el metamorfismo de las areniscas del triásico en su contacto con el granito en algunos lugares de Navarra (en Vera, p. e.), revela que una parte, cuando menos, de la mancha granítica emergió en una época posterior al período triásico.

Ofita.—Los asomos ofíticos son frecuentes. Los más principales de Vizcaya son: el de Guernica que, partiendo de Cortézubi, Arrazua y Ajanguiz, pasa por Rigoutia y Arrieta hasta más allá de Meñaca (16 km. de largo por 3 de ancho); el de Murueta, Busturia y Gauteguiiz de Arteaga; los que existen a ambos lados de la desembocadura del Nervión; el del borde oriental de la planicie de Orduña; el de las orillas del río Butrón entre Fruniz y Fica; el del monte *Motrolo* (entre Murelaga y Guerricaiz), el de Iruzubieta (Marquina) y el de Zaldúa.

En Guipúzcoa la mancha ofítica más importante es la comprendida entre Eibar y Urrestilla (alrededor de 14 km. de largo por 5 de ancho) que atraviesa las cuencas del *Urola* (entre Villarreal y Azcoitia) y del *Deba* (entre Osintxu y Elgoibar). Existe otro asomo en la parte N. y E. de Vergara. El monte *Irimo*, al N. de

Zumárraga, es también de ofita en gran parte; otras manchas menos importantes las hay en los contornos de Tolosa, Alegría, Berrobi, Oyarzun, entre Azpeitia y Beasain (alto de Manduri), etc.....

En Alava existe la ofita al S. de Murguía, en Paqueta, en Montoria, en los alrededores de Maestu y Leorza, en las cercanías de Salinas de Añana, en Conchas de Haro, etc.

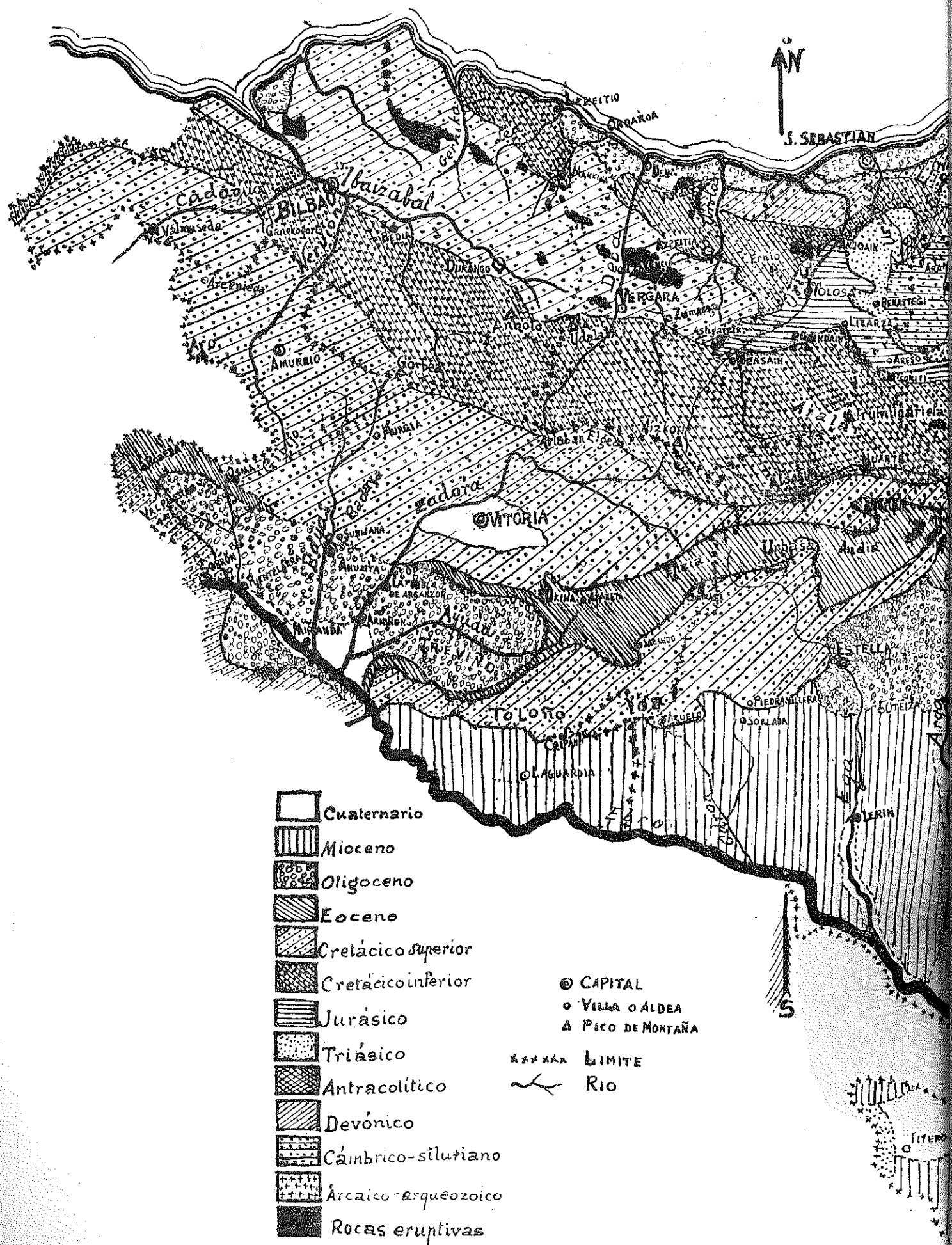
En Navarra hay numerosos asomos ofíticos, entre los cuales merecen citarse los siguientes: entre Urdax y Dancharinea; en el camino de Elizondo a Alduides; el de Salinas de Oro, que parece confirmar la presunción de que en muchos casos los manantiales cloruro-sódicos se hallan en relación con las ofitas; entre Maya y el puerto de Otsondo; el de la bajada de Velate al Baztán, etc.

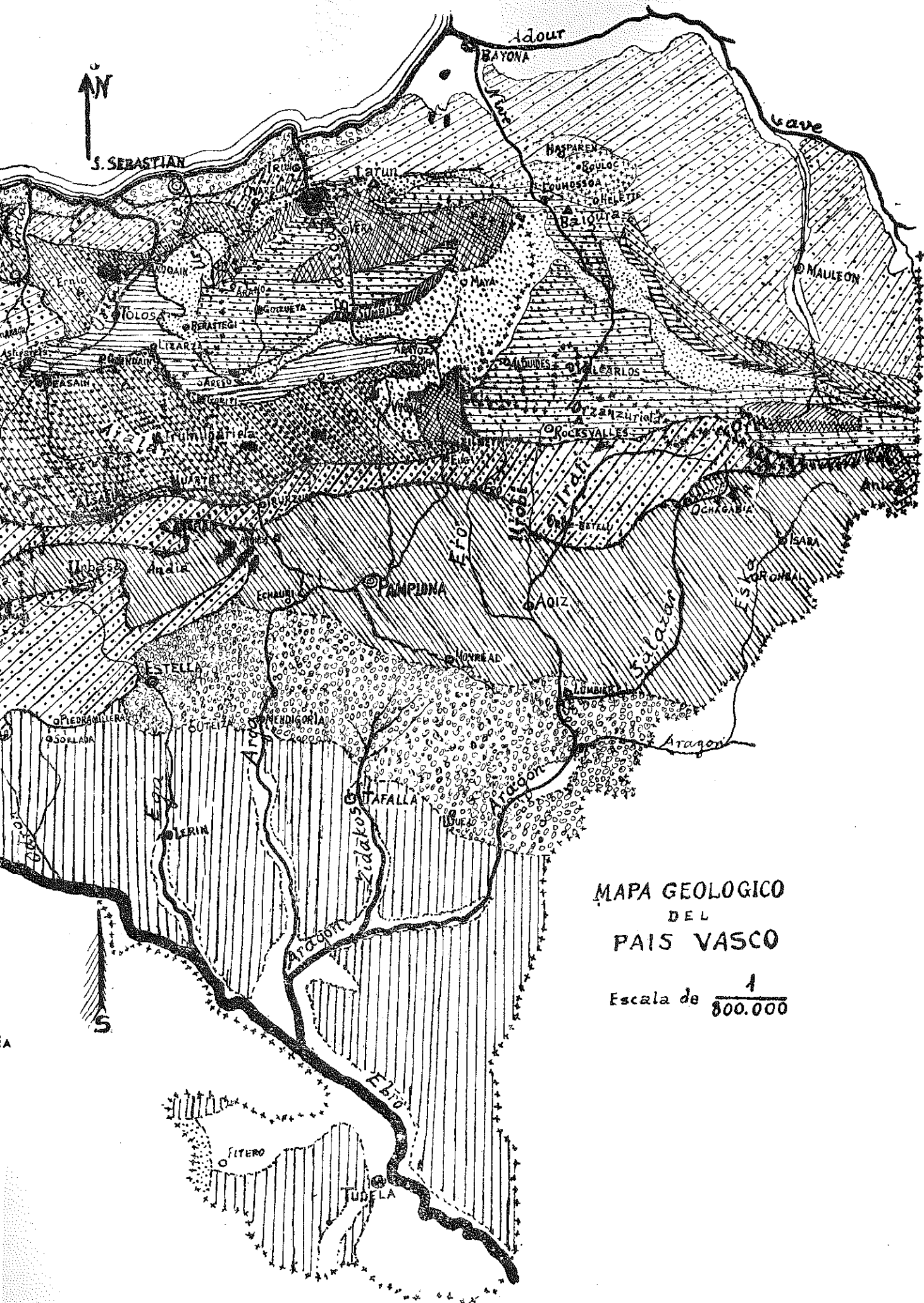
Traquita.—El monte *Axpe*, situado en la orilla derecha de la ría de Bilbao, constituye una masa de traquita que se levanta cortando las areniscas cretácicas circundantes.

HISTORIA DEL RELIEVE VASCO

La descripción de los caracteres y áreas de las diversas formaciones y sistemas geológicos del país vasco puede servirnos de base para esbozar ligeramente la historia geológica del mismo.

Durante las eras arcaica y arqueozóica y aun en la





MAPA GEOLOGICO
DEL
PAIS VASCO

Escala de $\frac{1}{800.000}$

casi totalidad de la paleozoica no debieron existir tierras emergidas en lo que es hoy país vasco. Los sedimentos de facies legamosa del período cámbrico nos demuestran que las costas estaban distantes. Pero las cuarcitas del silúrico y las areniscas y las calizas coralíferas del devónico revelan un mar menos profundo al par que mayor aproximación de la costa. Durante la primera etapa del período antracolítico debió volver a predominar un régimen de mar profundo, a juzgar por el carácter legamoso de sus sedimentos.

Al final del antracolítico se elevaron algunas tierras en forma de islotes en el lugar que hoy ocupa el mazizo granítico de la *Peña de Aya*. Así nos lo indican algunos estratos de conglomerados y areniscas correspondientes a este período.

La abundancia de esta misma clase de rocas en estratos del triásico inferior, demuestra también la proximidad de tierras emergidas y la gran influencia de las erosiones continentales durante este período. La ausencia de cantos de granito en los conglomerados triásicos parece indicarnos que el granito de la *Peña de Aya* no estaba aun al descubierto.

La sedimentación francamente marina del jurásico sobre formaciones triásicas semicontinentales revela que el mar volvió a invadir parte de las tierras anteriormente emergidas.

La discordancia de los estratos del tirásico con los del cretácico, que se observa en algunos sitios (cerca de Irún), revela que en el tiempo que medió entre los dos períodos, probablemente al final del triásico, hubo movimientos orogénicos en este país, ampliándose la extensión y la altitud de las tierras anteriormente emergidas en la región NE.

Las concordancias de los estratos del jurásico y cretácico prueban que durante el jurásico no hubo aquí trastornos notables del suelo.

Durante el cretácico continúa debajo del mar casi todo el país, según lo indica el área tan extensa de las formaciones cretácicas de facies marina.

El gran espesor de los estratos calizos coralarios del cretácico inferior (*Ernio, Aralar, Aizkoñi, Izañaitz, Udaltx, Amboto, Lekaitz*) muestra que una extensa zona del fondo submarino descendía lentamente, puesto que es sabido que los arrecifes de corales no se forman a mayor profundidad que 40 m. Teniendo en cuenta la lentitud con que se forman los estratos calizos, se comprenderá mejor la enorme duración de tiempo que debió trascurrir durante la formación de los macizos montañosos que acabamos de citar.

Las formaciones areniscas del N. de Alava y S. de Vizcaya y Guipúzcoa, prueban la proximidad de tierras continentales al principio del cretácico superior. Mas

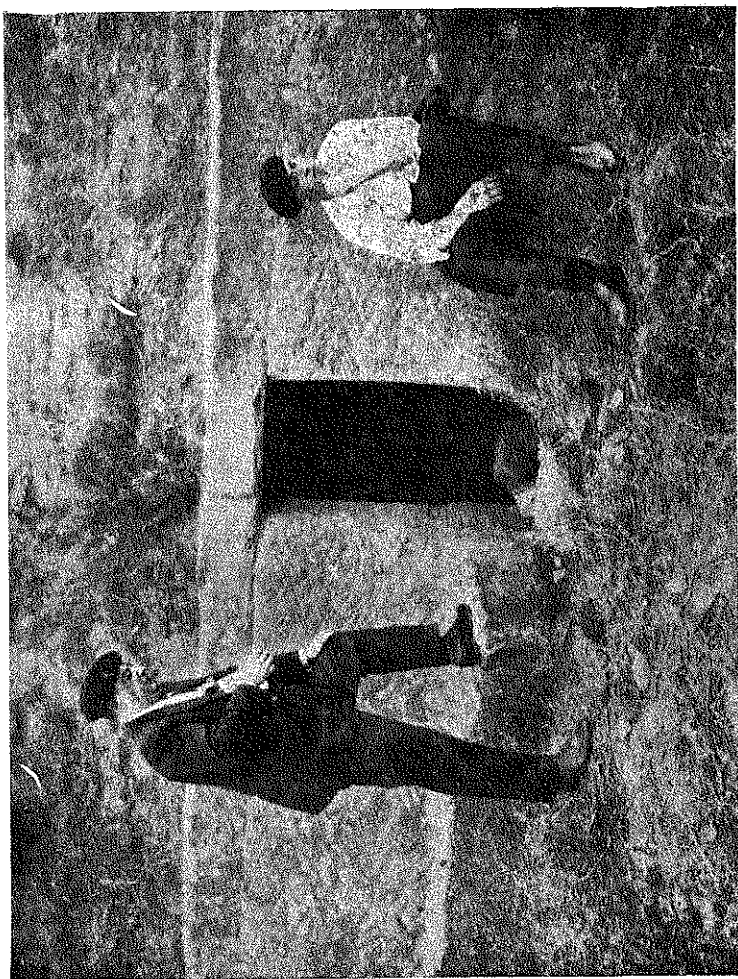


Fig. 103.—Estratos de arenisca miocena de Briñas (Rioja). En ellos ha sido excavado un refugio. — Fot. J. M. de Barandiarán.

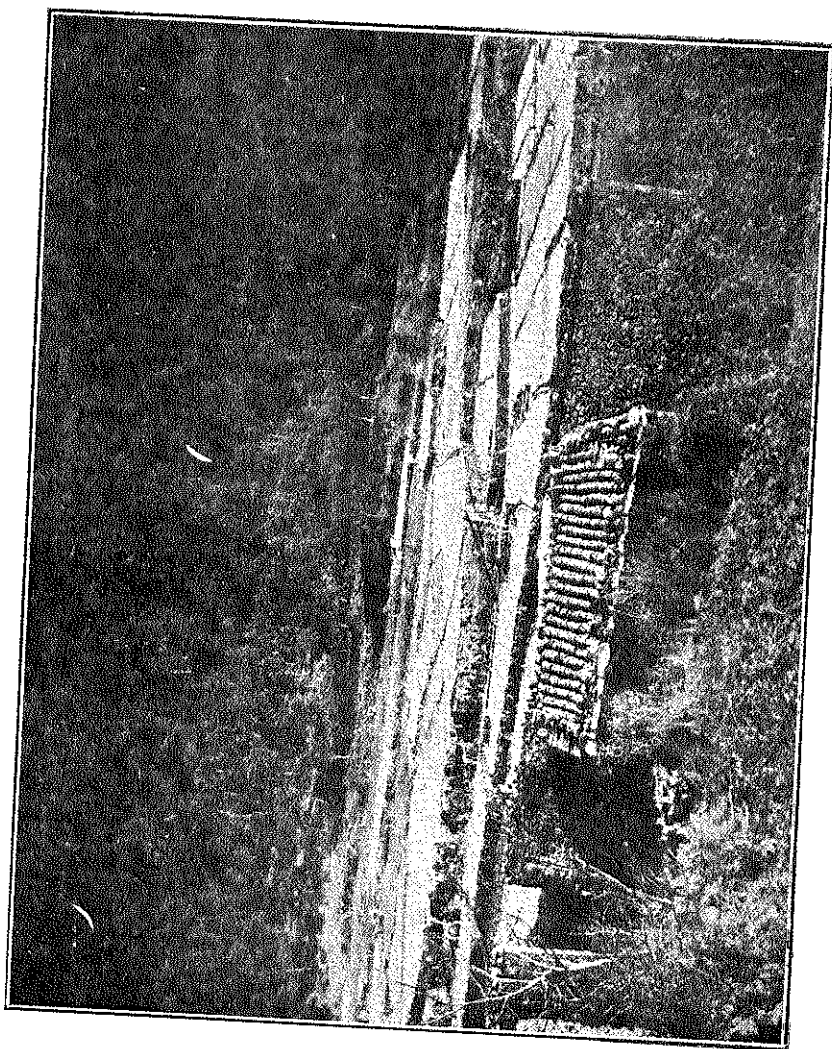


Fig. 104.—Eras de Salinas de Oro.—Fot. J. M. de Barandiarán.

volvió a acentuarse el movimiento de descenso, durante el Senonente (último piso del cretácico), como nos lo demuestra el enorme espesor de las formaciones de esta época (en la llanada de Vitoria alcanzan más de 1.000 m.). El mar cretácico continuaba todavía dominando en casi todo el país. Pero al final del período debieron levantarse nuevas tierras, a juzgar por el carácter litoral de los estratos de fines del Senonente que forman las montañas de *Oiz* y *Bizkargi* y tal vez algunas de la costa guipuzcoana (entre el cabo Iger—Fuenterrabía—y Guetaria).

Al principio de la era terciaria casi toda la superficie del suelo de Vizcaya y de Guipúzcoa se hallaba emergida: sólo una estrecha faja, a ratos interrumpida, continuaba cubierta por el mar cantábrico a lo largo de la costa. Más de la mitad meridional de Alava y Navarra estaba todavía cubierta por el brazo de mar que, partiendo del Mediterráneo, se extendía en forma de golfo hasta la parte occidental del suelo alavés. Así nos lo muestra la extensión de los terrenos del eoceno y su situación con respecto a los de otros períodos. El clima era cálido, como lo prueba la flora de carácter africano de aquellos tiempos, lo cual no tiene nada de extraño si se tiene en cuenta que el mar eoceno o numulítico, que cubría regiones tan extensas en Navarra y Alava, era una avanzada del Mediterráneo, cuyas orillas meridionales llegaban hasta el Sahara.

Al fin del eoceno tuvieron lugar los grandes movimientos orogénicos que hicieron surgir la cordillera pirenaica. Estos movimientos afectaron al país vasco. Las tierras hasta entonces bajas se elevaron a gran altura. Extensos terrenos cretácicos (sierra de *Toloño* y *Yoar*) y numulíticos quedaron en seco, a una gran elevación. Así lo prueba la discordancia de los estratos de la sierra de *Toloño* y los oligocénicos. El mar del Sur se retiró, dejando un lago que se extendía de Treviño a Valdegobía, y otro mucho mayor, en la cuenca del Ebro, que ocupaba en el país vasco la Ribera de Navarra y la Rioja alavesa, y cuyos límites septentrionales estaban en las regiones de Lumbier, Monreal, Echauri, Estella, Piedramillera y en los bordes meridionales de las sierras de *Yoar* y de *Toloño*. A expensas de las tierras recientemente emergidas se formaron grandes acumulaciones de cantos rodados en la base del lago oligoceno de Treviño y Valdegobía, y en la zona correspondiente de Navarra, acumulaciones debidas a corrientes torrenciales.

En la segunda etapa del oligoceno la sedimentación es más tranquila. La retirada del Mediterráneo produjo un cambio de clima, el cual se hace menos cálido y más húmedo, según nos lo revelan las especies vegetales de gran talla y mayor abundancia de árboles de hoja caduca.

Al finalizar el oligoceno se produjo el último levantamiento pirenaico que, inclinando fuertemente los estra-

tos numulíticos y oligocenos, vació el lago de Treviño-Valdegobía, desaguándolo por el boquete de Conchas de Haro. También quedaron en seco las tierras que forman la mancha oligocena de Navarra.

Tanto el movimiento orogénico de fines del eoceno como el que tuvo lugar en las postrimerías del oligoceno, fueron seguidos de abundantes fenómenos eruptivos que dieron origen a las manchas ofíticas que observamos en todo el país. Estas abundan más en Guipúzcoa, Vizcaya y en la parte septentrional de Navarra, que en Alava y en la Ribera de Navarra, porque aquellas regiones se hallan precisamente en la zona donde los trastornos orogénicos han sido más acentuados y las roturas más frecuentes.

Durante el mioceno continuaban la Rioja y la Ribera de Navarra, bajo las aguas del gran lago ibérico que se desecó definitivamente al final del período, a causa probablemente del último movimiento alpino, que sin perturbar en gran escala la horizontalidad de los estratos miocenos, los elevó desigualmente, provocando así un rápido desagüe. Con esto quedó emergido todo el país. El hecho de que el último movimiento alpino apenas perturbase los estratos miocenos, revela que tuvo poca repercusión en el territorio vasco y que, por lo tanto, no llegó a trastornar sensiblemente la geografía de este país.

Los agentes externos comienzan su obra, modelando

el relieve del suelo, desde que aparecen las primeras tierras emergidas. Los diversos terrenos que forman el subsuelo han sufrido grandes denudaciones, de las cuales son ejemplos el circo de Orduña y la Llanada de Vitoria que han sido socavados después del cretácico. Las formaciones continentales del plioceno no han dejado aquí ningún residuo: todas fueron barridas por las corrientes pleistocénicas.

En el pleistoceno las grandes precipitaciones atmosféricas determinaron la formación de los terrenos de aluvión que hemos mencionado arriba. Durante este período aparece el hombre en el país vasco, según nos lo prueban los restos de su industria hallados en diversos yacimientos y cavernas.

