

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE
ESPAÑA

**RESUMEN DE LA HISTORIA
GEOLÓGICA DE LA TIERRA**

TOMO LIX

Reimpresión de la primera edición del año 1958

El Instituto Geológico y Minero de España
hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus Publicaciones son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.

ES PROPIEDAD
Queda hecho el depósito que marca la Ley

Servicio de Publicaciones — Doctor Fleming, 7 — Madrid-16

Depósito Legal: M. 17091 — 1979
I.S.B.N.: 84-7474-055-X

Imprime ADOSA

ÍNDICE

	<u>Páginas</u>
Introducción.....	11
Generalidades.....	13
Estrato cristalino.....	23
El Estrato cristalino en España.....	29
Sistema Cambriano.....	33
El Cambriano en España.....	39
Sistema Siluriano.....	41
El Siluriano en España.....	49
Sistema Devoniano.....	53
El Devoniano en España.....	58
Sistema Carbonífero.....	63
El Carbonífero en España.....	70
Sistema Permiano.....	77
El Permiano en España.....	81
Sistema Triásico.....	85
El Triásico en España.....	89
Sistema Jurásico.....	95
El Jurásico en España.....	99
Sistema Cretáceo.....	103
El Cretáceo en España.....	110
Sistema Eoceno.....	121
El Eoceno en España.....	126
Sistema Oligoceno.....	133
El Oligoceno en España.....	137
Sistema Mioceno.....	145
El Mioceno en España.....	149
Sistema Plioceno.....	155
El Plioceno en España.....	158
Era cuaternaria.....	163
El Cuaternario en España.....	173

**Resumen
de la
historia geológica de la Tierra**

por

Antonio Almela y Ruperto Sanz

ADVERTENCIAS

La urgencia en dar a la imprenta este trabajo, ha impedido revisar el texto con el cuidado que hubiera sido de desear, y en su consecuencia, se han deslizado a lo largo de él, algunos conceptos no suficientemente comentados, lo que es necesario subsanar para evitar confusiones.

En la página 60, al final, se habla de una caliza tableada de aspecto distinto al resto de las que se encuentran en el Paleozoico. Se da como el tramo más alto del Devoniano, pero es muy posible que sea ya carbonífera y constituya un cambio lateral de facies de la caliza de montaña.

En la página 116 se cita en el Turonense, el «Tylostoma torrubia». Este es fósil poco característico, que se puede confundir con alguna otra especie afín y aunque es frecuente en el Cenomanense, se le cita también en el Turonense.

En cuanto al «Amusium cristatum», que se cita en el cuadro de fósiles característicos del Mioceno, es frecuente tanto en el Saheliense como en el Plioceno y, por lo tanto, no puede considerarse como característico más que para denunciar la presencia de los niveles más altos del Terciario.

En la página 161 se cita la abundante fauna de mamíferos de Villarroya (Logroño), atribuyéndola al Plioceno. En realidad, es una fauna típicamente villafranquiense y, como tal, se ha venido atribuyendo al Plioceno; pero según las modernas interpretaciones, el Villafranquiense y, por lo tanto, su fauna, hay que incluirlos en el Cuaternario.

Por último, el cuadro de división del Cuaternario, se ha colocado indebidamente en la página 168, mientras que su situación correcta hubiera sido en la página 173, inmediatamente delante del epígrafe «El Cuaternario en España».

Introducción

En nuestro trato con compañeros de profesión, hemos podido observar que muchos de ellos, no especializados en geología, y residentes en localidades frecuentemente alejadas de las poblaciones en las que existen bibliotecas en que poder consultar las dudas que frecuentemente se presentan en el ejercicio de nuestra profesión, se han lamentado de no poder disponer de resúmenes en los que se extractaran las características geológicas más importantes de los distintos terrenos, y en especial se dieran reproducciones de los fósiles más característicos, que en un momento dado les pudiera orientar en el campo de la geología, siempre demasiado complejo para quien no se ha especializado en él.

Las razones expuestas nos han inducido a considerar aconsejable dedicar este n.º 59 de nuestras MEMORIAS a desarrollar este tema de divulgación que, aun no siendo un trabajo original y de investigación, consideramos puede ser de alguna utilidad para aquellos que no están especializados en Geología o hacen sus primeras armas en esta ciencia, y por lo tanto puede cubrir, cuando menos en parte, esta necesidad que creemos existe.

En este trabajo pretendemos resumir la historia geológica de la Tierra, comenzando por un capítulo en el que

se expone someramente el proceso de formación de nuestro planeta, desde su creación, y describiendo en los sucesivos los caracteres más salientes de cada uno de los terrenos sedimentarios que entran a formar parte de la corteza terrestre.

En cada uno de estos capítulos, dedicados a los sucesivos terrenos geológicos, se trata primero de su distribución, facies, rocas y seres que vivieron durante aquel período, en toda la superficie del Globo, incluyendo un esquema paleogeográfico de distribución de mares y continentes. A continuación se exponen las particularidades del terreno en lo que se refiere exclusivamente a España, dando un cuadro con su división en pisos y algunos de los fósiles más característicos y que con más frecuencia se pueden encontrar aquí en cada uno de ellos; y a continuación su distribución y manchas más importantes, así como los minerales que se encuentran en ellas.

El texto va acompañado de una serie de láminas en las que se reproducen los fósiles citados en los diferentes cuadros, que consideramos como los más frecuentes y representativos de los respectivos terrenos y pisos. Evidentemente faltan muchos fósiles característicos, pero nos hemos visto forzados a seleccionar los que consideramos más indispensables a fin de no alargar desmesuradamente el número de láminas, que ya resulta bastante elevado.

Generalidades

La historia de la Tierra comienza para nuestro objeto, en el momento en que se ha podido fijar, aproximada o exactamente, el origen, disposición y situación en el tiempo, de las rocas que forman su corteza, por medio de los instrumentos de que hoy dispone el hombre. Estos son el estudio de las rocas antiguas consolidadas en su posición de hoy día, de los procesos que tienen lugar a nuestra vista (actualismo), de los fósiles de animales y plantas que se han conservado y de la radiactividad. Así, en una primera división, se separan dos grandes épocas, la Arcaica o Azoica, sin fósiles, y las eras posteriores que contienen esta documentación. Aquella es poco conocida aún, y sólo gracias a los análisis de las rocas, auxiliándose de la radiactividad de sus minerales, se ha podido fijar la edad aproximada de varios de los fenómenos que en ella han ocurrido y, por tanto, de las rocas con ellos relacionadas. Así se ha fijado en unos 525 millones de años la antigüedad desde dicho Arcaico a nuestros días y en unos 1.100 millones de años hasta el principio del Arcaico superior, o Proterozoico, siendo desconocido el límite inferior, que varios geólogos calculan aproximadamente en algo más de 2.000 millones de años, y para la formación de la primera costra terrestre, unos 3.200 millones de años.

Prescindiendo de cómo se desprendió la Tierra del Sol, si fué por colisión o aproximación excesiva con otro astro, o si se verificó el desprendimiento a causa de una extraordinaria explosión solar, y con más motivo del origen del Sol, de la galaxia a que pertenece y de las otras que se expanden por el Universo, se exponen brevemente a continuación las hipótesis sobre la formación de dicha corteza y sobre los procesos que se han debido desarrollar desde entonces.

La Tierra era en su origen materia solar indiferenciada e incandescente. En el transcurso del tiempo y obedeciendo a la ley de la gravedad, se fueron separando los componentes de aquella materia por orden de densidades, al propio tiempo que se verificaban los fenómenos físico-químicos que eran propios de las condiciones ambientes en cada momento, tales como presión, temperatura, materias presentes, su estado, radiactividad y actividad solar.

Los elementos más importantes presentes en la corteza terrestre, hasta donde alcanza nuestro examen, son: el oxígeno en primer lugar, con 23,01 % en la atmósfera; el 85,79 % en la hidrosfera y el 47 % en la litosfera; el silicio, alcanza el 28 % en esta última; el hidrógeno, el 10,67 % en la segunda; el nitrógeno, el 75,51 % en la primera; el cloro, el 2,07 % en la segunda; el sodio, el 1,14 y el 2,5 % en la segunda y tercera; el aluminio, el 8 %; el hierro, el 4,5 %; el calcio, el 3,5 %; el magnesio, el 2,1 %, y el potasio, el 2,5 %, todos en la tercera. Porcentaje de décimas alcanzan en la última el carbono, el titanio, el hidrógeno y el manganeso, y en orden decreciente los demás.

A mayores profundidades aumentan las proporciones de hierro y de magnesio, así como probablemente de azufre, como parecen demostrar los volcanes y los meteoritos.

La abundancia de oxígeno es una de las causas principales de cuanto va a suceder. En efecto, la afección por él, de la mayoría de los demás elementos, da origen a numerosas reacciones químicas, entre las que la formación del agua, de la sílice y la del anhídrido carbónico, son decisivas. Pero después de efectuarse aquéllas, aún quedó un exceso de oxígeno en su estado de gas, el cual mezclado con el otro gas permanente, el nitrógeno, formó la atmósfera, que como más ligera, constituyó la capa exterior de la Tierra. En cambio, a medida que se enfriaba ésta al no tener más fuente de calor que la radiación solar y la proporcionalmente muy pequeña de la radiactividad de algunos de sus elementos, la cual aportaba una temperatura relativamente mucho menor que la que poseía ella, se iban condensando todos los demás gases, excepto el agua y el CO₂, purificándose así dicha atmósfera. Quedó, por tanto, ésta, constituida por nitrógeno, oxígeno, vapor de agua y menores proporciones de CO₂ y de argón.

Formación de silicatos.—Por otro lado, el silicio se convirtió rápidamente en sílice (cuarzo), y así como ésta es una materia inerte a bajas temperaturas, a las entonces reinantes actuó como un ácido enérgico, atacando a los elementos básicos arriba citados como componentes de la litosfera, formó los silicatos que, como más ligeros, constituyeron la capa exterior del Globo en fusión y, por tanto, fueron los primeros que se solidificaron formando la costra externa en contacto con la atmósfera. Debajo, una masa fundida, más fluida cuanto más profunda, aunque de propiedades desconocidas al aumentar la presión en dicha profundidad, constituyó un magma que sustentaba dicha costra. Estos silicatos a su vez son de dos tipos principales: unos ligeros y ácidos con alto contenido en

silíce y alúmina combinados, que formó la capa más externa (sial), y otros más densos y oscuros con mayor proporción de magnesio y hierro (sima). Los primeros son ácidos (< 60 % SiO₂) y los segundos básicos.

Primeras precipitaciones de agua y sus efectos.—Al continuar el enfriamiento, la atmósfera quedó sobresaturada de vapor de agua, lo que dió lugar a las primeras condensaciones, las cuales no llegaron a la Tierra hasta que la temperatura no descendió por debajo del punto crítico (presión-temperatura), ni tampoco permanecieron en ella hasta que la costra alcanzó también dicha temperatura crítica.

Desde este momento las lluvias debieron ser violentísimas, debido al exceso de vapor de agua, y acompañadas por grandes huracanes y tormentas, ocasionados por las diferencias de presión en distintos lugares del Globo.

Erosión y sedimentación.—El trabajo mecánico y químico sobre la costra irregular, agrietada y fisurada, presentando rugosidades y grandes diferencias de niveles, fué grande. Actuaron las aguas desintegrando y disolviendo las rocas y arrastrando arrolladora y abrasivamente los detritus de todos los tamaños, por laderas, barrancos y valles (erosión) hasta las hondonadas y depresiones, donde al detenerse y acumularse, los depositaba (sedimentación); proceso que ya no se detendrá nunca mientras la Tierra exista.

Los grandes cantos se depositarían en las costas de los mares y lagos así formados; los más pequeños más al interior y así sucesivamente las arenas y tierras finas, quedando en suspensión los lodos, mientras las aguas estén agitadas por los vientos. A su vez el fuerte oleaje atacaría

violentamente a las costas, demoliéndolas, así como a los gruesos cantos costeros, y arrastraría hacia el interior de los mares los materiales desmenuzados, los cuales se depositarían en el mismo orden antes citado.

Estratificación.—Llegó un momento en que por dejar de estar saturada de agua la atmósfera y por haber disminuido las diferencias de presiones, se espaciaron las tempestades y se aquietaron las aguas; entonces se precipitarían los lodos en suspensión, pero con las lluvias intermitentes que seguirían, volvería a repetirse el proceso descrito con diversa intensidad. El resultado es una serie de depósitos acumulados periódicamente unos sobre otros, en disposición horizontal en la inmensa mayoría del fondo de los mares y con una inclinación adaptada a dicho fondo en las orillas. Constituyen pues capas superpuestas de materiales, que si bien al depositarse están sueltos y empapados de agua, debido al peso propio y al de los que gravitan sobre ellos, se van apretando sus granos unos contra otros expulsando el agua; es decir, se vuelven compactos; pero además las aguas que circulan por sus poros contienen en disolución otras sustancias (silíce, cal, etc.) que se precipitan, cementando aquéllos y consolidando así dichas capas, procesos ambos que dan origen a las rocas estratificadas o estratos, los cuales tienen muchísima más extensión que grosor, con planos de junta, de techo (el superior) y de muro (el inferior).

Vulcanismo.—Tales procesos de erosión, sedimentación y estratificación, seguirían alimentándose de nuevas aportaciones de materiales ígneos, que surgían por las grietas y fisuras que se producían en la costra durante su enfriamiento y también de lavas producidas por las erup-

ciones debidas a la presión de los gases bajo la costra consolidada (vulcanismo). Asimismo otras masas ígneas o magmas se solidificaban antes de llegar a la superficie (plutones o rocas intrusivas) y sólo eran atacadas cuando la costra que las recubría era erosionada.

Mar universal.—Las lluvias continuaron por tiempo muy largo y, por tanto, aquellos procesos, inundándose, por una parte, cada vez mayores extensiones de la superficie terrestre, mientras que por otra iba desapareciendo el relieve. Se ha supuesto que podría haberse así inundado toda o casi toda ella, y que se formase el mar universal (Pantasia), cesando entonces casi la prosecución de la erosión, etc.

Movimientos orogénicos.—Pero se produjo un nuevo fenómeno, sin poder saber si antes o después de llegar a este extremo: la orogénesis o movimientos de plegamiento y alzamiento de los estratos antes descritos.

El relieve de la corteza terrestre no debió ser caprichoso ni constituir una anárquica rugosidad. El conjunto de cimas (y de depresiones) debieron seguir alineaciones orientadas en determinadas direcciones sobre bloques más o menos elevados y hundidos. La rotación de la Tierra y los movimientos del magma flúido, agitado por otras fuerzas, determinarían aquella orientación. Así, adosándose a zonas elevadas (geoanticlinales) habría depresiones en continuo y lento hundimiento (geosinclinales, fosas) a causa de aquellas corrientes magmáticas. Estas depresiones recibirían los materiales erosionados de las elevaciones, contribuyendo aún más a su hundimiento, hasta que la depresión fué tan grande que los bloques laterales, faltos de apoyo, presionaron sobre la potente serie de estratos,

tos, y como cuando se dobla un montón de hojas de papel, comenzaron a plegarse dichos estratos, ya que éstos pueden deslizarse unos sobre los otros por los planos de junta (no así los bloques rígidos de los magmas consolidados, que carecen de tales juntas). El magma, o comprimido por el peso de los estratos tiende a elevarse, o bien, por reacción al cesar o cambiar en su movimiento, empuja hacia arriba y origina así también el plegamiento y elevación de los estratos. Ambas hipótesis han estado y están mantenidas y es posible que concurren. O sea, que los pliegues de los estratos pueden ser producidos por presiones laterales o de fondo o por ambas a la vez. Difícil es rebatir la disminución de espacio por aproximación de grandes bloques (atracción de masas y contracción de la superficie terrestre), lo que origina las presiones laterales, pero también es difícil desconocer el vulcanismo y el plutonismo que acompañan a los movimientos póstumos orogénicos, donde los estratos, violentamente plegados, se rompen o crean zonas de debilidad cortical.

La elevación de los estratos plegados es consecuencia de la menor extensión de la nueva superficie que ocupan y de posteriores reajustes isostáticos, quedando así emergidos hasta muy considerables alturas.

Formación de continentes.—El resultado es que se forman cordilleras alineadas y adosadas a lo largo de las masas rígidas (cratones), con los estratos dirigidos (en sentido amplio), hacia un rumbo igual al de la cordillera. Por descompresión en la superficie y por compensación en el magma, que sigue moviéndose, se inicia una nueva depresión en la parte externa de la cordillera y, en ésta, desde que empieza a elevarse, se reanuda la erosión, repitiéndose el proceso una y otra vez; así se han extendido los con-

tinentes hasta su forma actual, partiendo de primitivos cratones, localizados en Escandinavia, Siberia, Canadá, Groenlandia, en el hemisferio Norte, y el del hemisferio Sur, cuya pieza más importante es África.

Discordancias.—La erosión conduce al arrasamiento de las cordilleras, por lo que de las primitivas sólo quedan sus raíces (penillanuras). Pero durante el proceso de su elevación, continúa el de erosión y subsiguiente sedimentación, y como los sedimentos nuevos se depositan horizontalmente, no se disponen paralelamente a los primitivos, lo que da lugar a discordancias y concordancias estratigráficas.

Calizas.—Hemos hablado de que la corteza de la Tierra estaba formada por silicatos. Pero en la atmósfera había CO_2 , que, al ser disuelto por las aguas de lluvia, comunicaba a éstas una débil acidez, la suficiente para atacar los silicatos, sobre todo una vez desmenuzados, y arrebatárles parte de su calcio, formando así el carbonato de cal, que arrastraban y precipitaban luego, formando calizas y cementando las otras rocas. Así las formaciones primitivas contenían poca cal, la cual fué aumentando, aunque más rápidamente por otros procesos que más adelante explicaremos.

Rocas metamórficas.—Hemos visto que hay rocas ígneas y rocas sedimentarias, pero también existe otro grupo importante: las rocas metamórficas. Éstas proceden de la modificación de las segundas por la acción del calor y de la presión en el medio ambiente en que se encuentran en un momento dado. Si las rocas sedimentarias se ven sometidas a elevadas temperaturas y presiones, sus elemen-

tos se funden y reaccionan unos con otros y con nuevos materiales que puedan entrar en contacto con ellos. A tales temperaturas pueden llegar por contacto con rocas ígneas ascendentes (metamorfismo de contacto), que raramente adquieren gran extensión, y por descenso en los geosinclinales a grandes profundidades, o por verse sometidas a grandes presiones y fricciones (metamorfismo regional), que son las rocas metamórficas más extendidas y forman los antiguos cratones y escudos y los núcleos de las grandes cordilleras. Es decir, que la reformación puede ser estática o cinética, sin o con aportación de materia en ambos casos.

El resultado es la formación de silicatos cristalizados que conservan su disposición estratificada, excepto aquellos que por haber sido absorbidos por los magmas, se han granitizado.

Tienen importancia también estas rocas por su contenido en minerales, que constituyen una gran parte de los que se explotan.

Fósiles.—Los fenómenos que hemos explicado sirven como documentos para la clasificación de tipos y edades de las rocas y sedimentos, los cuales vienen reforzados por el hecho más trascendental después de la constitución del Globo. Este hecho es la aparición de la vida sobre la superficie terrestre. No se sabe cuándo ni en qué forma se produjo, pero según hemos visto, llegó un momento en que la atmósfera se depuró, que había carbonato cálcico y CO_2 en las aguas, que éstas contenían ya cloruro sódico; en fin, que había oxígeno, hidrógeno, carbono, nitrógeno y temperaturas templadas y radiación solar, así como numerosos minerales, entre ellos algunos radiactivos; todo pues, lo necesario para la existencia de organismos; falta-

ba sólo la acción que les diera origen, y el hecho real es que aquéllo tuvo lugar. Los primeros seres debieron ser simples, sin esqueleto ni caparazón alguno; posiblemente unicelulares y pluricelulares (algas). Más tarde aparecían otros más complicados con esqueletos y caparazones, en su mayoría cálcicos y otros silíceos, que tendrían consistencia y así cumplieron dos importantísimas misiones, una la de dejarnos sus restos, los fósiles, y otra la de formar rocas, las llamadas organógenas. Y aunque muchas especies son comunes a todos los tiempos, otras han vivido sólo durante relativamente poco tiempo, desapareciendo y apareciendo otras distintas. Éstas son las que utiliza el geólogo para, junto con los fenómenos orogénicos y el estudio de las rocas, hacer la clasificación de los terrenos que forman la corteza terrestre, en eras, sistemas, pisos y tramos.

Sólo hay la incógnita de la Era Arcaica, pues arrasadas sus cordilleras, metamorfizadas sus rocas y carentes de fósiles, tanto por estos motivos como por ser nulas o menos consistentes sus partes mineralizadas (esqueletos, caparazones), no hay documentación suficiente para una subdivisión; por ello esta era es más extensa que todas las demás juntas.

En las siguientes páginas describiremos someramente los sucesivos sistemas, con sus características más esenciales y con sus fósiles más frecuentes y determinantes en España.

Estrato cristalino

Definición

Conservamos esta denominación, que tradicionalmente han venido utilizando los geólogos que nos han precedido, tanto por esta razón como por ser muy expresiva y tener su sinónima en el idioma alemán, pero debemos hacer una advertencia previa: este nombre no debe considerarse como representativo de un sistema estratigráfico, sino como una constitución litológica especial, cual es la de las rocas metamórficas.

Los fenómenos de metamorfismo no han afectado solamente a los terrenos primitivos de la corteza terrestre, sino que se han producido posteriormente por efecto de violentas presiones orogénicas, dando origen a rocas metamórficas de edad primaria e incluso secundaria, de características análogas a las de las rocas precambrianas con las que se las ha confundido a veces.

Así pues, se incluyen en esta denominación todas las formaciones compuestas casi totalmente de silicatos cristalinos, o sea, las rocas que tienen conjuntamente una composición mineralógica análoga a los magmas cristalizados y la disposición estratigráfica de las rocas sedimentarias.

Comprende, principalmente, la época precambriana, pero no exclusivamente, como anteriormente se suponía, sino que también se hallan estas rocas en épocas posteriores, debido a reformaciones producidas por la tectónica, el vulcanismo, el quimismo y las grandes presiones y temperaturas en los sedimentos correspondientes. Así hay, además, estrato cristalino antealpino, anteherciniano, etcétera; según se encuentren en los ciclos sedimentarios anteriores a la orogenia alpina, herciniana, etc., respectivamente.

Las grandes formaciones de estas rocas corresponden, como hemos dicho, a las épocas precambrianas, o sea, al *Arqueozoico* y al *Proterozoico*, designados en América «Arcaico» y «Algónquico», respectivamente. Aquél constituye la zona basal de la corteza terrestre sedimentaria sobre la que se han depositado los sedimentos de edades posteriores. Lo constituyen rocas sedimentarias profundamente metamorizadas y fuertemente replegadas, perforadas y embebidas por grandes masas de rocas efusivas y plutónicas, aspecto este último quizá debido al profuso afloramiento de tales rocas, provocado por la gran erosión sufrida por aquéllas. Difícilmente se aprecia su morfología y sólo pueden estudiarse hoy en los primitivos cratones. Su límite inferior, desconocido, lo constituyen los primeros sedimentos terrestres y su límite superior se ha situado, por estudios en el Canadá y en Finlandia, en la discordancia lauréntica y la contemporánea europea svekofénica, cuya orogenia fija un nuevo ciclo sedimentario, el Proterozoico (o Algónquico) inferior, constituido también por sedimentos fuertemente reformados y plegados, pero algo más suavemente, de modo que ya pueden apreciarse en ellos estructuración y ciertos caracteres diferenciales. También las masas efusivas y plutónicas lo alcanzan y

trastornan intensamente. En el superior, muy discordante con los anteriores por una nueva y violenta orogenia huroniana, están más suavemente plegados sus estratos y constituidos por materiales de erosión de los anteriores, bien diferenciados. Sólo donde movimientos orogénicos posteriores (caledónicos, hercinianos, etc.) los han plegado, se encuentran igualmente trastornados e intensamente metamorizados.

Distribución

En el Norte del hemisferio septentrional se formaron los grandes escudos continentales precambrianos, siendo los más primitivos, el báltico, con la mesa rusa, el siberiano, el canadiense-groenlandés, y en el hemisferio Sur, llamado por Suess continente de Gondwana, el africano, que es su pieza cardinal, y el brasileño (Brasilón). La península anteíndica y Australia, también muestran la vieja estructura prepaleozoica.

Centro-europa está recorrida por una cordillera huroniana de la que son testigo las formaciones aflorantes en Bretaña, las Ardenas, Vosgos, Selva Negra, Bohemia, Sajonia, etcétera.

En los núcleos desmantelados de las grandes cordilleras, afloran con frecuencia formaciones estrato cristalinas, que pertenecen a diferentes edades geológicas. Son de origen profundo y corresponden a los sedimentos más bajos, estratigráficamente, de las series depositadas en geosinclinal; se han metamorizado por efecto de la presión y de la temperatura de fondo y de las originadas por el plegamiento. Se muestran en los sistemas montañosos.

antiguos y modernos, debido a dicho plegamiento, a elevación durante los movimientos orogénicos y a la erosión subsiguiente de los sedimentos más modernos que les recubrían. Abundan las rocas estrato cristalinas paleozoicas en las cordilleras hercinianas (Carbonífero, Permiano) y también en las alpídicas (Cretáceo-Terciario) y en estas últimas también las hay mesozoicas, principalmente triásicas, como es el caso en nuestra sierra de la Alpujarra.

Los cratones precámbricos quedaron bordeados por sendos geosinclinales, los cuales recibían los sedimentos procedentes de la erosión de aquéllos, preparándose para la formación de nuevas cordilleras adosadas a ellos. Así al NO. y O. del escudo báltico se formó el geosinclinal que luego sería la cordillera caledónica noruega con prolongación en Escocia y hacia el Ártico. Al Sur, el geosinclinal de Centroeuropa, desde Inglaterra a Polonia. Más al Sur, el geosinclinal mediterráneo, inicialmente el mar de Tety, separado del anterior por el levantamiento huroniano arriba citado. Ambos, futuros escenarios de las orogénias caledonianas (el primero), hercinianas y alpinas que por agregación habían de ensanchar sucesivamente el continente Euroasiático.

El cratón canadiense-groenlandés quedó limitado por el geosinclinal oriental, futuro Apalaches, y por el occidental en los dominios de las actuales Montañas Rocosas.

Los sedimentos de estos geosinclinales emergieron durante tales orogénias.

Rocas

La más importante es el gneis (cuarzo, feldespato y mica); después las micacitas (cuarzo, mica); los filadios o

flitas (pizarras satinadas, sericitas); corneanas (pizarras chiastolíticas, andalucíticas, granatíferas); cuarcitas, calizas marmóreas, etc.

En el Proterozoico, tanto inferior como superior, se hallan potentes conglomerados en su base, formados por cantos de aquellas rocas. Las areniscas más o menos metamorfizadas, así como las arkosas, adquieren con las pizarras fuertes espesores. En el superior dichos conglomerados y areniscas toman color rojo, tanto en el escudo báltico como en el canadiense, lo que indica formaciones continentales áridas o semiáridas. En la región oriental de este último escudo hay potentes calizas marmóreas y dolomíticas.

En el Algónquico canadiense y groenlandés, así como en el hemisferio Sur, hay depósitos glaciáricos que se adentran en el Cambriano, representados notablemente por tillitas (morrena basal de los glaciares). En Suecia, Lapponia y en la región del Lago Superior (Canadá) se hallan grandes yacimientos de mineral de hierro sedimentario.

Fauna y flora

Los sedimentos precámbricos son extraordinariamente pobres en fósiles; la gran mayoría de estos sedimentos carecen de ellos. Sólo en el Proterozoico superior se han conocido algunos restos de seres, tales como radiolarios, impresiones de medusas, pequeñas conchitas córneas y esqueletos silíceos. En la flora se han señalado algas azules. Sin embargo, la existencia de pizarras grafitosas y betunes (Schungid), en Finlandia, parecen demostrar la existencia de vida orgánica.

La repentina aparición de una exuberante fauna en el Cambriano es otro motivo que hace suponer que a pesar de esta gran escasez de fósiles, debió de haber muchos seres en el Precámbrico, aunque en menor cantidad que en las épocas posteriores, y que si no se han conservado sus restos es debido a la composición de sus esqueletos y conchas y a la de las aguas, quizá pobres en Ca o ricas en CO, y, desde luego, en las rocas metamórficas ha tenido que ser destruida toda señal de tales restos fósiles.

Tectónica y magmatismo

Violentos movimientos orogénicos se produjeron durante el larguísimo período precámbrico, designados por la orogenia huroniana. El más antiguo conocido es la svecofénica en Europa y la lauréntica en Norteamérica, que separan el Arqueozoico del Proterozoico. La segunda y última, de gran violencia en Europa, la carélica, y en América la post-almogiense, que marcan la separación entre el Proterozoico inferior y el superior. Además se señalan otros plegamientos de menor intensidad. La cadena huroniana centroeuropea es carélica.

Al final de este segundo movimiento orogénico, quedaron definitivamente emergidos los cratones primitivos, los que sólo marginalmente fueron invadidos posteriormente por los océanos.

Las cordilleras formadas en tales movimientos quedaron virtualmente arrasadas por la erosión y sobre las penillanuras resultantes se depositaron sedimentos posteriores, formando así los escudos arriba citados, a los que fueron adosándose sucesivamente las cordilleras de edades posteriores para constituir los continentes actuales.

El magmatismo se muestra intensísimo, tanto porque en realidad debió ser así, como porque debido a la intensa erosión sólo quedan las raíces de las replegadas cordilleras, y por tanto afloran profusamente las rocas hipogénicas, perforando y empapando los sedimentos metamorfizados que las formaban. De tal intensidad son muestra las migmatitas o rocas mixtas con material granítico de aportación. Las efusiones son graníticas, andesíticas y liparíticas.

El clima debió ser muy variado en tan larga época, que duró más de 2.000 millones de años, es decir, más que el resto de la historia de la Tierra. Se ha logrado saber que hubo períodos de clima húmedo, terminados al final por otros secos y áridos, así como que en el hemisferio Sur existió una de las glaciaciones mayores, sólo comparable con las cuaternarias y en regiones tales que se ha supuesto una posición diferente de los polos.

EL ESTRATO CRISTALINO EN ESPAÑA

División

En nuestra península se divide este sistema en la forma siguiente, que viene a corresponder a la general que hemos citado, de metamorfismo creciente:

Estrato cristalino .	Superior ...	Filadios arcillosos, satinados.
		Pizarras cloríticas y sericíticas.
	Medio	Micacitas.
Inferior	Gneis micáceo.	
	Gneis amigdaloides.	
	Gneis granítico.	

Distribución

Las manchas más extensas se hallan en la región galaico-leonesa-lusitana, constituidas por depósitos metamórficos de antiguo geosinclinal y por grandes batolitos. Sin duda se continuaba éste por el Atlántico. Contiene los tres grupos clásicos de gneis, micacitas y pizarras verdes.

Siguen las de la región bético-extremeña, que es una mole consolidada procedente del geosinclinal, cortada por batolitos graníticos. Contiene escasos gneis, algunas micacitas y potentes pizarras micáceas.

Las regiones central y oretana están formadas por gneis granítico y hay al descubierto numerosos batolitos en la primera y diques diversos hipogénicos en la segunda.

Nuestra Sierra del Guadarrama está constituida por un gran batolito granítico con abundantes rocas metamórficas, que en Somosierra dan lugar a la mancha de Estrato cristalino más importante de la sierra, en la que las pizarras metamórficas contienen abundantes y bellos silicatos de metamorfismo.

La región bética contiene micacitas granatíferas; piroxénicas y anfibolíticas, pizarras cloríticas y sericiticas y mármoles cipolinos. Es una mole rejuvenecida por los movimientos alpinos.

En la región pirenaica se descubren, en el núcleo de la cordillera, rocas metamorfizadas, constituidas principalmente por gneis micáceo, micacitas y calizas marmóreas.

Por lo que a nuestro país se refiere, a pesar de ser abundantes las manchas de Estrato cristalino, sólo en contados casos se consideran éstas de edad antecambriana; en otros subsiste la duda respecto a su edad, mientras

que hay muchas manchas que se atribuyen a distintos terrenos paleozoicos, especialmente al Siluriano, metamorfizados como consecuencia de la orogenia herciniana.

Criaderos minerales

Pertenece a este sistema los hierros y plomos de Almería y Murcia; la plata de Hiendelaencina; el estaño y volframio de los criaderos del NO., O. y centro; los granates en las micacitas de Almería y berilos de Galicia.

Canteras

Son también de este sistema los mármoles de Sierra Nevada, Almería y Málaga.

Sistema Cambriano

Definición y sinonimia

Su designación proviene de Cambria, nombre latino del País de Gales, que dió a esta formación A. Sedgwick en el año 1835. Este geólogo, con sus largas investigaciones en aquel país, dió las primeras luces sobre este sistema, cuyo conocimiento pudo asentarse firmemente poco más tarde con el descubrimiento de su fauna, por R. I. Murchison y otros, tanto allí como en otros lugares de Europa y América, principalmente.

Aun cuando, como hemos dicho, se ha hallado una fauna precámbrica, ésta era pobre y escasa, por lo que se define este sistema como el primer conjunto de estratos que contienen fósiles bien determinados. Sus límites están claramente definidos, el inferior por el Precambriano casi azoico, frecuentemente discordante y otras veces con un hiato estratigráfico; el superior, por la súbita aparición de la abundante fauna siluriana, de cruzianas, graptolites, trilobites, corales, lamelibranquios, cefalópodos, etc.

Distribución y paleogeografía

En el Algonquico reciente, por tanto, comenzó un gran ciclo de la historia de la Tierra, en el cual por primera vez pudieron marcarse los viejos cratones y escudos, por un lado, y los geosinclinales que los bordearon, por otro, aunque aún existan zonas dudosas en sus límites que hay que marcar con trazos en los mapas.

Los cratones están recubiertos por sedimentos cambrianos de escasa potencia, mientras en los geosinclinales se hallan potentes conjuntos de estratos en sus ejes, y con mayor o menor espesor en los sedimentos epicontinentales.

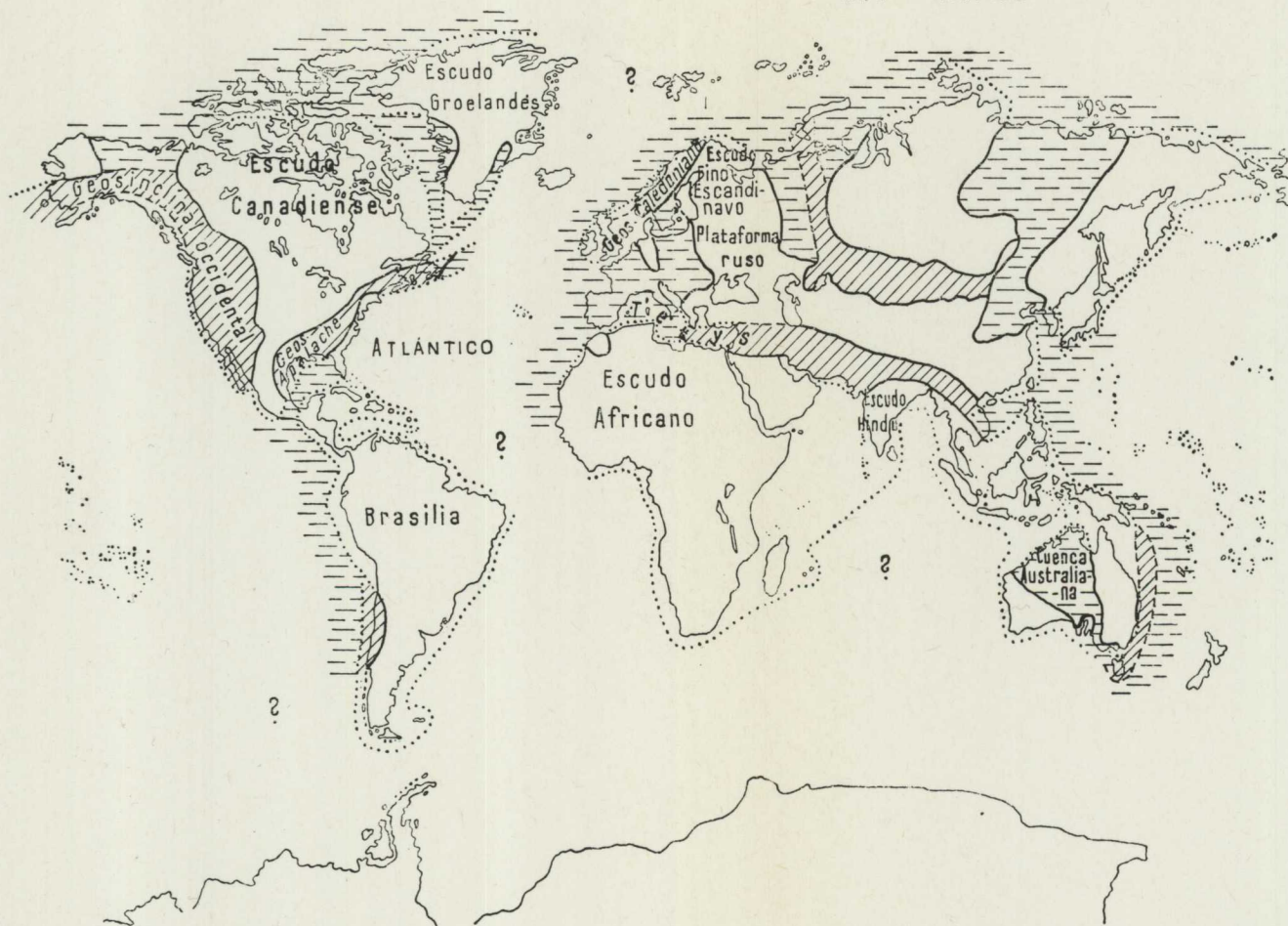
En el hemisferio Norte se hallan: el escudo báltico, bordeado al NO. por el geosinclinal noruego, representado hoy por la cordillera caledónica noruega, prolongado por el País de Gales y hacia el Ártico; al Sur por el geosinclinal occidental y centroeuropeo, unido al anterior por una elevación no emergida en el centro de Inglaterra; penetra a través de Alemania hasta Polonia y se extiende por el actual mar Báltico en formación epicontinental, y hacia el Sur por España y el Mediterráneo; la orilla opuesta se halla en el Norte de África.


Hacia el Este está ligado este escudo con la plataforma rusa.


El escudo canadiense estaba igualmente bordeado por los geosinclinales, representado hoy por las Montañas Rocosas y los Apalaches, los cuales fueron inundados por los mares cambrianos, transgresivos. Durante el Cambriano superior el avance del mar alcanzó a la zona estable, por lo que en dichos escudos hay extensos sedimentos epicon-

CAMBRIANO (Inferior a medio)

MAR ÁRTICO



 Mares subsidentes.

 Mares no subsidentes o no bien conocidos.

continentales, bien diferenciados de los de geosinclinal; aquéllos son poco potentes, mientras éstos alcanzan hasta 3.000 y más metros.

El geosinclinal apalache está dividido longitudinalmente por una elevación geoanticlinal que se supone prolongada hasta el Norte de Escocia. La depresión oriental posee una fauna similar a la europea, por lo que se presume que esté unida al geosinclinal mediterráneo. Por otro lado, el geosinclinal de las Montañas Rocosas presenta también en su parte oriental analogías con los asiáticos. Se dibuja, pues, la depresión del mar de Tetys, que como un cinturón rodea el hemisferio Norte.

En Asia adquieren gran extensión los mares cambrianos, principalmente en el centro y en el Norte, siendo inundado el continente ya avanzado este sistema. Los geosinclinales se unen al Mediterráneo europeo y al Ártico bordeando la plataforma rusa. El escudo siberiano está en gran parte recubierto por areniscas abigarradas y arcillas salinas, es decir, por sedimentos continentales y salobres.

En el hemisferio Sur dominan las tierras firmes, estando unidos el escudo brasileño con el africano y el australiano; sólo se han podido confirmar formaciones marinas en la parte oriental de Australia, en la occidental de Sudamérica y, aisladamente, en zonas del Antártico, aunque es muy probable que la extensión de los mares sea mucho mayor.

Rocas

Las rocas más características del Cambriano son los filadidos, las pizarras tegulinas verdosas, rojizas, negruzcas

o azuladas, y las calizas. También se hallan cuarcitas y areniscas, así como arcillas apizarradas. Son frecuentes los filones de cuarzo, y asimismo en el Cambriano inferior se encuentran conglomerados y sedimentos glaciáricos. Por ejemplo, en el geosinclinal caledónico Noruega-País de Gales, se hallan en la base tillitas y la facies continental denominada esparagmita, areniscas y sobre ellas potentes formaciones de pizarras, terminando con sedimentos de tipo regresivo y lavas básicas. En el geosinclinal del centro de Europa, calizas en la base conocida y pizarras sobre ellas, con alguna grauwaca en la zona axil, mientras en Bohemia se inicia con conglomerados, sigue con pizarras y termina con depósitos de regresión y lavas ácidas.

En las Montañas Rocosas de Norteamérica hay una fuerte formación caliza, mientras en las canadienses dominan las pizarras.

En los geosinclinales asiáticos predominan los sedimentos calizos.

Fauna y flora

La fauna es casi exactamente la que Barrande denominó primordial en 1825, que no merece este nombre, ya que sólo abarcaba los actuales pisos medio y superior. Luego se han hallado fósiles más antiguos en el Cambriano inferior y en el Arcaico. Es notable el carácter ya bastante elevado de esta fauna primordial, que indica que debió haber faunas anteriores, más complejas de lo que ahora se conoce de ellas por los escasos restos que nos han llegado, desaparecidas en su mayor parte por la acción metamórfica.

La fauna abarca casi todas las ramas del reino animal, con excepción de los vertebrados y los grupos de lamelibranchios, crinoídes, estrellas y erizos de mar e insectos. En total se han descrito alrededor de 2.000 especies, de las cuales un 50 % son trilobites y un 30 % braquiópodos.

Las ramas mejor representadas son las siguientes:

ZOOPIITOS.—Principalmente los *archaeocyathos* (según unos, coralarios, y según otros, espongiarios), de gran importancia geológica, pues forman arrecifes.

ARTICULADOS.—Los trilobites aparecen ya en este sistema y sus especies son características.

Al inferior le caracteriza los olenélidos (*Olenellus*), al medio, los paradóxicos (*Paradoxides*), y al superior, los olenidos.

También están representados los phillópodos y philocáridos, así como los ostrácodos.

MOLUSCOS.—Los gasterópodos, tryblidiáceos (*Scenella*) en el inferior; bellerophontáceos en el medio, y los pleurotomariáceos en el superior.

Los cephalópodos (*Volborthella*), aparecen ya en el inferior poco desarrollados. Sólo en el superior se muestran en algunas regiones los endocerátides.

MOLUSCOIDES.—Los braquiópodos adquieren gran desarrollo, lo que indica que debieron iniciarse ya en el Precámbrico. Los más importantes son los obólidos (*Obolus*, *Lingulella* y *Lingula*) y los órthidos, strophoménidos y pentaméridos.

ECHINODERMOS.—Son sesiles, estando representados por algunos cystídeos.

En cuanto a la flora, es dudosa su existencia en estado fósil.

Facies

En los comienzos del Cambriano debió reinar un clima húmedo y frío, dadas las manifestaciones de glaciario, representadas en diversas partes del Globo por sedimentos clásticos, rocas pobres en cal y grandes morrenas en Noruega y China, así como tillitas en Australia, América, Inglaterra y otros.

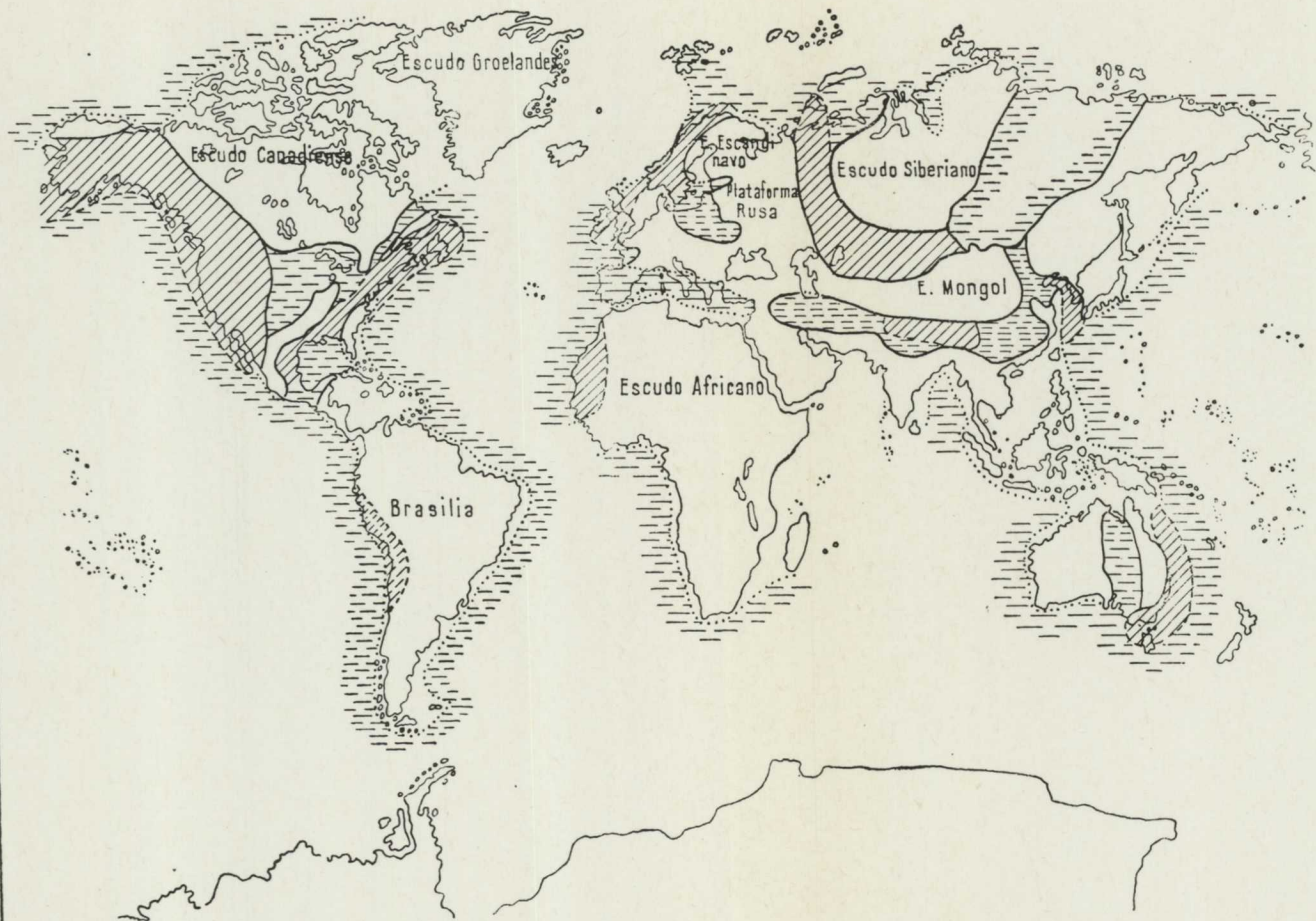
Por el contrario, en el medio y superior el clima fué cálido, como lo atestiguan las calizas de Archaeocyáthidos, cuya facies llegó a las actuales regiones polares. También parecen demostrar este aumento de temperatura los sedimentos de evaporación, tales como los yesos y sales depositados en Siberia, India, NO. de Canadá e Irán.


Excepto estos sedimentos y los contemporáneos a los glaciáricos del Cambriano inferior, de carácter arenoso, se hallan escasas facies continentales, entre las que pueden incluirse algunos depósitos de la fase regresiva en el superior de Bohemia, entre los que abundan las lavas volcánicas.


A la facies litoral corresponden areniscas con Eophiton e impresiones de anélidos. A la nerítica, las calizas con o sin Archaeocyáthidos, areniscas, cuarcitas y pizarras con trilobites, y a la batial, pizarras con trilobites. A la abisal se achacan las pizarras con trilobites ciegos, si bien con reservas sobre la existencia de esta facies.

La actividad orogénica durante este sistema fué muy escasa, y la volcánica sólo se manifestó al final del mismo con lavas de tipo ácido.

CAMBRIANO SUPERIOR



 Mares subsidentes.

 Mares no subsidentes o no bien conocidos.

EL CAMBRIANO EN ESPAÑA

División y fósiles característicos

La siguiente división corresponde sólo al Cambriano en España. Por lo que se refiere a los fósiles característicos, hay que decir que en España, sólo la fauna acadiense es abundante y se puede datar con precisión; mientras que el Potsdamiense y el Georgiense sólo han suministrado faunas dudosas.

PISOS	ROCAS	FÓSILES
Superior o Potsdamiense (de Potsdam, Estado de Nueva York).	Filadios azules y psamitas	<i>Cruzianas planas.</i> <i>«Lingula flags».</i> <i>Olenus truncatus</i> , Brunn.
Medio o Acadiense (de Acadia, nombre anti- guo de Nueva Escocia).	Calizas y pizarras.	<i>Archaeocyathus navarroi</i> , H. Pa- checo. <i>Coscinocyathus endutus</i> , Gordon. <i>Eoorthis primordialis</i> , Vern. y Barr. <i>Nisusia vaticina</i> , Vern. y Barr. <i>Paradoxides spinosus</i> , Boeck. <i>Conocoryphe sulzeri</i> , Schlot. <i>Conocoryphe ribeiro</i> , Vern. y Barr. <i>Agnostus pisiformis</i> , Linn.
Inferior o Georgiense (de Georgia, Estado de Vermont).	Pizarras verdosas.	<i>Olenellus thompsoni</i> , Meek.

Manchas del Cambriano en España

No ocupa mucha extensión en España, pues asoma sólo en isleos y ventanas por erosión del Siluriano, con el que está concordante en los pliegues que originó el movimiento herciniano. También muestra aparente concordancia con el Arcaico, excepto en Sierra Morena, donde el conglomerado (almendrón) de base, indica discordancia. No influyó, por tanto, la orogenia huroniana en la Península.

La distribución de las manchas puede agruparse con la del Arcaico; es decir, en Galicia, León y Asturias, en Pirineos y Cordillera Costera Catalana; en la región central; en la bético-extremeña y en la bética. De éstas, las manchas que ofrecen faunas más abundantes son las de la Cordillera Cantábrica, pero también se muestran fósiles en Murero (Cordillera Ibérica) y la abundante fauna de archaeocyátidos de las ermitas de Córdoba.

Las facies de sus sedimentos, son tanto costeras como neríticas y batiales, principalmente estos dos últimos, pertenecientes al geosinclinal, no profundo, Mediterráneo-unido al central europeo.

Criaderos minerales

Plomos de Sierra Morena; cobres de Huelva, en contacto con rocas endógenas; estaño y wolframio, en las provincias limítrofes con Portugal, y fosforita de Logrosén.

Sistema Siluriano

Definición y sinonimia

Su nombre fué dado por Murchinson en el año 1835, porque lo estudió y clasificó en el País de Gales, habitado por la tribu de los silures, cuando la conquista romana. También fué denominado «filádico», «ampelítico» y «graptolítico», refiriéndose los dos primeros nombres a las rocas que le caracterizan, y a la fauna que ha servido principalmente para su clasificación, el tercero.

Límites y división

En general, están bien definidos los límites del Siluriano, en el sentido estricto que se emplea aquí para su exposición, si bien en algunos lugares la identidad de las rocas y su concordancia en una continua transgresión han hecho difícil la separación entre este sistema y el Cambriano.

Señala el límite inferior en numerosas regiones una regresión de corta duración, a partir de la cual se desarro-

llan rápidamente muchos grupos de seres, ya en parte procedentes del Cambriano, tales como tetracoralarios, braquiópodos, nautiloideos, graptolitos, crinoideos, etcétera. El límite superior está netamente señalado por la arenisca roja antigua del Devónico.

Universalmente se distinguen dos grandes pisos, a saber: el Siluriano inferior u Ordoviciense, de Ordovices, pueblo del País de Gales, y el superior o Gotlandés, de Goth, isla del mar Báltico; ambos están separados frecuentemente por un hiato en la sedimentación y una diferenciación en la fauna de corales, trilobites, cefalópodos y graptolites. Al final tiene lugar la orogénesis caledoniana, la cual originó las primeras grandes cordilleras paleozoicas.

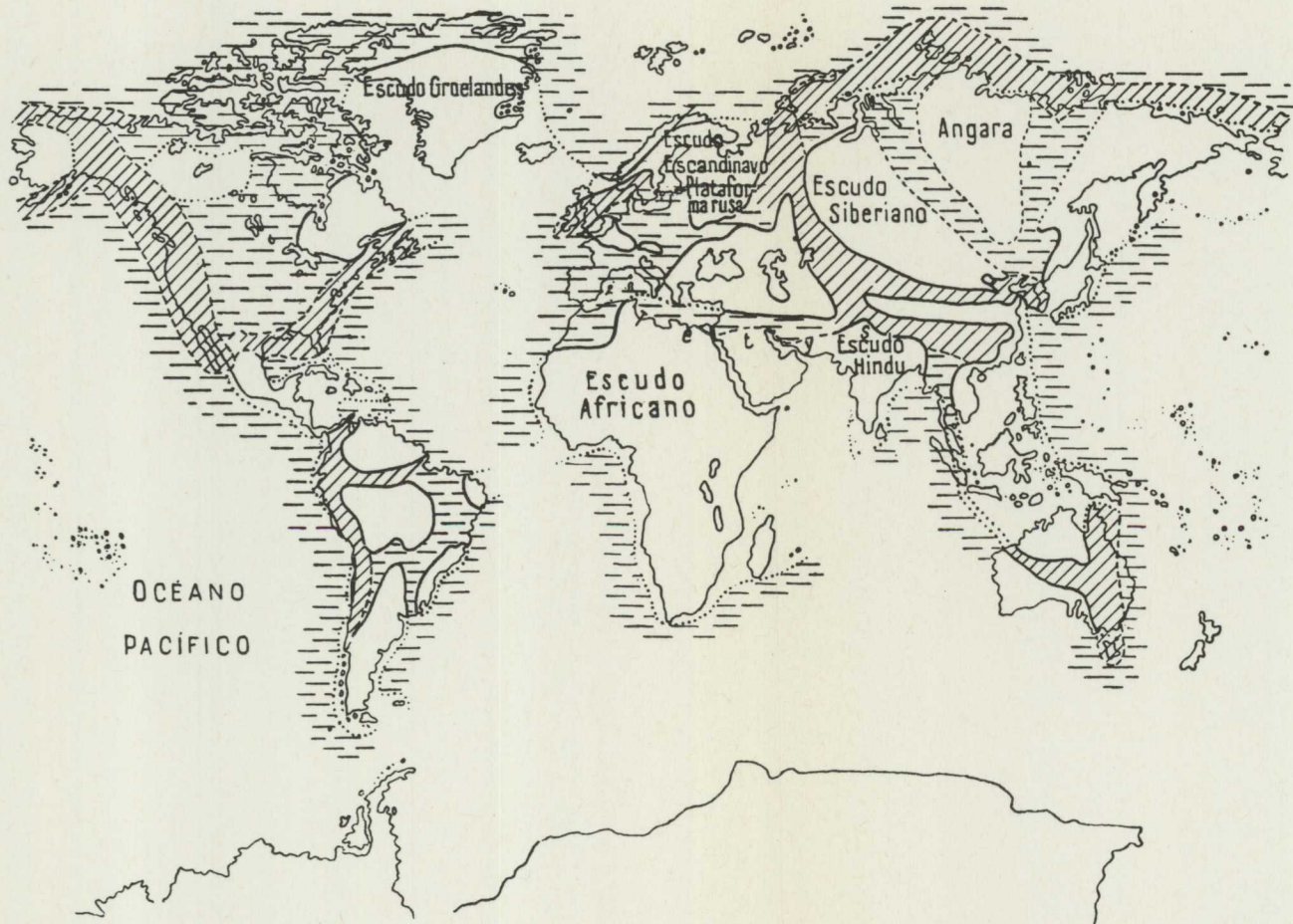
Distribución y paleogeografía

La distribución es muy análoga a la del Cambriano, cuyos geosinclinales coinciden bordeando los escudos arcaicos; sólo a causa de la casi persistente transgresión marina, de origen epirogénico, son invadidas por las aguas las llanuras erosionadas primitivas de dichos escudos que bordean a los geosinclinales. Así la cordillera caledoniana de Noruega representa el geosinclinal Cambro-Silur, prolongado en el País de Gales con borde septentrional al NO. de Escocia y en las Hébridas. Unido a éste se extiende otro geosinclinal, subdividido por abombamientos, que penetra en Centroeuropa y abarca el Mediterráneo.

El borde Norte lo constituye el escudo escandinavo y el Sur se halla en el africano. Este geosinclinal se prolonga hasta el Pacífico, ensanchándose los depósitos trans-

ORDOVICENSE MEDIO (FINAL)

Mar Artico



OCEANO
PACÍFICO



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

gresivamente sobre las plataformas de los primitivos continentes.

En Norteamérica y el Ártico rodean los mares cambrosilúricos los escudos canadiense y groenlandés, que unidos a la plataforma rusa constituyen el continente nordatlántico, con transgresiones sobre sus plataformas, recubriendo sus sedimentos a los cambrianos después de un hiato en la sedimentación.

Rocas

Hay un predominio de pizarras, tales como filadios, pizarras grafiticas y las llamadas ampelíticas, por servir de terreno para viñas. En las plataformas continentales se formaron principalmente el Gotlandés, calizas zcógenas, abundando los arrecifes, y anorgánicas, hoy transformadas en mármoles. En los geosinclinales abundan, dominantemente en el Ordoviciense, las rocas ricas en materiales clásticos y pobres en cal (pizarras, cuarcitas, etc.), a veces en facies flysch, y las oscuras pizarras de graptolitos finamente estratificadas. Donde hubo manifestaciones volcánicas, como en Noruega, Inglaterra y países bálticos, se hallan masas eruptivas, básicas las más antiguas y ácidas las restantes, habiendo éstas dado origen a yacimientos de bentonita. La kuckersita, marga bituminosa formada por algas verdes, se halla en el Ordoviciense de Estonia. También comprende la facies siluriana los minerales de hierros oolíticos (Ordoviciense de varios países de Europa y Gotlandés de los Apalaches), así como lechos de sal gema (Gotlandés superior de los países bálticos, Norteamérica oriental, NO. del Canadá y Siberia).

Fauna y flora

Al comienzo del Siluriano se produce un cambio en las faunas, estableciéndose la neta separación de las que reinaban en el Cambriano. Las formas pelágicas, como los graptolitos, se extendieron por todos los mares. Asimismo se desarrollaron, sobre todo en el Ordoviciense, numerosos grupos de seres, tales como los corales, crinoides, braquiópodos, cefalópodos y otros.

Los foraminíferos son escasos y embrionarios, así como los radiolarios. Se desarrollan las esponjas (*Astylospongia*, *Astraeospongia*). Los corales son también escasos y primitivos en el Ordoviciense inferior, pero en el superior adquieren desarrollo y extensión. En el Gotlandés se hallan algunos tetracoralarios y los tabulados (*Favosites*, *Alveolites*, *Halysites*, etc.). Entre los artrópodos, los trilobites forman una importante fauna que alcanza su cumbre en el Ordoviciense superior. En el Gotlandés se inicia la reducción del número de familias hasta el final del Paleozoico. Son exclusivamente ordovicienses los asáfidos (*Asaphus*), los calyménidos (*Calymene*) e illaénidos (*Illænus*), y del Gotlandés los phacópodos (*Dalmanites* y *Phacops*), que llegan hasta el Devoniano. Los ostrácodos se muestran muy variados en formas y aparecen faunas de aguas salobres y dulces (euriptéridos y xiphosuros) y formas terrestres (*Scorpion*).

Entre los moluscos se desarrollan las formas enrolladas (caracoles), si bien con pocas variedades nuevas y débil ornamentación. Los bivalvos aparecen repentinamente al principio del Siluriano en gran cantidad y formas variadas. Además de los taxodontes (*Nucula*), se conocen los hete-

rodontes, desmodontes y anisomiaros, que en su gran mayoría habitan en fondos lodosos. Se conocen los grupos de nautiloides y aparecen los ortocerátidos y endocerátidos; estos últimos se extinguen al comienzo del Gotlandés, mientras que los primeros derivaron a los actinocerátidos y cirtocerátidos.

Los braquiópodos presentan formas inarticuladas (*Crania*) y articuladas; los ortisidos (*Orthis*, *Dalmanella*), stromenidos y perambonitidos, los que a través de los pentaméridos y rhynchonélidos llevan a las nuevas formas espirales, ya devonianas (*Atrypa*, *Spirifer*, etc.).

Las colonias de briozoarios forman arrecifes en América.

Gran desarrollo y variedad adquieren los graptolites, cuya importancia es tal que sirven de base para la clasificación del Siluriano. Los dendroides, ya conocidos en el Cambriano medio y que llegan hasta el Carbonífero, están fijados al suelo. De este grupo raíz nacieron en el Ordoviciense inferior los graptoloides, con gran proliferación, para desaparecer al final de este sistema. Su desarrollo pasó por los dichograptidos (*Dichograptus*, *Tetragraptus*, *Didymograptus*), los dicranograptidos (*Dicranograptus*) a los diplograptidos (*Diplograptus*, *Climacograptus*). En fin, en el Gotlandés aparecen los monograptidos (*Monograptus*, *Rastrites*, *Cyrtograptus*). Esta transformación hacia seres más simples está en relación con el paso de vida bentónica sesil a la pseudoplanctónica. Su importancia estratigráfica es muy grande, pues han permitido establecer, a base de los distintos géneros y especies, una subdivisión detallada del Siluriano.

Los equinodermos están representados por numerosas formas nuevas, a saber: cistideos (*Echinospaerites*, *Caryocystites*, *Aristocystis*), crinoides (*Dendrocrinus*, *Cyathocrinus*, *Crotalocrinus*), los cuales habitaron en los arrecifes-

Entre los equinozoos movientes se hallan los erizos de mar y las estrellas de mar.

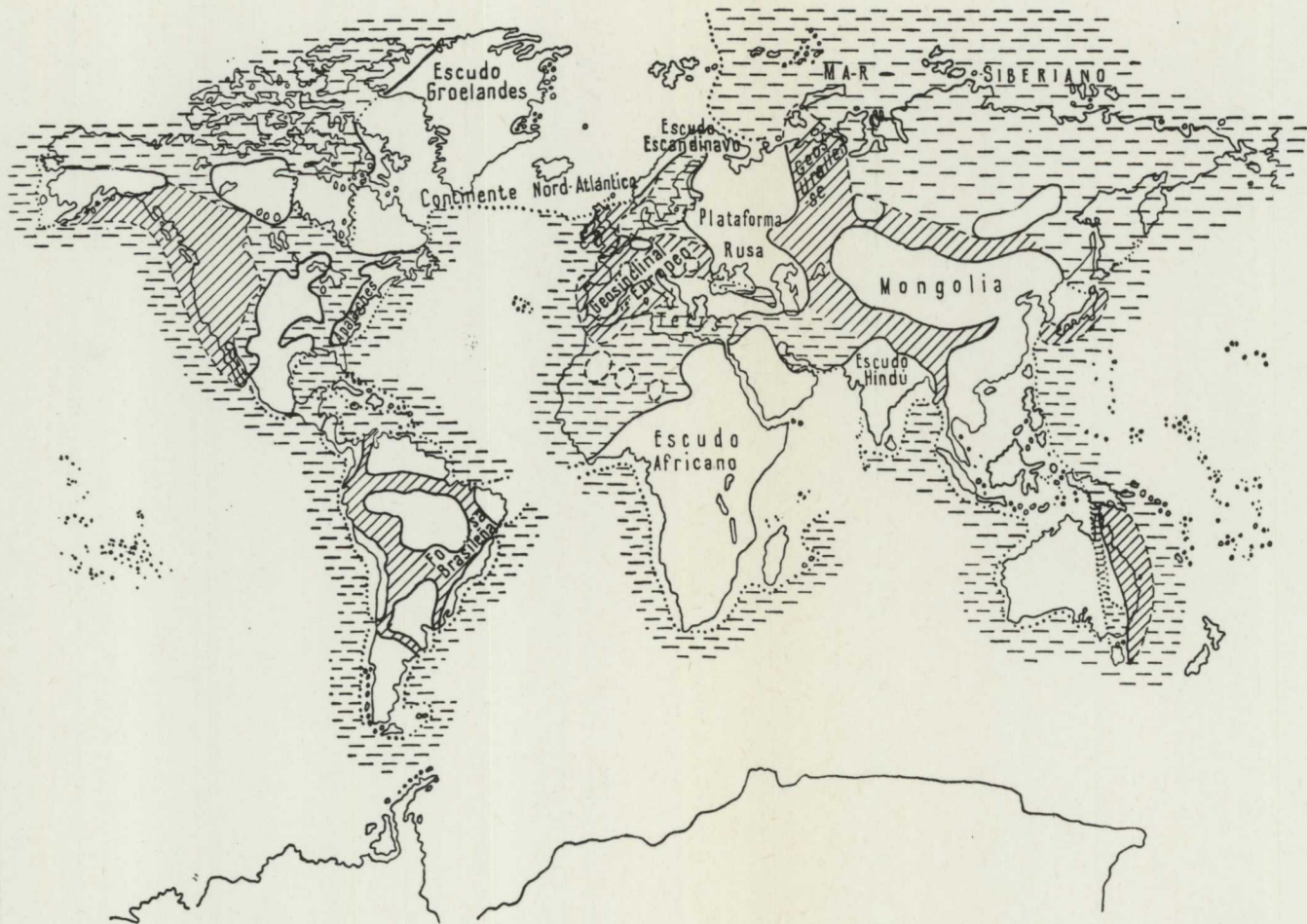
Finalmente aparecieron los primeros vertebrados, representados por peces, provistos de un esqueleto exterior córneo que protegía el interior, de naturaleza gelatinosa. Dos tipos se diferencian: los agnates (*Cephalaspis*), encontrados por primera vez en el Ordoviciense medio, y otras formas denominadas placodermos, del final del Gotlandés. Todos ellos han debido habitar en aguas dulces y salobres.

Los principales grupos de plantas que se han hallado en el Siluriano pertenecen a las tallophitas (bacterias y algas) y a las pteridophitas (psilofitales).

Facies

Las facies conocidas son, en su gran mayoría, marinas, bien de geosinclinal, bien epicontinentales. Las terrígenas conservadas son escasas y lagunares (Estado de Nueva York). En el Siluriano inferior representan las facies litoral y nerítica las areniscas y potentes cuarcitas con frecuentes pistas de bilobites o cruzianas, mientras en las zonas geosinclinales, de mayor movilidad, se hallan pizarras, a veces con alternancias de areniscas en facies flysch. En las plataformas epicontinentales son comunes las calizas zoogenas, frecuentemente arrecifales y casi siempre marmorizadas. En el Gotlandés continúan las pizarras, en facies batial y aun probablemente abisal en zonas geosinclinales. Estas pizarras son oscuras, finamente estratificadas, carbonosas o gráficas, cuya sustancia orgánica se debe a los graptolitos. En el geosinclinal de Inglaterra se hallan

GOTLANDES SUPERIOR



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

también estos restos de radiolarios, y tanto en éste como en los países bálticos hay rocas volcánicas, básicas en la base y ácidas más altas, dando éstas origen a yacimientos de bentonita. En las zonas costeras del Norte y en América hay depósitos de desecación (yesos y sal), pertenecientes al final del Gotlandés.

Movimientos orogénicos y epirogénicos.

Manifestaciones volcánicas

Después de la quietud de la corteza terrestre, característica del Cambriano, tiene lugar durante el Siluriano una marcada movilidad que llega a adquirir violencia al final de este sistema, formándose entonces las cordilleras caledonianas; este movimiento orogénico tiene dos fases, la primera más suave, o de segundo orden, en el límite entre el Ordoviciense y el Gotlandés, y una segunda de primer orden al final de este piso, o movimiento caledónico propiamente dicho, que le separa del Devoniano.

Las distintas fases de la tectónica siluriana son las siguientes:

Cambriano superior.

Transgresión, cuya culminación se halla en el Ordoviciense superior.

Regresión relativamente breve.

Fase de plegamiento tectónico (Apalaches).

Nueva transgresión, que abarca principalmente las regiones septentrionales.

Regresión en el Gotlandés superior.

Fase del plegamiento caledónico propiamente dicho.

Devoniano inferior.

Las manifestaciones eruptivas tuvieron lugar durante el hundimiento ordoviciense y nuevamente al producirse la orogenia caledoniana.

Clima y distribución de continentes

El clima fué templado, hasta cálido, puesto que en las zonas árticas se formaron arrecifes. El grado de humedad fué muy variable, ya que se han observado formaciones pantanosas y de intensa evaporación.

Un gran continente se formó al Norte, uniendo las mesetas ruso-bálticas con las masas nordatlánticas, soldadas por las cadenas caledónicas. Este continente llegó por el Sur hasta el Canal de la Mancha. Otra rama más reducida se extendió de las Ardenas hasta las sierras centrales de Polonia. En oposición se mantuvo el continente meridional cambriano brasileño-africano, parcialmente dividido en islas y poco reducido por las transgresiones.

EL SILURIANO EN ESPAÑA

División y fósiles característicos

PISOS	ROCAS	FÓSILES CARACTERÍSTICOS
Superior o Gotlandés...	Calizas y ampelitas.	<i>Monograptus priodon</i> , Bron.
		<i>Monograptus turriculatus</i> , Barr.
Inferior u Ordoviciense..	Pizarras, areniscas y cuarcitas.	<i>Rastrites linnaei</i> , Barr.
		<i>Diplograptus palmeus</i> , Barr.
		<i>Cardiola interrupta</i> , Sow.
		<i>Michelinoceras (Orthoceras) annulatum</i> , Sow.
		<i>Michelinoceras (Orthoceras) timidum</i> , Barr.
	Cuarcita armoricana.	<i>Didymograptus murchisoni</i> , Beck.
		<i>Orthis calligramma</i> , Dalm.
		<i>Dalmanella testudinaria</i> , Dalm.
		<i>Redonia duvaliana</i> , Rou.
		<i>Sanguinolites pellicoi</i> , Vern. y Barr.
Cuarcita armoricana.	<i>Arca naranjoana</i> , Vern. y Barr.	
	<i>Bellerophon bilobatus</i> , Sow.	
	<i>Calymene tristani</i> , Brong.	
	<i>Iliaenus hispanicus</i> , Vern. y Barr.	
	<i>Asaphus nobilis</i> , Barr.	
Cuarcita armoricana.	<i>Dalmanites socialis</i> , Barr.	
	<i>Endoceras duplex</i> , Wahl.	
	<i>Scolithus dufrenoyi</i> , Rou.	
Cuarcita armoricana.	<i>Cruziana furcifera</i> , d'Orb.	
	<i>Cruziana goldfussi</i> , Rou.	
Cuarcita armoricana.		<i>Fraena lyelli</i> , Rou.

Manchas de Siluriano en España

El Siluriano ocupa mucha extensión en nuestro suelo, especialmente en la mitad oriental y en la meridional de la península. Con el Cambriano y el granito constituye el zócalo del escudo continental durante los ciclos geológicos siguientes:

En el Noroeste asoma en grandes extensiones de Galicia, Asturias y León, plegado conjuntamente con el Cambriano y arqueado por choque contra la mole arcaica. Al Noreste asoma en la Sierra de la Demanda, Moncayo y otras ibéricas, formando el núcleo de los grandes pliegues hercinianos rejuvenecidos por los alpinos. Asimismo se halla en la cordillera herciniana catalo-sardónica y en los Pirineos a lo largo del geosinclinal, también rejuvenecidos por los movimientos alpinos.

En el Suroeste y centro hay grandes espesores de Siluriano, plegado por los movimientos hercinianos en Extremadura y Toledo y con rejuvenecimiento alpino en Huelva, Sevilla, Ciudad Real, Córdoba, Jaén y Albacete, así como en Granada. Generalmente rodea a las manchas cambrianas, siendo en muchos casos difícil la separación entre ambas por la escasez de fauna en estas últimas y la similitud litológica entre ambas. Rocas hipogénicas y volcánicas los cortan en varias de estas manchas.

El Siluriano en nuestro país suele iniciarse por las duras y potentes cuarcitas con cruzianes (cuarcitas con bilobites), siguen pizarras y filadíos con la fauna antes enumerada designada por Barrande como segunda fauna (pizarras con Calymene), constituyendo todo ello el Ordoviciense. A continuación siguen las ampelitas con graptolites y calizas negruzcas con orthocerátidos y Cardiola, que constituyen la tercera fauna de Barrande (ampelitas con graptolites).

Con excepción de la ligera discordancia observada en las cuarcitas, el Cambriano y Siluriano son concordantes.

Criaderos minerales

Los de hierro están muy repartidos. Los hay en Galicia, Asturias, León (Coto Wagner), Guadalajara y Teruel (Ojos Negros); de cobre en Huelva (Tharsis); de plomo en Jaén (Linares, La Carolina) y Ciudad Real; de azogue en Ciudad Real (Almadén) y otros de menor importancia.

Canteras

Las pizarras del Monasterio de El Escorial son del Siluriano de Galicia, y las cuarcitas constituyen una magnífica piedra para basamentos. Hay buenos mármoles en Toledo y Andalucía.

Sistema Devoniano

Definición y sinonimia

De los datos litológicos y paleontológicos reunidos en el condado de Devon y de Cornwall (Inglaterra), Murchison y Sedwig dedujeron que la mayoría de las rocas de esta región eran más modernas que el Siluriano, pero más antiguas que las del Carbonífero. A esta formación la denominaron en el año 1839 «Sistema Devoniano», y también arenisca roja antigua (Old Red Sandstone), debido a su composición y color en su facies continental. También ha sido designado goniatítico, por aparecer en él estos cefalópodos.

Al estudiarse esta misma formación en Centroeuropa y en Rusia quedó perfectamente delimitada a mediados del siglo pasado. Sus cefalópodos, sus peces y también su flora, le dan un carácter propio. Su límite inferior se define, bien por la discordancia caledónica, allí donde hubo este movimiento, o bien por la aparición de nuevos braquiópodos. El límite superior, por la flora del Carbonífero cuando existe un hiato, o por la aparición del mármol grioto de tonos rosados cuando la sedimentación es continua.

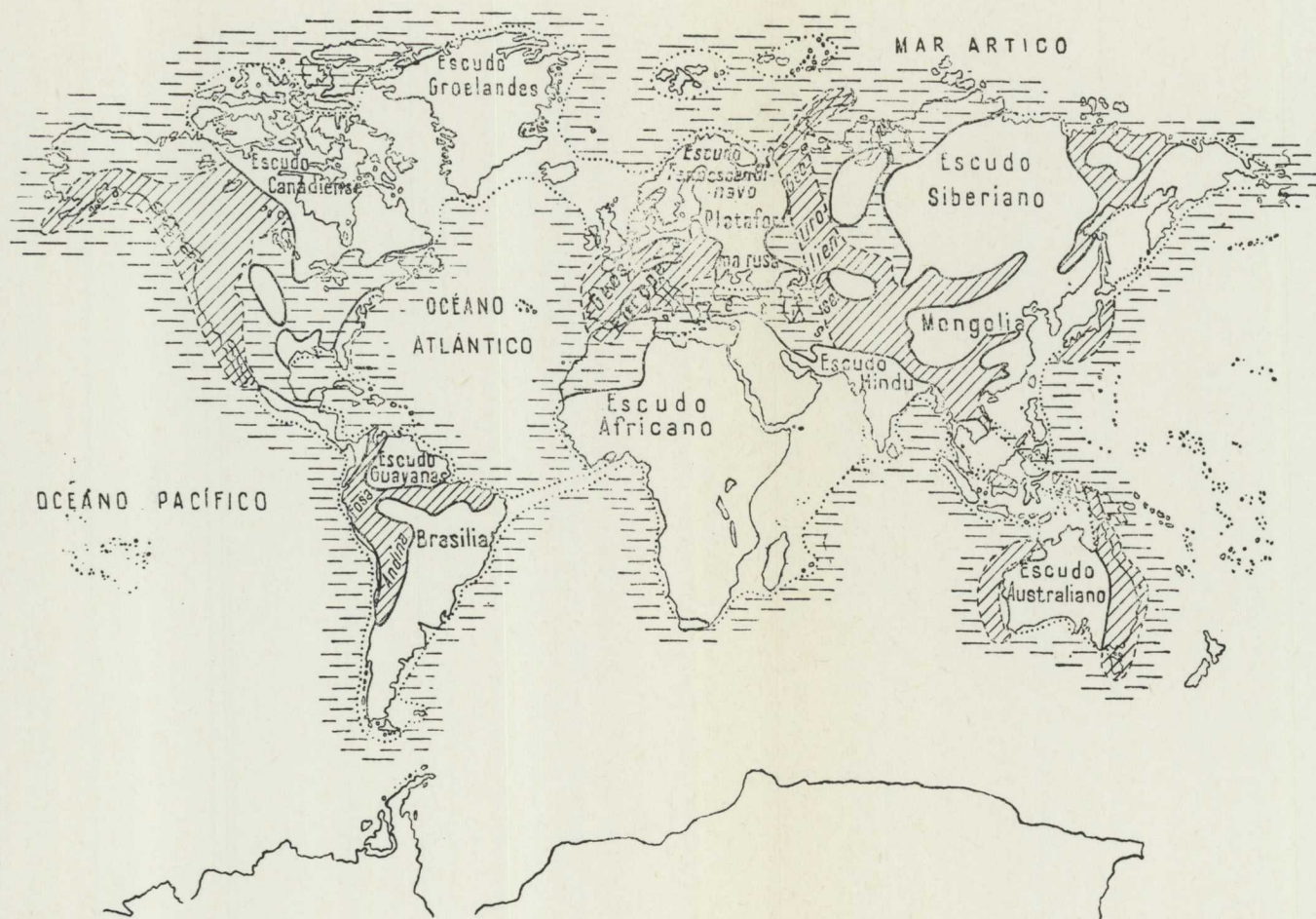
Distribución y paleogeografía

Por la erección de las cordilleras caledónicas y por los levantamientos ligados a ellas, se soldó el escudo báltico-ruso con las Hébridas y Groenlandia, constituyéndose un gran continente, cuya orilla meridional discurría desde el Sur de Irlanda hasta la cordillera central polonesa pasando por Bélgica. Al Sur se extendía el mar por las Ardenas, montañas del Rhin, Bohemia, el Harz y países mediterráneos, el cual se prolongaba por el Norte de Arabia y la India hasta Asia. Otro geosinclinal se extendía por los Urales entre dicho continente y el escudo siberiano. En América del Norte los movimientos caledónicos no fueron tan acusados. Los mares avanzaron desde el límite Siluriano-Devoniano hasta el final del Devoniano medio, como en Europa; retrocediendo después y volviendo a transgredir, dejó una facies deltaica en la costa oriental. En general la distribución de tierras y mares en sus fases no experimentó grandes variaciones con respecto al Siluriano.

En el hemisferio meridional, el continente brasileño-africano fué aún más invadido por las aguas durante el Devoniano inferior, con fauna antártica, relacionada en su parte septentrional con las del hemisferio Norte. Nuevamente retrocedió el mar en el medio para quedar otra vez amplias tierras emergidas.

En Europa central se formó el geosinclinal que habría de transformarse en cordillera herciniana, el cual estaba comprendido entre el gran continente al Norte y la isla germano-bohémica, muy estrecho al principio para ensancharse en el Devoniano medio y superior a costa de las citadas tierras firmes.

DEVONIANO (Medio)



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos

Rocas

En éstas son características las areniscas rojas ferruginosas, que le han dado el nombre de «Old Red Sandstone», sobre todo al Devoniano inferior, que a veces pasan a formaciones costeras. Los sedimentos marinos están formados principalmente por cuarcitas, pizarras y areniscas ferríferas y grauwacas. En el medio se depositaron pizarras arcillosas y margosas, calizas y calizas coralinas a veces cruzadas por rocas de origen volcánico. En el superior pizarras, calizas de goniatites y arrecifales y en general calizas zoógenas que por metamorfismo pasan a mármol grioto. Son ya la transición al Carbonífero.

Fauna y flora

La fauna más importante es la siguiente:

CILINDRADOS.—Los tetracoralarios y tabulados (*Favosites*, *Pleurodictyum*, *Cyathophillum*, *Calceola*, etc.), en arrecifes y en areniscas.

ARTICULADOS.—Los trilobites van reduciéndose hasta el fin de este sistema. Quedan aún los phacópidos y proétidos, como últimos representantes, pero los otros tipos desaparecen antes del Devoniano. Los ostrácodos se desarrollan, así como una serie de phyllópodos, phyllocáridos y pantópodos. Aparecen insectos no volátiles en el Old Red Sandstone.

MOLUSCOS.—Adquieren mucha mayor importancia que en el Siluriano. Aparecen las primeras conchas de agua dulce y los primeros caracoles terrestres.

También es importante la aparición, entre los cefalópodos, de los goniatites en el Devoniano medio y en el superior de los clyménidos.

MOLUSCOIDES—Son característicos los braquiópodos (spiriferidos, atrypidos, órthidos, athyridos, rhynchonélidos, terebratulidos y otros).

EQUINODERMOS.—Más perfeccionada que en el Siluriano, pero parecida. Característico es el blastoide, Pentremites.

VERTEBRADOS.—Desaparecen los agnates después de adquirir su máximo desarrollo en el Devoniano inferior. Les sustituyen los placodermos, algunos de enormes dimensiones, y aparecen otros con formas próximas a las actuales. También aparecen los primeros anfibios, los ichthyostégidos.

Es característica la aparición de nuevas plantas que inician la frondosa flora del Carbonífero. Son de este sistema casi exclusivamente los psilophitales, protoarticulares y pseudoborniales; los demás órdenes son análogos a los del Carbonífero, pero en general su desarrollo empieza en el Devoniano superior.

Facies

El clima debió de ser seco en los continentes del Old Red Sandstone, no así en las otras partes del Globo, ya que los sedimentos marinos indican procedencia de clima húmedo y frío, así como la falta de depósitos salinos y las manifestaciones glaciares. Las temperaturas no fueron tan bajas que impidieran la formación de arrecifes repartidos por todos los mares.

Continental es la arenisca roja; neríticas las areniscas rojizas, cuarcitas y calizas, sobre todo las arrecifales, y batiales las calizas y pizarras; en general los mares devonianos que hoy son tierra firme no fueron muy profundos.

Movimientos orogénicos y epirogénicos y vulcanismo

Como se ha dicho ya, los plegamientos caledónicos originaron las cadenas montañosas de Noruega y sus prolongaciones, así como las norteamericanas, formándose por soldadura el gran continente Norte-europeo desde la planicie rusa a Groenlandia, con la consiguiente retirada del mar hacia el Sur, lo que definió el comienzo del Devoniano. En sus costas se formaron los geosinclinales, precursores de los levantamientos variscos. Los movimientos epirogénicos originaron transgresiones, con alguna regresión episódica en el Devoniano medio, que dieron lugar a depósitos neríticos en los bordes de los geosinclinales. Al final del Devoniano se vislumbra la iniciación de los primeros movimientos variscos.

El vulcanismo fué intenso en la época caledoniana, no repitiéndose hasta mediado del Devoniano en los geosinclinales con lavas básicas.

EL DEVONIANO EN ESPAÑA

División y fósiles característicos

PISOS	ROCAS	FÓSILES CARACTERÍSTICOS
Superior: Frasnense y Famenense; de Frasnense y Famenne (Bélgica).	Mármol grioto, pizarras y areniscas.	<i>Spirifer verneuili</i> , Murch. <i>Oxicylmenia undulata</i> , Munts. <i>Manticoceras intumescens</i> , Boyr. <i>Calceola sandalina</i> , Linn. <i>Favosites polymorpha</i> , Gold. <i>Acervularia goldfussi</i> , Vern. y Haime. <i>Cyathophyllun caespitosum</i> , Gold. <i>Pentremitidea pailletei</i> , Vern. <i>Fenestella antiqua</i> , Gold. <i>Atrypa reticularis</i> , Linn.
Medio: Eifeliense y Givetense; de Eifel (Prusia) y Givet (Francia).	Calizas.....	<i>Anathyris ezquerrai</i> , Vern. y d'Arch. <i>Leptaena romboidalis</i> , Wilck. <i>Streptorhynchus crenistria</i> , Phill. <i>Orthis beaumonti</i> , Vern. <i>Cyrtina heteroclita</i> , Defr. <i>Mucrospirifer mucronatus</i> , Con. <i>Phacops latifrons</i> , Bronn.
Inferior: Gedinense y Cobleciense; de Gedinense (Bélgica) y Coblenza (Prusia).	Pizarras, calizas y areniscas ferríferas y cuarcitas; equivalentes al Old Red Sandstone.	<i>Pleurodictyum problematicum</i> , Gold. <i>Spirifer histericus</i> , Kon. <i>Spirifer pellicoi</i> , Vern. y d'Arch. <i>Spirifer rousseaui</i> , Rou. <i>Camartoechia mariana</i> , Vern. y Barr. <i>Tentaculites scalaris</i> , Schlot.

Manchas del Devoniano en España

Ocupa mucha menos extensión que el Siluriano (1 % del territorio nacional contra 9 % este último). Es concordante con él y con el Cambriano, ya que es muy dudosa la influencia de los movimientos caledonianos en la península, que si llegaron a sentirse se traducirían sólo en leves ondulaciones.

La mancha mayor se halla en Asturias y León donde la formación quedó más protegida de la denudación, al quedar alojada dentro del macizo asturiano después del movimiento herciniano.

En los Pirineos varias manchas a lo largo de esta cordillera.

En Cataluña algunos jirones en la antigua mole catalanoampurdanesa.

En Aragón, algunas manchas en Zaragoza y Teruel, en plegamientos hercinianos o de rejuvenecimiento alpino.

En Ciudad Real, Extremadura, Córdoba y Huelva, jirones alojados en pliegues hercinianos.

En la región asturiano-leonesa, que es donde el Devoniano de España adquiere un mayor desarrollo, éste ofrece una composición bastante compleja y con frecuentes variaciones laterales de facies, lo que hace difícil sintetizar sus características esenciales.

En la base se suele encontrar un nivel de areniscas ferruginosas que llegan a constituir menas de hierro, con intercalaciones de pizarras silíceas o arcillosas de tonos pardos o verdosos. A estas areniscas se las conoce con el nombre de «arenisca de Furada». A continuación siguen pizarras pardas, rojizas y verdosas, frecuentemente muy

arcillosas y desmenuzables, denominadas «cayuela» en la región. Éstas pueden aparecer solas o con intercalaciones de bancos calizos de poca potencia. Todo ello constituye el Devoniano inferior y sobre él aparece una potente serie de caliza gris, denominada «caliza de Arnao», que en la parte alta tiene intercalaciones de pizarras y a veces de areniscas. Esta caliza, en general muy fosilífera, destaca netamente sobre el paisaje cuando se presenta en masa, como sucede en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica. Otras veces aparece intercalada entre pizarras y areniscas, y su presencia no se destaca de manera tan neta. En Arnao, de donde toma su nombre, contiene una rica fauna con muchas de las especies que antes se han citado en el Devoniano medio. El tramo superior ofrece características parecidas al inferior, pues está constituido por una alternancia de cuarcitas verdosas o pardas, areniscas ferruginosas, a veces bastantes ricas en hierro, y pizarras de tonos pardos. Este nivel de cuarcitas y areniscas es muy típico en el monte Naranco, y se le conoce con el nombre de «arenisca del Naranco». En la parte más alta de este terreno, las pizarras suelen presentar algunas intercalaciones de calizas fosilíferas, tableadas, de colores rojos o rojizos, que constituyen ya el tránsito al Carbonífero y que se conocen con el nombre de «mármol griota». En la provincia de León, el nivel superior del Devoniano está constituido por una serie de calizas finamente tableadas, de color gris en superficie y casi negro en fractura fresca, fétidas y con muchas vetas de calcita. Estas calizas, que a veces alternan con lechos de areniscas y pizarras, son muy pobres en fósiles y sólo se encuentran en ellas algún nereites.

Criaderos minerales

Hierro sedimentario en Asturias y León; cobre en Asturias y Navarra (Monte Aya); estaño en Asturias (Sales); fosforita en Cáceres y Córdoba (Santa Eufemia).

Canteras

Las calizas y el mármol grioto.

Sistema Cambriano

Definición y sinonimia

Su designación proviene de Cambria, nombre latino del País de Gales, que dió a esta formación A. Sedgwick en el año 1835. Este geólogo, con sus largas investigaciones en aquel país, dió las primeras luces sobre este sistema, cuyo conocimiento pudo asentarse firmemente poco más tarde con el descubrimiento de su fauna, por R. I. Murchison y otros, tanto allí como en otros lugares de Europa y América, principalmente.

Aun cuando, como hemos dicho, se ha hallado una fauna precámbrica, ésta era pobre y escasa, por lo que se define este sistema como el primer conjunto de estratos que contienen fósiles bien determinados. Sus límites están claramente definidos, el inferior por el Precambriano casi azoico, frecuentemente discordante y otras veces con un hiato stratigráfico; el superior, por la súbita aparición de la abundante fauna siluriana, de cruzianas, graptolites, trilobites, corales, lamelibranquios, cefalópodos, etc.

Distribución y paleogeografía

En el Algonquico reciente, por tanto, comenzó un gran ciclo de la historia de la Tierra, en el cual por primera vez pudieron marcarse los viejos cratones y escudos, por un lado, y los geosinclinales que los bordearon, por otro, aunque aún existan zonas dudosas en sus límites que hay que marcar con trazos en los mapas.

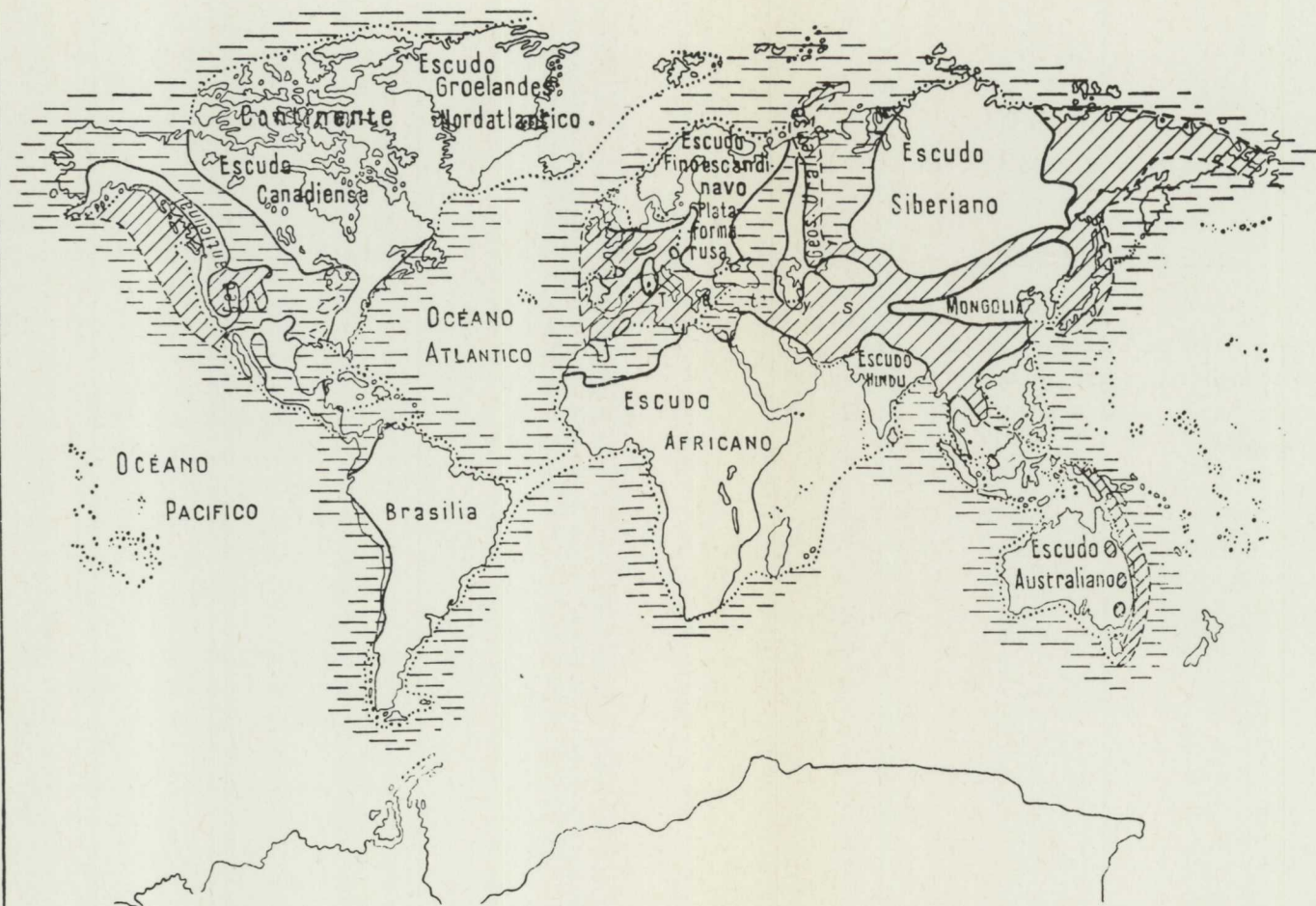
Los cratones están recubiertos por sedimentos cambrianos de escasa potencia, mientras en los geosinclinales se hallan potentes conjuntos de estratos en sus ejes, y con mayor o menor espesor en los sedimentos epicontinentales.

En el hemisferio Norte se hallan: el escudo báltico, bordeado al NO. por el geosinclinal noruego, representado hoy por la cordillera caledónica noruega, prolongado por el País de Gales y hacia el Ártico; al Sur por el geosinclinal occidental y centroeuropeo, unido al anterior por una elevación no emergida en el centro de Inglaterra; penetra a través de Alemania hasta Polonia y se extiende por el actual mar Báltico en formación epicontinental, y hacia el Sur por España y el Mediterráneo; la orilla opuesta se halla en el Norte de África.

Hacia el Este está ligado este escudo con la plataforma rusa.

El escudo canadiense estaba igualmente bordeado por los geosinclinales, representado hoy por las Montañas Rocosas y los Apalaches, los cuales fueron inundados por los mares cambrianos, transgresivos. Durante el Cambriano superior el avance del mar alcanzó a la zona estable. por lo que en dichos escudos hay extensos sedimentos epicon-

DINANTIENSE



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

vamente en Europa las cordilleras hercinianas, y disminuyó los movimientos subsidentes de las cuencas carboníferas; fué la que afectó más violentamente a la Península Ibérica.

En Rusia quedó el estrecho mar de los Urales, llamado mar de las Fusulinas, que une el de Tetys con el Ártico. Hacia Moscú se extienden formaciones carboníferas epicontinentales.

En Norteamérica el geosinclinal de las Montañas Rocosas sigue inundado durante el Carbonífero inferior, mientras el occidental de los Apalaches ofrece formaciones continentales, que en el superior contienen cuencas carboníferas. Allí faltó la fase sudética, tan importante en Centroeuropa.

En el Ártico penetra el mar en el Carbonífero superior, dividiendo el continente devoniano en dos bloques, el groenlandés y el finoescandinavo.

En Asia los geosinclinales adquirieron gran extensión en el Carbonífero inferior, y los plegamientos comenzaron en la segunda fase, retrocediendo los mares desde entonces hasta las costas del mar de Tetys. Así pues, la gran cordillera herciniana, que se extendía por Inglaterra, Francia, Alemania y Bohemia hacia el Este, se prolonga por Asia Menor y con la interrupción del mar de las Fusulinas se prolongaba en el gran arco asiático por la China oriental, islas japonesas, Manchuria y Siberia oriental. Las cuencas carboníferas potentes de estas últimas regiones pertenecen ya al Estefaniense y aun al Permiano inferior.

En contraste con la orogenia del hemisferio Norte, sólo se produjeron plegamientos variscos en el Sur, al Oeste del escudo brasileño, y levantamientos al Norte y Sur de África, habiendo en general regresión del mar en el Carbonífero inferior, durante cuya época se observan tilli-

tas repartidas en Sudamérica, África meridional y Australia.

Tenemos, pues, un gran continente nordatlántico, cuya costa meridional se aproxima al Mediterráneo y Centroamérica, y otro asiático, denominado de Angara por los geólogos; un tercero meridional afro-australo-brasileño, de masas recortadas, llamado de Gondwana, cuyas costas septentrionales continúan en dicho mar, que constituye así un gran geosinclinal entre las Antillas y el Himalaya.

Fenómenos volcánicos

El vulcanismo, que tuvo lugar en el Devoniano con carácter básico, continuó en los geosinclinales del Carbonífero inferior con carácter ácido, y en el superior con efusiones porfíricas, todo ello con bastante profusión.

Rocas

En el inferior (Dinantiense-Culm) adquiere gran desarrollo la caliza carbonífera, llamada, en España, de montaña; es de origen marino. En Centroeuropa se hallan areniscas, cuarcitas y pizarras silíceas, de radiolarios, que indican mar profundo. También están representadas calizas y areniscas, de facies deltaica y epicontinental, y pizarras y areniscas con hulla, de facies continental. En los bordes continentales se presentan conglomerados silíceos.

En el Carbonífero medio (Westfaliense-Moscoviense) hay psamitas, arcosas, pizarras carbonosas, cuarcitas y

pudingas (conglomerados silíceos), de origen continental lacustre, y calizas principalmente de origen marino; también se hallan típicas calizas de fusulinas. Contiene numerosas capas de carbón.

En el superior (Estefaniense-Uraliense), hallamos episodios de calizas de fusulinas intercalados en pizarras negras carbonosas, areniscas y cuarcitas terrígenas, así como pudingas y capas de carbón.

Fauna y flora

La fauna se empobrece en algunos grupos primitivos, como trilobites, que desaparecen, peces, lamelibranquios, etc., y a cambio se enriquece con otros nuevos, entre ellos andadores terrestres, ammonoides y anfibios.

Entre los protozoarios aparecen por primera vez seres constructores de rocas; son los radiolarios y los fusulínidos, aquéllos de rocas silíceas y éstos de calizas.

Entre los celenterados se desarrollan principalmente los tetracoralarios zafréntidos.

Entre los articulados se encuentran por primera vez los insectos voladores, que llegan a adquirir gran tamaño.

De los moluscos es de señalar la desaparición de los clyménidos y la continuación de los goniatítidos, hasta principio del Permiano.

En los moluscoides adquieren gran desarrollo los braquiópodos (prodúctidos, espiriféridos, órtidos y otros).

Entre los equinodermos destacan los crinoides y blastoides por su profusión.

Van desapareciendo los peces con caparazón, siendo sustituidos por aquéllos con cartílagos y esqueleto.

En los anfibios aparecen numerosos seres nuevos, entre los que destacan los laberinthodontes, de más de cinco metros de longitud. Los reptiles hacen su aparición en el Carbonífero superior.

Característico de este sistema es su exuberante flora terrestre. Pertenecen al Carbonífero las pteridofitas y las gimnospermas primitivas, aquéllas representadas por las licopodiales, equisetales fósiles y las paleopteridales (filicales).

Entre las licopodiales son característicos los lepidodendron, las bothrodendráceas y las sigilariáceas, así como sus raíces o stigmarias.

Entre las equisetales son también típicas las formas arborescentes o calamariáceas y las sphenophyleas.

Entre las paleopteridales varias pertenecen al Permiano y al Devoniano, pero son propias del Carbonífero las staunopteris.

Hay también una serie de grupos de helechos dudosos característicos de este sistema, tales como los archeopterides, pecepterides, glosopterides, etcétera.

Las himnospermas primitivas tienen numerosos representantes en el Carbonífero, en el grupo de las medulósas (Alephoteris, Lonchopteris, Callipteridium, Neuropteris, Linopteris, etc.), así como en los cordaitales (Cordaites).

Clima y cuencas hulleras

El clima durante el Carbonífero debió ser muy desigual, especialmente entre los dos hemisferios, pues en el Sur hubo grandes glaciaciones y muchos sedimentos son de zonas áridas en grandes extensiones. Sin embargo, los

bosques fueron extensos, pero, opuestamente al hemisferio Norte, dominaba casi exclusivamente en ellos el género Glosopteris. En el Norte debieron sucederse estaciones o lapsos de tiempo con grandes lluvias, y otros más sosegados, aunque dominó el clima húmedo, con atmósfera rica en CO₂, pero no velada, como muchos han supuesto, sino que la superficie de la Tierra recibiría normalmente los rayos solares, como lo prueba una buena parte de su vegetación.

Es frecuente en las cuencas carboníferas observar que el muro de las capas de carbón está constituido por pizarras en las que se encuentran rizomas de lepidofitas (Stigmarias), troncos y restos de vegetales de deposición, los dos primeros en posición normal y éstos arbitraria, lo que indica origen autóctono de los yacimientos de carbón en regiones de clima tranquilo y en ciénagas, pantanos y zonas lagunares, con aportación y deposición de dichos restos de plantas, por caída por el viento y por los arroyos que desembocaron en tales medios inundados. Estos últimos restos debían provenir de bosques desarrollados en terreno seco, como son los cordaitales y muchos helechos.

En aquellas regiones pantanosas húmedas, continuamente empapadas de agua, debieron formarse lodos pútridos o sapropel y turberas de enorme extensión, como hoy vemos desarrollarse en las ciénagas pantanosas y en las denominadas «tembladeras» de los climas fríos y húmedos y en los «swamps» de los climas templados.

A estas épocas tranquilas sucedían otras turbulentas, en las que sobre estos depósitos orgánicos se depositaban materiales clásticos, tales como arenas, cantos y también lodos arcillosos, convertidos por diagénesis en areniscas, conglomerados y pizarras, rocas que componen los estratos del techo de las capas de carbón. Soterrados así aque-

llos lodos pútridos y turberas, se fueron transformando en carbón por la acción del calor, de la presión y de las bacterias en avanzadas reacciones físico-químicas de carácter anaerobio.

Estas alternancias de clima se fueron repitiendo, lo que indica que las cuencas carboníferas eran zonas subsidentes en etapas de cierta periodicidad, lo que queda probado por las múltiples capas de carbón que hay en casi todas ellas.

Estos hundimientos fueron tan intensos que el mar invadió repetidamente las cuencas lagunares próximas a él (zonas parálidas); a las cuencas interiores (límnicas) no llegaron estas invasiones.

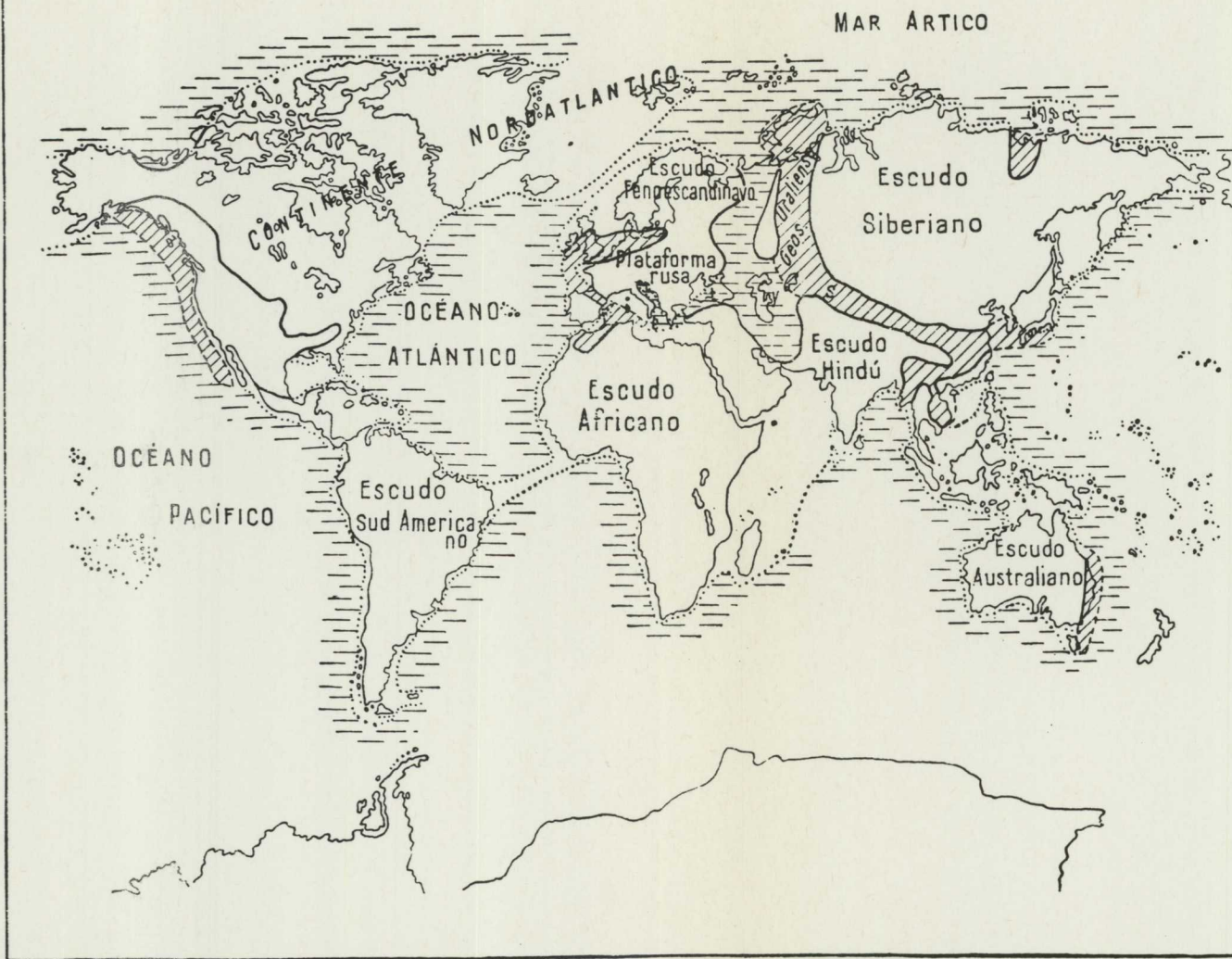
Todo lo anterior demuestra el origen autóctono de las cuencas carboníferas extensas, no pudiendo ser alóctonas más que aquellas lenticulares originadas por aportaciones de masas vegetales por grandes ríos o de sus deltas.

EL CARBONÍFERO EN ESPAÑA

Generalidades

El Carbonífero inferior y el medio son sensiblemente concordantes con el Devoniano y por tanto con todo el Paleozoico inferior. El superior es discordante con los anteriores a causa de la orogenia herciniana, la cual tuvo lugar entre ambos pisos; sin embargo, ya comenzó a emerger la tierra en nuestra península en los comienzos de este sistema, como lo prueban los sedimentos terrígenos del Culm.

WESFALIENSE - MUSCOVIENSE



Paleogeografía

Por primera vez emergen de los mares paleozoicos las tierras firmes de nuestra península, aunque con contornos desconocidos muy diferentes a los actuales.

Parece ser que las regiones gallegas, occidental de Asturias, de León, extremeña, central y bética, o parte de ellas, constituyeron un cratón en el que se apoyaron las formaciones carboníferas inferiores y medias, unas interiores y otras próximas a la costa (parálicas). A estas últimas pertenecen las cuencas de Asturias, León y Palencia, como lo demuestran las invasiones marinas que han sufrido. El mar de Tetys estaría situado al Sur de la península, en el Norte de África, y la bordearía por el SO.; un brazo del mismo debió pasar desde el Mediterráneo al golfo de Vizcaya por el Sur de Francia y el NE. de España.

Al final del Westfaliense se produjo la gran orogenia herciniana, elevándose imponentes cordilleras en forma arqueada, con la concavidad hacia dicho golfo de Vizcaya, las cuales es posible que se unieran con Inglaterra y que por posteriores descompresiones se hundieran las que ocupaban el hoy mar Cantábrico. También emergieron entonces en parte, plegadas, las sierras pirenaicas y costeras catalanas.

Aquellas cordilleras se prolongaban por la región central y hacia el mar de Tetys, hundiéndose hacia él. Las sierras graníticas, como las del Guadarrama, son los núcleos de aquellas cordilleras arrasadas en cuyo proceso de erosión se fueron al mar enormes cantidades de carbón, del que sólo nos restan trastornados yacimientos por el movimiento herciniano y por el rejuvenecimiento del mismo en la orogenia alpina.

El Carbonífero en España, allí donde se han depositado los pisos inferior y medio y la violenta tectónica herciniana no ha producido contactos anormales, aparece concordante con el Devoniano y en tránsito gradual, aunque rápido. Antes se ha dicho que en los niveles superiores del Devoniano se encuentran con frecuencia bancos calizos con el aspecto del mármol griota, y a la entrada del Carbonífero se reproduce esta facies, que en Asturias marca constantemente la entrada de este terreno y es fácilmente reconocible, tanto por los caracteres acusados de esta facies, como por la fauna de goniatites que es bastante frecuente en ella. Al mármol griota sigue la potente serie de la caliza de montaña o caliza de las hoces, constituida por una caliza gris, negruzca en fractura, en masa, sin que sea casi nunca visible su estratificación y muy pobre en fósiles, pero que a veces contiene *Fusulinella bocki*. A continuación comienza el hullero productivo inferior o Westfaliense, que en Asturias se inicia con pizarras de color pardo con frecuentes intercalaciones de caliza y capas de carbón, conocidas con el nombre de «Entrecalizas», por aparecer juntamente con estos bancos; siguen después las capas llamadas «Generalas», ya sin bancos calizos y sólo con pizarras y areniscas con carbón; todo este conjunto se denomina Grupo de Lena. Sigue el más importante, llamado Grupo de Sama, que suele comenzar con niveles de pudinga, a veces de bastante potencia, y a continuación los distintos paquetes productivos, denominados: «María Luisa», «Sotón bajo» y «alto», «Entrerregueras», «Sorriego», «Modesta» y «Oscura», con lo que termina la serie westfaliense. En estos últimos paquetes aparece también, entre las pizarras y areniscas, algunos bancos de caliza fosilífera.

La flora es muy abundante en todo el Westfaliense, en

las proximidades de las capas de carbón, pero es curioso que también la fauna marina fósil es muy frecuente, tanto en los bancos de caliza como en las pizarras próximas a las capas de carbón, y cada vez se encuentran más yacimientos de fauna marina fósil, con las especies antes enumeradas. Esto ha dado lugar a discusiones sobre la formación de estos lechos de carbón, pero es evidente que ello ha tenido lugar en zonas muy inmediatas a la costa y a veces también por arrastre sobre fondos marinos.

Terminada la deposición del Westfaliense tiene lugar el violento plegamiento astúrico, que muchas veces hace surgir de las aguas los sedimentos carboníferos y que no se deposite sobre ellos el Estefaniense; en otros casos crea cuencas en donde anteriormente no se había depositado el Westfaliense y en los contados sitios en donde coexisten los dos pisos, el superior se inicia con unos niveles de conglomerados completamente discordantes sobre el Westfaliense. Por lo que a Asturias se refiere, el Estefaniense es de menor importancia que el Westfaliense y constituye como una orla alrededor de éste, extendiéndose por la parte occidental de Asturias, León y Palencia.

En el sur de España el Carbonífero presenta unas características totalmente diferentes por lo que se refiere a los pisos inferiores. Allí está constituido por una potente serie de pizarras y areniscas de facies culm, muy pobres en fósiles, que a veces contienen nidos con abundantes *Posidonomya becheri*. Estos caracteres presenta el Carbonífero en extensos afloramientos en la provincia de Cádiz y otros de las de Córdoba y Jaén.

Manchas del Carbonífero en España

NOROESTE.—Comprende las provincias de Asturias, excepto la parte occidental, las zonas montañosas de las de León y Palencia y el extremo occidental de la de Santander. Poseen cuencas carboníferas productivas las tres primeras, las más importantes de España, pero muy trastornadas, pues las capas de carbón se depositaron antes de los pliegues hercinianos. Son tres las principales fajas carboníferas, alojadas entre otras del Paleozoico inferior, del bucle formado por la citada orogenia al chocar con la mole arcaica gallega. La mayoría pertenecen al Westfaliense, aunque están también representados los otros pisos. Las calizas de montaña adquieren gran potencia.

PIRINEOS.—Desde Guipúzcoa a Barcelona se presentan pequeñas manchas alojadas en los plegamientos longitudinales pirenaicos. Sólo tiene importancia industrial la de San Juan de las Abadesas (Gerona). Pertenecen al Westfaliense y al Estefaniense inferior.

CENTRO.—En las provincias de Burgos, Logroño, Guadalajara y Cuenca asoman reducidas manchas estefanienses, distribuidas a lo largo de los plegamientos del Sistema Ibérico. Hay algunas explotaciones en muy pequeña escala en las provincias de Burgos, Logroño y Cuenca.

MEIODÍA.—Hay las cuencas en explotación de Puerto llano (Ciudad Real), del Estefaniense, y la de Peñarroya, y las menores de Bélmez y Espiel (Córdoba) y la de Villanueva de las Minas, en Sevilla, si bien las manchas carbo-

División y fósiles característicos del Carbonífero

FACIES MARINA

FACIES TERRÍGENA

PISOS	ROCAS	FÓSILES CARACTERÍSTICOS	PISOS	ROCAS	FÓSILES CARACTERÍSTICOS
Superior....	Uraliense; de los Urales (Rusia).	Calizas de fusulinas.	Estefaniense; de Saint Etienne (Francia).	Pudingas, areniscas, pizarras y capas de carbón.	<i>Sphenophyllum angustifolium</i> , Germ. <i>Callipterodium gigas</i> , Gutb. <i>Sigillaria brardi</i> , Bgt. <i>Pecopteris arborescens</i> , Schl. <i>Pecopteris feminaeformis</i> , Schl. <i>Pecopteris polymorpha</i> , Bgt.
Medio.....	Moscoviense; de Moscovia (Rusia).	Pizarras y calizas.	Westfaliense; de Westfalia (Alemania).	Pudingas, psamitas, pizarras y capas de carbón con frecuentes bancos de caliza de fusulinas.	<i>Calamites suckowi</i> , Bgt. <i>Mariopteris muricata</i> , Schl. <i>Alethopteris lonchitica</i> , Schl. <i>Lepidodendron aculeatum</i> , Sternb. <i>Sigillaria elegans</i> , Sternb. <i>Asterophyllites equisetiformis</i> , Schl. <i>Neuropteris heterophylla</i> , Bgt. <i>Sphenopteris trifoliata</i> , Bronn. <i>Linopteris obliqua</i> , Bunb. <i>Annularia stellata</i> , Schl. <i>Annularia sphenophylloides</i> , Zenk. <i>Alethopteris grandini</i> , Brong.
Inferior.....	Dinantiense; de Dinant (Francia).	Caliza de montaña. Mármol griota.	Culm (de Prusia occidental).	Pizarras y filadios.	<i>Fusulinella bocki</i> , Moeller. <i>Poteroicrinus crassus</i> , Mill. <i>Goniatites crenistria</i> , Phill.

Levantamiento de las cordilleras hercinianas (Astúrico) que motivó la discordancia de los pisos inferior y medio con el superior.

Fase sudética.

níferas se extienden por la provincia de Huelva hacia Portugal. Se alternan con cambrianas y devonianas y se ocultan bajo el Terciario del Guadalquivir.

Criaderos minerales

Hay criaderos de hierro en Asturias (Covadonga), de cobre en Sevilla y Huelva (Río Tinto), de zinc en Santander (Picos de Europa) y de cinabrio en Asturias. También en la caliza de montaña hay numerosos indicios de minerales, de los que algunos han dado notables cantidades de mineral de cobre y cobalto (Cármenes, León). Son de tipo metasomático.

Canteras

La caliza de montaña es muy buena piedra de construcción y se explotan también los mármoles griotas.

Sistema Permiano

Definición y sinonimia

Su nombre fué dado por Murchison en el año 1871, al estudiar este sistema en el Gobierno de Perm, sito en las estribaciones occidentales de los Urales, si bien ya era conocido en el siglo XVIII en Alemania, donde se explotaban las minas de cobre de Mansfeld. Se designó allí por «Rotliegenden» al Permiano inferior y «Zechstein» al superior. En Inglaterra se designa por «Newred sandstone» a sus formaciones rojas, y los geólogos J. Marcon y H. B. Geinitz le designaron «Dyas», debido a sus dos pisos, pero tal designación no prosperó.

Los movimientos variscos originaron extensas emersiones, por lo cual las formaciones continentales permianas ocupan vastas superficies. En ellas se fija el límite inferior por la aparición de los tonos rojos y también por la desaparición de las formaciones carboníferas (excepto en Asia) y por la flora. En las formaciones marinas, la fauna es la que nos indica el límite del Carbonífero. El límite superior se señala por la regresión marina allí donde ha habido transgresión en el Zechstein (Alemania) y es impreciso

donde tal transgresión no existió (España). En los océanos sigue siendo la fauna la que nos marca dicho límite

Con este sistema, de corta duración en comparación con los otros, termina el Paleozoico.

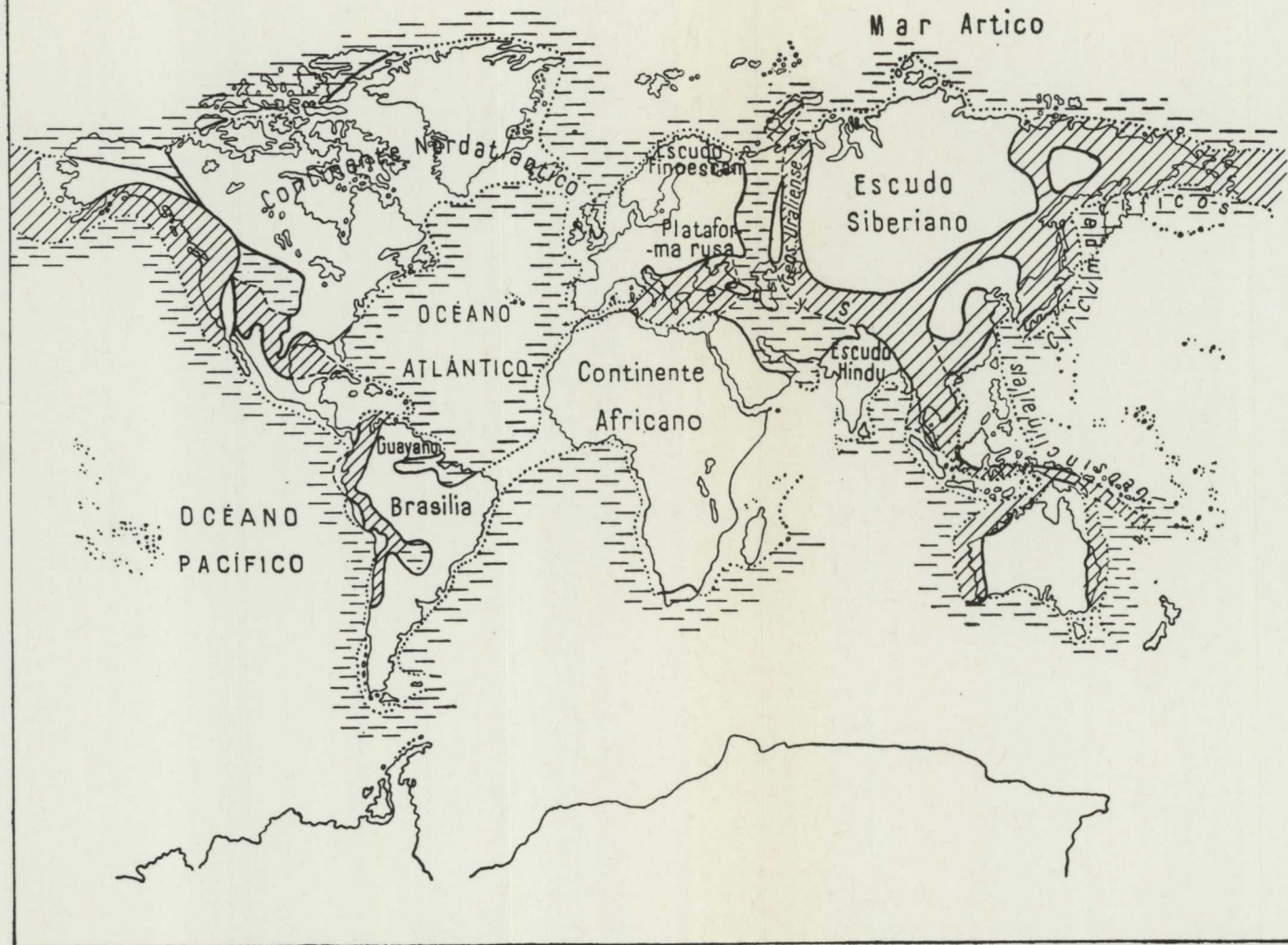
Distribución y paleogeografía

En general los mares se retiran hacia los grandes geosinclinales, como consecuencia de los movimientos variscicos.

El mar de Tetys, el cual separa a los continentes euroasiáticos y el de Gondwana, ocupa una situación parecida a la que tenía en el Carbonífero. Comprende los geosinclinales que han de originar los Alpes y se extiende hacia oriente por Asia Menor, Himalaya y conjunto de islas de las Indias Orientales. A occidente cubre el extremo norte de África y América Central. En las Indias Orientales se divide en dos brazos que rodean el Pacífico, y se unen de nuevo en América Central. El brazo meridional pasa sobre Nueva Caledonia, Antártico occidental y los Andes, y el septentrional sobre el Japón, NE. de Siberia y cordilleras norteamericanas. La máxima extensión de este mar está en el Permiano inferior, reduciéndose después y retirándose del sur de Francia y norte de España, en donde penetra de nuevo en el Carbonífero.

En Europa sólo penetra el mar, a partir del Ártico y mar del Norte, por el centro de Inglaterra y por Alemania central, en episodios durante el Permiano superior, así como al O. de los Urales, en la plataforma rusa, desapareciendo el mar de las Fusulinas. En Asia, el continente de Angara se extiende extraordinariamente en todas direccio-

PERMIANO



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidas.

nes, en condiciones climáticas parecidas a las del Carbonífero, lo que hace que grandes yacimientos de carbón sean allí de esta época. En Norteamérica sucede lo mismo, ganando ampliamente en extensión el continente.

En el hemisferio Sur ocupa toda su amplitud el continente de Gondwana, comenzando en este sistema la definitiva separación del africano, del australiano y del sudamericano.

Rocas

Dominan las areniscas rojas, conglomerados y arcosas en los sedimentos terrestres; al comienzo del sistema hay sedimentos similares a los del Carbonífero y al final a los del Triás inferior. En las zonas transgresivas del Permiano superior, así como en las epicontinentales, se hallan calizas orgánicas (*Productus* y otros); en aquéllas se hallan los grandes yacimientos de sales potásicas de Alemania, así como en los Urales y Texas (Norteamérica). En el hemisferio Sur y procedentes de la glaciación carbon-permiana, hay extensiones enormes con tillitas, morrenas y sedimentos de fusión de glaciares, repetidos en algunos lugares hasta doce veces. Rocas volcánicas se hallan principalmente en el Permiano inferior, en los geosinclinales variscos.

Fauna y flora

Se acentúa la transformación de la fauna y flora paleozoica en la mesozoica. Han desaparecido totalmente los trilobites y muchos antiguos braquiópodos y equinoder-

mos. Los ammonites tienen más complicación en las líneas de sutura y adquieren un gran desarrollo los reptiles. De éstos los mesosauros poblaban el hemisferio Sur y saltaban el Tetys hacia Asia. Los mares estaban poblados por fauna de aguas cálidas con conchas gruesas. Las fusulinas adquieren su máximo desarrollo.

La flora sufre también una transformación y se acentúa la división en provincias. En el hemisferio Norte es variada la flora; desaparecen las pteridofitas y se desarrollan las gimnospermas; las coníferas se asientan con fuerza, siendo característicos el *Walchia* en el inferior y *Ullmannia* en el superior.

Muy uniforme continúa siendo la flora de glosopteris en el hemisferio Sur. Igual que los reptiles, esta flora salta en varias de sus especies el Tetys, por Asia, donde se indenta y mezcla con la euroamericana, formando la flora de *Cathaysia* o flora de *Gigantopteris*.

Facies

El clima en el hemisferio Norte se hace desde el principio de este sistema cada vez más seco y cálido, manifestándose estas características en los sedimentos terrígenos, con sus tonos rojos y su composición (areniscas, conglomerados y margas arcillosas). En aquellos lugares en que hubo avances episódicos del mar, se produjeron sedimentos de intensa desecación a los que se deben los famosos yacimientos de sales potásicas de Alemania.

Por el contrario, en el hemisferio Sur los elementos glaciáricos alternan con otros de fusión. Estos sedimentos adquieren longitudes de más de 1.000 Km., y hay tillitas.

de 700 metros de espesor. No son pues glaciaciones de montaña, sino verdaderos inlandsis. Hubo, pues, épocas de clima frío, alternadas con otras más templadas.

Los sedimentos marinos en zonas costeras y epicontinentales son de clima cálido (arrecifes).

En Asia oriental el clima fué húmedo y generalmente templado, pues los yacimientos de carbón así lo indican.

Orogenia y magmatismo

Terminaron los movimientos variscos con la fase póstuma saálica en los Urales y otras regiones, y continuó la emersión de grandes zonas que culminará en el Trías inferior. El vulcanismo fué intenso en el Permiano inferior en las regiones afectadas por la violenta orogenia varisca.

División

El terreno Permiano se considera dividido en dos pisos, que son los siguientes:

Superior o Zechstein.

Inferior o Rotliegendes.

EL PERMIANO EN ESPAÑA

Este terreno está muy escasamente representado en España y se ofrece siempre en facies continental, escasísima en fósiles. Casi siempre resulta muy difícil su sepa-

ración de los terrenos inmediatos, pues unas veces aparece íntimamente ligado al Triásico y con facies idéntica, lo que hace muy problemática su separación, y otras sucede lo mismo con el Estefaniense, estableciéndose un tránsito gradual y lento de la formación carbonífera a la permiana. Por estas razones muchos geólogos en sus estudios reúnen el Permiano con uno u otro terreno bajo la denominación de Permo-carbonífero o Permo-trías, según que aparezca en serie continua sobre el Estefaniense o bajo el Triásico inferior.

El Permiano se encuentra en España de manera cierta en tres zonas, Pirineo, Asturias-Santander y Valle del Viar, en Andalucía. Probablemente existe en otros puntos en la base de la serie triásica, pero no se ha encontrado argumento sólido para diferenciarlo de este terreno.

En la vertiente sur del Pirineo catalán y aragonés existen varias manchas de Carbonífero, y entre éste y el Triásico superior se interpone una potente serie de areniscas, pudingas y margas, de color predominantemente rojo, a la que se la viene denominando Permotriás. En su parte inferior se encontraron restos vegetales, y entre ellos la *Walchia piniformis*, Schl., que es característica del Permiano, lo que permitió afirmar que la parte inferior de la serie pertenecía a este terreno, si bien la continuidad estratigráfica con el Triásico y la identidad de facies no deja separar estos dos terrenos. El mismo fenómeno se produce en muchos sitios a lo largo de la vertiente sur del Pirineo y en la provincia de Santander, en el límite oriental de la extensa cuenca carbonífera asturiana.

En Asturias sucede algo parecido, y el Permiano, con restos vegetales, entre ellos frecuentes *Walchia*, aparece en la base del Triásico descansando sobre el Carbonífero. En donde la serie se muestra completa comienza por unos

niveles de conglomerado calizo (gonfolita), sobre los que siguen pizarras de tonos pardos y aspecto parecido a las carboníferas, con frecuentes lechos intercalados de pudinga silícea. El aspecto general del conjunto es bastante parecido al del Carbonífero infrayacente, pero la aparición cada vez más frecuente de lechos de pizarrillas rojas y verdosas permite diferenciar el Permiano del Carbonífero, que no las tiene. Si nos remontamos en la serie vemos que desaparecen las pudingas silíceas y aparecen, cada vez más frecuentes, bancos bastante gruesos de areniscas rojas, al tiempo que las pizarras se van convirtiendo en margas y arcillas de color predominantemente rojo. De esta manera se llega al Triásico inferior, que tiene esta misma facies y por lo tanto no es posible establecer la separación entre ambas formaciones.

En la cuenca del Viar aparece también una extensa mancha permiana constituida por areniscas, margas pizarras y conglomerados, con algunos lechos carbonosos que han sido objeto de algún intento de explotación.

Sistema Triásico

Definición y sinonimia

Con este sistema da comienzo la era mesozoica. Su nombre fué dado por F. V. Alberti en 1834, debido a sus tres pisos bien diferenciados, correspondientes a la estratigrafía germánica, el inferior o Buntsandstein, el medio o Muschelkalk y el superior o Keuper; este último termina en una formación calizo-magnésiana, de tránsito al Jurásico, denominada Rético o Infralías. Son terrenos de facies terrígeno-lagunares con invasiones episódicas marinas, que por haberse reconocido en formaciones alemanas se les conoce con el nombre de Trías germánico. Se corresponde con las facies marinas de los mares abiertos, a las que se les denomina Trías alpino, por ocupar los geosinclinales de esta futura orogenia.

Distribución

Con relación al Permiano, los mares se han retirado a los grandes geosinclinales a su vez más estrechados, ensanchándose las tierras firmes y aquellas que experimen-

taban episódicas invasiones marinas. El mar de Tety^s alcanzaba los Alpes meridionales y orientales y avanzaba en estrecha lengua por el sur de España y el Rif. Se prolonga hacia el Este por Asia Menor, Cáucaso, Irán, Afga-nistán y la India, incluido el Himalaya. En las Indias Orientales se une a los geosinclinales circumpacíficos. Otro mar triásico se extiende al NE. de Siberia y al Árti-co. El mar de las Fusulinas ha desaparecido totalmente.

La facies germánica ocupa el centro de Europa hasta la mesa rusa por un lado, e Inglaterra por otro, y descien-de a la Península Ibérica por el Ródano y sur de Francia, sufriendo invasiones marinas procedentes del mar de Tety^s.

En Norteamérica hay Trías continental en los Apala-ches y en el borde de las cordilleras occidentales.

En el hemisferio Sur ocupan estos sedimentos terrígenos el gran continente de Gondwana en su más amplia extensión y están presentes en Sudamérica, África y Aus-tralia.

En general, todos los antiguos cratones están cubier-tos por sedimentos continentales, en parte con invasiones marinas fugaces.

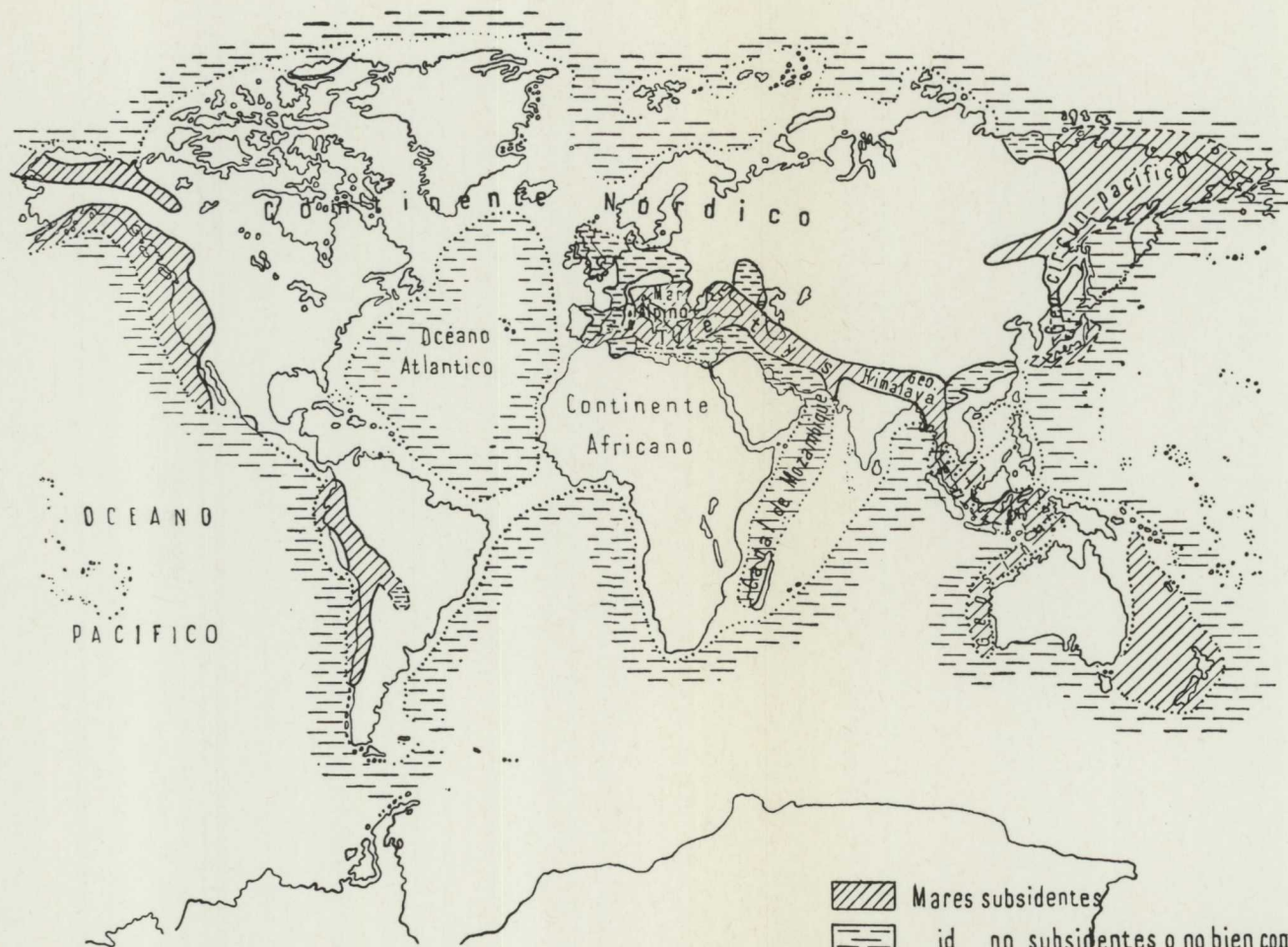
Rocas

El Buntsandstein (arenisca abigarrada en alemán) se compone de conglomerados de base y areniscas rojas abigarradas, que a veces pasan a cuarcitas. En varias re-giones se intercalan calizas impuras tableadas.

El Muschelkalk (caliza conchifera en alemán) debe su nombre a las calizas fosilíferas que principalmente lo for-man. Comprende a veces margas y pizarras.

TRIAS (a partir del Medio)

MAR ARTICO



- Diagonal hatching: Mares subsidentes
Horizontal hatching: id no subsidentes o no bien conocidos
Dotted pattern: Invasiones marinas episódicas en el Trias germano.

El Keuper (denominación local alemana de cierta *marga abigarrada*), está constituido esencialmente por arcillas abigarradas de color rojo dominante, pero frecuentemente con tonos verdosos y violáceos muy característicos. Abunda la anhidrita, el yeso y la sal; es decir, rocas de evaporación. Contiene calizas magnesianas y dolomías y también calizas. Al techo, el Rético está constituido por dolomías careadas, llamadas en España *carniolas*, y calizas más o menos magnesianas.

No se conocen en esta facies germánica más rocas eruptivas que las ofitas, de carácter básico, que como están íntimamente ligadas a este sistema sin profundizar en los inferiores, se supone que se originan por metamorfismo de sus estratos.

El Trías alpino se compone esencialmente de calizas, pero también comprende pizarras, areniscas y conglomerados, especialmente en el Pacífico. En el Tetys hay calizas arrecifales y, en las zonas litorales, calizas magnesianas, conglomerados y brechas.

Fauna y flora

Es una característica de este sistema la uniformidad del clima cálido y semiárido que reinó en él, después de finalizar las glaciaciones permo-carboníferas. Sólo durante el Rético se vuelve más húmedo y frío. A este clima corresponden la fauna y la flora, que tienden también a uniformarse por todo el Globo, aun cuando subsisten diferencias entre los dos hemisferios hasta el Keuper. Da comienzo a la transformación de la fauna paleozoica a la mesozoica.

Entre los moluscos adquieren desarrollo los gasterópodos, de los que son característicos algunos pequeños naticidos como *Omphalotycha gregaria*. Los lamelibranquios comprenden varios fósiles característicos entre los anisomarios. Entre los cefalópodos, los ammonoides toman ya una gran importancia, sirviendo también de fósiles característicos los ceratitidos.

También adquieren desarrollo los braquiópodos entre los seres marinos del Trías, estando representadas spiriferinas y rhynchonellas.

Caracterizan esta época algunos reptiles, de extraordinarias dimensiones, los cuales sólo han dejado sus huellas en las rocas.

La flora terrestre tiene las características de clima seco. Abundan los equisetáceos (Equisetites, Calamites) y al final aparecen las cycadales y los bennettitales. En la flora marina adquieren gran importancia las algas calcáreas, las cuales dan origen a rocas calizas.

Tectónica y magmatismo

El Trías es una época intermedia entre la de cesación de la orogenia varisca y la de iniciación de los movimientos alpinos. Reina en ella la tranquilidad de la corteza terrestre, en la que es característica la retirada de los mares a los geosinclinales alpidicos y las cortas invasiones epicontinentales por dichos mares. En estos geosinclinales se manifiestan efusiones basálticas y en los cratones al final del Trías surgen lavas de carácter básico en general. Ya nos hemos referido anteriormente al caso especial de las ofitas.

EL TRIÁSICO EN ESPAÑA

En la mayor parte de la España postpaleozoica, existen diseminados afloramientos triásicos, algunos de considerable extensión y casi todos ellos pertenecen a la facies germánica típica; solo en el Sur, en la zona bética, se encuentran varios extensos asomos pertenecientes al Trías alpino.

Trías germánico

DIVISIÓN Y FÓSILES CARACTERÍSTICOS.—El Trías de facies germánica aparece constituido por sus tres pisos característicos, que unas veces aparecen juntamente, mientras que otras falta uno u otro de ellos por razones estratigráficas o tectónicas. Su composición es la siguiente:

PISOS	ROCAS	FÓSILES CARACTERÍSTICOS
Superior: Keuper	Arcillas abigarradas, yesíferas y salíferas, calizas magnesianas tabeoadas, anhidritas, aragonito, abundantes jacintos de compostela y frecuentes asomos ofíticos.	Se repite alguna fauna gregaria.
Medio: Muschelkalk	Calizas conchíferas y calizas magnesianas.	<i>Spiriferina (Mentzelia) mentzeli</i> , Dunk. <i>Daonella lommeli</i> , Wissm. <i>Myophoria goldfussi</i> , Alb. <i>Myophoria vulgaris</i> , Schl. <i>Myophoriopsis gregaria</i> , Münt. <i>Omphaloptycha gregaria</i> , Schl. <i>Protrachyceras hispanicum</i> , Mojs. <i>Ceratites antecedens</i> , Beyr. <i>Ceratites nodosus</i> , Brug.
Inferior: Buntsandstein..	Arenisca roja, puddinga silícea, margas rojas y algún yeso.	<i>Equisetites mougeoti</i> , Brong.

El Buntsandstein, como ya se ha dicho anteriormente, aparece algunas veces asociado en su base con el Permiano, del que no es fácil separarlo, denominándose entonces al conjunto, Permotriás.

Durante el Muschelkalk se produce una invasión general marina, que da lugar a la deposición de una importante serie de calizas y calizas dolomíticas, a veces con bastante fauna. Pero esta invasión marina no se produce siempre, y en algunos sitios (Campo de Montiel, Alcaraz), sobre las areniscas del Buntsandstein descansan concor-

dantes las arcillas del Keuper, sin interposición del nivel de calizas.

Sobre las arcillas del Keuper y concordante con ellas, se ve con frecuencia un paquete importante de dolomías y carniolas (calizas magnesianas careadas), que constituyen el tránsito del Triásico al Liásico. Como estas carniolas están casi siempre íntimamente ligadas al Keuper y a veces sobre ellas existe una importante laguna estratigráfica, los geólogos españoles suelen designarlas con el nombre de Suprakeuper. Por el contrario, los geólogos franceses denominan este piso Infraliás o Rético, porque en él se han encontrado a veces intercalaciones margosas con algunos fósiles característicos de este nivel.

Las arcillas del Keuper contienen casi siempre yesos versicolores y frecuentemente sal o manantiales salados. También es frecuente encontrar cristales bipiramidados de cuarzo, de cristalización a veces perfecta, que se conocen con el nombre de jacintos de compostela. También abundan los asomos, generalmente poco extensos, de ofitas, que con los jacintos de compostela constituyen dos indicios ciertos de la presencia de este piso.

MANCHAS TRIÁSICAS.—El Triás germánico constituye el basamento de la serie secundario-terciaria en la casi totalidad de España. Aflora contorneando los asomos paleozoicos de los núcleos erosionados de las cordilleras alpinas, Pirenaica, Cantábrica, Ibérica y Litoral Catalana; constituye los núcleos de los pliegues secundarios, aflorando en ellos cuando la tectónica es suficientemente violenta, así como en muchas fallas, y forma extensos afloramientos en zonas como las de Medinaceli, Sagunto y Alcaraz. Por el Norte avanza hasta la altura de Gijón, constituyendo con el Permiano la base de la transgresión

secundaria; en Castilla la Vieja llega hasta la zona de Reinosa y el río Pisuegra, en los confines de la provincia de Palencia, y más al Sur hasta cerca de Segovia. En Castilla la Nueva se le ve aflorar de manera discontinua hasta Alcázar de San Juan. En todo el Levante español está profusamente representado y en Andalucía constituye el substrato del Terciario en el valle del Guadalquivir, y aflora en muchos de los pliegues del Secundario.

Por último, es interesante hacer resaltar una forma de afloramientos triásicos, en los que este terreno forma cúpulas y chimeneas que perforan los sistemas superiores, a veces dispuestos en forma tabular y sin accidente alguno que justifique el fenómeno. Esta clase de afloramientos triásicos se denominan «diapiros» y están constituidos por arcillas y yesos del Keuper con frecuentes manantiales salinos, que a veces suelen arrastrar consigo retazos de caliza del Muschelkalk e incluso del Paleozoico infrayacente, pellizcados en la masa arcillosa que ofrece una disposición caótica. La discordancia entre el Triás y los terrenos suprayacentes, que pueden ser secundarios e incluso terciarios, es en estos diapiros absoluta.

El Triásico acompaña fielmente al Jurásico y Cretáceo por doquier, y sólo en muy contados casos se nota la ausencia de aquel terreno. Así, la transgresión albensenomanense ha avanzado más hacia el Oeste, y tanto en la zona de Oviedo como en el borde sur de la Cordillera Cantábrica, desde Cervera de Pisuegra hasta Soto y Amio, se ve al Cretáceo medio reposar sobre el Paleozoico sin interposición del Triásico. Lo mismo sucede más al Sur, en las dos Castillas, pero el Terciario lacustre oculta el fenómeno, que raras veces es visible. En Cataluña, en la extremidad noreste de la Cordillera Litoral y en el zócalo del Ampurdán, también se observa que el Eoceno marino es

transgresivo sobre el Paleozoico y las rocas ígneas, sin que se interponga ningún terreno secundario, si bien, poco más al Sureste, a la altura de Tona, aparece ya el Triásico muy completo entre aquellas dos formaciones.

En la Cordillera Bética, el Triás alpino sustituye al germánico.

Triás alpino

DIVISIÓN.—La división que se establece en esta facies del Triás es la siguiente, si bien en España no es posible separar los diferentes pisos por el metamorfismo sufrido y la ausencia de fósiles:

Superior	}	Noriense.
		Karniense.
Medio	}	Ladiniense.
		Anisiense.
Inferior.		Werfeniense.

MANCHAS TRIÁSICAS.—En la Bética, la facies germánica del Triásico es sustituida por la facies alpina, que constituye una extensa mancha al sur de Sierra Nevada, que ocupa toda la zona de las Alpujarras, hasta el mar. Se compone de calizas tableadas, calizas compactas, veteadas de calcita y calizas magnesianas que constituyen asomos aislados más o menos extensos, entre margas pizarreñas y pizarras muy metamorizadas. No se encuentran fósiles y la atribución de estos niveles es objeto de discusión por los distintos geólogos que han estudiado el problema. El metamorfismo que muestran las pizarras ha hecho que se las

atribuya por algunos geólogos al Paleozoico, considerando como triásicas sólo las calizas; pero actualmente la tendencia es a considerar todo el conjunto como Triásico metamorizado. Estas capas están cruzadas por diques porfídicos descompuestos.

Otras manchas más reducidas de la Bética, constituidas también por formaciones del tipo descrito, metamorizadas en mayor o menor grado, se atribuyen igualmente al Triás alpino, como por ejemplo una relativamente extensa al oeste de Tolox (Málaga).

Criaderos minerales

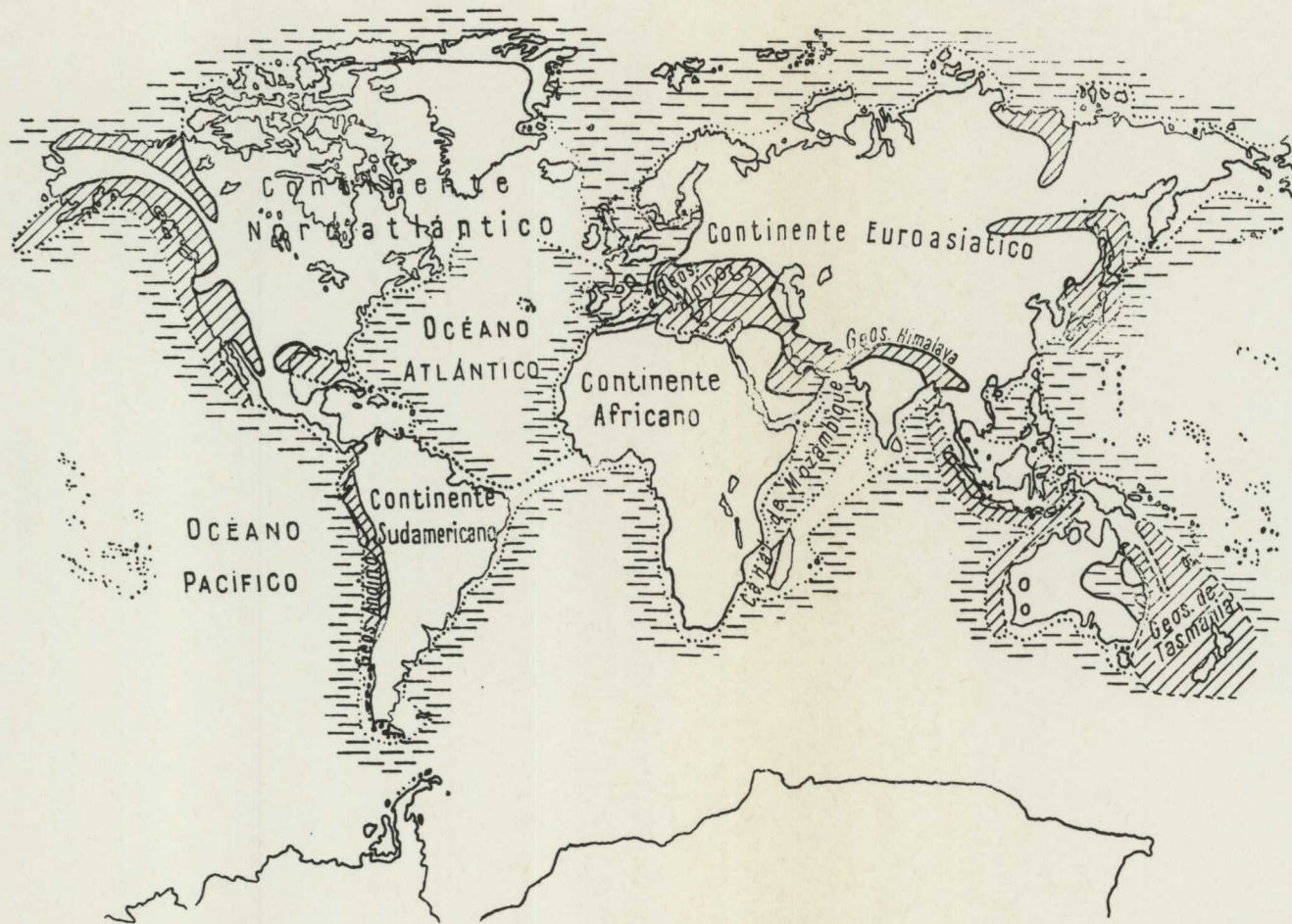
Pertenecen a este sistema los hierros, plomo y mercurio de Almería, Granada y Murcia. También se explotan o han explotado en muchos de los asomos de Keuper mantiales salados en salinas, en general poco importantes.


Canteras


La arenisca roja es buena piedra de construcción, y en Levante, donde se la denomina «piedra de rodano», se utiliza para la fabricación de muelas de afilar. La caliza conchífera y la compacta metamorizada de la Bética también se utiliza para la construcción, pero es más escasa. Por último, se explotan los yesos y las ofitas, estas últimas para pavimentado.

LIAS (MEDIO)

Mar Artico



 Mares subsidentes.

 Mares no subsidentes o no bien conocidos.

Sistema Jurásico

Definición y sinonimia

El nombre se debe a Brogniart, hacia el 1830, por su desarrollo en la comarca del Jura, en Suabia, Franconia y Suiza. Sus pisos han recibido diferentes nombres. Al inferior se le ha designado, en Alemania e Inglaterra, Jura negro; al medio, Jura pardo y, al superior, Jura blanco, debido a sus tonalidades. También se ha llamado Oolítico al conjunto Bajociense-Bathonense por tener calizas de esta clase. Asimismo se llamó Titónico a una parte del nivel superior, de Thiton, marido de Eos (Aurora), por ser en cierto modo aurora del Cretáceo. La denominación de Lías que se da al Jurásico inferior viene de la palabra inglesa «layers» (capas), por su disposición tableada muy frecuente.

Distribución y paleogeografía

Los mares, retirados durante el Triásico, avanzan al iniciarse este sistema, inundando gran parte de Europa a partir de los geosinclinales descritos anteriormente. El de

Tetys invadió los Alpes, Europa central, Francia, Inglaterra, Italia y los Cárpatos, dejando varias islas, tales como la de las Ardenas-Alto Rhin, meseta central francesa, macizo bohemio y zonas continentales en los Alpes prolongadas hacia Rusia. La costa occidental se hallaba ya en el Liásico en el macizo central y nordoccidental de nuestra península, en Bretaña y en Irlanda, y la costa norte, durante este piso, en Escocia y macizo finoescandinavo. Por el pasillo báltico el mar liásico llegaba a Polonia.

En el Dogger fueron invadidos de nuevo los Urales occidentales, comunicándose el Tetys con el Ártico y uniéndose también aquél a través de Rusia con el citado pasillo del Báltico. Durante el Malm hubo una regresión general que volvió a dejar en seco grandes zonas.

Hacia el Este, el mar de Tetys ocupó transgresivo parecidos límites que en el Trías, cubriendo Asia Menor, Cáucaso, Crimea, Irán, Afganistán, Himalaya, Indochina y el archipiélago de las Indias Orientales.

El geosinclinal circumpacífico bordeó el continente de Angara, uniéndose por el NE. de Siberia al Ártico.

Al final del sistema tuvieron lugar en considerables partes de este geosinclinal los movimientos prealpinos, denominados neokiméricos, muy marcados en Sierra Nevada (Norteamérica). En Centroamérica avanza el mar hacia el E. por las Antillas, como si tendiera a unirse con el Tetys, que se extiende por el norte de África y sur de España.

Otra rama del Tetys bordea durante el Dogger África Oriental, desde la India anterior y Arabia, abriendo el pasillo de Madagascar.

El resto del continente de Gondwana no recibió sedimentos jurásicos.

Rocas

La composición del Jurásico es principalmente de margas, calizas margosas y calizas, con dolomías, dominantes en el Rético.

La mayoría de las calizas son compactas, veteadas a veces de calcita; otras muy finas, que llegan a ser litográficas. En el Titónico hay mármoles, abundantes en el SE. de España.

El tono de las calizas y margas es muchas veces gris oscuro, debido al contenido de materia orgánica y óxidos de hierro.

Las calizas oolíticas se presentan en el Liás superior y en el Dogger.

En las zonas litorales de los Alpes hay areniscas y pizarras, y en las costas de las Ardenas están los yacimientos de mineral de hierro oolítico, llamado Minetas. También abundan las calizas de radiolarios (radiolaritas).

Forman las calizas las crestas de muchas sierras en las cordilleras alpinas, a las que dan de lejos un tono azulado.

Fauna y flora

Muy rica es la fauna en este sistema, cuya abundancia y variedad de fósiles ha permitido una fina clasificación en pisos. Ello se debe a la sedimentación tranquila, con frecuentes interrupciones, que reinó durante él. Los fósiles más importantes para caracterizar dichos pisos son los

ammonítidos, junto con los belemnítidos y los braquiópodos (rhyconélidos y terebratúlidos).

Entre los celenterados abundan los corales, y en los equinodermos aparecen los cidáridos.

Los foraminíferos, que hasta ahora habían tenido importancia ocasional, se reparten abundantemente en todos los mares.

Los reptiles alcanzan su máximo desarrollo, especialmente los saurios. Los mares jurásicos estaban poblados con plesiosauros, cocodrílidos e ictiosauros. En tierra firme y agua dulce habitaban los bípedos (megalosauros, iguanodon) y los de cuatro patas (brachiosauros). Los pterosauros terrestres también poseían características para volar.

Apareció la primer ave, el Archaeopteris, de raro aspecto.

La flora terrestre se caracteriza por el desarrollo de las gimnospermas, las cuales fueron el origen de importantes formaciones carboníferas. Las coníferas se expandieron por la Tierra formando bosques, que adquieren un máximo desarrollo al entrar el Cretáceo.

Entre las algas son importantes las rojas solenopóridas.

Facies

Durante el Lías, incluido el Retiense, el clima fué frío y húmedo relativamente, ya que se formó carbón, y en el mar los arrecifes escasearon fuera del Tetys; dominaron las margas y pizarras oscuras. En el Dogger aumenta la formación de calizas organógenas e inorgánicas, y debido a soluciones férricas se forman oolitas y rocas arenáceas

División y fósiles característicos del Jurásico

		<i>Pygope diphya</i> , Col. <i>Holcophylloceras mediterraneum</i> , Neum. <i>Virgatosphinctes transitorius</i> , Opp. <i>Protetragonites quadrisulcatus</i> , d'Orb. <i>Lamellaptychus sparsilamellosus</i> , Güm. <i>Punctaptychus punctatus</i> , Voltz.
Superior, Malm o Jura blanco.	Portlandés (de Portland, Inglaterra) o Titónico (de Tithonos, rey de Troya).	
	Kimmeridgiense (de Kimmeridge, Inglaterra).	<i>Exogyra virgula</i> , d'Orb. <i>Aspidoceras acanthicum</i> , Opp.
	Lusitaniense (de Lusitania).	<i>Millericrinus echinatus</i> , Schl. <i>Perisphinctes martelli</i> , Opp.
	Oxfordiense (de Oxford, Inglaterra).	<i>Peltoceras athleta</i> , Phill. <i>Lunnuloceras lunula</i> , Reim. <i>Arisphinctes plicatilis</i> , Sow. <i>Hibolites hastatus</i> , Blain.
	Calloviense (de Kellaway, Inglaterra).	<i>Reineckeia anceps</i> , Rein. <i>Hecticoceras hecticum</i> , d'Orb. <i>Macrocephalites macrocephalus</i> , Schl.
Medio, Dogger, Oolita o Jura pardo.	Bathoniense (de Bath, Inglaterra).	<i>Posidonomya alpina</i> , Alb. <i>Belemnopsis canaliculata</i> , Schl.
	Bajociense (de Bayeux, Francia).	<i>Parkinsonia parkinsoni</i> , Sow. <i>Stephanoceras humphriesi</i> , Sow. <i>Oppelia subradiata</i> , Sow. <i>Garantiana garanti</i> , d'Orb. <i>Leptosphinctes martiusi</i> , d'Orb. <i>Sphaeroceras bronghiarri</i> , Sow. <i>Megateuthis gigantea</i> , Schl.
	Aalenense (de Aalen, Alemania).	<i>Ludwigia munchisonae</i> , Sow. <i>Leioceras opalinum</i> , Rein. <i>Dumortieria levesquei</i> , d'Orb.
	Tourciense (de Thouars-Deux-Sevres, Francia).	<i>Spiriferina alpina</i> , Buch. <i>Ctenostreon proboscideum</i> , Sow. <i>Posidonomya bronni</i> , Voltz. <i>Hildoceras bifrons</i> , Brug. <i>Phylloceras heterophyllum</i> , Sow.
Inferior, Liásico o Jura negro.	Charmutiense (de Charmouth, Inglaterra).	<i>Rhynchonella tetraedra</i> , Sow. <i>Terebratula punctata</i> , Sow. <i>Pseuutopecten aequivalvis</i> , Sow. <i>Amaltheus margaritatus</i> , Monf.
	Sinemuriense (de Semur, Francia) y Hetangien se (de Hettange, Francia).	<i>Isocrinus basaltiformis</i> , Mill. <i>Lima (Plagiostoma) gigantea</i> , Sow. <i>Liogryphsea arcuata</i> , Lum. <i>Arietites bisulcatus</i> , Brug. <i>Nannobelus acutus</i> , Mill.
	Retiense (de los Alpes Réticos).	<i>Avicula contorta</i> , Port.

ferruginosas, todo lo cual indica aumento de temperatura y disminución de humedad, circunstancias que culminan en el Malm, donde los arrecifes y las calizas claras se extendían por todos los mares.

Los movimientos de la corteza terrestre fueron seculares en general, con transgresión marina en el Rético y en el Lías, con corta y poco acentuada regresión al final de este último, culminando la transgresión avanzado el Dogger y regresión general al final del sistema. Los primeros movimientos prealpinos se manifestaron entre el Kimmeridgense y el Portlandés, siendo violentos en Sierra Nevada (Norteamérica) y menos violentos en el NO. de Alemania.

El magmatismo fué casi nulo en el Lías, manifestándose en los pisos superiores en el geosinclinal circumpacífico y en Nevada.

EL JURÁSICO EN ESPAÑA

Manchas jurásicas en España

Al final del Triásico, se abre definitivamente la comunicación con el mar de Tetys y empiezan a depositarse los sedimentos liásicos francamente marinos. Sin embargo, esta comunicación con el mar va acompañada de un débil movimiento que no da lugar a discordancias directamente observables, pero reduce el área de deposición del Liásico. En efecto: allá donde en España se encuentra Liásico, se puede tener la seguridad de que debajo está el Trías, pero en cambio, en los afloramientos secundarios de la provincia de Huesca y parte de Navarra, sobre el

Triásico descansa el Cretáceo sin interposición de Lías ni Jura y en la mayor parte de la Cordillera Litoral Catalana, se encuentra sobre el Triás el Eoceno. No obstante, cuando parecen juntos el Triás y el Lías, la sedimentación es continua y no se observa discordancia.

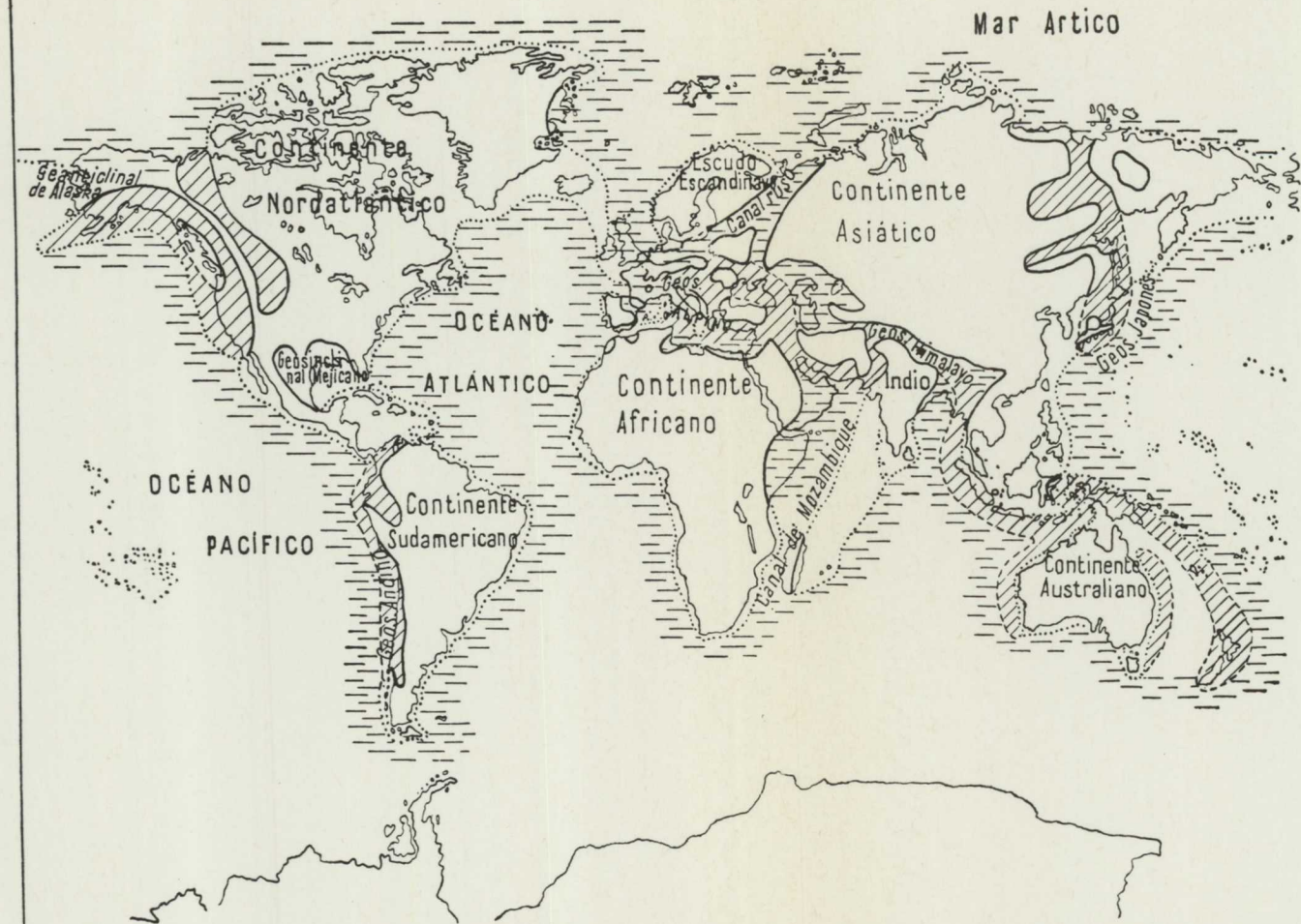
Así pues, con la primera fase paleokimmérica, se ha debido producir una isla en la provincia de Huesca y extenderse más hacia el Suroeste, hasta más allá de Tarragona, el macizo emergido del Montseny.

El Dogger y Malm, constituyen una regresión en todo el ámbito español, y su área de deposición es más reducida que la del Liásico. Podemos decir del Jurásico respecto al Liásico, lo mismo que acabamos de decir de éste respecto al Triás; allá donde se encuentra Dogger o Malm, se puede tener la seguridad de que debajo existe un Lías, pero en cambio, se encuentran áreas extensas de afloramientos liásicos que soportan inmediatamente encima sedimentos cretáceos.

Así, en Asturias, no ha sido determinado paleontológicamente el Dogger marino sobre el Lías fosilífero, pero en cambio, se ha determinado como Malm, y tal vez también como Dogger, la formación de areniscas, margas amarillentas y rojizas y conglomerados de cuarzo, que ocupan una extensa zona que va desde cerca de Gijón hasta más allá de Lastres. En el resto de las cordilleras Cantábrica y Pirenaica, tampoco se ha podido determinar paleontológicamente el Jurásico, si bien en los modernos estudios realizados en la zona de Reinosa (Santander) y todavía inéditos, parece haberse comprobado por lo menos la presencia del Dogger.

En la Cordillera Litoral Catalana, no se conoce el Jurásico hasta la porción más meridional, en la que se han encontrado abundantes faunas jurásicas en la zona de

JURÁSICO (CALOVIENSE)



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

Tortosa (Tarragona); tampoco en el Maestrazgo (Teruel y Castellón); pero ya en la provincia de Valencia (Buñol) se ha podido separar el Jurásico superior, así como en Murcia (Sierra de Ricote), en donde se encuentra un Jurásico muy completo que llega hasta el Titónico y se continúa sin interrupción hasta el Neocomiense por lo menos. Lo mismo sucede ya en Andalucía, en donde existen algunos ricos yacimientos de ammonites del Titónico (Cabra, Córdoba).

Vemos que durante el Jurásico han quedado emergidas extensas zonas del territorio nacional, tales como las cordilleras Cantábrica y Pirenaica, la Litoral Catalana en su mayor parte y también la mayoría de la actual cuenca terciaria del Ebro y parte del macizo valenciano, quedando dos profundos surcos hundidos: la Cordillera Ibérica y el Canal Bético, en los que se han depositado sedimentos de profundidad. Otra área de deposición del Jurásico la constituye la zona de Tortosa, sin duda unida a las islas Baleares, en las que también se encuentran sedimentos de esta edad.

En cuanto a la composición petrográfica es bastante uniforme en casi toda el área de sedimentación. Sobre las margas irisadas del Keuper, ya se ha dicho antes que descansa una serie de dolomías y carniolas, con algún nivel margoso intercalado, que constituye el tránsito del Triásico al Jurásico y que indistintamente llamamos Suprakeuper o Retiense. En las hiladas margosas intercaladas, se encuentra alguna vez la *Avicula contorta*, típica del Retiense y algún otro lamelibranquic.

A continuación se desarrolla la serie liásica con un nivel inferior de calizas bastante puras y grises o a veces algo magnesianas, muy pobres en fósiles, que representan el Hetangiense y tal vez parte del Sinemuriense. En-

cima descansa una monótona y potente serie de margas grises o muy oscuras, alternadas con lechos de calizas margosas tableadas, con abundante fauna que va desde el Sinemuriense o Charmutiense hasta el Aalenense e incluso hasta el Dogger. Este aspecto tableado muy característico es el que ha dado su nombre al Jurásico inferior (Lías).

El Dogger y Malm se inician muchas veces con una facies igual a la del Lías, por lo que su separación no es fácil de hacer cuando no se encuentra una fauna típica. Las calizas pueden ser oolíticas, lo que ha dado su nombre a este piso medio. La parte alta del Jurásico, cuando existe, suele estar constituida por calizas grises de tonos en general más claros, con algunas margas intercaladas.

En Asturias el Lías fosilífero viene cubierto con una ligera discordancia por una formación de areniscas, margas y conglomerados, de facies que recuerda mucho al Wealdense, pero que contiene frecuentes intercalaciones marinas, fosilíferas, que han permitido determinar la edad jurásica de la serie.

Criaderos y canteras

No hay ningún criadero importante hasta ahora en esta formación. Sólo se han hallado indicios de petróleo en sondeos en la provincia de Burgos, en las calizas colíticas fisuradas, y lignitos de escasa cubicación en Soria y Zaragoza.

Las calizas son buenos materiales de construcción y las calizas rosadas del Titónico se utilizan para ornamentación.

Sistema Cretáceo

Definición y sinonimia

A. G. Werners le dió el nombre de La Greda, e I. B. Omalius d'Halloy, en 1822, el de «Terrain Crétacé», atendiendo a la dominante composición de varios de sus tramos.

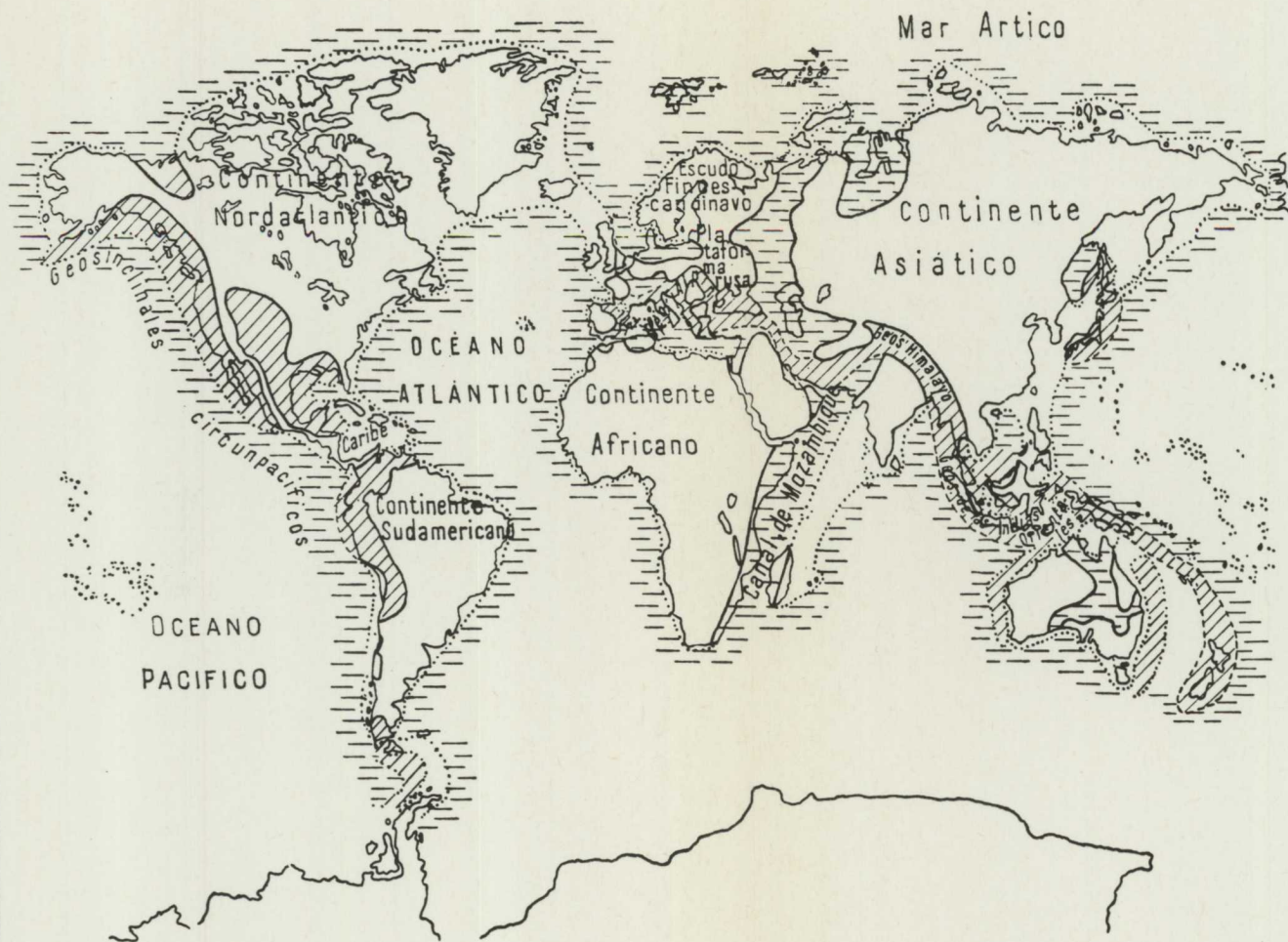
En dos grandes períodos se divide este sistema, uno el Cretáceo inferior, y otro el superior, en razón de la frecuentísima diferencia que existe en su petrografía. El inferior está principalmente constituido por sedimentos clásticos: arcillas y areniscas; mientras en el superior abundan las calizas y las gredas.

Está comprendido entre la gran regresión marina en que termina el Jurásico y otra gran retirada de los mares, en la que alborea el Terciario. Es un período en el que éstos avanzan sobre tierras firmes, que desde el Paleozoico inferior habían quedado emergidas, pero con oscilaciones en varias épocas, por lo que comprende una gran variedad de rocas sedimentarias y formaciones complejas.

Distribución

En Europa se inicia el Cretáceo con un descenso general del suelo, que en los bordes de los mares del Norte y del Tetys da lugar a depósitos marinos y deltaicos, y en el interior a sedimentos lagunares y fluviales de gran extensión, quedando sólo desprovistos de ellos las antiguas cordilleras y sus estribaciones. El hundimiento continúa en general con alguna breve interrupción, avanzando los mares citados con tendencia a unirse a través de Francia y con el mar ruso por el Báltico, y éste a su vez con el Ártico rodeando el escudo finoescandinavo. Al final del Cretáceo inferior los sedimentos lagunares y terrígenos quedan reducidos a los bordes de aquellos macizos antiguos. Los movimientos orogénicos prealpinos, denominados áustricos, hacen retroceder al mar en algunas regiones, tales como en los Alpes Apeninos, en los Dináridos y en los Nord-orientales. Entonces viene la gran transgresión cenomane que marca el comienzo del Cretáceo superior y que llega a inundar incluso terrenos primitivos, tales como el macizo bohemio, quedando unidos los citados mares entre sí y con el ruso, dejando sólo islas, tales como la de la cordillera central alemana, la del macizo central francés, la de Cerdeña, que abarca hasta el Ampurdán catalán, el gran escudo escandinavo-finlandés y otras al S. y O. de Italia, Pirineos, Balcanes y zonas afectadas por los movimientos recientes áustricos. Bretaña, gran parte de Irlanda y el NO. de España, gran parte del O. y de las cordilleras centrales ibéricas, debieron estar unidas en un continente, hoy desaparecido en su mayor parte bajo el océano.

CRETÁCEO INFERIOR (APTENSE)



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

Continuó la invasión del mar durante el piso siguiente, el Turonense, pero ya hacia el Ártico se inicia la regresión que deja en seco parte de estas regiones y tiene una repercusión en muchos lugares de Europa (movimientos subhercínicos al NO. de Alemania). Con nuevas oscilaciones del suelo viene una nueva transgresión en el Maestrichtiense, excepto en el Ártico y regiones lindantes, para retirarse el mar en el Danés, dejando en seco la gran parte de las tierras que habían invadido los mares cretáceos.

En Asia el mar de Tetys ocupaba el mismo geosinclinal que en el Jurásico, excepto hacia el E., donde a partir del Himalaya bordeaba Indochina hasta el área de Borneo. Aquí se unía al geosinclinal circumpacífico, el cual bordeaba el continente de Angara hasta el mar Ártico. Durante el Cenomanense se abrió paso el mar al E. de los Urales, estableciéndose una nueva comunicación entre el Ártico y el Tetys. También se ensanchó este último hacia el Norte, inundando el Tibet entre otras tierras.

En Norteamérica el mar, que ya inició la invasión de la antefosa de las Montañas Rocosas en el Cretáceo inferior, se extendió en el superior hacia el E., por las grandes llanuras y por los territorios del Golfo de Méjico. Asimismo las costas atlánticas quedaron inundadas. Después del Turonense sobrevino la retirada de los mares y, al final del Cretáceo, los movimientos larámicos, póstumos en aquel continente, le dieron su forma actual aproximada.

En Sudamérica hay escasos sedimentos cretáceos en los Andes, pertenecientes a la gran transgresión del final del Cretáceo inferior e inicial del superior, excepto en Venezuela y Colombia, donde está la serie cretácea bastante completa. Igual que Norteamérica, al final del Cretáceo quedó dibujado este continente en su forma actual, después de la orogenia andina.

África sufrió la mayor inundación después del Cretácico inferior. El Cretácico inferior sólo se conoce en sus costas, pero en el Cenomaniense la invasión abarcó casi todo el continente septentrional y occidental, conociéndose también depósitos continentales en el Nilo medio y alto.

Rocas

En el Cretácico inferior se hallan rocas clásticas, formadas por arcillas, de tonos grises más o menos oscuros las marinas, que pasan a veces a pizarrillas; areniscas de cuarzo de tonos claros las marinas y las deltaicas. Ambas rocas no siempre se presentan puras, sino que hay tránsitos de unas a otras. Aquéllas, principalmente contienen con frecuencia materia orgánica. También hay margas y calizas organógenas con abundantes fósiles (orbitolinas y ammonites entre los más característicos). En los Alpes y zonas de los Pirineos es característica la alternancia de estratos relativamente delgados de margas, areniscas y calizas, aquéllas a veces apizarradas y las dos últimas con frecuencia muy duras, que constituyen la llamada facies flysch. Abundan los minerales de hierro. En las facies continentales las arcillas son varioladas, dominando las rojas, generalmente sabulosas, y las areniscas son bastas, de grano desigual, hasta llegar a pudingas y conglomerados silíceos. Abunda la mica y el feldespato, en forma que algunas son análogas al granito (arcosas). Contiene calizas y margas lacustres impuras. Abundan los lignitos, los óxidos de hierro y el caolín.

En el Cretácico superior dominan las calizas, tanto cristalinas como organógenas, con espesores a veces extraor-

dinarios. Hay calizas que están formadas por fósiles (lumaquellas), tales como calizas de orbitolinas (Cenomanense), de rudistas, de ostras y de miliolites. Es característica la greda, que le ha dado nombre a este piso. También abundan las margas, de tono gris o gris pardo, y algunos tramos de areniscas, pero generalmente sin mica. El Garumense, facies continental pirenaica del Danés, está constituido por arcillas varioladas, rojas, verdes y vinosas, con algunas intercalaciones calizas y margosas, y localmente conglomerados. También se presenta la facies flysch en varias regiones alpinas. Asimismo se hallan lignitos en algunos tramos continentales, pedernal y bauxita.

Excepto en las cordilleras americanas, no se conocen rocas volcánicas.

Fauna y flora

La fauna es una continuación de la del Jurásico, excepto en la aparición de algunos grupos de gasterópodos y de los primeros mamíferos.

Adquieren una gran expansión los foraminíferos (Textuláridos, Lagénidos, Orbitoides, etc.). Precisamente la creta blanca, tan frecuente en Inglaterra y N. de Alemania, contiene abundantes caparazones de foraminíferos, no de mar profundo, sino de plataforma continental de gran extensión.

Los pedernales que se encuentran en la creta, en las calizas y en las margas, se atribuyen a radiolarios (Monaxonarios, Triaxonarios y Tetraxonarios).

Los corales se muestran en retroceso, pero son todavía abundantes, y escasean los arrecifes durante el Cretácico superior.

Los moluscos se desarrollan hasta el final de este sistema, desapareciendo algunos grupos entre el Maestrichtiense y el Danés. Los gasterópodos son abundantes y en los lamelibranquios adquieren especial significación las requienias y toucasias, en el inferior, y los rudistos (Hippurítidos y Radiolítidos), así como los inoceramus, en el superior, constituyendo una serie de fósiles característicos. Aunque el resto de los lamelibranquios representados, tales como avicúlidos, límidos, trigónidos, etc., eran ya conocidos en el Jura, hay también algunos ostréidos, como *Exogira columba*, la *Exogira flabellata* (Cenomanense) y otros que son igualmente característicos.

Entre los cefalópodos, los ammonoideos adquieren la máxima importancia, y sirven para la clasificación de los diferentes pisos, mientras que decrecen los belemnoides; de los primeros, en el Cretáceo inferior, los hoplítidos y olcostefánidos, y en el superior los acantocerátidos y desmocerátidos, y las formas próximas, Crioceratops, Turritites y Baculites, etcétera.

De los belemnoides llegan hasta el Cenomanense los hastátidos y aparecen los oxitéuthidos, duválidos y belemnítidos.

Los braquiópodos disminuyen, y entre los equinodermos adquieren importancia los crinoides.

Los reptiles conservan el gran tamaño que tenían ya en los sistemas anteriores, hasta comienzos del Terciario, era en la que se reducen a sus dimensiones actuales. Entre los marinos están los mosasauros, ichthyosauros y plesosauros. Los cocodrilos se reparten entre los de agua dulce y salada. Entre los herbívoros, el Iguanodon (bípedo), el Trachodon y Triceratops (Norteamérica). Además de los carnívoros, megalosauros, ceratosauros, etc., y de los voladores (Pterosaurios).

Aparecen los mamíferos marsupiales y placentarios en el Cretáceo superior.

La flora se caracteriza por la aparición de las angiospermas al final del Cretáceo inferior.

Facies

Al hablar de la distribución de este sistema ya indicamos las distintas facies de que consta. Sin embargo, insistimos en las típicas de este sistema; una, la Wealdense (de Weald, Inglaterra), continental, lacustre y deltaica, del Cretáceo inferior, formada por areniscas con feldespato y mica y arcillas varioladas, que contienen a veces lignitos, así como calizas lacustres e indentaciones marinas. La otra es la continental garumnense, de arcillas varioladas, predominantemente verdes y vinosas, con intercalaciones de delgados bancos calizo margosos, al final del sistema. En los otros pisos, dominan en los actuales continentes formaciones epicontinentales, y de geosinclinal en las cordilleras alpinas, siendo de señalar la facies flysch en algunas de estas, que indican un lento y variable hundimiento.

El clima debió ser húmedo y fresco, especialmente en el Cretáceo inferior, como lo demuestra la abundancia de lignitos y la escasez de arrecifes, recluidos y poco abundantes, en el mar de Tetys.

Movimientos orogénicos y magmatismo

Ya hemos señalado los movimientos áustricos y subhercínicos. Al final (Maestrichtense-Danés) se produjeron los larámicos, incluidos todos ellos bajo la denominación de paleo-alpinos, de escasa influencia en España.

No se conocen fenómenos de vulcanismo excepto en los Andes y Montañas Rocosas, donde hay manifestaciones graníticas.

EL CRETÁCEO EN ESPAÑA

División y fósiles característicos

El Cretáceo ocupaba en España la misma disposición que el Jurásico, si bien rebasando sus límites ampliamente en varias regiones. Sus sedimentos son potentes y complejos. Esta complejidad alcanza su grado máximo en Castilla la Vieja y región cantábrica, donde los cambios petrográficos son frecuentes, tanto vertical como lateralmente. Los avances del mar proceden tanto del Tety, propiamente dicho, como a través de Francia. No hay en el sistema movimientos orogénicos y sólo se señalan por discordancias estratigráficas en el Maestrichtense de los Pirineos catalanes, y dudosamente en la provincia de Burgos los larámicos. No hay ningún indicio de magmatismo. Las transgresiones y regresiones marinas, como consecuencia de movimientos epirogénicos son, en cambio, de consideración.

División y fósiles característicos del Cretáceo

CRETÁCEO	Garumense, facies lacustre (del río Garona, Francia).	<i>Lynchus senchezi</i> , Vidal.
	Danés (de Dinamarca)...	<i>Orbignya castroi</i> , Vidal.
	Maestrichtense (de Maestricht, Holanda).	<i>Lepidorbitoides socialis</i> , Leym. <i>Alectryonia larva</i> , Lam. <i>Selenoceras bellicus</i> , Bohm. <i>Orbignya lamarki</i> , Bayle. <i>Orbignya lapirousei</i> , Goldf.
	Campaniense (de Campania, nombre latino de Champagne, Francia).	<i>Subalveolina dordonica</i> , Reich. <i>Orbignya variabilis</i> , Mun.-Chalm. <i>Vaccinites sulcatus</i> , Destr. <i>Batolites organisans</i> , Monf.
	Senonense (de Sena, Francia).	<i>Lacazina elongata</i> , Mun.-Chalm. <i>Placosmilla vidali</i> , Mall. <i>Cyclolites elliptica</i> , Lam.
	Santonense (de Santon, Francia).	<i>Echinocorys vulgaris</i> , Bragn. <i>Micraster coranguinum</i> , Klain. <i>Orbignya haberti</i> , Mun.-Chalm. <i>Orbignya maestrei</i> , Vid. <i>Texenites texanus</i> , Roem.
	Coniaciense (de Cognac, Francia).	<i>Erogrya spinosa</i> , Math. <i>Pycnodonta vascularis</i> , Lam. <i>Trigonia limbata</i> , d'Orb. <i>Orbignya socialis</i> , Douv. <i>Vaccinites giganteum</i> , Hom.-Pirm. <i>Tissotia tissoti</i> , Bayle.
	Turonense (de Turena, Francia).....	<i>Inoceramus labiatus</i> , Schl. <i>Orbignya requieni</i> , Douv. <i>Radolites mamillaria</i> , Math. <i>Lewesiceras perampius</i> , Mantell. <i>Mammites nodosoides</i> , Schl.
	Cenomanense (de Cenomanum, nombre latino de Mans, Francia).	<i>Prealveoline cretacea tenuis</i> , Reichel. <i>Orbitolina aperta</i> , Ermen. <i>Orbitolina plena</i> , d'Arch. <i>Aspidiscus cristatus</i> , Kön. <i>Erogrya flabellata</i> , d'Orb. <i>Erogrya columba</i> , Lam. <i>Naithes quinquecostata</i> , Sow. <i>Mantelliceras mantelli</i> , Sow. <i>Acanthoceras rhodomagense</i> , Brongn.
	Albense (del Aube, Francia).....	<i>Dasmoceras (Latidorsella) latidorsatum</i> , Mich. <i>Lyalliceras lyelli</i> , Leym. <i>Ptyhoceras laeve</i> , Math.
Aptense (de Apt, Vaucluse, Francia).	<i>Orbitolina trochus</i> , Fritsch. <i>Orbitolina lenticularis</i> , Blum. <i>Heteraster oblongus</i> , d'Orb. <i>Erogrya bousingaulti</i> , d'Orb. <i>Plicatula placunae</i> , Lam. <i>Pseudoucasia sentanderensis</i> , Douv. <i>Polyconites verneuilii</i> , Bayle. <i>Vicarya tufani</i> , Vern. <i>Natica pii-noni</i> , Land. <i>Jaubertella jaubertiana</i> , d'Orb.	
Barrémiense (de Barrême, Bajos Alpes, Francia).	<i>Nicklesia dumasiana</i> , d'Orb. <i>Silesites serrenonis</i> , d'Orb.	
Neocomiense (de Neocomium, Neuchâtel, Suiza).	<i>Neocomites neocomiensis</i> , d'Orb. <i>Olcostephanus asterianus</i> , d'Orb. <i>Aptychus angulicostatus</i> , Pict.-Loriot. <i>Duvella dilatata</i> , Blainv.	
Wealdense (de Weald, Inglaterra. Facies lacustre que puede llegar hasta el Cenomanense).		

Cretáceo inferior

Tres facies principales se distinguen, a saber: 1.^a, la marina, calizo-margosa, de mar más o menos profundo en los Pirineos catalanes, costas de Levante y cordilleras Penibética y Subbética; 2.^a, la cantábrica, litoral de flysch muy arenoso, de margas y calizas orgánicas, con tramos neocomienses continentales (Wealdense) y otros superiores de la misma facies; y 3.^a, la castellana o ibérica, facies wealdense continental y lacustre, predominantemente arenosa, con relativamente potentes intercalaciones de arcillas varioladas, predominantemente rojas.

Esta facies ofrece una variante muy característica en el Albense de casi toda la mitad norte de España. Consiste en una acentuación de carácter lacustre y está integrada por arenas blancas sueltas con gravilla de cuarzo, arcillas violáceas, rojas o blanquecinas, de tonos rutilantes, areniscas blandas y lechos de lignito que son objeto de intensa explotación en Utrillas (Teruel). Frecuentemente se designa este Albense con el nombre de «capas de Utrillas», que es donde ofrecen más acentuadas estas características. Cuando esta facies descansa sobre un Aptense marino, como en Teruel y Castellón, la delimitación es fácil, pero si yace sobre la facies wealdense (Burgos) es muy difícil la diferenciación de niveles, llegando en ocasiones esta facies hasta el Cenomanense inferior.

La primera tiene sus asomos en la cuenca mesozoico-eocena catalana, si bien en su borde meridional (al sur del Montsech) afloran unas formaciones de facies continental. También asoma en las provincias de Levante, con más facies continentales cuanto más al interior; en la cordille-

ra Costera Catalana, y en las cordilleras Penibética y Subbética, o sea desde Valencia-Alicante hasta el Estrecho de Gibraltar, pasando por las sierras meridionales del valle del Guadalquivir, es principalmente calizo, de mar no muy profundo. Esta inundación procede del Tetys directamente.

En estas regiones el Albense es francamente marino, y en Mallorca y Ricote (Murcia) está constituido por margas grises con abundante fauna de ammonites.

La segunda está dentro de un geosinclinal que se extiende desde Santander hacia el SE., el cual abarca las provincias vascongadas y penetra en Navarra hasta Estella, donde queda cortado por el Terciario del valle del Ebro. Al Sur está limitado por la depresión Villarcayo-Miranda de Ebro-Condado de Treviño. Es de mar muy somero, pero de suelo en continuo hundimiento, aunque no siempre sumergido. En su mayor parte, al menos en las zonas donde se ha podido reconocer (Valle de Pas, Villacarriedo, Guriezo, de la provincia de Santander, y otros lugares), se inicia con la típica facies continental wealdense, a la que recubre una formación de areniscas, arcillas y pizarritas micáferas de tonos pardos y negros y en lechos delgados, sobre los que se asientan calizas organógenas y margas aptenses con requienias, toucasias, terebrátulas, rhynchonellas y grandes ammonites. En las provincias de Santander, Vizcaya y Guipúzcoa estas calizas adquieren gran potencia y tienen carácter arrecifal. Hacia el Sur tales calizas y margas disminuyen de espesor, acuñadas unas veces y otras sustituidas por areniscas y arcillas de formación litoral. En la provincia de Burgos sólo penetran indentaciones marinas episódicas, si bien en la parte alta del Aptense éstas son muy profundas, pues llegan hasta el río Ebro. La facies flysch alterna a veces con estas ca-

lizas y corona este piso, comprendiendo el Albense (cuya separación del anterior y del Cenomanense no se ha logrado hasta ahora de un modo cierto) en Vizcaya y Guipúzcoa. Al norte de la provincia de Burgos, en Espinosa de los Monteros, la coronación del Aptense y el Albense es una formación muy potente de areniscas de cuarzo, con intercalaciones de arcillas oscuras muy cargadas de materias orgánicas, de facies costera y deltaica. La abundancia de orbitolinas es extraordinaria en los pisos Aptense y Albense.

La mancha más extensa de la facies descrita está en las provincias de Santander (mitad oriental), Vizcaya y Guipúzcoa, penetrando ligeramente en la de Burgos (Santelices-Sur de Espinosa de los Monteros) y al norte de Navarra. A esta facies debe pertenecer también la zona de la Ibérica, al sur de la provincia de Logroño, de carácter pizarroso.

La tercera facies es la que más extensión adquirió, pues abarcó casi toda la meseta de Castilla la Vieja, mitad occidental de Santander, llega en estrecha faja al norte de León, por un lado, y a las provincias de Teruel, Zaragoza, Cuenca, Guadalajara, Valencia y Castellón por otra, si bien hoy está recubierta, en gran parte, por el Cretáceo superior y por el Terciario transgresivo. La constituyen areniscas de cuarzo de grano muy desigual, desde fino hasta de algunos centímetros, llegando a constituir puddingas y conglomerados silíceos, pasando lateralmente de unas a otros; contienen mica, feldespato y óxidos y piritas de hierro.

Alternan con arcillas varioladas, rojas predominantemente y casi siempre arenosas. No hay continuidad en los estratos, variando en espesor y en composición. Hay con frecuencia calizas y margas lacustres. El Albense está cons-

tituido por areniscas y arenas blancas o amarillas, a veces muy puras y otras verdaderas arkosas, entre las que se intercalan arcillas de tonos claros o violáceos y vetas carbonosas; aquellas arcillas son también a veces muy puras (caolín).

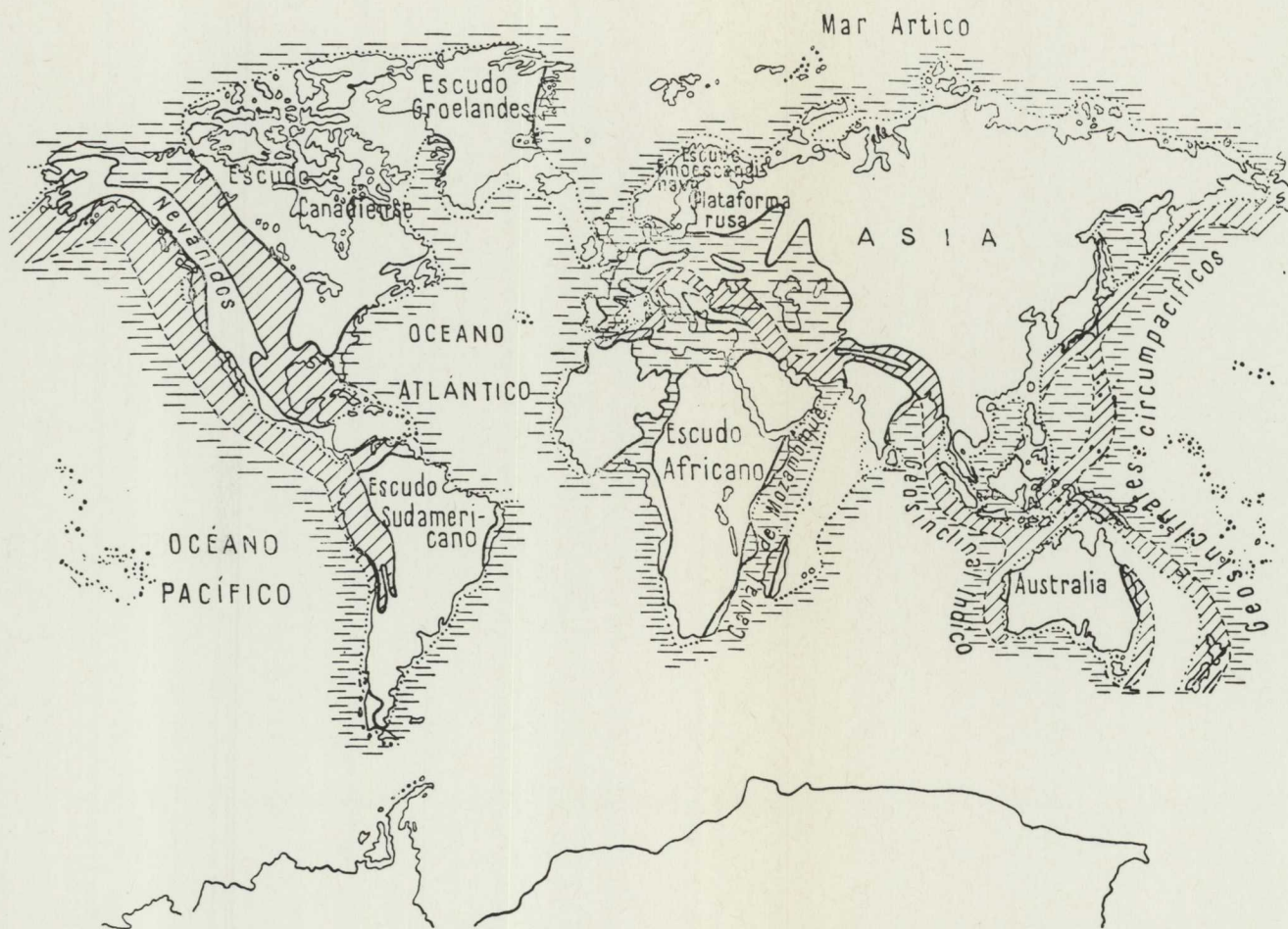
Las manchas más extensas están en la provincia de Santander desde la costa misma, uniéndose por el puerto del Escudo con las de Burgos y Palencia. Esta extensa mancha está bordeada a occidente por el Jurásico y Triásico que, erosionados, se levantan rodeando el macizo asturiano. Otras más pequeñas existen en las mismas provincias, apareciendo por erosión del Cretáceo superior. Igualmente hay manchas muy extensas en las provincias de Soria y Burgos, bordeando la sierra de la Demanda, que se prolongan por toda la Cordillera Ibérica y estribaciones, erosionadas unas veces y apareciendo por denudación de los pisos superiores otras; así, en las provincias de Teruel, Zaragoza, Cuenca y Guadalajara, ocupa grandes superficies, y también en Castellón y Valencia, terminando al sur de esta provincia al encontrarse con la Cordillera Penibética.

Hay manchas aisladas en la provincia de Segovia en un asomo cretáceo al norte de Somosierra y una faja casi continua formada por areniscas caolínicas bordeando por el Sur el macizo asturiano hasta Soto y Amio (León)

Esta faja, que de manera constante bordea el Paleozoico de la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica, hasta el punto citado, muestra de manera clara la importante transgresión Albense-Cenomanense, que lleva las arenas albenses hasta zonas occidentales de la Península, que ya no alcanzarán las transgresiones posteriores.

MINERALES.—Son conocidos los hierros de Vizcaya, las

CRETÁCEO SUPERIOR (SENONENSE)



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

blendas en Santander, los lignitos de Teruel y Zaragoza, el caolín en Cuenca y otros, y los numerosos indicios petrolíferos en Santander, Burgos, Boixols (Lérida), Soria y Zaragoza.

Cretáceo superior

CENOMANENSE.—La gran transgresión cenomanense penetró profundamente, llegando a la provincia de León, donde asoma el Albense-Cenomanense, detrítico y arenoso, en varios lugares bordeando el macizo primario asturleonés; también bordea a la Sierra de Guadarrama, aflorando en Sepúlveda (Segovia), por el Norte, y en el valle de Lozoya y otros, por el Sur. El macizo granítico debió quedar anegado en su mayor parte, así como en el Turo-nense. En la meseta meridional dicha penetración fué menor; se extendió por la provincia de Cuenca y apenas debió llegar a los confines de la de Ciudad Real. Tampoco debió recubrir la mole bética. Presenta caracteres diferentes en las mesetas y en las regiones cantábricas; en aquéllas es más arenoso (calizas, margas arenosas y areniscas calizas) y conchífero, mientras en éstas son más potentes las formaciones calizas y margosas, cuajadas de orbitolinas, siendo bastante frecuente la típica *O. aperta* de gran tamaño; también en esta última se prolonga la facies flysch y comprende arrecifes coralinos en Álava.

En general, las manchas se hallan bordeando el Cretáceo inferior, cuando no descansa transgresivo sobre el Paleozoico o Triásico. En Cataluña es menos arenoso y mucho más calizo y margoso. En las cordilleras penibéticas es calizo, margoso y aisladamente arenoso y dolomí-

tico. Hay asomos reconocibles desde Valencia y Alicante hasta la provincia de Jaén.

TURONENSE.—El Turonense se extiende transgresivo, por las mismas zonas que el Cenomonense, al cual permanece invariablemente unido en casi toda el área.

En la facies castellana consta de dos pisos bien diferenciados; el inferior formado por margas, calizas margosas y calizas en bancos poco potentes con

Tylostoma torrubiae y *Hemiaster verneuilli*, como fósiles más abundantes, y el superior, constituido por potentes calizas cristalinas en su mayoría, con hippurites, las cuales forman agrestes cornisas de valles y barrancos; también dan origen a calizas acarriladas o lenares (Karrenfeld) y dolinas (depressiones cerradas en las calizas), por efecto de disolución por las aguas, cuando aquéllas están horizontales o levemente inclinadas. Son notables en todos estos aspectos la provincia de Burgos y todas las que recorre la Cordillera Ibérica. En Álava pasan lateralmente a margas, pero en Navarra vuelven a adquirir la facies castellana, dando el aspecto característico al paisaje. También en los Montes Obarenes y sus prolongaciones forma, alternando con otros terrenos más modernos, la crestería que limita las llanuras terciarias de La Rioja, Navarra y de La Bureba (Burgos). En Cataluña se presenta poco diferenciado y falta a veces, lo mismo que el Cenomanense. Aflora hacia occidente en el borde del Terciario hasta más al oeste de Cervera (Palencia).

Aparece también muy característico al N. de Somosierra, hasta Sepúlveda, y al S. en Torrelaguna.

El tramo inferior castellano se hace más margoso hacia el N., adquiriendo su máximo espesor en Álava, donde alcanza una extraordinaria potencia, mientras hacia el S. es

más arenoso y llega a reducirse a algunos metros, desapareciendo al E. de la provincia de Soria. En la Cordillera Penibética está poco definido. No se ha determinado paleontológicamente en Andalucía, excepto quizá en la Sierra de Cazorla.

En Andalucía, el Neocretáceo se ofrece en series predominantemente calizas, en las que escasean los fósiles y resulta muy difícil deslindar los diferentes pisos que en zonas como la de Jaén deben aparecer en su casi totalidad, ya que no se observa discontinuidad estratigráfica.

CONIACIENSE.—Se halla en las mismas regiones cretáceas que los anteriores pisos. La facies castellana y cantábrica es margosa, con intercalaciones de calizas, mucho más potentes en la primera. Sus manchas más extensas y características se hallan en las provincias de Burgos y Álava. Lo forman margas grises claras con *Exogira spinosa* y *Tylostoma globosum*, entre los fósiles más abundantes, y bancos de calizas intercaladas, que pasan a margas hacia las provincias vascas. Hacia el Sur (Cordillera Celtibérica) disminuye de espesor y escasean más las manchas de este piso. En Cataluña es muy calizo en general, aunque está formado por margas en algunos lugares. En la Cordillera Penibética dominan las dolomías. En el borde meridional del macizo asturiano, llega en estrecha banda margosa hasta el río Cea (Palencia) y reaparece al norte de León.

SANTONIENSE.—La facies castellana es caliza en su tramo inferior, margosa en el medio y arenosa en el superior, con *Lacazina elongata*. En Álava desaparece esta diferenciación, que reaparece en Navarra, al menos parcialmente. Hacia el O. rebasa La Robla (León), siguiendo el borde

norte de las formaciones terciarias. Hacia el Sur su representación disminuye. En Cataluña es calizo e igualmente arenoso en el tramo superior, y en la Penibética, calizo. Marca una regresión marina el final de este piso.

CAMPANIENSE.—Es calizo y margoso y contiene bancos de lumaquellas de rudistas (*Orbignia heberti* y otros) y de ostreas. Aflora generalmente en fajas entre los pisos en que está comprendido. Está representado en Burgos, provincias vascongadas, cuenca catalana, muy raramente en la Celtibérica y en la Penibética (Valencia, Alicante). Inicia una transgresión que culmina en el Maestrichtiense.

MAESTRICHTIENSE.—Este último piso es complejo en general y potente en el Norte y en la cuenca catalano-aragonesa. Lo forman, en el N. de Burgos, areniscas costeras, pudinguillas, caliza con rudistas y con orbitoides, margas y arcillas en tránsito a la facies garumnense. En Álava es muy margoso y en la cuenca catalana llegan a adquirir extraordinaria potencia estas margas con intercalaciones calizas, coronadas por areniscas duras muy típicas. Como en los anteriores pisos se reduce su espesor hacia el S, y su representación es escasa en la Celtibérica. Es igualmente complejo en la Penibética, y al final se inicia una gran regresión, que hace que en muchos sitios falte el tramo superior del Cretáceo.

DANÉS o GARUMNENSE.—La fase paleolarámica que tiene lugar al final del Maestrichtiense, reduce considerablemente el área de deposición de los últimos niveles cretáceos, por lo que el Danés o su correspondiente lacustre, el Garumnense, falta en muchos sitios.

El Danés se encuentra en algunos puntos de la Cordi-

llera Pirenaica, tales como la Sierra de Urbasa (Navarra), Valle de Añisclo (Huesca), constituido por calizas con *Operculina heberti*, y en la cuenca de Tremp (Lérida) con *Orbignya castroi*. En Andalucía no se ha podido determinar hasta ahora y si existe es formando serie caliza continua con el Senonense.

Pero sobre todo, la citada regresión ha dado lugar a la formación de una serie de lagunas más o menos extensas, en las que se ha depositado un Garumnense constituido por arcillas rutilantes, algunas areniscas y conglomerados y escasos bancos de caliza gris, que frecuentemente contienen *lychnus*. A veces también contiene lignitos explotables. Con estas características aparece en la cordillera central de Huesca, zona de Arén (Huesca), asomos cretáceos de las provincias de Lérida y Barcelona (Coll de Nargó, Figols) y en alguna pequeña mancha en el Maestrazgo.

En la zona de Villarcayo lo forman margas arenosas y calizas gredosas blancas, con restos de pecten y ostrea y con miliolites.

MINERALES.—Es en general muy pobre en sustancias explotables todo el Cretáceo, que se reducen a lignitos en las cuencas lacustres, tanto del Albense (Utrillas) como del Garumnense (Figols, Tremp, Coll de Nargó) y algunas impregnaciones asfálticas en Atauri y Peñacerrada.

CANTERAS.—Las calizas, que tanto abundan en este terreno, se explotan en muchos lugares, en especial en la provincia de Alicante, donde algunas son marmóreas (mármol de Buscarró). Se utilizan también caolines en la vertiente sur cantábrica, del Albense, y margas calcáreas, para la fabricación de cemento.

Sistema Eoceno

Definición y sinonimia

Dió nombre a este terreno Lyell en 1833, y su etimología viene de *EOS*, aurora, y *CAINOS*, reciente; o sea, aurora de lo reciente, significando con esto que es el primero de los terrenos modernos. También se le suele denominar Numulítico, por la extraordinaria abundancia de estos fósiles que en él se encuentran; y a este terreno, junto con el Oligoceno que le sigue, se les denomina Paleogeno, nombre que si bien puede resultar algo impropio por ligar la raíz *PALAIOS* (antiguo) a formaciones terciarias, lo que puede inducir a confusión, resulta en cambio muy útil cuando coexisten los dos terrenos en facies lacustre, en cuyo caso es sumamente difícil su separación y conviene agruparlos bajo una misma denominación.

Distribución y paleogeografía

La intensa actividad orogénica que se desarrolla a lo largo de gran parte del Terciario y en especial del Paleo-

geno, da lugar a una profunda variación en la distribución de mares y continentes en todo el mundo, lo que altera fundamentalmente su aspecto.

El período eoceno es testigo de varias transgresiones y regresiones que dan lugar a la deposición de sedimentos que en unas zonas son marinos y en otras lacustres, no pudiéndose establecer una norma fija para la sucesión de la serie.

El gran geosinclinal circumpacífico subsiste, y la transgresión eocena en América determina la invasión de América Central por los mares, con lo que se unen los dominios pacíficos y los atlánticos, como lo prueba la semejanza de faunas que se observa en algunos de estos puntos.

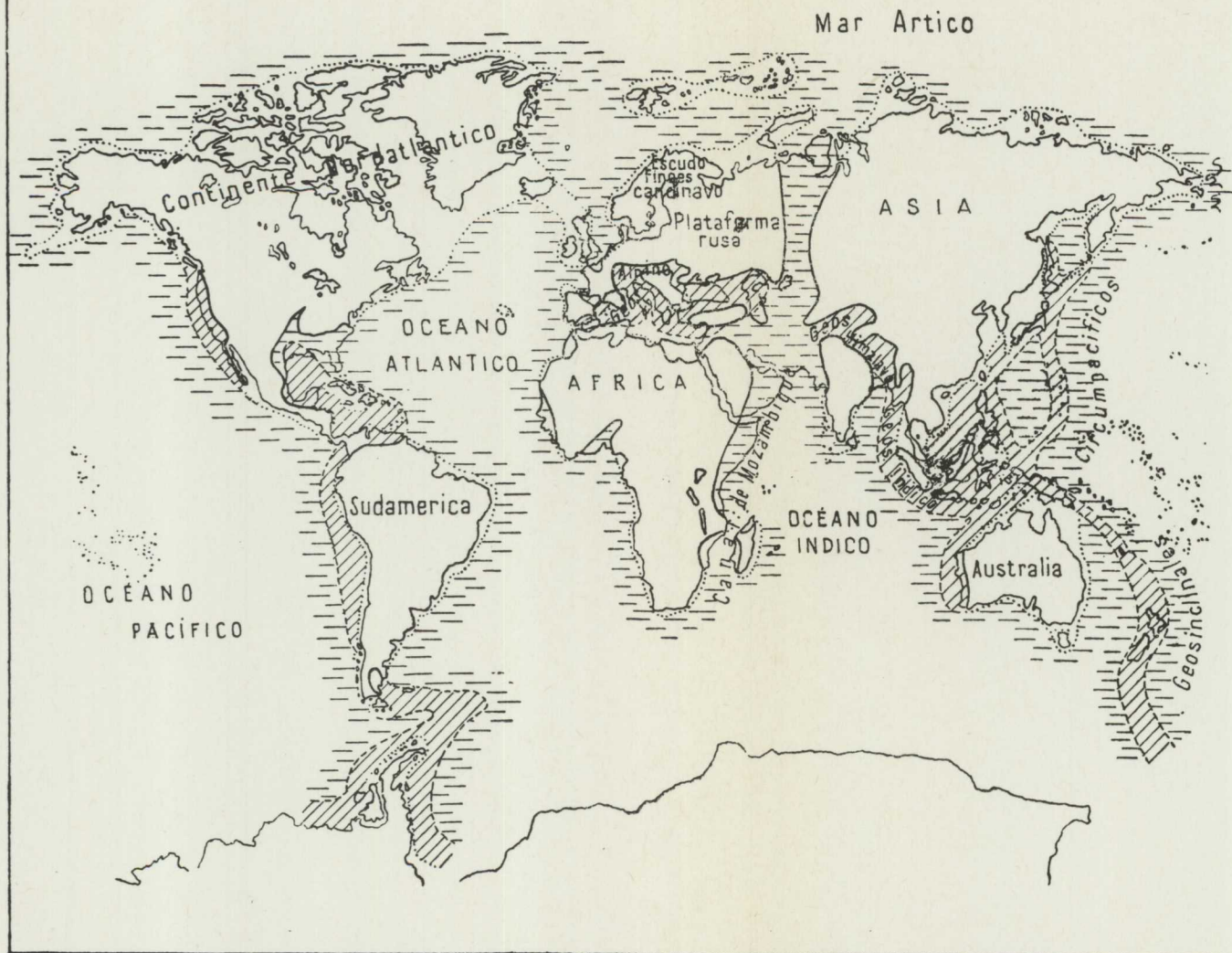
El mar de Tetys también muestra una transgresión ypresense con abundancia de calizas con alveolinas, y el dominio atlántico y el mediterráneo se unen por medio de un canal existente en el golfo de Vizcaya.

El continente euroasiático, y el asiático, están separados por el brazo de mar ruso, y el mar de Tetys invade las costas mediterráneas, surasiáticas y australianas y la India, que primitivamente estaba unida al continente de Gondwana y separada de Asia por el geosinclinal himalayo, se une a ésta definitivamente como consecuencia del plegamiento alpino.

El continente nordatlántico, sigue unido a Groenlandia, en donde se producen durante el Eoceno salidas de basaltos muy importantes.

La transgresión general que se produce en el Eoceno inferior, se repite con mayor intensidad durante el Luteciense, pero al final del Eoceno, con la iniciación de los grandes movimientos alpinos, se reducen los geosinclinales, surgen las nuevas cordilleras y se inicia una regresión importante, con deposición de sedimentos de facies flysch.

EOCENO (LUTECIENSE)



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

Rocas y facies

Las rocas que integran la serie eocena son variadas, como corresponde a la inestabilidad de los mares y las continuas transgresiones y regresiones que se producen. En los bordes de las cuencas lacustres o marinas, son frecuentes los conglomerados de distribución desigual y elementos predominantemente calizos. Estos conglomerados son sustituidos hacia el centro de las cuencas de deposición, por areniscas, maciños y margas más o menos puras o arenosas. En las cuencas de sedimentación marina, son muy frecuentes las margas bastantes puras de color gris azulado, las calizas compactas y grises, frecuentemente cuajadas de nummulites o alveolinas que destacan en agudas crestas en las zonas de plegamiento, y también las areniscas y maciños. Los fósiles suelen aparecer con frecuencia y ser abundantes.

Las facies, como ya se ha dicho, son marinas y lacustre, que en muchos sitios se indentan, con frecuentes tránsitos laterales.

Los sedimentos lagunares son areniscas, conglomerados calizos y margas, en proporciones variables según la mayor o menor proximidad a la costa, y de color rojo bastante intenso. También existen a veces algunos bancos de caliza gris.

La sedimentación marina ofrece también varias facies; la costera es de tipo flysch, constituida por la alternancia frecuente de lechos delgados de margas y areniscas, sin restos fósiles, pero con abundantes pistas de reptación, huellas problemáticas y ripple-marks. Esta facies es frecuente en el Eoceno superior.

La facies marina nerítica está constituida por margas arenosas, areniscas y maciños, con profusión de fósiles, en especial foraminíferos y calizas puras o arenosas con foraminíferos. Las facies más profundas están representadas por las margas azules con escasísima macrofauna. Se denominan así estas margas por tener una coloración gris de tonalidad azulada. Son muy características del Eoceno y en especial del Luteciense, que es el piso en que la subsidencia de los mares ha sido más acusada.

Fauna y flora

La vida adquiere un gran desarrollo en todo el Globo, porque el clima se hace benigno; los mares calidos dan lugar a una gran proliferación de sus habitantes y la flora templada asciende por el Norte hasta el norte de Siberia y Groenlandia, y por el Sur llega a las cadenas montañosas larámicas.

En los mares son sobre todo extremadamente abundantes los foraminíferos (Nummulites, Alveolinas, Assilinas, Discocyclinas, etc.), de donde la denominación de Numulítico que se le da también a este sistema.

Los arrecifes coralinos son también muy frecuentes, abundando los exacoralarios, bien aislados o coloniales.

Son también abundantes los equinodermos, en especial los irregulares, como Schizaster, Echinolampas, Conoclypeus, etcétera.

Escasean los braquiópodos, y en cambio son abundantes los lamelibranquios y gasterópodos, algunos de estos últimos de gran tamaño, como Campanile.

Los cefalópodos desaparecen casi por completo, pues

los amonitados se han extinguido y sólo quedan escasos nautiloideos y belemnitados.

Entre los vertebrados son abundantes los escualos, que han dejado cantidades grandes de sus dientes en algunos yacimientos de fosfatos, y aparecen los primeros mamíferos adaptados a la vida marina: delfines, cachalotes y sirénidos.

En cuanto a la fauna y flora terrestre, la supresión de los puentes continentales, debida a la transgresión del Tety, da lugar a aislamientos geográficos que tienen como consecuencia la aparición de nuevos tipos característicos de las diferentes zonas.

En la flora abundan las palmeras y árboles de hoja ca-duca y en la fauna se produce también un importante desarrollo, pero en España son muy escasos los restos encontrados. Cabe señalar como interesante la aparición en América, en el Eoceno inferior, del Eohipus, con el que se inicia la historia del caballo actual, seguido de otros géneros del Eoceno medio y superior.

Movimientos orogénicos y manifestaciones volcánicas

Los débiles plegamientos larámicos que se inician al final del Maestrichtiense y dan lugar a una regresión con formación de cuencas lacustres en las que se deposita el Garumnense, continúan en los comienzos del Eoceno, cuyos niveles más bajos suelen ser en algunos sitios también de este mismo carácter. Pero antes del Ypresiense se produce la fase neolarámica, que da lugar a una nueva transgresión marina, con la que las calizas de alveolinas se esparcen por una gran área, especialmente del Tety.

Al final del Ypresiense, una nueva transgresión marina, más fuerte que la anterior, va acompañada de la deposición de los niveles lutecienses marinos en casi todas las zonas. Con ésta da comienzo la inestabilidad terrestre que culminará con la formación de las ingentes cordilleras alpinas.

Al final del Luteciense se inicia una débil regresión que se traduce por la formación de pequeñas cuencas lacustres, formación de masas importantes de conglomerados y sedimentación en áreas bastante extensas de la facies flysch.

Al final del Bartonense se inicia propiamente el plegamiento alpino con una regresión importante que ocasiona la deposición del Ludense lacustre en muchas zonas y la aparición de algún plegamiento y ligera discordancia entre ambos pisos. Ésta es la que se conoce con la denominación de primera fase pirenaica, que durante el Oligoceno va seguida de otras de mayor violencia.

La actividad volcánica no ha sido muy intensa durante el Eoceno, excepto en Groenlandia, en donde se produjeron muy importantes y extensas erupciones de lavas basálticas.

EL EOCENO EN ESPAÑA

Distribución de las manchas eocenas

El Eoceno ofrece características muy variadas, con frecuentes cambios de facies en nuestro territorio, lo que hace difícil sintetizar su descripción. Generalmente es marino en su mayor parte, pero en muchos sitios contiene in-

División y fósiles característicos del Eoceno

FACIES MARINA		
PISOS	ROCAS	FÓSILES
SUPERIOR		
Ludense (de Ludes, Francia).	Maciños, marges y calizas.	<i>Nummulites contortus</i> , Desh. <i>Nummulites striatus</i> , Brug. <i>Nummulites fabianii</i> , Prev. <i>Discocyclina pratti</i> , Mich. <i>Discocyclina sella</i> , d'Arch. <i>Hydnophyllia profunda</i> , Mich. <i>Favia bauzai</i> , Mall.
Bartonense (de Barton Cliff, Inglaterra).		<i>Patalophyllia sinuosa</i> , Brong. <i>Cycloseris barcelonensis</i> , Opp. <i>Leiopedina tallavignesi</i> , Cott. <i>Serpula spirulea</i> , Lam. <i>Chama lamellosa</i> , Lam. <i>Cerithium (Campanile) giganteum</i> , Lam. <i>Velates schmidelianus</i> , Chem. <i>Natica cepacea</i> , Lam.
Auverniense (de Auvers, Francia).		
Medio		
Luteciense (de Lutecia).	Calizas y marges azules.	<i>Alveolina elongata</i> , d'Orb. <i>Alveolina gigantea</i> , Checc.-Risp. <i>Nummulites perforatus</i> , Den. de Montf. <i>Nummulites laevigatus</i> , Brug. <i>Nummulites ataticus</i> , Leym. <i>Nummulites millecaput</i> , Boub. <i>Assilina exponens</i> , Sow. <i>Conoclypeus vilanovae</i> , Cott. <i>Turritella trempina</i> , Carez. <i>Turritella imbricataria</i> , Lam. <i>Potamides (Tympantonus) oren-gae</i> , Vid.
INFERIOR O PALEOCENO		
Ypresiense (de Ypres, Bélgica).	Calizas.....	<i>Alveolina subpirenaica</i> , Leym. <i>Nummulites planulatus</i> , Lam. <i>Nummulites lucasanus</i> , Defr.
Esparnaciense. Tanetiense. (de Thanet, Inglaterra).		
Montiense. (de Mons, Bélgica).		

FACIES LACUSTRE

ROCAS	FÓSILES
Areniscas, marges rojas y conglomerados.	<i>Bulinus gerundensis</i> , Vid.

FACIES FLYSCH

ROCAS	FÓSILES
Margas grises y areniscas tableadas.	<i>Scolicia prisca</i> , Quatr. <i>Palaeodyctium majus</i> , Men. <i>Helmintopsis sinuosa</i> , Asp.

tercalaciones lacustres a diferentes alturas y llega a ser en algunos casos enteramente lacustre. Cuando esto sucede su diferenciación del Oligoceno es muy difícil o imposible.

Si comenzamos por el Norte, el Eoceno, que en su transgresión no ha llegado tan lejos como el Cretáceo, aparece típicamente representado por calizas y margas con nummulites y otros restos en San Vicente de la Barquera, en donde la orogenia pirenaica ha dejado algún pequeño retazo de este terreno.

Más al Oeste se encuentra el Eoceno en las zonas de Oviedo e Infiesto, pero allí es de facies lacustre, constituido por conglomerados calizos, margas de tonos rojizos o asalmonados y algunos bancos de caliza gris. En Oviedo existen también yesos, en los que se encontraron restos de mamíferos que permitieron determinar la edad eocena para estas manchas.

Si continuamos hacia el Este, ya no vuelve a aparecer el Eoceno hasta Bilbao, al N. de cuya población existe un largo sinclinal constituido por areniscas, margas y flysch, con nummulites que fijan una edad luteciense para algunas de las capas. Probablemente existe el Eoceno inferior y el medio, y tal vez algo del superior, representado en todo o parte por el flysch.

Este flysch cantábrico vuelve a aparecer en la costa y magníficamente representado, con abundantes pistas de reptación, desde Zumaya hasta la frontera francesa.

Al sur de la Cordillera Cantábrica, el Eoceno avanza menos hacia el O. y no aparece hasta las cuencas sinclinales de Villarcayo, Miranda de Ebro y Valdivielso. Allí este terreno muestra claramente el tránsito a la facies lacustre y sólo contiene como formación marina algún banco de caliza de alveolinas. Comienza la serie con unos niveles de arenas y areniscas blandas, con lechos de gra-

villa y color claro, sobre los que descansan calizas compactas, grises o rosadas, con alveolinas. A continuación siguen margas, arenas y arcillas de color gris o rojizo con algún banco de caliza gris, todo ello de facies francamente lacustre. Más al S. ya no se encuentra el Eoceno, pero es posible que algunos niveles lacustres que se consideran como oligocenos en las provincias de Burgos y Soria, entre otras, sean en todo o parte eocenas.

La zona más importante de afloramientos eocenos es la vertiente norte de la cuenca del Ebro, desde Navarra hasta Cataluña. En Navarra y Aragón comienza por una serie, a veces muy potente, de calizas, primero sólo con alveolinas y luego con éstas y nummulites, que representa el Eoceno inferior y medio. Sobre estas capas aparecen margas azules y maciños ricos en fósiles, que representan el Luteciense superior y el Bartonense, que en extensas zonas pasa a un flysch típico.

En Cataluña la serie es semejante en la zona norte, pero en la parte oriental, desde Figueras hasta el N. de Tarragona, el Eoceno empieza casi siempre por unos niveles a veces muy potentes, lacustres, de conglomerados, areniscas y margas rojas, con algún banco de caliza de alveolinas en la base o intercalado en la serie. Siguen calizas y margas con abundantísimos foraminíferos del Luteciense, y maciños, margas arenosas y calizas del Bartonense. A veces se intercala en la serie eocena otro nivel rojo lacustre, y en la zona de Manresa los niveles lacustres rojos suben hasta el Bartonense. El Ludense no es ya marino en toda España, y está constituido por areniscas, conglomerados y margas rojas, muy difíciles de separar del Oligoceno, que contienen en su base un importante nivel de yesos, y sales potásicas, que se explotan en Cataluña.

Hacia el S., en la cuenca del Ebro, el Eoceno se va debilitando, como puede verse en la provincia de Tarragona, en Montblanch y en Lérida, en la zona de Artesa de Segre, y en el borde sur de la cuenca no aparece ya este terreno.

Reaparece de nuevo el Eoceno al llegar a la provincia de Alicante y se extiende por ésta y la de Murcia, pero ya no formando áreas grandes, sino en manchas de reducida extensión relativa, de tectónica muy complicada, constituidas por calizas y margas con abundantes foraminíferos y otros fósiles, sobre todo de edad luteciense.

En Andalucía continúa el Eoceno de tectónica violenta, a la que se debe esta disposición en retazos, distribuido en muchas manchas de mediano o pequeño tamaño.

Aparece entre asomos secundarios que suelen constituir por su mayor dureza sierras o zonas de mayor cota que la que corresponde a las manchas eocenas, que forman suaves lomas en general cultivadas.

Lo integran calizas tabulares de color pardo claro, silíceas, con bancos de lumaquela de nummulites y también arcillas grises y margas blancas y rojas, con intercalaciones de lechos calizos y facies flysch, pero con frecuentes nidos de foraminíferos, en especial nummulites, que determinan su edad como Eoceno inferior o medio.

Esta facies flysch es la dominante en casi toda Andalucía, y como la tectónica es violenta y la facies parecida a la que presenta allí el Oligoceno, es muy difícil decir si todo el flysch que se atribuye al Eoceno lo es, o pertenece en parte al Oligoceno.

El canal bético, entre Sierra Nevada y el Paleozoico del borde meridional de la Meseta, ha quedado permanentemente bajo las aguas durante todo el período eoceno, y así todos los sedimentos que durante él se han depositado tienen facies marina más o menos litoral y no se

conocen niveles lacustres eocenos del tipo de los que tanto abundan en el norte de España.

Criaderos minerales

Las únicas sustancias minerales de verdadero interés minero que se encuentran en el Eoceno son las sales potásicas. Éstas se venían atribuyendo al Oligoceno, porque aparecen en la base de la serie lacustre, pero por analogía con lo que sucede en Francia con los yesos y por hallazgos paleontológicos modernos, se considera actualmente que la base de la formación lacustre pertenece todavía al Ludicense.

Comienza ésta por una potente sedimentación de yesos, la común y sales potásicas (silvinita y carnalita), que constituyen un magnífico yacimiento que se explota en varios sitios de la cuenca del Ebro.

En Cataluña, en Suria y Cardona, existen sendos anticlinales oligocenos, que acercan a la superficie la base ludicense de la serie, poniendo de manifiesto la sal común y potásica, y esta última se explota intensamente en ambas localidades.

Sondeos realizados hace tiempo en el Oligoceno de Navarra pusieron de manifiesto la existencia de otra cuenca potásica al norte de Puente la Reina, en donde recientemente se ha montado otra importante explotación de sales potásicas.

Fuera de esto sólo se explota alguna pequeña mina de lignito en los niveles lacustres, por ejemplo al oeste de Arén (Huesca), y reducidas impregnaciones de asfalto en Atauri (Álava), en donde la impregnación más importante se encuentra en el Cretáceo.

Finalmente hay que señalar la existencia de frecuentes manifestaciones petrolíferas a lo largo de la vertiente sur pirenaica, que han conducido a la perforación de sondeos profundos destinados a la investigación petrolífera en Oliana (Lérida) y Boltaña (Huesca).

Canteras

Se utiliza la arenisca como piedra de construcción de fácil labra, pero especialmente la caliza de nummulites, cuando es dura y compacta constituye una bella piedra ornamental.

Sistema Oligoceno

Definición y sinonimia

La denominación de Oligoceno deriva de las palabras griegas *OLIGOS*, que quiere decir poco, y *CAINOS*, reciente, y se la dió Beyrich en 1854 a los niveles de esta formación, para distinguirlos de los eocenos, que a veces son bastante semejantes. Ya se ha dicho que es también frecuente la denominación de Paleogeno para el conjunto de los estratos eocenos y oligocenos cuando su facies es análoga y no se puede establecer una separación entre ambos terrenos.

Distribución y paleogeografía

El Oligoceno es un período de orogenia intensa en el que se empieza a dibujar la fisonomía de la Tierra con caracteres cada vez más parecidos a los actuales.

América del Norte continúa unida a Groenlandia y parcialmente hundida bajo las aguas la América Central, con lo que Norteamérica y Sudamérica continúan separadas.

En cambio, el continente Nordatlántico se separa defi-

nitivamente de Europa, y la plataforma rusa y Asia comienzan a unirse, aunque subsiste aún un profundo golfo en donde estaba el brazo de mar de los Urales.

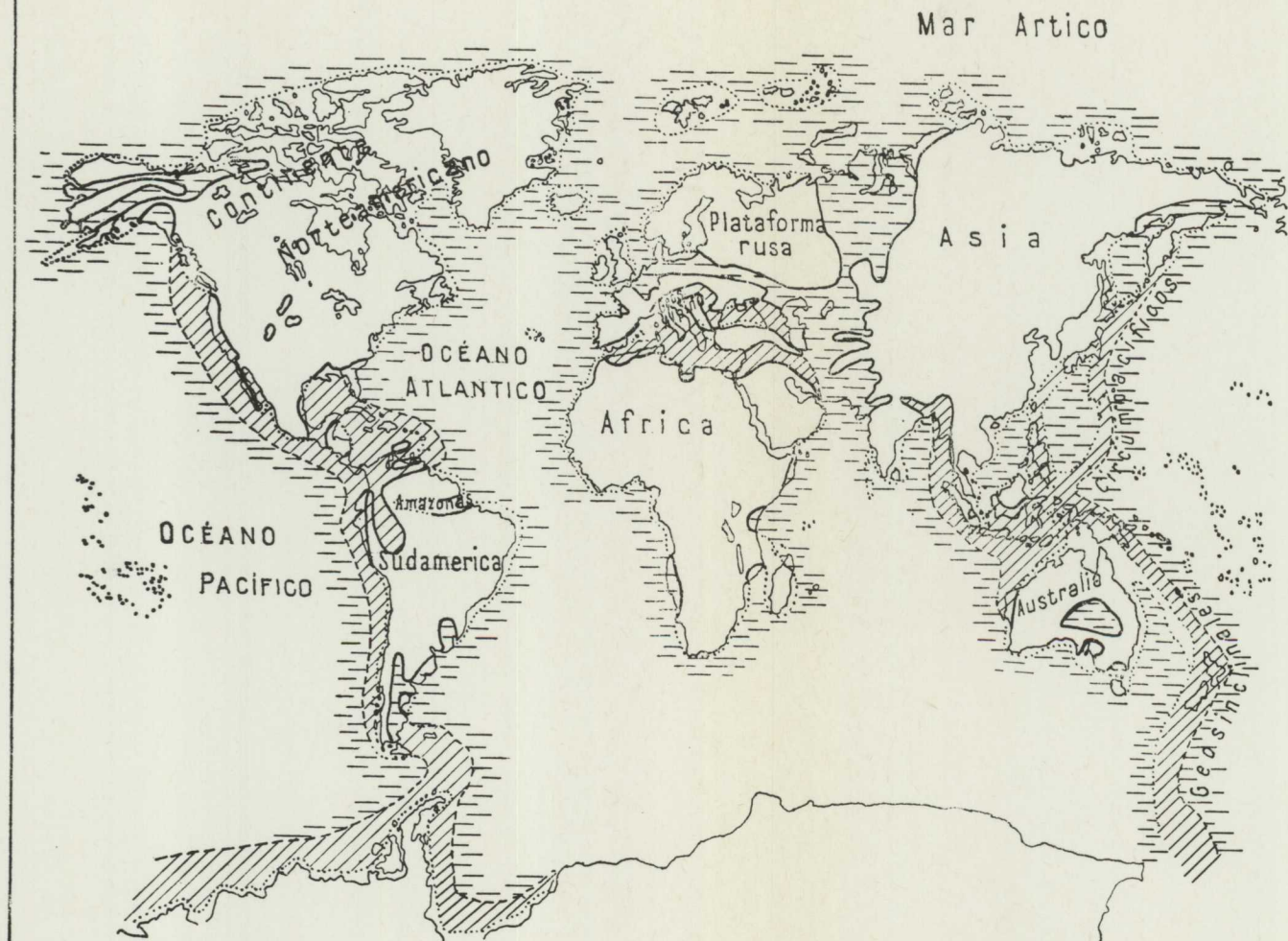
El mar del Norte, por la Alemania septentrional y el mar Caspio, se une con un estrecho brazo de mar con el océano Índico; el mar de Tetys subsiste, pero su unión con el Atlántico por el golfo de Vizcaya ha desaparecido, y la India se une al final del período con el resto de Asia al levantarse la cordillera del Himalaya.


Rocas y facies


Durante el Oligoceno, las facies marinas, por lo que se refiere a Europa, no están muy bien representadas y dominan las lacustres o salobres. En aquéllas es frecuente la facies flysch con margas, areniscas y calizas tableadas en alternancia fina, aunque también existen niveles de calizas, areniscas y margas de colores claros o blancos. Las facies lagunares están integradas por margas rojizas, areniscas y conglomerados predominantemente calizos, constituidos por elementos arrancados de las formaciones secundarias y eocenas, sometidas a intensa erosión por su reciente elevación ocasionada por los plegamientos alpinos. En el Estampiense hay de nuevo una invasión marina que da lugar en la cuenca de París a la deposición de arenas en un mar poco profundo, con restos de fósiles marinos.

La desecación de los grandes lagos o mares interiores, que ocupan grandes extensiones, da lugar también a la formación de importantes depósitos de yeso, que continúan el tipo de sedimentación iniciado en el Ludense.

OLIGOCENO



 Mares subsidentes.

 Mares no subsidentes o no bien conocidos

En América también se produce una importante sedimentación terrígena continental, con areniscas y arcillas y aparatos volcánicos en actividad, en el Oeste; lanzan erupciones de tipo explosivo que envían a regiones apartadas grandes cantidades de cenizas que forman acumulaciones muy potentes.

Fauna y flora

La fauna marina sufre muy ligeras variaciones en relación con la que se encuentra en el Eoceno. Los nummulites pasan al Oligoceno con muy pocas especies, que se extinguen antes de terminar éste, y son sustituidos por las lepidocyclinas, que lo caracterizan. Entre los equínidos aparecen los géneros *Clypeaster* y *Scutella*. Abundan los gasterópodos de aguas dulces o salobres, *Melania*s, *Potamides*, etc., y los lamelibranquios.

Continúa la evolución de los mamíferos, que están ya representados por numerosas familias. Aparecen los primeros rinocerontes, con el *Aceratherium* en Europa, y en África el primer elefante, el *Palaeomastodon*, así como el primer simio, el *Parapithecus*, que inicia la evolución que conduce hasta los antropoides. Osos, cerdos, conejos, liebres, castores, etc., comienzan también su gran desarrollo, que llega hasta nosotros.

Por lo que se refiere a la flora, la tropical domina todavía en gran parte de Europa, con palmeras, magnolias, mimosas, etc., pero adquieren cada vez mayor desarrollo los árboles de hoja caduca. Grandes bosques de pinos se extienden por el actual emplazamiento del Báltico, y la resina que de estos árboles se desprendía ha formado el ám-

bar del Báltico, tan conocido hoy en día por contener con mucha frecuencia, en el interior de sus porciones, algún insecto de los que por miriadas poblaban aquellos bosques, en perfecto estado de conservación aparente, ya que lo que se ve es sólo el molde externo y el animal ha desaparecido. Las diatomeas también son frecuentes en algunos depósitos marinos, dando lugar a la formación de depósitos de tripoli, que se explotan.

Movimientos orogénicos

Período de intensa actividad orogénica, como lo prueba la cantidad de rocas clásticas que encierran sus estratos y las acusadas discordancias observables entre ellos, presencia los plegamientos alpinos más violentos y las tierras y mares ofrecen una inestabilidad grande, con frecuentes variaciones. Se inicia con la llamada segunda fase pirenaica, de la que nos ocuparemos más detalladamente al referirnos a España, y al final del período, la fase sábrica inicia la surrección de dos importantes cordilleras, la alpina y la del Himalaya.

EL OLIGOCENO EN ESPAÑA

División y fósiles característicos

FACIES MARINA		
PISOS	ROCAS	FÓSILES
Aquitaniense (de Aquitania, Francia).	Margas blancas y tripoli.	Diatomeas.
Estampiense (de Etampes, Francia). Sannoisiense (de Sannois, Francia).	Calizas, areniscas, margas y flysch.	<i>Nummulites vascus</i> , Joly y Leym. <i>Nummulites intermedius</i> , d'Arch. <i>Eulepidina elephantina</i> , Mun. Chalm. <i>Eulepidina formosoides</i> , Douv. <i>Nephrolepidina marginata</i> , Mich.
FACIES LACUSTRE		
Sannoisiense.....	Margas y areniscas rojas y grises, conglomerados y algunas calizas.	<i>Cyrena semistriata</i> Desh. <i>Melanoides albigensis</i> , Noul. <i>Limnaea longiscata</i> , Brong. <i>Planorbis cornu</i> , Brong. <i>Brachyodus cluai</i> , Dep.

El piso Aquitaniense lo incluyen unos autores en el Oligoceno, mientras que otros lo colocan en la base del Mioceno.

Distribución de las manchas oligocenas

Al final del Bartonense, que en toda España es francamente marino, salvo contadas excepciones (Montserrat,

Manresa), se inicia la fase importante de la orogenia pirenaica, que tiene como consecuencia inmediata el cierre de la comunicación con el Mediterráneo de la extensa cuenca eocena del Ebro, se forman una serie de grandes lagos, en los que se depositan series extraordinariamente potentes, que muchas veces deben comenzar en el Ludense y otras tal vez ya en el Oligoceno, cosa muy difícil de resolver casi siempre por la falta de fósiles y semejanza de facies, que se depositan de manera continua y sin discordancia.

Por el contrario, la Península Ibérica ha debido quedar rodeada por un mar oligoceno, del que en el N. sólo quedan reducidos vestigios en San Vicente de la Barquera, pero por el S. penetró de manera más profunda en Andalucía, por todo el canal bético, alcanzando hasta la provincia de Alicante, en donde se encuentran los sedimentos oligocenos de facies marina más septentrionales de la región. Este brazo de mar se extendía por levante hasta las Baleares, que quedaron casi totalmente cubiertas por el mar oligoceno, en especial con la transgresión estampiense.

En Andalucía, el Oligoceno aparece generalmente muy trastornado y en retazos diseminados entre formaciones más antiguas o recubierto parcialmente por otras más recientes, lo que dificulta mucho el establecimiento de series completas. Esta disposición es debida, como veremos luego, a plegamientos más modernos que han afectado intensamente a la región sur y no a la norte.

En la provincia de Cádiz, este terreno está constituido principalmente por areniscas silíceas de grano variable, color amarillo, pardusco o rojizo, con intercalaciones de arcillas verdes y rojas. Esta facies es allí muy típica y se la conoce con el nombre de «arenisca del Algibe».

En la zona central de Andalucía, que comprende espe-

cialmente las provincias de Jaén y Córdoba, el Oligoceno ocupa extensiones bastante grandes, en parte recubierto por el Mioceno transgresivo. Allí está integrado por una facies flysch con bancos de areniscas y margas grises y amarillentas, todo muy replegado, que contienen abundante fauna de nummulites y lepidocyclinas, que caracterizan el Estampiense. Existen también calizas en menor proporción, y como nivel superior, que representa ya el Aquitaniense y tal vez también el tránsito al Mioceno, un nivel de margas grises o blancas, denominadas en el país «albarizas», en las que se encuentra algún lentejón reducido de tierra de diatomeas o kieselgur, que son objeto de explotación. Estas tierras dan una sílice bastante pura, pues su contenido llega hasta el 90 %.

Entre Úbeda y Cazorla terminan las noticias que se tienen de la existencia de asomos oligocenos, aunque es posible que existan y se hayan confundido con el Mioceno que se extiende al pie de la Sierra de Cazorla o haya quedado recubierto por formaciones transgresivas más modernas. De nuevo se cita el Oligoceno con lepidocyclinas en Mula (Murcia) y se encuentra también bien representado en la zona de Villajoyosa (Alicante) con lepidocyclinas y varias especies de nummulites. Si pasamos a las Baleares encontramos también allí el Oligoceno, constituido por conglomerados, y sobre ellos areniscas y margas con *Nummulites intermedius*, que fija la edad estampiense para esta formación. Sobre ella se encuentra todavía el nivel de margas con bancos de kieselgur, correspondientes al Aquitaniense.

Más al N. ya no se tiene noticia de que exista ningún afloramiento de Oligoceno marino hasta la costa cantábrica, en San Vicente de la Barquera, en donde de nuevo aparece el Oligoceno con lepidocyclinas y nummulites.

El Oligoceno de facies lacustre está constituido por una monótona formación de color rojizo o achocolatado, de margas, areniscas y conglomerados, generalmente calizos, que alternan en proporciones variables, dominando uno u otro de los elementos según que nos encontremos más cerca o más lejos de la costa. En las zonas marginales son frecuentes los conglomerados en masa, sin estratificación visible, mientras que en el centro de la cuenca éstos suelen faltar casi en absoluto, mientras que dominan las margas, que alternan con yesos en grandes espesores, que seguramente en su parte inferior son ya el tránsito al Ludense.

En Cataluña, en donde esta facies adquiere un gran desarrollo, su composición dominante es la alternancia de margas rojizas con bancos de areniscas grises o rojizas, de espesor hasta de un metro, y algún lecho de conglomerado calizo. El yeso, en cantidad considerable, ocupa la parte inferior de la formación y aparece ocupando los ejes de los anticlinales existentes en la zona central de la cuenca. En algunos sitios existen también escasos bancos de caliza gris, que suele ser fosilífera, como sucede en Tárraga, en donde se han encontrado abundantes restos de mamíferos, tortugas y algunos moluscos, así como restos de plantas. En otros lugares se han encontrado sólo plantas y moluscos, pero en general esta facies es muy pobre en fósiles y los yacimientos son muy escasos.

En los bordes de la cuenca, los niveles altos vuelven a ser conglomerados calizos, sin restos fósiles, lo que dificulta datarlos con precisión y posiblemente constituyan ya el paso al Mioceno en idéntica facies.

En el centro de la cuenca, tanto entre Huesca y Zaragoza como más al O., en Logroño, se pasa insensiblemente de las margas oligocenas a las miocenas, horizontales y

de composición semejante, sin que sea posible determinar con precisión el límite entre ambas formaciones. Sólo se conoce que se ha pasado de una a otra porque en determinados lugares se han encontrado fósiles miocenos en niveles muy altos de la serie lacustre.

En alguno de los bordes de la cuenca del Duero, como por ejemplo en la zona de La Robla (León) y sur de Soria, se atribuyen al Oligoceno formaciones allí existentes, con la facies descrita, por aparecer sus estratos levantados y recubiertos discordantemente por otros semejantes que se consideran ya como miocenos, pero no se han encontrado fósiles que confirmen esta edad.

En el lago terciario de La Mancha, también se encuentran formaciones plegadas con las mismas características, en contacto con estratos cretáceos y recubiertas transgresivamente por niveles de aspecto parecido, por cuya razón se consideran los primeros como Oligoceno y los segundos como Mioceno, pero sin que tampoco aquí los fósiles hayan confirmado la determinación de edad.

Respecto al intenso plegamiento pirenaico, el Oligoceno de la cuenca del Ebro nos proporciona datos muy interesantes para formarnos una idea bastante aproximada de cómo tuvieron lugar los fenómenos.

La continuidad de la sedimentación en esta zona pone de manifiesto las siguientes características:

En todo el borde norte del Oligoceno y en el oriental hasta Igualada (Barcelona), la sedimentación es continua durante el Eoceno y Oligoceno, sin que se observe entre ambos terrenos hiato ni discordancia alguna. Sólo al norte de Huesca, el Ludense es ligeramente discordante sobre el resto del Eoceno.

Más al Sur, en el borde meridional de los accidentes cretáceo-eocenos, que de manera discontinua se extiende

desde Artesa de Segre (Lérida) hasta Ayerbe (Huesca), niveles más o menos altos del Oligoceno descansan discordantes sobre distintos niveles del Secundario.

Por último, en San Lorenzo de Morunys, hace tiempo se descubrió un fenómeno, observado después en algún otro punto, y puesto de manifiesto por la profunda garganta abierta por el río Cardoner en los niveles de paso del Eoceno al Oligoceno. El fenómeno consiste en que se pasa de manera insensible del Eoceno superior vertical, e incluso volcado al Sur, a un Oligoceno alto, horizontal y transgresivo, por discordancias sucesivas que no son medibles de estrato a estrato, pero que llega a ser máxima del Eoceno al Oligoceno alto.

Esto quiere decir que el plegamiento pirenaico, iniciado débilmente en el Eoceno superior, adquiere su máxima violencia no en un momento dado, sino a todo lo largo del Oligoceno, produciéndose el plegamiento de manera continua durante todo este largo período.

Como a continuación del Oligoceno se ha sedimentado el Mioceno con facies semejante, y es muy raro encontrar fósiles en estos niveles, quiere decir que la separación de estos dos terrenos resulta muy difícil y que el argumento que en muchas ocasiones se ha utilizado para esta delimitación, que ha sido la discordancia, no es suficientemente preciso, pues cuando la erosión ha puesto de manifiesto la serie completa y se puede observar la discordancia progresiva, no se sabe dónde situar el límite entre los dos terrenos.

De una manera general, en las cuencas del Ebro y Duero se consideran oligocenos los niveles lacustres plegados, y miocenos los subhorizontales, pero para la mitad sur de España este criterio no es válido, pues como luego veremos existen movimientos más modernos que hacen que el Mioceno aparezca también plegado.

Criaderos minerales

No considerándose ya hoy como Oligoceno el criadero de sales potásicas de Cataluña y Navarra, no quedan como sustancias explotables en este terreno más que algunos lignitos, entre los que descuellan por su mayor importancia relativa, los de la cuenca de Mequinenza, en las confluencias de los ríos Segre y Cinca con el Ebro, en el límite de las provincias de Lérida, Huesca y Zaragoza. Allí existen bastantes minas que explotan varias capas de lignito, entre calizas y margas, en posición muy tendida. Otra cuenca lignitifera menos importante se encuentra en Calaf (Barcelona).

También ha sido objeto de diferentes intentos de explotación unas impregnaciones de cobre en las areniscas del Oligoceno, existentes en diferentes sitios de la cuenca del Ebro, de las que unas de las más interesantes son las que se encuentran en término de Biel (Zaragoza).

Las rocas de esta formación no reúnen normalmente buenas condiciones para la edificación, por lo que sólo se utilizan allí donde no se encuentra otro material. Por esta razón son escasas y de poca importancia las canteras existentes.

Sistema Mioceno

Definición y sinonimia

El nombre de Mioceno, que quiere decir «menos reciente» (de μέιον, menos), fué dado a este terreno por Lyell en 1854. Reunido con el terreno siguiente, el Plioceno, reciben ambos el nombre de Neogeno, para diferenciarlo del grupo de los dos terciarios más antiguos a los que como ya se ha dicho se les denominó Paleogeno. También se les designa a veces con el nombre poco frecuente de Falúnico, por contener abundancia de rocas organógenas muy fosilíferas, denominadas «faluns».

Distribución y paleogeografía

Durante el Mioceno, la superficie del Globo muestra ya los continentes con un aspecto bastante semejante al actual, pero todavía en algunas zonas se producen transgresiones de cierta importancia, que modifican de manera más o menos grande el aspecto de las costas.

En América, la costa del Pacífico sufre una transgre-

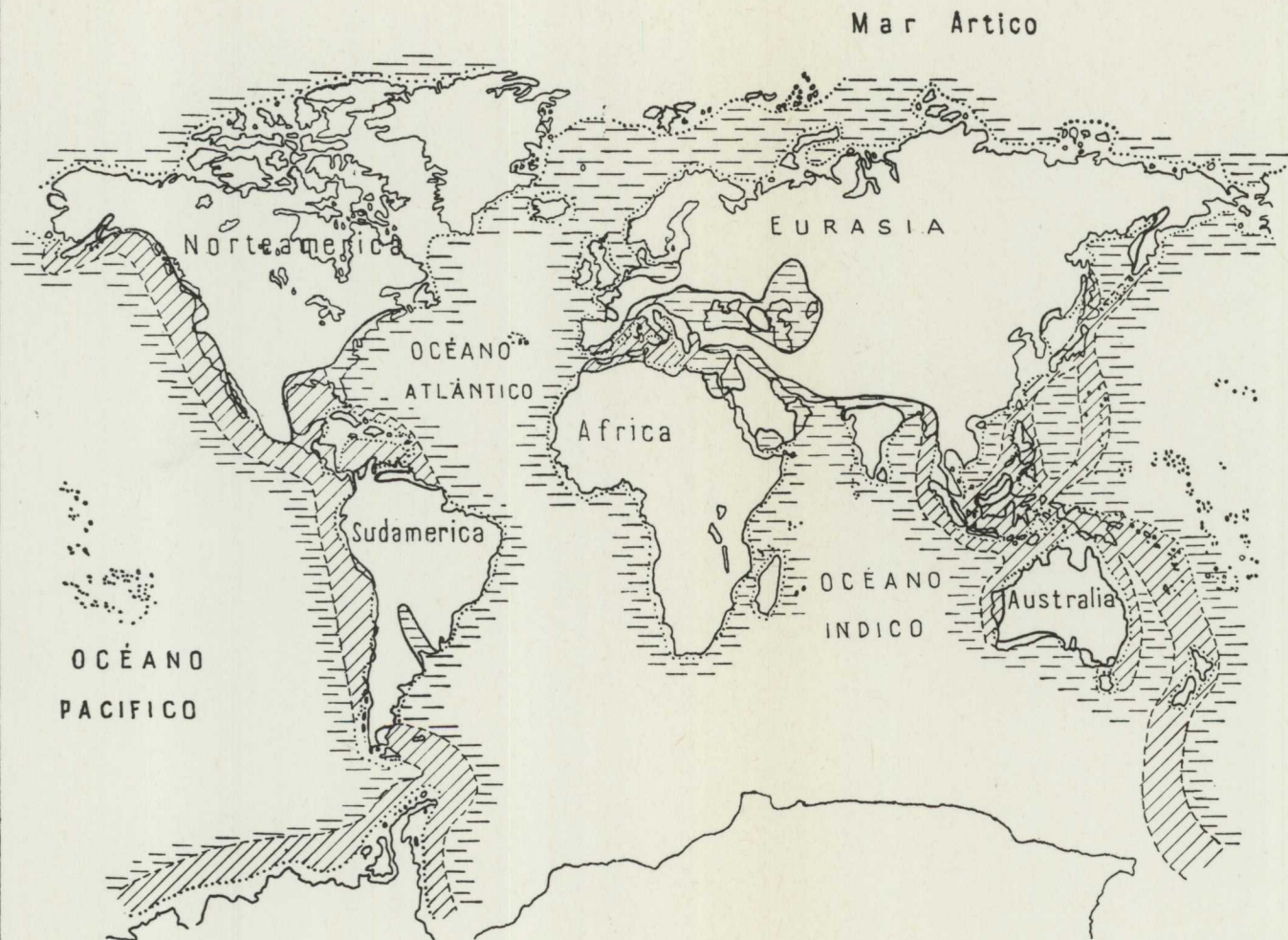
sión marina importante, y en el interior extensos lagos reciben los detritus de la erosión de las cordilleras recién formadas, y las preexistentes, que se van arrasando paulatinamente. América central continúa bajo las aguas en gran parte, así como la península de la Florida. Guatemala y Honduras unidas a las islas del Caribe forman una isla importante, y en Venezuela se crean grandes golfos por los que penetra el mar mioceno. En este período comienzan también las enormes salidas basálticas que se extienden por una gran superficie del NO. de los EE. UU. de Norteamérica. Son grandes y potentes coladas basálticas procedentes de fisuras y más raramente de verdaderos cráteres, que se repiten muchas veces, separadas por sedimentos torrenciales sobre los que surgieron bosques frondosos, de los que quedan las raíces y troncos silicificados. En el actual parque de Yellowstone se cuentan hasta 18 bosques sucesivos cuyos restos se han fosilizado.


En Europa, Inglaterra está unida a Islandia, y el mar del Norte penetra por Alemania septentrional hasta Polonia, continuando emergido totalmente el mar Báltico. El Canal de la Mancha es un istmo, y en la costa occidental francesa se producen profundos golfos en Bretaña y Aquitania.


Los Alpes, Apeninos y Cárpatos, recién emergidos, están rodeados de surcos marinos en los que se depositan los derrubios procedentes de estas montañas.

De Viena hacia el Este, se extiende la gran laguna Sárмата que llega hasta el mar Caspio, con una gran isla que corresponde al Cáucaso. Esta inmensa laguna tiene comunicación intermitente con el mar de Tetys y los sedimentos que en ella se depositan son tanto salobres como lacustres, especialmente al final del período, dando lugar al sapropel, origen de los ricos yacimientos petrolíferos de

MIOCENO



 Mares subsidentes.

 Mares no subsidentes o no bien conocidos.

aquella región. Al principio del Pontiense se produce una emersión general que deja en seco extensas zonas o las convierte en lagos, que poco a poco se van colmatando.

En el Mediterráneo occidental subsiste el canal bético y el canal sud-rifeño, que comunican este mar con el Atlántico. Continúa la comunicación con el océano Índico por el norte de Arabia, y la península de la India está unida al continente por un estrecho istmo.

Rocas y facies

Se encuentran rocas de facies nerítica o lacustre, dominando estas últimas al final del período. En el Mioceno inferior, en los dominios del Tetys, abundan las margas arcillosas, pero en el Mioceno medio y en las zonas de mar menos profundo, se encuentran margas arenosas y areniscas muy calíferas o molasas, alternando con margas grises más puras. La facies lacustre está integrada por margas frecuentemente muy yesíferas, y areniscas, con abundancia de conglomerados en las zonas más costeras; en el Mioceno superior, lacustre en la mayoría de las regiones, dominan las calizas grises fosilíferas.

Fauna y flora

Las formaciones de margas puras, de facies más profunda, son pobres en macrofósiles, como sucede con las del Mioceno inferior, pero las facies del medio son extraordinariamente ricas en conchas, especialmente lamelibran-

quios y gasterópodos, que en ellas pululan; son también abundantes los equínidos de las familias clipeástridos y escutélidos, escasean los braquiópodos y son bastante frecuentes los dientes de escualo.

La angosta comunicación de la laguna Sárмата con el mar Mediterráneo y su aislamiento y fragmentación en varias lagunas al fin del periodo, da lugar a que una serie de animales marinos tengan que amoldarse a la vida en aguas de salinidad muy elevada en unos casos y dulce en otros. Muchos de ellos no pueden adaptarse y desaparecen en grandes cantidades, pero otros logran adaptarse y dan nacimiento a formas curiosas, tales como el *Cardium* de agua dulce o *Limnocardium*. En estas lagunas se desarrollan también mucho los gasterópodos acuidúlcidos, planorbis, limnea, etc.

En el dominio continental la flora sigue desarrollándose con características semejantes a las que se inician en el Eoceno, abundando las coníferas y otros tipos de árboles; se conocen las primeras praderas con ejemplares de gramíneas.

Los mamíferos de diferentes tipos se extienden también de manera notable, abundando los mastodóntidos y los equidos del género *hipparion*, así como los simios de afinidades homínoides.

Movimientos orogénicos

El Mioceno puede considerarse también como un periodo de actividad orogénica bastante intensa, aunque la fase alpina más importante ha tenido lugar un poco antes de comenzar este terreno.

En el Aquitaniense tiene lugar la fase Sábrica que produce una ligera transgresión marina, y al final del Burdigaliense la primera fase estaírica que termina de plegar las cordilleras alpinas surgidas durante los movimientos oligocenos y da lugar a transgresiones y discordancias acusadas entre el Mioceno inferior y el medio. Por último, hacia fines del periodo, tiene lugar la segunda fase estaírica con una regresión general de los mares y formación de grandes lagos donde antes estaban aquéllos. Terminado el Mioceno, una nueva fase, la rodánica, acaba de desecar aquellos grandes lagos, en los que ya no se depositan en general, sedimentos más recientes.

EL MIOCENO EN ESPAÑA

Distribución

De manera análoga a lo que hemos visto que pasa en el Oligoceno, el Mioceno ocupa en España dos grandes áreas con características muy diferentes; la zona surlevante, en facies marina, y la centro-norte en facies lacustre.

El Mioceno marino, se extiende por el canal bético, desde las costas de Cádiz, en donde está en gran parte recubierto por formaciones más recientes, remontando el valle del Guadalquivir, provincias de Almería y Murcia, hasta el límite norte de la provincia de Alicante, en donde termina al pie del cabo de San Antonio. Este brazo de mar se extendía por las Baleares, en donde se encuentran también sedimentos marinos de esta edad, contorneaba las provincias de Valencia y Castellón, en donde no apa-

bocadura del río Segura, límite de las provincias de Murcia y Alicante, en donde aparece sobre el Vindoboniense con *Pecten aduncus*, concordante y conteniendo una fauna de características acusadamente pliocenas.

Por el contrario, la facies lacustre del Mioceno, rellena extensos lagos preexistentes en el Oligoceno, como son los de las cuencas del Duero y Ebro, desde Alcañiz (Teruel) y Zaragoza, por Logroño, hasta León, Ávila y Soria, y la del Tajo desde la sierra del Guadarrama hasta el pie de la cordillera Ibérica. Además existen otras muchas pequeñas lagunas de este período, algunas de las cuales han podido estar unidas a las mayores, pero la erosión posterior las ha separado.

Está integrado el Mioceno lacustre por conglomerados predominantemente calizos, que de manera discontinua ocupan los bordes, areniscas, margas y arcillas rojas o blancas con niveles de yeso. Estas arcillas yesíferas dominan especialmente en el centro de la cuenca del Duero. Estos niveles son muy pobres en fósiles, encontrándose sólo de vez en cuando algún yacimiento con gasterópodos o restos de vertebrados. Así pues, resulta muy difícil establecer subdivisiones dentro de ellos.

Sólo el Pontiense es fácilmente distinguible y se puede individualizar, porque presenta un aspecto diferente de los estratos inferiores, constituido por un nivel de calizas grises, en general algo cavernosas, con algún banco de margas grises o blanquecinas en la base y frecuentes restos fósiles de los antes citados. Esta caliza pontiense forma las grandes mesas horizontales que tanto en la cuenca del Duero como en la del Tajo se ven destacar sobre el horizonte cuando nos situamos en puntos de vista dominantes.

En el brazo de mar mioceno que se introduce en la

depresión litoral catalana, se pasa de la facies marina a la lacustre, por indentaciones entre ambas, en la zona de San Sadurní de Noya, y más al Noreste sólo se encuentra la facies lacustre, que ha proporcionado la fauna de mamíferos más abundante y variada que hasta ahora se conoce en España.

Los plegamientos neo-alpinos se han dejado sentir de manera diferente en España, pues en la zona norte los plegamientos intensos han tenido fin al terminar la deposición del Oligoceno, o a lo sumo al principio del Mioceno, ya que éste aparece transgresivo sobre las formaciones anteriores y muy poco o nada tectonizado, con sus estratos completamente horizontales.

Por el contrario, en Levante y Andalucía, pero especialmente en Murcia y Alicante, se observa una discordancia bastante acusada entre el Burdigalense y el Vindoboniense, y en la desembocadura del río Segura, no sólo el Vindoboniense, sino el Saheliense, se ven plegados en anticlinal, que en algún sitio está bastante acusado.

Tenemos pues, que al fin del Burdigalense se produce un plegamiento en la zona sur-levante, que hace que el Vindoboniense descansa discordante sobre el Burdigalense o sobre terrenos anteriores con ausencia de aquél. Este plegamiento corresponde a la primera fase estática. Al fin del Vindoboniense, la segunda fase estática produce una surrección general, de tipo epirogénico, que hace que no se deposite el Saheliense más que en contados lugares, terminándose en el resto el Mioceno con el tramo medio y cerrando por el Este el canal bético, que queda reducido a un profundo golfo que se adentra hasta Sevilla.

Terminada la sedimentación del Mioceno, la fase rodánica da lugar a una emersión general de la península, desecándose los grandes lagos pontienses. Estos últimos

movimientos de signo positivo, dan lugar también a que se restablezca la comunicación terrestre entre España y África, cerrándose primero el canal bético y luego el sud-rifeño, entre los que quedaba la mole bético-rifeña. Esto restablece la comunicación entre España y África y permite el paso de faunas terrestres de uno a otro continente.

No existen materiales explotables en este terreno más que los yesos, que se aprovechan de manera reducida en alguna zona, y las calizas de las mesas pontienses, que se explotan en canteras destinadas a la fabricación de cemento en alguna fábrica.

Sistema Plioceno

Definición y sinonimia

Esta denominación, debida también a Lyell, deriva de la palabra griega ΠΛΙΟΝ, más, para designar con ella el más reciente de los terrenos terciarios. También se le ha designado por algunos «cuarto piso mediterráneo de Suess», denominación poco usada.

Este terreno enlaza ya con el Cuaternario, con facies y características muy semejantes, por lo que el límite de separación entre ambos terrenos es difícil de establecer y los diferentes autores no están de acuerdo en los tramos que atribuyen a uno y otro terreno. Así, Gignoux (1950) y Meléndez (1955) consideran el Villafranquiense como Plioceno superior, mientras que Termier (1952) y Brinkmann (1954) incluyen este piso ya en el Cuaternario. Nosotros estimamos que por sus características el Villafranquiense tiene mayores afinidades con el Cuaternario y seguimos a estos últimos autores separándolo del Plioceno.

Distribución y paleogeografía

Durante el Plioceno, la distribución de mares y continentes llega a ser muy semejante a la actual, encontrándose los depósitos de esta edad acantonados en determinadas costas.

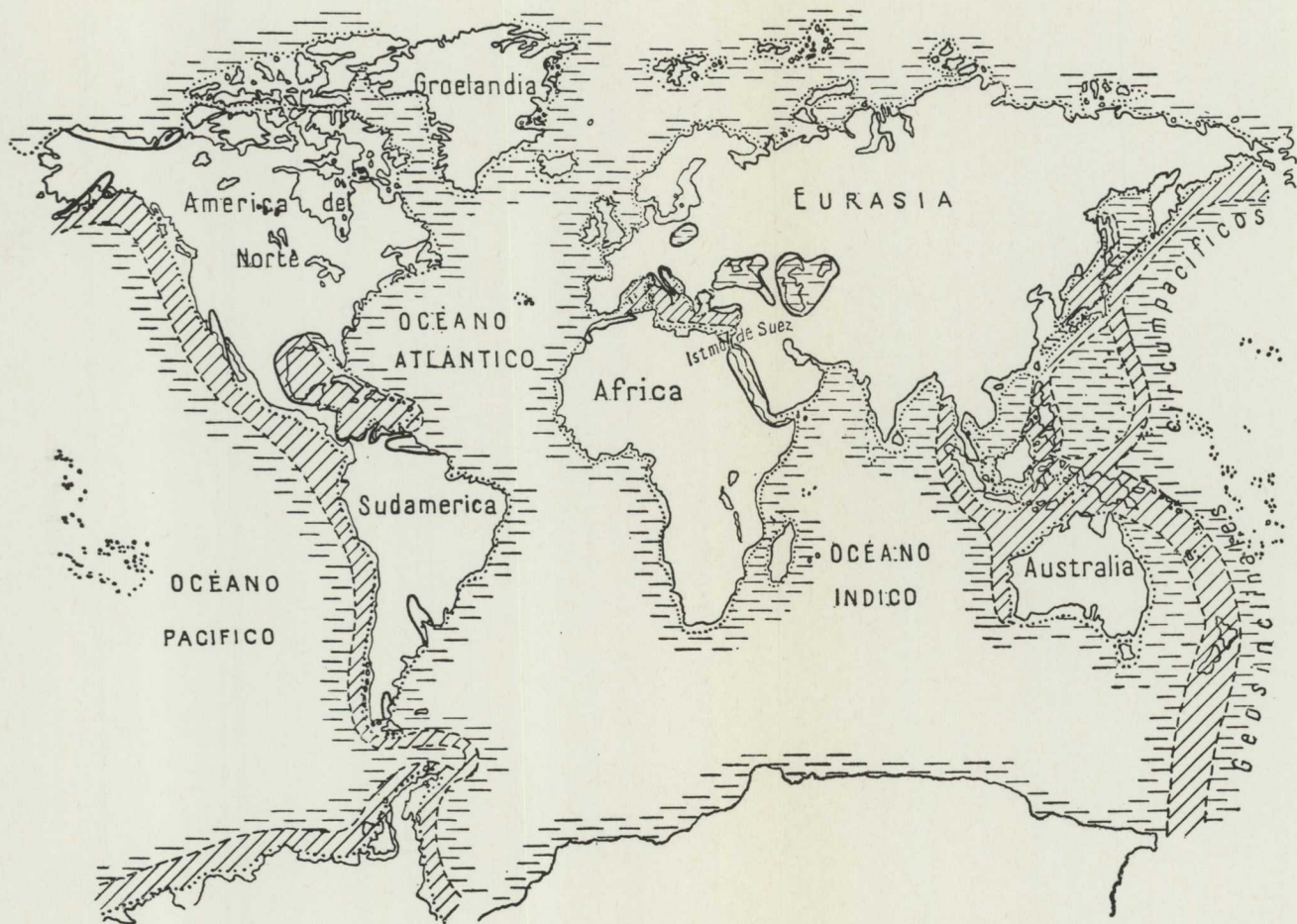
En América, el mar plioceno invade un poco sólo las costas del Pacífico, encontrándose en el interior del continente depósitos de facies lacustre y rocas volcánicas de esta edad. Las Montañas Rocosas sufren un ligero rejuvenecimiento, que arquea la penillanura y favorece la intensa erosión de ésta, con la consiguiente formación de profundos cañones, como el tan conocido del río Colorado. Se establece también el istmo de Panamá, que une las dos Américas y permite las migraciones de mamíferos entre ambos continentes.

En Europa se producen también ligeras surrecciones, tales como las de los Vosgos y el macizo central francés, pero en cambio en otras zonas se producen hundimientos, tales como los del mar Adriático y el Estrecho de Gibraltar, que vuelve a dejar incomunicadas Europa y África. Estos hundimientos, que sumergen bajo las aguas zonas bastante extensas, dan lugar a cicatrices curvadas que se han denominado óvalos mediterráneos, que fueron ensanchando progresivamente este mar hasta adquirir su actual aspecto. El mar invade las costas septentrionales de África y las meridionales de España, formando un profundo golfo que penetra hasta Sevilla. Italia ve una parte importante de su territorio también invadido por las aguas.

Importantes lagos se forman también a lo largo del Danubio, así como en el mar Egeo y en el mar de Mármara.

PLIOCENO

Mar Artico



Mares subsidentes.



Mares no subsidentes o no bien conocidos.

En Asia, gran parte de las islas están unidas al continente, como, por ejemplo, Java, Sumatra y la mayoría de las islas japonesas.

Rocas y facies

Las rocas que constituyen este terreno son predominantemente arenas amarillas, margas arenosas y molasas, que llegan a ser verdaderas lumaquelas de restos fósiles; también se encuentran margas grises y en algunos sitios conglomerados.

En las zonas costeras actuales existen sedimentos de facies marina nerítica o costera, con abundantes fósiles, y en algunos sitios facies más profundas de margas grises. En el interior de los continentes se encuentran facies lacustres de características análogas a las que hemos visto en el Mioceno.

En donde el Plioceno aparece más completo, éste comienza por unas hiladas de conglomerado, sobre el que sigue una potente serie de margas grises de facies profunda. A medida que los depósitos van colmatando las cuencas de sedimentación, los sedimentos van siendo de facies más costeras, constituidos por las arenas amarillas y molasas calcáreas, terminando la serie otra vez con niveles de conglomerados, que al principio pueden ser todavía marinos y al final ya lacustres.

El Plioceno adquiere en algunos sitios espesores de una magnitud que sorprende. Así, en el valle del Po tiene una potencia de cerca de 1.500 metros; en California llega hasta la extraordinaria cifra de 6.000 m. de espesor, cifra a la que casi se llega al pie del Himalaya, en los aluviones del Ganges.

Fauna y flora

La fauna marina del Plioceno es muy semejante a la actual y existen ya casi todos los géneros vivientes. Las margas grises son pobres en macrofósiles, pero pueden contener algunas *Pleurotoma*; en cambio la facies nerítica de las arenas y molasas es muy rica en lamelibranquios y gasterópodos, acompañados de briozoarios y foraminíferos, constituyendo en el mar del Norte el *Coralline Crag* de los ingleses, nombre poco apropiado, porque esta fauna no contiene corales.

La fauna terrestre muestra el desarrollo de los mamíferos, que realizan grandes migraciones. En América, el filum de los equidos da el primer solípedo, el *Pliohippus*. Los carnívoros se desarrollan extraordinariamente y aparecen en Europa el *Machairodus*.

La flora de climas cálidos y húmedos, que anteriormente había invadido Europa, debido a las condiciones desfavorables que se producen, van abandonando este continente y la *Sequoia* desaparece de él poco a poco.

EL PLIOCENO EN ESPAÑA

División

Ya se ha dicho antes que no están de acuerdo los autores en la división de este terreno, existiendo diferencias importantes entre los cuadros estratigráficos de unos y otros. Algunos autores antiguos dividían el Plioceno en

tres pisos: Plasenciense, Astiense y Villafranquiense o Calabriense, nombres derivados de las regiones de Plasencia, Asti, Villafranca de Asti y Calabria, todas ellas de Italia. Por el contrario otros autores, a los que seguimos, incluyen ya el Villafranquiense en el Cuaternario y consideran como equivalentes el Plasenciense y el Astiense. El primero es una facies profunda de margas grises con *Pleurotoma*, mientras que el segundo es de facies litoral de arenas y molasas con abundancia de lamelibranquios. Las dos facies se suelen presentar, cuando coexisten en la misma región, el Plasenciense en la parte inferior y el Astiense en la superior, razón por la que se ha acostumbrado a considerar el primero como Plioceno inferior y el segundo como Plioceno medio, pero estudiados desde un punto de vista paleontológico son realmente dos facies equivalentes del Plioceno.

Brinkmann considera el Pontiense como Plioceno inferior y el Plasenciense-Astiense como superior.

Fósiles característicos

Las especies que más frecuentemente se encuentran en España son las siguientes:

Cardium (Ringicardium) hians, Linn.
Arca (Anomalocardia) diluvii, Lam.
Glycimeris gaditanus, Gmel.
Chlamys varius, Linn.
Lysochlamys excissa, Bronn.
Flabellipecten flabelliformis, Brocc.
Meretrix brocchi, Desh.
Strombus coronatus, Defr.
Murex spinicosta, Bronn.
Cancellaria umbilicalis, Brocc.
Natica millepunctata, Lam.

Distribución

El Plioceno marino está poco representado en España y constituye manchas en general de extensión no muy grande, que se reparten a lo largo de las costas, especialmente las de Andalucía.

En el Ampurdán entra por la bahía de Rosas hasta cerca de Figueras, constituido por arenas y molasas, en las que existe algún yacimiento de fósiles marinos en Vilacolum y Ciurana.

Por el río Llobregat, en la provincia de Barcelona, penetra también una lengua de Plioceno marino, muchas veces recubierto por el Cuaternario, que deja sedimentos en Papiol y Molins de Rey, en donde existen yacimientos de fósiles marinos.

En las costas de levante no se tiene noticia de que aflore este terreno, pero es indudable que bajo el Cuaternario de las vegas levantinas debe existir también un Plioceno.

Más al Sur ya no se tiene noticia de sedimentos pliocenos marinos hasta las costas de Almería, a partir de donde se encuentran varias manchas repartidas por la costa, hasta llegar a la provincia de Cádiz, en donde penetra profundamente el Plioceno por el valle del Guadalquivir, hasta Sevilla y tal vez más adentro, recubierto en muchos sitios por el Cuaternario.

Se encuentran manchas pliocenas de alguna consideración, en las zonas de Dalías y Adra, en donde existen sendos yacimientos fosilíferos. También en la costa de Málaga aparece el Plioceno marino, que se utiliza en tejares, en cuyas canteras abunda la fauna marina.

La zona pliocena más extensa es, como antes se ha dicho, la que corresponde a la desembocadura del Guadalquivir, en las provincias de Cádiz, Huelva y Sevilla, si bien en áreas extensas este terreno está recubierto por el Cuaternario. En Cádiz, donde es típica la llamada roca osionera, se encuentran yacimientos fosilíferos en Rota, Sanlúcar y Mesas de Asta; y en Huelva son ricos los de Niebla y Lucena.

La facies lacustre de arenas y margas arenosas, se ha depositado en lagunas del interior, muchas veces recubierta por los sedimentos recientes, y como la facies de ambos es tan semejante y los yacimientos fosilíferos muy escasos, la delimitación se hace a veces difícil. Sólo la altura a que se encuentran los sedimentos permite muchas veces suponer que se trata de niveles pliocenos.

En Gerona, las manchas marinas que antes hemos señalado indentan con una formación arenosa más extensa que queda datada como Plioceno por la presencia de las faunas marinas.

En Villarroya (Logroño) existe una abundante fauna de mamíferos, de antiguo conocida y datada como pliocena.

Es interesante hacer notar que en la zona al norte de Alcaraz (Albacete), en Robledo y por la extensa llanura conocida con el nombre de Campo de Montiel, se encuentran a cotas que rebasan los mil metros, extensos guijarales constituidos por cantos muy bien rodados de cuarcita, que tanto por su elevada cota como por no estar conectados con la red fluvial actual, es preciso atribuir también al Plioceno.

Era cuaternaria

Definición y sinonimia

Se debe esta denominación a Desnoyers, que en 1829 designó así a todas aquellas formaciones recientes posteriores al Plioceno. Durante esta era tuvo lugar una alternancia de períodos fríos y templados, a la que se le denomina Pleistoceno (lo más reciente), Paleolítico o Diluvial, dándose el nombre de Holoceno, Neolítico o Aluvial a las formaciones actuales que ocupan los niveles más bajos en los valles y cauces de ríos.

PLEISTOCENO

Distribución y paleogeografía

El Pleistoceno es un período de glaciación casi universal de sucesivas etapas de enfriamiento, que dan lugar a la formación de grandes casquetes glaciales en otras tantas épocas llamadas glaciales, entre las que se encuentran períodos de temperaturas más elevadas o interglaciales.

A lo largo del Pleistoceno se han producido cuatro

grandes glaciaciones, durante las cuales los hielos han descendido de los casquetes polares y han ocupado grandes extensiones del planeta, dejando huellas de su existencia. Los grandes casquetes glaciales han invadido zonas muy alejadas de los actuales hielos polares y las grandes cadenas de montañas, recientemente formadas por la orogenia alpina, son centros de glaciación de donde irradian los hielos sobre extensas zonas que se ven ocupadas por inmensos glaciares. Así los Pirineos, los Alpes, el Cáucaso, el Himalaya, el Kilimanjaro, en África, y los Andes, en América, entre otros, son centros de glaciación desde donde se extienden los hielos.

Estos periodos glaciales están separados por otros interglaciales, en los que la temperatura es más benigna y los hielos se retiran hacia el Norte.

En esta época, la disposición de tierras y mares es casi idéntica a la actual; Gran Bretaña está unida al continente, Madagascar también a África y los sedimentos marinos se reparten a lo largo de las costas actuales, penetrando muy poco tierra adentro. En el período de máxima glaciación se constituyen unos inmensos casquetes de hielo, de los que uno ocupa toda Groenlandia, las islas árticas, Canadá y parte septentrional de Estados Unidos. Otro se extiende desde las Islas Británicas hasta Siberia y las cordilleras antes citadas, y otras constituyen otros tantos glaciares de menor extensión.

Facies y rocas

FACIES MARINAS.—Éstas se distribuyen a lo largo de las costas actuales y están integradas por arenas, margas arenosas y algunos conglomerados, y a veces dan lugar a

playas colgadas que quedan a alturas variables sobre el nivel del mar, debido a los últimos movimientos epirogénicos que han afectado a estos sedimentos. La elevación sobre el nivel del mar llega hasta 80 ó 100 metros en las costas de Calabria. En otros casos, en vez de elevarse, se han hundido los sedimentos bajo el mar, y actualmente se encuentran sedimentos con restos de animales terrestres, sumergidos a una cierta profundidad bajo las aguas actuales. Un ejemplo clásico de los movimientos epirogénicos recientísimos de las costas, es el del templo de Sérapis, cerca de Nápoles, que muestra en sus columnas perforaciones de lamelibranquios marinos litófagos, lo que prueba que el templo después de construído se sumergió bajo las aguas y posteriormente emergió otra vez.

FACIES TERRESTRES.—Son las debidas a la acción de los glaciares (morrenas), del aire (sedimentos eólicos) y de la erosión fluvial (terrazas).

Los glaciares que en cuatro épocas diferentes del Pleistoceno han invadido una parte importante del hemisferio Norte y las grandes cordilleras del Sur, han producido unos depósitos denominados morrenas frontales, laterales y de fondo, integrados por los elementos arrastrados por los hielos, en los que es frecuente ver una estrificación característica, debida al continuo y lento frotamiento de unos bloques con otros, como consecuencia del arrastre y presión producidos por los hielos en movimiento. Estos depósitos se disponen, como su nombre ya indica, en el frente, los costados o el fondo de los valles recorridos por el glaciar, los dos primeros en alineaciones claras, y el último en forma más caótica y frecuentemente surcado por estrechos canales producidos por la escorrentía de las aguas licuadas en el interior del glaciar.

También se acusa la existencia de glaciares antiguos por la peculiar forma de erosión que éstos producen, pues mientras que las aguas corrientes de los ríos producen valles en forma de *V*, a veces con terrazas de las que luego hablaremos, los glaciares al deslizarse lentamente por el fondo de los valles los erosionan en forma de *U*, como puede verse en España, entre otros sitios, en Caldas de Bohí (Lérida).

En los climas áridos y esteparios, la acción del viento arrastra polvo calcáreo arrancado de las rocas calizas y lo deposita sobre el suelo, indistintamente en los fondos o sobre las colinas, sin estratificación alguna. Este polvo calcáreo, de coloración amarilla clara, que se desmenuza con los dedos, recibe el nombre de «loess» y a pesar de su poca coherencia, forma cantiles a veces de algunas decenas de metros. Las lluvias pueden disolver parcialmente la caliza, que luego se deposita en concreciones en el interior de la masa de loess, que se denominan muñecos de loess. Estas formaciones son muy características en Alsacia, norte de los Alpes, Europa oriental y en las estepas del Asia Central.

Otro tipo de sedimentos cuaternarios es el de las terrazas. Las arenas, limos y cantos rodados que la erosión fluvial va arrancando de los valles en los que la velocidad de las aguas es grande, al llegar el río a un tramo de su curso en el que la pendiente es suave, discurre lentamente formando meandros y deposita aquellos arrastres formando planas aluviales, a veces de extensión considerable. Si posteriormente desciente el nivel de base de las aguas, éstas comienzan a correr con velocidad mayor y van erosionando el depósito antes formado, que queda colgado a determinada altura sobre el fondo del nuevo cauce, formando lo que se denomina una terraza.

Este fenómeno puede repetirse varias veces, y entonces se forman sucesivas terrazas a distintas alturas, siendo de edad más antigua las que se encuentran a mayor altura sobre el cauce del río. Lamothe y Depéret estudiaron detenidamente este fenómeno de las terrazas y establecieron cuatro niveles fijos a las alturas de 15 metros, 30 m., 60 m. y 100 m., que hicieron corresponder con las cuatro glaciaciones. Esto no es tan sencillo, por cuanto los niveles de las terrazas no se ven siempre a una altura fija, tanto por la razón de la posible diferente resistencia a la erosión de los distintos terrenos, como por el recrecimiento o disminución que han podido sufrir posteriormente. Además no es lógico tampoco equiparar las terrazas a los períodos glaciales, pues en éstos la escorrentía debió ser mínima, mientras que las intensas erosiones fluviales han debido corresponder a etapas de deshielo, con caudales mucho mayores, o sea a períodos interglaciales.

Fauna y flora

Las faunas acuáticas del Cuaternario son casi idénticas a las que ya existían en el Plioceno, y sólo algunas pocas especies sufren modificación. Pero dentro del cuadro general de la fauna, se produce a veces la aparición de determinadas especies, bien correspondientes a faunas frías o a faunas cálidas. A la primera pertenece la *Cyprina islandica* y a la segunda el *Strombus bubonicus*, entre otras especies. Esto es un indicio de que estas faunas corresponden a un período glacial o, por el contrario, a uno interglacial, y se ha pretendido establecer relación entre las

Glaciaciones	Tramos	Civilizaciones	Hominidos
Holoceno o Aluvial.		De los metales.... Neolítico	
4.ª glaciación.....	Würmiense	Magdaleniense.... Solutrense	Chancelade. Cro-Magnon. Grimaldi.
		Aurignaciense	
Interglacial.	Monestriense.....	Musteriense.....	Neanderthal.
3.ª glaciación.....	Risense		
Interglacial.....	Tyrreniense.....	Acheulense.....	Swanscombe. Mauer.
		Chelense.....	Pitecantropo. Sinantropo.
2.ª glaciación.....	Mindeliniense.....		
Interglacial.....	Milaziense.....	Pre-Chelense	
1.ª glaciación.....	Günziense..... (Calabriense, fa- cias marina = Vi- llefrenquiense, fa- cias terrigena).		Australopithecus.

Pleistoceno, Paleolítico o Diluvial.

faunas marinas y los períodos glaciares, pero esto resulta muy difícil, y los distintos autores establecen estas correlaciones de manera diferente.

La fauna de mamíferos muestra también unas notables variaciones, pues se conoce una fauna cálida constituida entre otros por el *Elephas meridionalis* y *Elephas antiquus* y una fauna fría con *Elephas primigenius* (mamut), *Rhinoceros tichorhinus* y *Rengifer tarandus* (reno).

Esto se debe sin duda a las sucesivas migraciones ocasionadas por las variaciones climáticas y en algunos yacimientos se observa la superposición sucesiva de estas faunas. Como este fenómeno no es frecuente, ello dificulta mucho el establecimiento de la cronología y la sincronización con unos u otros períodos.

Por lo que se refiere a la flora, también se produce el fenómeno de la alternancia de vegetaciones que acusan climas diferentes. Así, en Europa se encuentran tres tipos de flora: una, de altas montañas y regiones polares; otra, de estepas, y, una tercera, forestal, y en varios depósitos se ven superponerse especies de las diferentes floras, lo que indica que corresponden a períodos de clima radicalmente diferente.

De todos los fenómenos acaecidos durante este período, indudablemente el más interesante es la aparición del hombre, que nos ha dejado testimonio de su existencia, tanto por sus restos fósiles como por las muestras, a veces muy variadas, de su industria.

En la aurora del Cuaternario, aparece en África austral un antropomorfo, el Australopithecus, con un nivel evolutivo mucho más elevado y características morfológicas superiores a las de los monos actuales, que le acercan notablemente a los homínidos, pero que todavía tiene muy acusada su animalidad.

En el segundo período interglaciar, se encuentra en la isla de Java la famosa bóveda craneana del denominado *Pithecanthropus erectus*, que como su nombre indica, era un ser que caminaba en postura eréctil, pero que ha sido objeto de múltiples discusiones ya que presenta caracteres que por mitad pueden referirse a los monos y al hombre. También en Asia se descubre otro ser de caracteres acusadamente humanos, el *Sinanthropus pekinensis*. Estos seres, unos especialistas los incluyen todavía entre los simios, mientras que otros estiman que deben incluirse ya en el grupo de los homínidos. En efecto, además de los restos de estos seres se han encontrado ya piedras toscamente talladas, que indican la existencia de un razonamiento y una finalidad preconcebida, fenómeno que aparece por primera vez en la Tierra. Parece pues que el primer ser capaz de fabricar objetos, aunque toscos, para su uso, ataque y defensa, debe marcar el comienzo de la serie de los homínidos. La cultura que a éstos corresponde es la que se denomina Chelense.

En este período se encuentra también la mandíbula de Mauer, cerca de Heidelberg, que da nombre al *Palaeanthropus heidelbergensis* y el hombre de Swanscombe, que desarrollan una industria lítica de cierta importancia, con hachas de mano talladas en sílex por las dos caras, lo que constituye la industria Acheulense.

En el tercer período interglaciar aparece una nueva raza, la de Neanderthal, cuyo primer resto es hallado en esta localidad, cerca de Düsseldorf, y de la que se conocen más de 80 individuos, lo que ha permitido que se estudie y conozca con bastante detalle. De talla más bien baja, caminaba erguido, pero tenía todavía caracteres muy primitivos, como es la frente huidiza y mentón ausente. Sus instrumentos, hallados con profusión, están tallados

por una sola cara y la industria que constituyen se denomina Musteriense. Ha tenido que soportar condiciones más duras, pues ha vivido en clima más frío y húmedo, correspondiente al último avance de los hielos. Es contemporáneo del mamut y el rinoceronte lanudo.

Pero durante el último período glacial esta raza ha sido sustituida por el *Homo sapiens*, sin duda mejor acondicionado para soportar las bajas temperaturas. Esta época está caracterizada por el reno.

Desde el principio, o sea desde la civilización aurignaciense aparecen dos razas, la de Cro-Magnon anunciando la aparición de la raza blanca, y la de Grimaldi, de caracteres negroides. Esta segunda, sin duda menos resistente, se extingue en el Solutrense, pero la de Cro-Magnon subsiste hasta el Magdaleniense. En esta época la acentuación de la crudeza del clima favorece el desarrollo de una tercera raza, la de Chancelade, de caracteres mongólicos, que sin duda resiste mejor el clima riguroso.

Estas razas ofrecen ya un notable desarrollo y perfeccionamiento de los utensilios, empleando diversas sustancias para fabricarlos y utilizando técnicas bastante perfeccionadas. Pero el fenómeno más interesante que se descubre es la aparición del arte. Ya en el Aurignaciense se encuentran algunas estatuillas toscamente labradas, pero en el Magdaleniense se produce una verdadera explosión artística, y la raza de Chancelade, que avanza hasta España, deja profusión de muestras de su arte ya muy perfeccionado, con ejemplares tan maravillosos como los tan conocidos de las Cuevas de Altamira. Al final del Paleolítico, esta raza, que es la última que talla la piedra, se extingue, y con ella toda manifestación de arte, que ya no vuelve a aparecer hasta mucho más tarde.

Todo el conjunto de homínidos que se ha citado, y al-

gunos otros más, parecen indicar la existencia de una evolución a partir de un antropomorfo de la Era Terciaria, pero cuando se trata de establecer las relaciones filéticas se observa que ni siquiera dentro de los homínidos es esto posible. Las distintas razas aparecen y desaparecen sin que sea posible establecer una relación filética estrecha entre ellas. Los *Pithecanthropus* y *Sinanthropus* parecen formar una familia independiente; del hombre de Mauer parece derivar la raza de Neanderthal, que al final de la cuarta glaciación se extingue con el hombre de Rhodesia; y el *Homo sapiens* ofrece ciertas relaciones filéticas con el hombre de Swanscombe, que por su parte no ofrece afinidad grande con los otros grupos.

HOLOCENO

Está constituida esta última formación por los sedimentos actuales del fondo de los valles, vegas y planas costeras, que en España tienen importancia reducida, salvo en la desembocadura del Guadalquivir, en donde se extiende por la zona de las marismas.

La fauna y flora son las actuales y los fenómenos geológicos son de escasa importancia, sin duda por el hecho de que nos falta perspectiva para estudiarlos y por abarcar periodo de tiempo mucho más reducido que las etapas anteriores.

En todo caso puede decirse que como es una época que sucede a la última glaciación, la retirada de los glaciares y el consiguiente aumento de aporte de agua a los mares, da a este periodo un carácter transgresivo en relación con el Pleistoceno.

Ello tiene como consecuencia la supresión de algunos puentes continentales y el nacimiento entre otros del Canal de la Mancha, y los mares de Behring, Java y Báltico.

DIVISIÓN DEL CUATERNARIO

Ya se ha dicho antes que resulta difícil e incierto establecer la correlación entre los periodos glaciares y los sedimentos marinos o lacustres, por lo que cada autor da una distribución diferente de tramos.

Además, en países como España, en los que los fenómenos glaciares han tenido escasa o nula manifestación, la sincronización resulta aún más dudosa. Así pues, damos el cuadro adjunto, haciendo la salvedad de que no pretende ser más que una aproximación.

EL CUATERNARIO EN ESPAÑA

Ya se ha dicho antes que las formaciones glaciáricas están muy escasamente representadas en España, quedando valles de este tipo en el Pirineo.

Los depósitos marinos de esta edad son también poco frecuentes, estando acantonados principalmente en las Baleares y Andalucía, en donde se encuentran algunas playas antiguas con *Strombus* y *Glycymeris* y otros restos, en general poco variados.

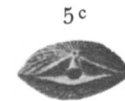
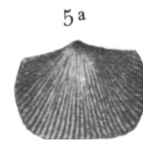
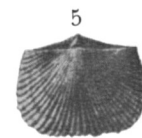
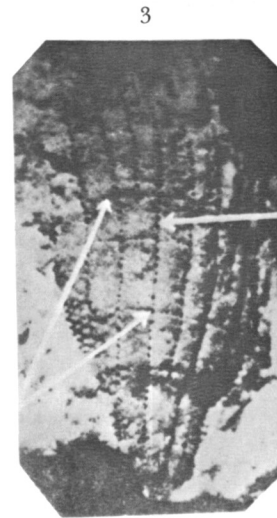
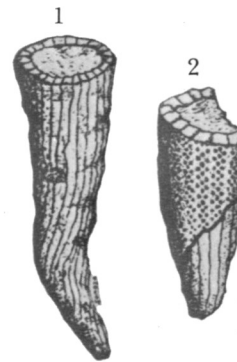
En cuanto a los depósitos terrígenos son más abundantes y aparecen en mayor o menor extensión en casi todos.

los valles, rellenando su fondo o constituyendo terrazas que la erosión posterior va haciendo desaparecer poco a poco. El Holoceno ocupa extensiones de consideración en la meseta, recubriendo las formaciones miocenas. La provincia de Valencia, la desembocadura del río Segura y la del Guadalquivir, constituyen algunas de las manchas más extensas de esta formación, con espesores de alguna consideración, que pueden llegar y rebasar los 100 metros, pues las manchas que se encuentran en el interior son en general de potencia más reducida.

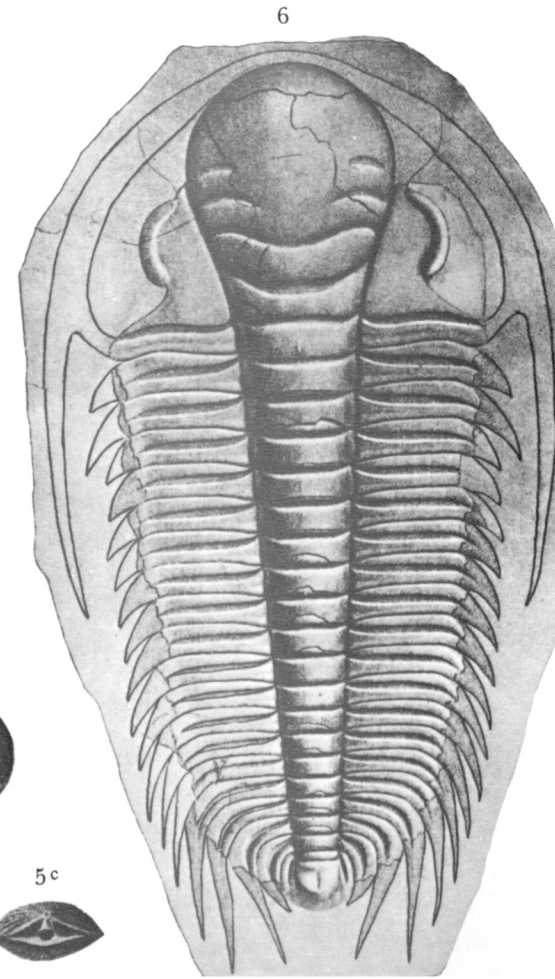
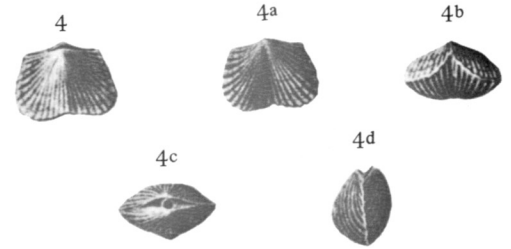
LAMINAS

LAMINA I

- 1-2.—*Archeocyathus navarroi*, H. Pacheco. Acadiense. (Según Meléndez).
- 3.—*Coscinocyathus endutus*, Gordon. Acadiense. X 5 1/2. (Según Gordon).
- 4.—*Eoorthis primordialis*, Vern. Barr. Acadiense. (Según Mallada).
- 5.—*Nisusia vaticina*, Vern. Barr. Acadiense. (Según Mallada).
- 6.—*Paradoxides spinosus*, Boeck. Acadiense. (Según Barrande).

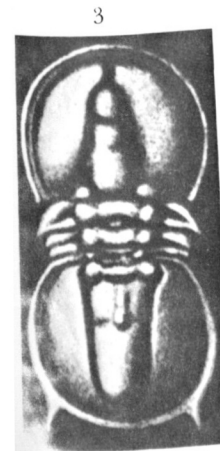
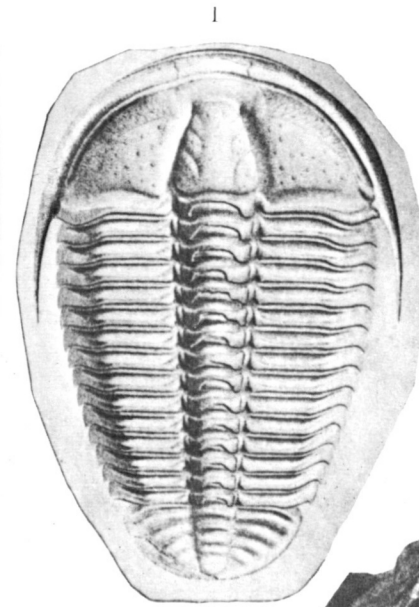


LAMINA I



LAMINA II

- 1.—*Conocoryphe sulzeri*, Schlot. Acadiense. Ligeramente aumentado. (Según Barrande).
- 2.—*Conocoryphe ribeiro*, Vern. Barr. Acadiense. (Según Mallada).
- 3.—*Agnostus pisiformis*, Linn. Acadiense. X 7. (Según Piveteau).
- 4.—*Lingula flags*. Potsdamiense. X 1 1/2. (Del original).



LAMINA III

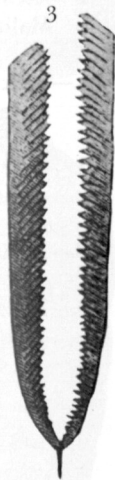
- 1.—*Cruziana plana*. Potsdamiense. Algo reducida. (Del original).
- 2.—*Scolithus dufrenoyi*, Rou. Ordoviciense inf. X 2/3. (Según Delgado).
- 3.—*Cruziana furcifera*, d'Orb. Ordoviciense inf. X 3/4. (Según Delgado).



LAMINA IV

LAMINA IV

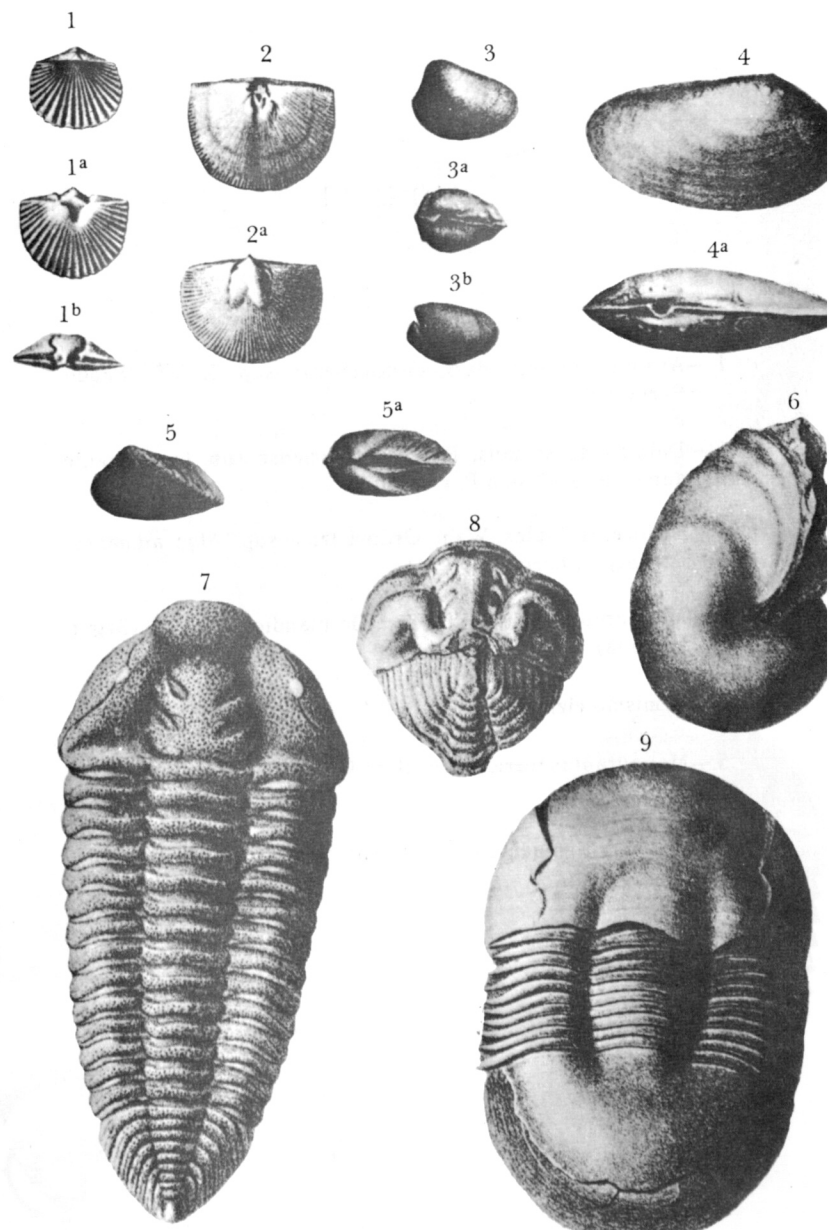
- 1.—*Cruziana goldfussi*, Rou. Ordoviciense inf. X $\frac{3}{4}$. (Según Delgado).
- 2.—*Fraena lyelli*, Rou. Ordoviciense inf. (Según Delgado.)
- 3.—*Didymograptus murchisoni*, Beck. Ordoviciense sup. X $1 \frac{3}{4}$. (Según Zittel).



LAMINA V

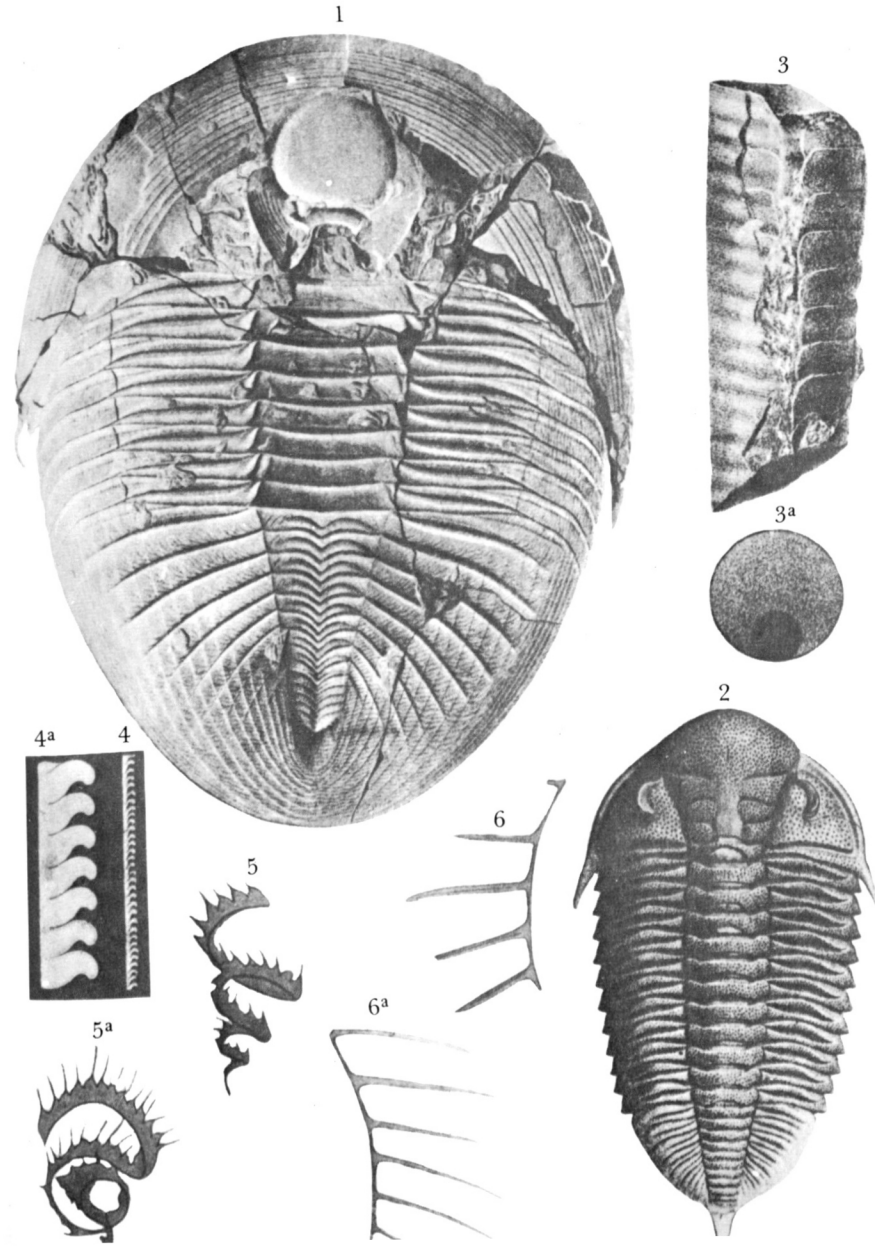
- 1.—*Orthis calligramma*, Dalman. Ordoviciense sup. (Según Mallada).
- 2.—*Dalmanella testudinaria*, Dalman. Ordoviciense sup. (Según Mallada).
- 3.—*Redonia duvaliana*, Rou. Ordoviciense sup. (Según Mallada).
- 4.—*Sanguinolites pellicoi*, Vern. Barr. Ordoviciense sup. (Según Mallada).
- 5.—*Arca naranjoana*, Vern. Barr. Ordoviciense sup. (Según Mallada).
- 6.—*Bellerophon bilobatus*, Sow. Ordoviciense sup. (Según Mallada).
- 7.—*Calymene tristani*, Brongn. Ordoviciense sup. Ligeramente aumentado. (Según Mallada).
- 8.—*Id. id.* (Según Brongniart).
- 9.—*Iliaenus hispanicus*, Vern. Barr. Ordoviciense sup. (Según Mallada).

LAMINA V



LAMINA VI

- 1.—*Asaphus nobilis*, Barr. Ordoviciense sup. X 3/5. (Según Barrande).
- 2.—*Dalmanites socialis*, Barr. Ordoviciense sup. Ligeramente aumentado. (Según Barrande).
- 3.—*Endoceras duplex*, Wahl. Ordoviciense sup. Algo aumentado. (Según Barrande).
- 4.—*Monograptus priodon*, Bronn. Gothlandiense. X 3/4. (Según Mallada).
- 4a.—El mismo ejemplar. X 3 1/2.
- 5.—*Monograptus turriculatus*, Barr. Gothlandiense. (Según Gortani).
- 6.—*Rastrites limnaei*, Barr. Gothlandiense. (Según Gortani).



LAMINA VII

LAMINA VII

1.—*Diplograptus palmeus*, Barr. Gothlandiense. X 3/4. (Según Mallada).

1a.—El mismo ejemplar. X 2 1/2.

2.—*Cardiola interrupta*. Sow. Gothlandiense. (Según Mallada).

3.—*Orthoceras (Michelinoceras) annulatum*, Sow. Gothlandiense. (Según Barrande).

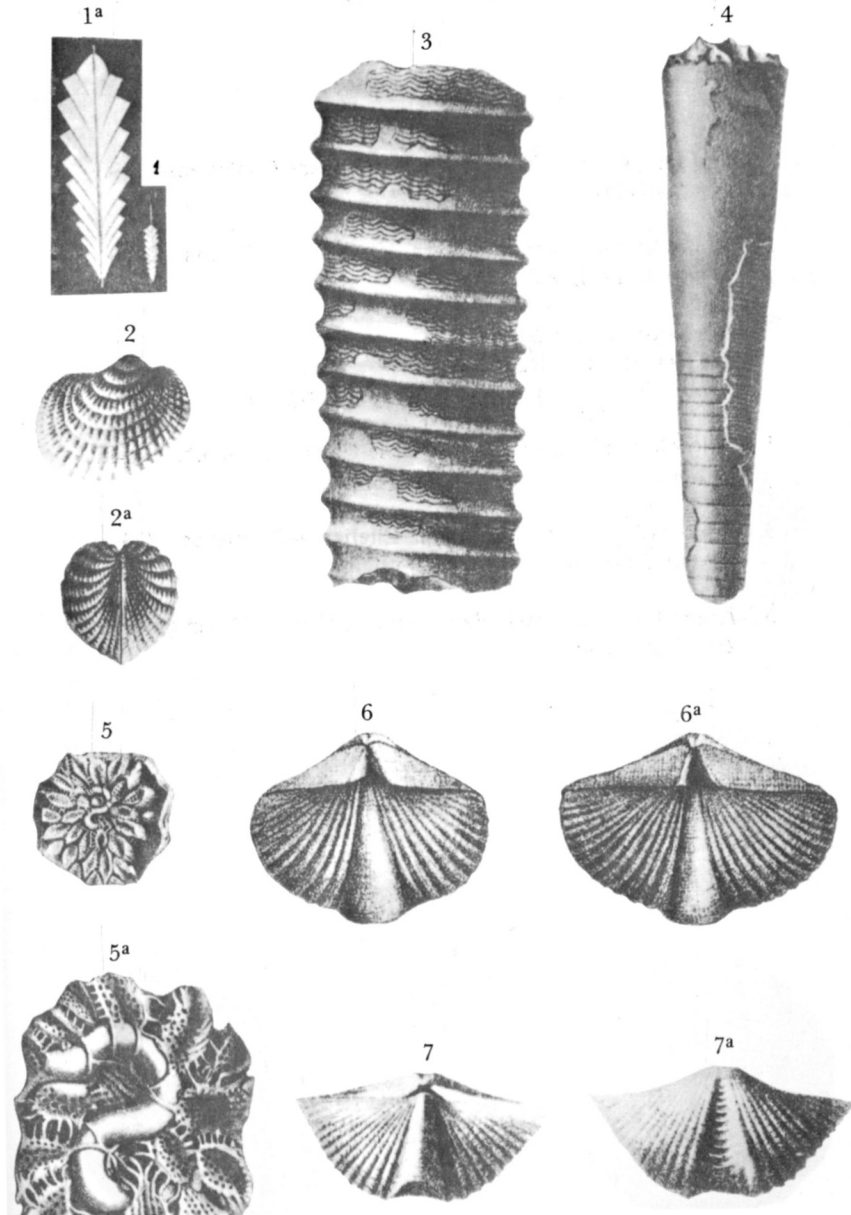
4.—*Orthoceras (Michelinoceras) timidum*, Barr. Gothlandiense. X 1 1/4. (Según Barrande).

5.—*Pleurodyctium problematicum*, Goldf. Gediense-Cobleciese. X 3/4. (Según Mallada).

5a.—El mismo ejemplar. X 3.

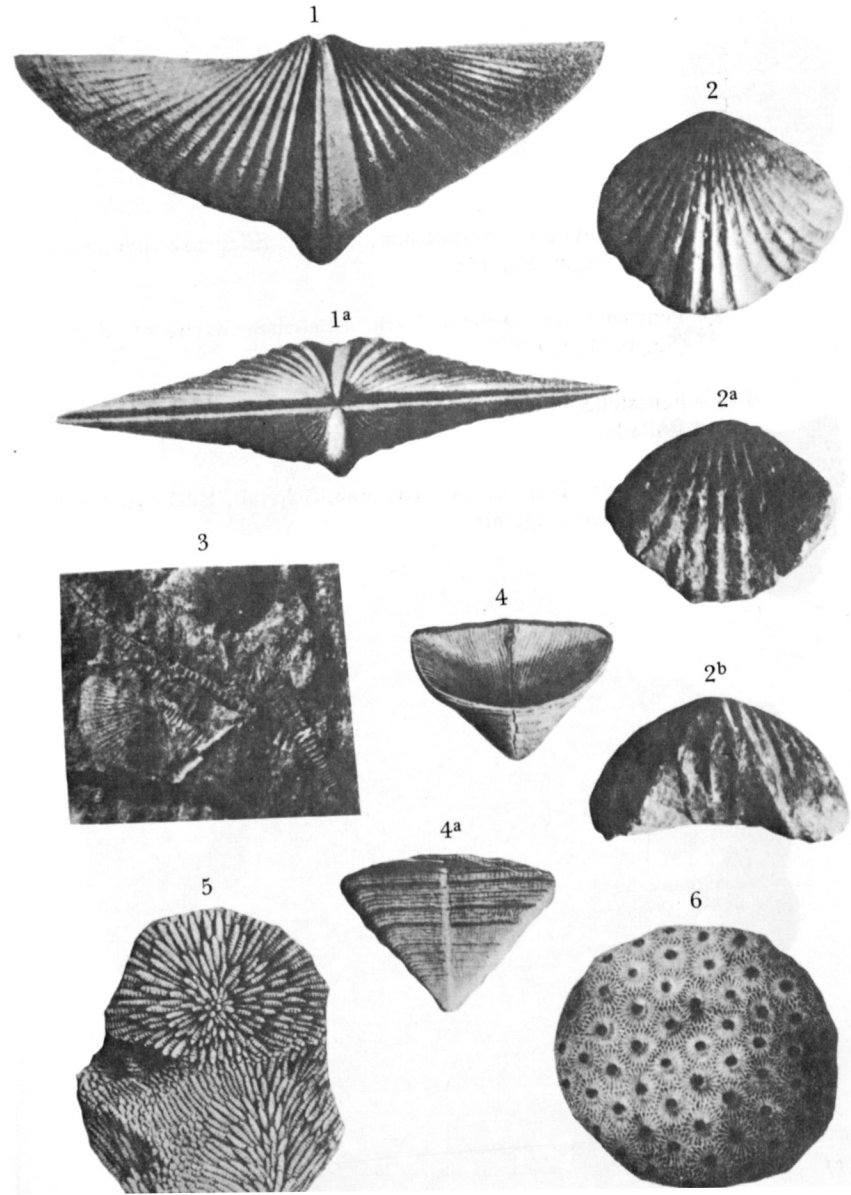
6.—*Spirifer histericus*, Koninck. Gediense-Cobleciese. Algo aumentado. (Según Davidson).

7.—*Spirifer rousseau*, Rou. Gediense-Cobleciese. (Según Mallada).



LAMINA VIII

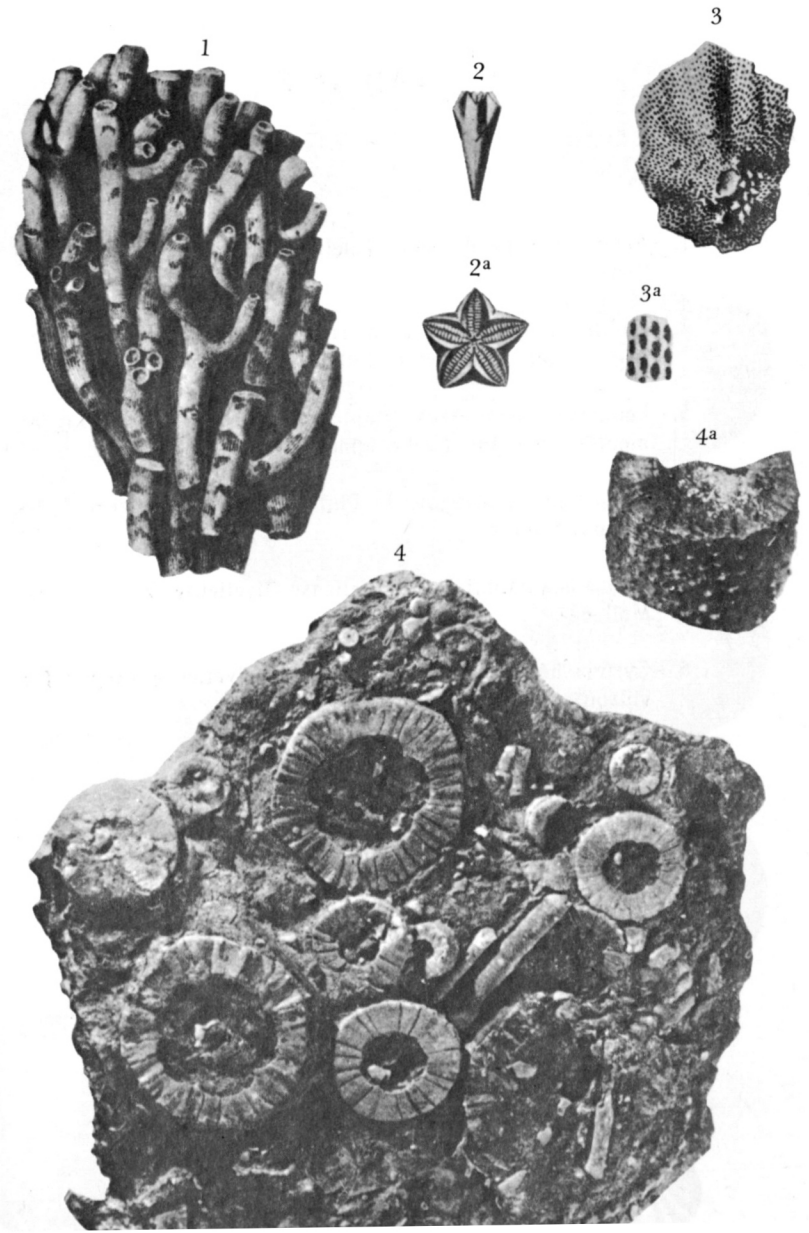
- 1.—*Spirifer pellicoi*, Vern.-d'Arch. Gediense-Coblecense. (Según Mallada).
- 2.—*Camarotoechia mariana*, Vern. et Barr. Gediense-Coblecense. (Del original).
- 3.—A: *Tentaculites scalaris*, Schl.
B: *Tentaculites elegans*, Barrois.
Gediense-Coblecense. X 3. (Del original).
- 4.—*Calceola sandalina*, Linn. Eifelense-Givetense. X 4/5. (Según Mallada).
- 5.—*Favosites polymorpha*, Goldf. Eifelense-Givetense. X 4/5. (Según Mallada).
- 6.—*Acervularia goldfussi*, Vern.-Haim. Eifelense-Givetense. X 2/3. (Según Mallada).



LAMINA IX

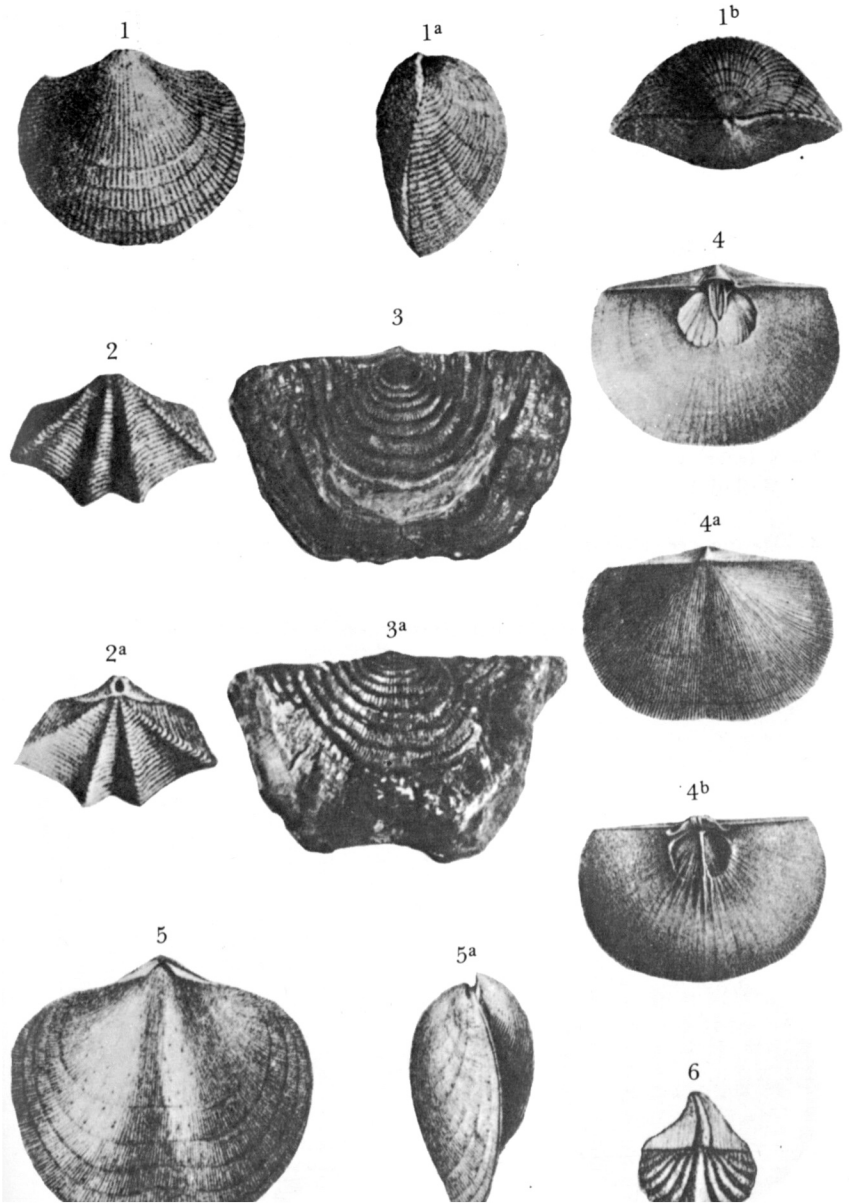
LAMINA IX

- 1.—*Cyathophyllum caespitosum*, Goldf. Eifeliense-Givetiense. X 3/4. (Según Mallada).
- 2.—*Pentremitidea pailletei*, Vern. Eifeliense-Givetiense. X 3/4. (Según Mallada).
- 3.—*Fenestella antiqua*, Goldf. Eifeliense-Givetiense. X 3/4. (Según Mallada).
- 4.—Tallos de *Hadrocrinus Hispaniae*, Schmidt. Eifeliense-Givetiense. (Del original).



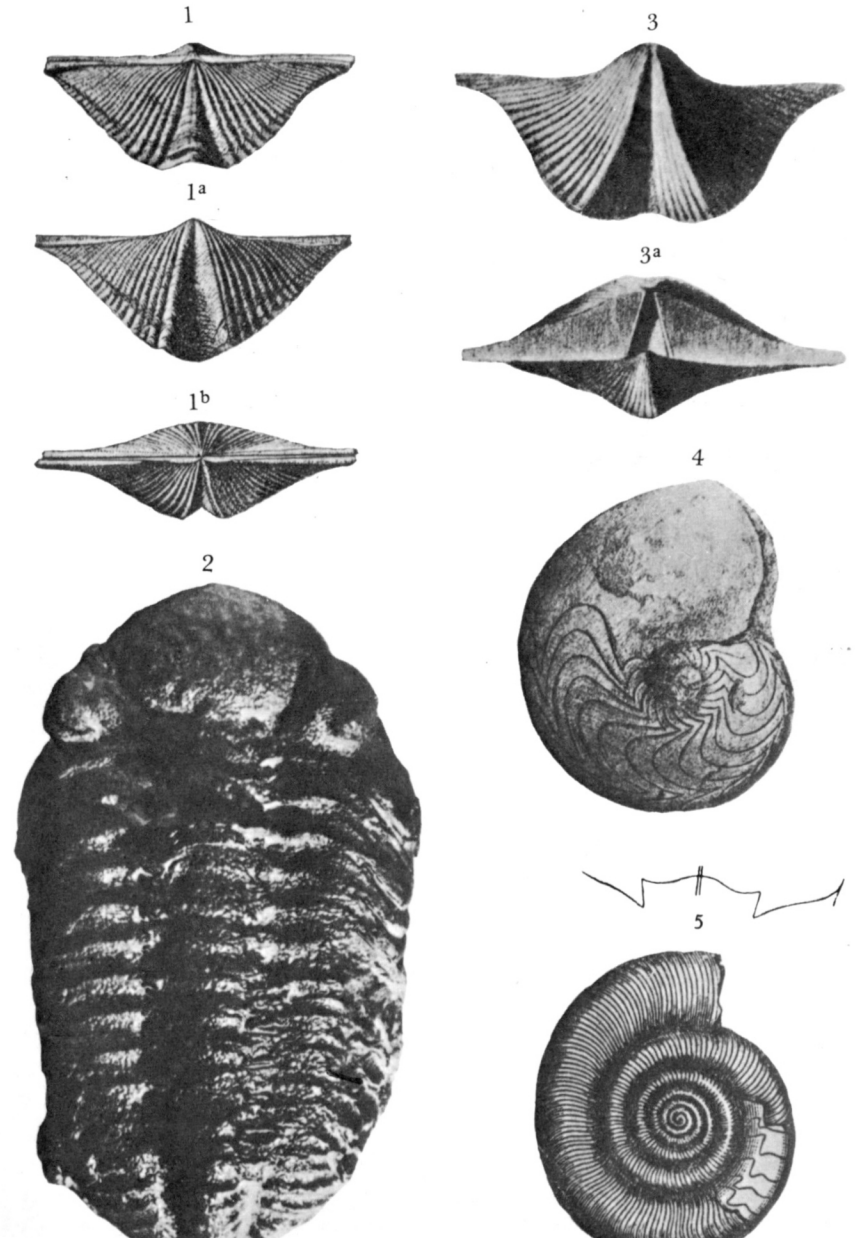
LAMINA X

- 1.—*Atrypa reticularis*, Linn. Eifeliense-Givetiense. (Según Mallada).
- 2.—*Anathyris ezquerrae*, Vern. et d'Arch. Eifeliense-Givetiense. Algo aumentado. (Según Mallada).
- 3.—*Leptaena romboidalis*, Wahl. Eifeliense-Givetiense. Ligeramente aumentado. (Del original).
- 4.—*Streptorhynchus crenistria*, Phill. Eifeliense-Givetiense. X 2/3. (Según Mallada).
- 5.—*Orthis beaumonti*, Vern. Eifeliense-Givetiense. X 3/4. (Según Mallada).
- 6.—*Cyrtina heteroclita*, DeFr. Eifeliense-Givetiense. (Según Davidson).



LAMINA XI

- 1.—*Mucrospirifer mucronatus*, Conrad. Eifeliense-Givetiense. Algo reducido. (Según Piveteau).
- 2.—*Phacops latifrons*, Bronn. Eifeliense-Givetiense. (Del original).
- 3.—*Spirifer verneuilli*, Murch. Frasnense-Fameniense. (Según Mallada).
- 4.—*Manticoceras intumescens*, Beyr. Frasnense-Fameniense. X 4/5. (Según Piveteau).
- 5.—*Oxyclimena undulata*, Munst. Frasnense-Fameniense. X 4/3. (Según Piveteau).



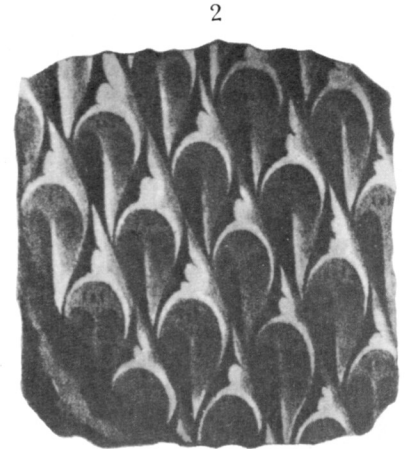
LAMINA XII

- 1.—*Posidonomia becheri*, Bronn. Culm. (Según Hind).
- 2.—*Calamites suckowi*, Bgt. Westfaliense. X 2/3. (Según Mallada).
- 3.—*Mariopteris muricata*, Schl. Westfaliense. X 4/5. (Según Renier).



LAMINA XIII

- 1.—*Alethopteris lonchitica*, Schl. Westfaliense. X 4/5. (Según Mallada).
- 1a.—El mismo ejemplar. X 1 1/2.
- 2.—*Lepidodendron aculeatum*, Sternb. Westfaliense. Algo reducido. (Según Mallada).
- 3.—*Sigillaria elegans*, Sternb. Westfaliense. X 3/4. (Según Renier).



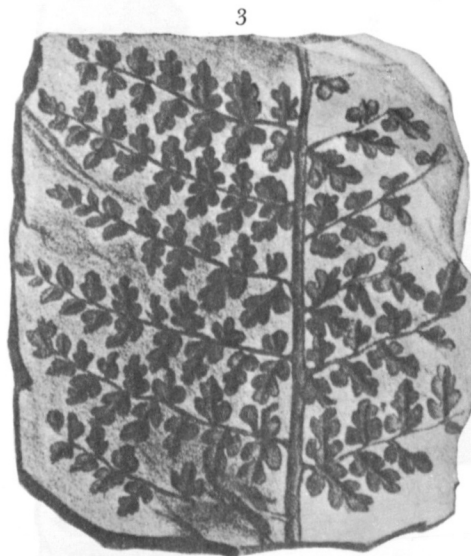
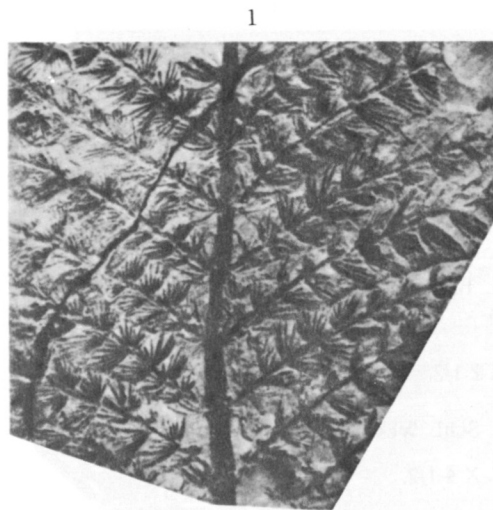
LAMINA XIV

1.—*Asterophyllites equisetiformis*, Schl Westfaliense. Algo reducido. (Según Renier).

2.—*Neuropteris heterophylla*, Bgt. Westfaliense. X 4/5. (Según Mallada).

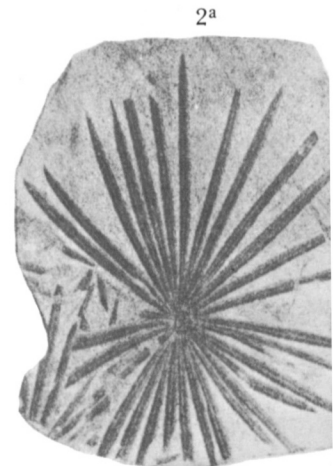
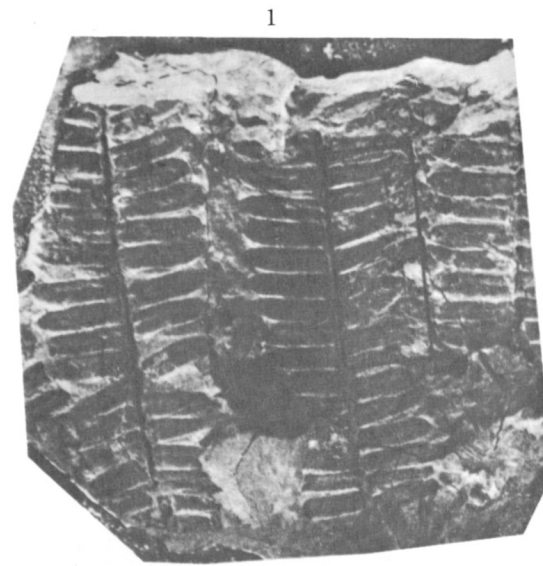
2a.—El mismo ejemplar. X 1 1/2.

3.—*Sphenopteris trifoliata*, Bronn. Westfaliense. Algo aumentado. (Según Mallada).



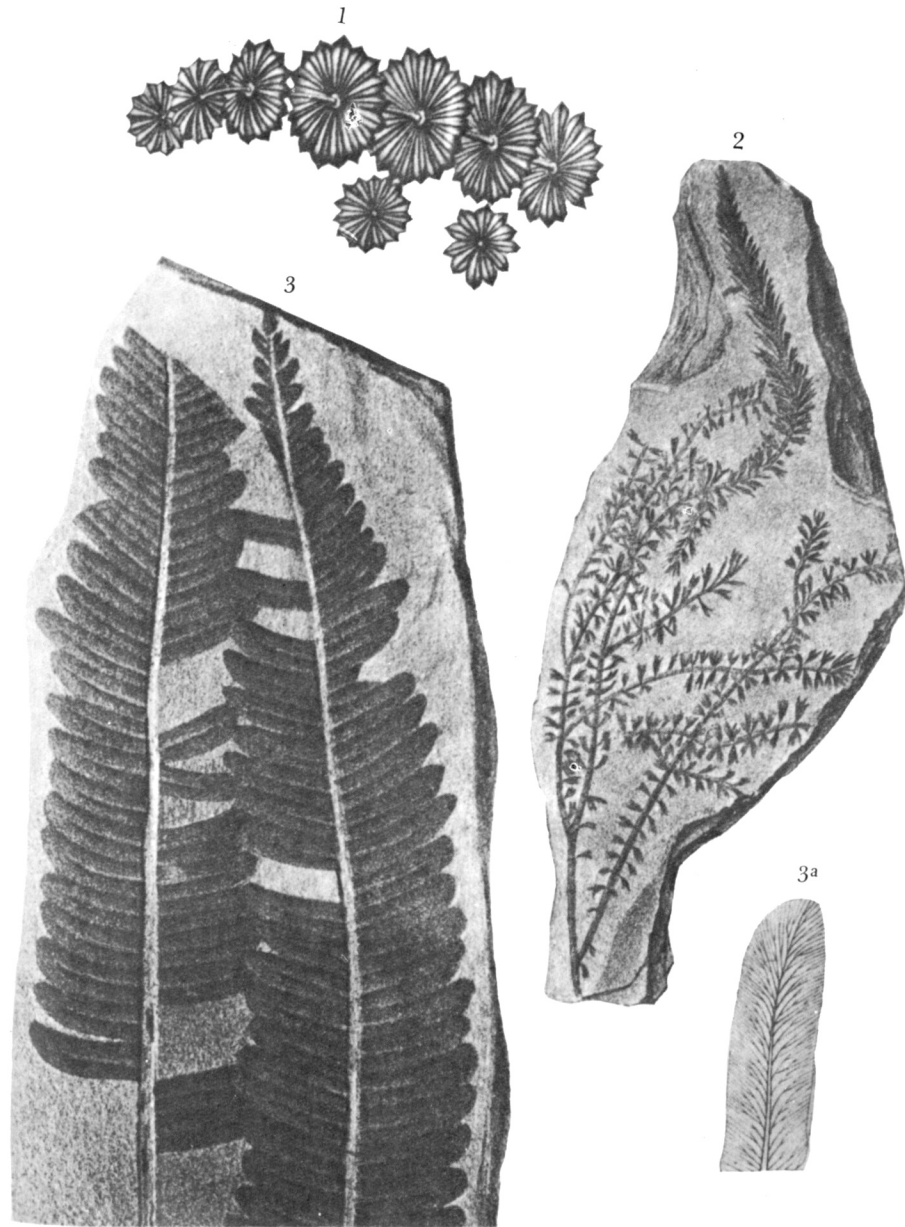
LAMINA XV

- 1.—*Linopteris obliqua*, Bunb. Westfaliense. Ligeramente reducido. (Del original).
- 1 a.—Parte del mismo. X 2 1/2.
- 2.—*Annularia stellata*, Schl. Westfaliense. X 2. (Según Zeiller).
- 2 a.—El mismo ejemplar. X 4 1/2.
- 3.—*Alethopteris grandini*, Brongn. Westfaliense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).



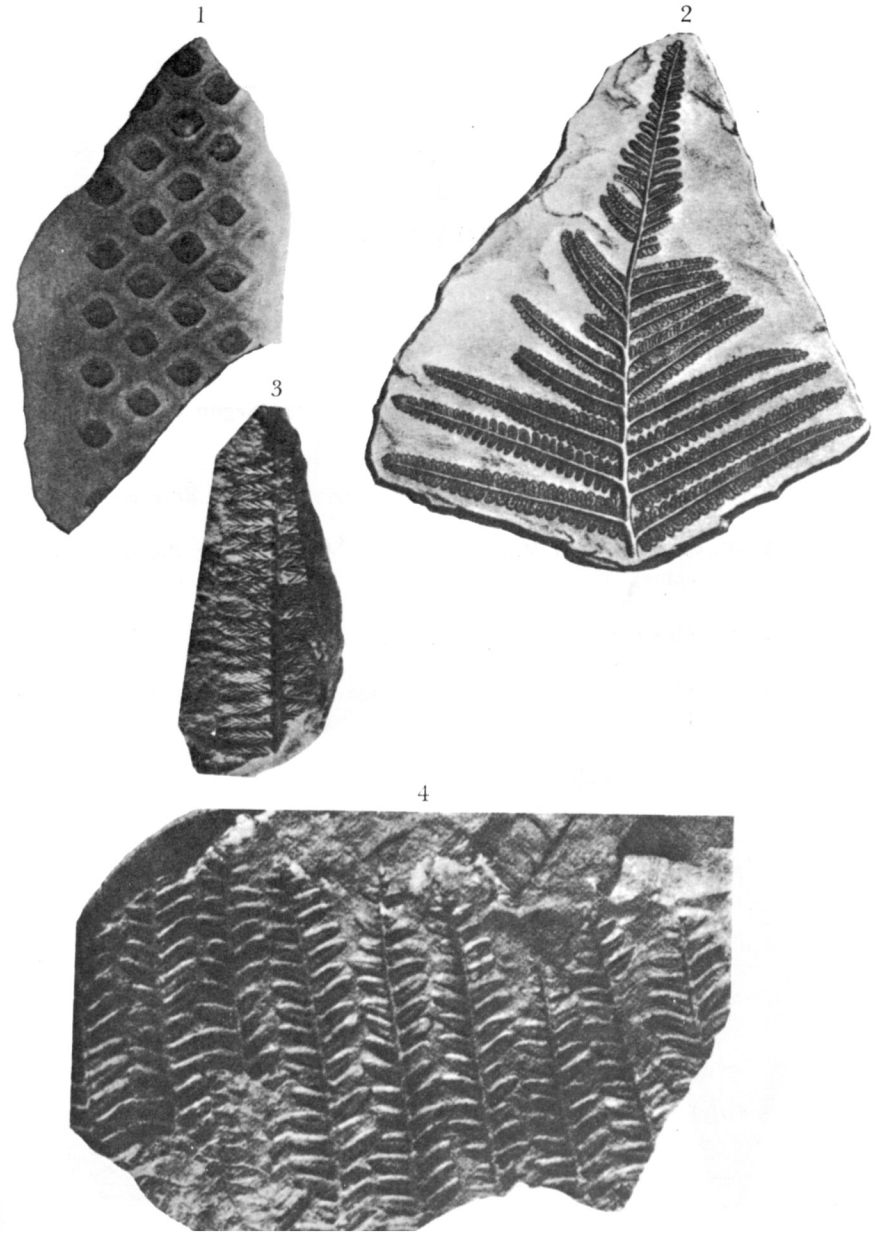
LAMINA XVI

- 1.—*Annularia sphenophylloides*, Zenk. Westfaliense. Ligera-
mente reducido. (Según Mallada).
- 2.—*Sphenophyllum angustifolium*, Germ. Estefaniense. X 2/3.
(Según Renault).
- 3.—*Callipteridium gigas*, Gutb. Estefaniense (Según Renault).
- 3a.—Detalle del mismo. X 2 1/2.



LAMINA XVII

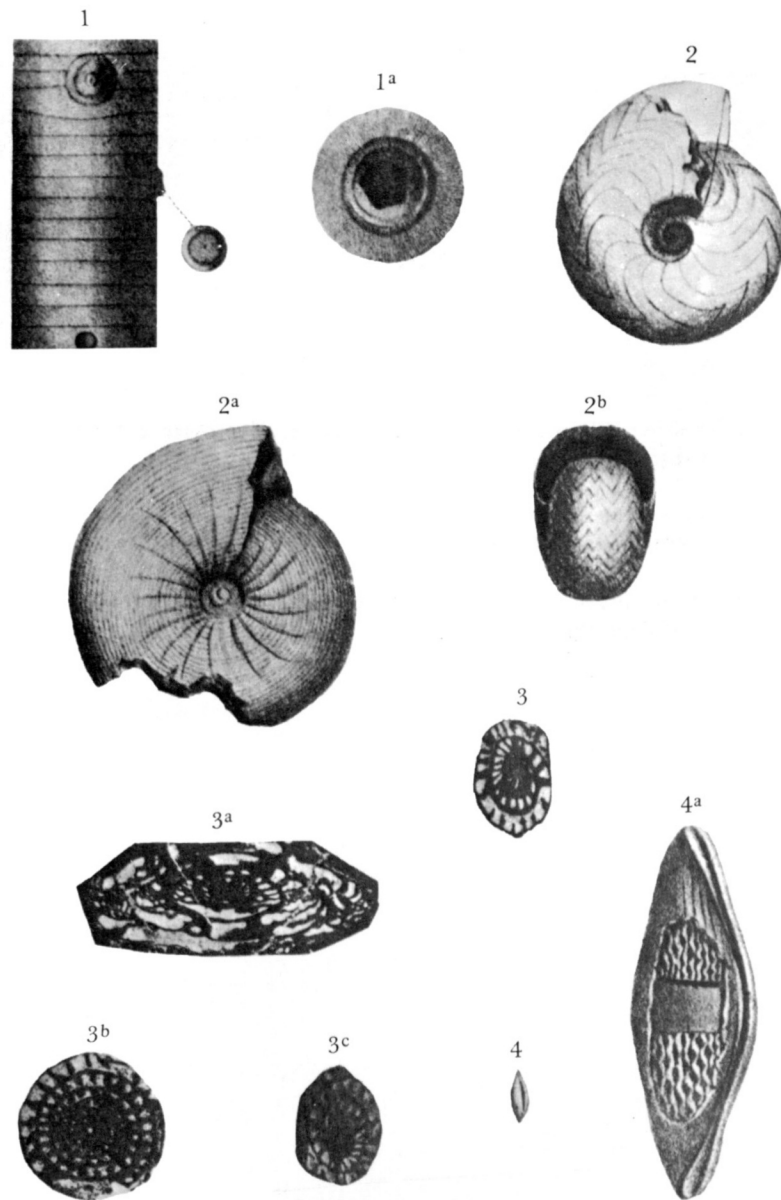
- 1.—*Sigillaria brardi*, Brongn. Estefaniense. X 3/4. (Según Potonie).
- 2.—*Pecopteris arborescens*, Schl. Estefaniense. X 2/3. (Según Mallada).
- 3.—*Pecopteris feminaeformis*, Schl. Estefaniense. (Según «Metalúrgica de Ponferrada»).
- 4.—*Pecopteris polymorpha*, Bgt. Estefaniense. (Según «Metalúrgica de Ponferrada»).



LAMINA XVIII

- 1.—*Poteriocrinus crassus*, Mill. Mármol griota. (Según Quenstedt).
- 2.—*Goniatites crenistria*, Phill. Mármol griota. (Según Barrois).
- 3.—*Fusulinella bocki*, Moeller. Caliza de Montaña. X 9. (Según Delepine).
- 3c.—La misma. X 12.
- 4.—*Fusulina cilindrica*. Fischer. Muscoviense. X 4/3. (Según Mallada).
- 4a.—La misma. X 10.

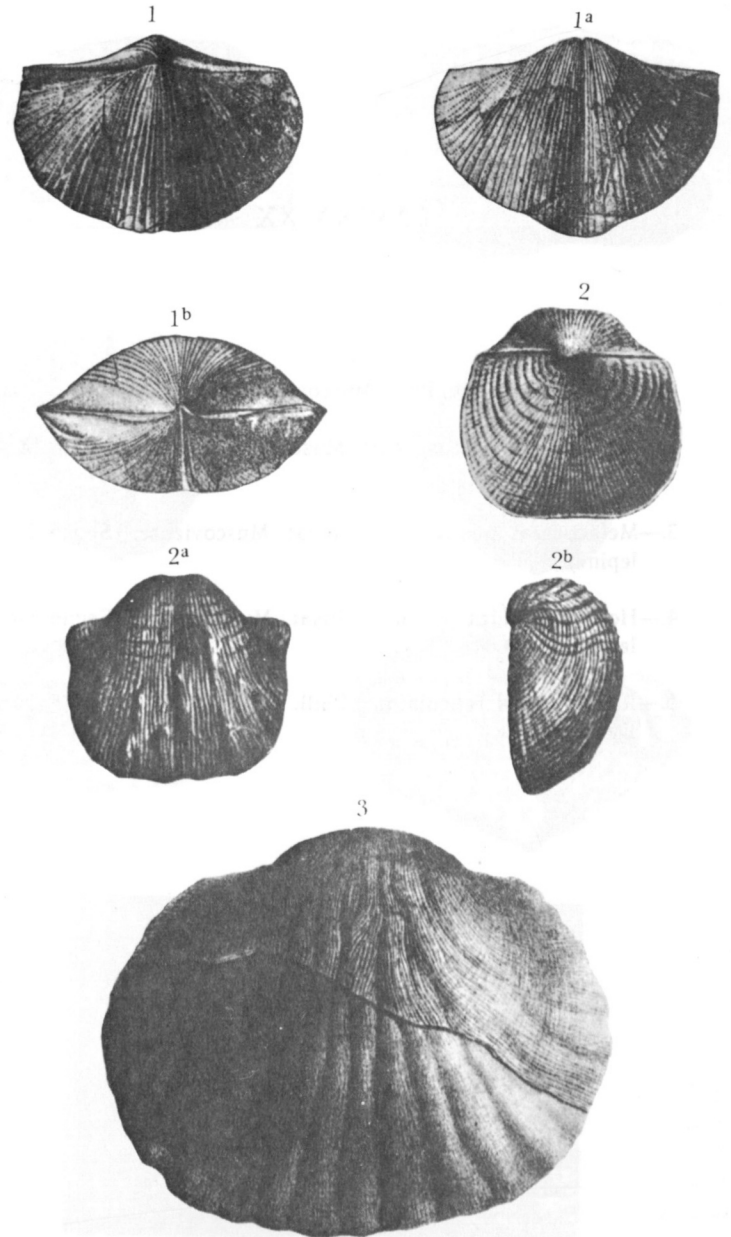
LAMINA XVIII



LAMINA XIX

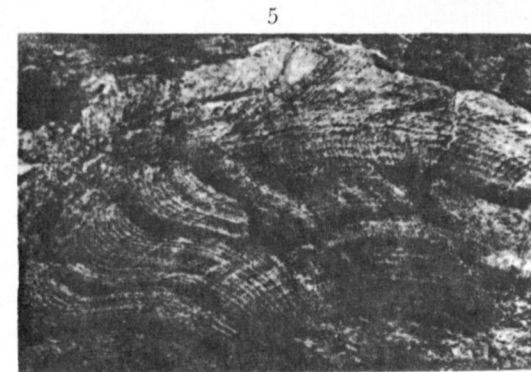
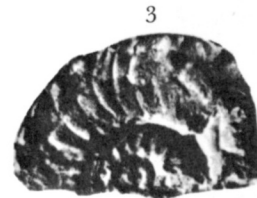
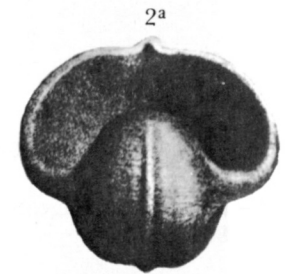
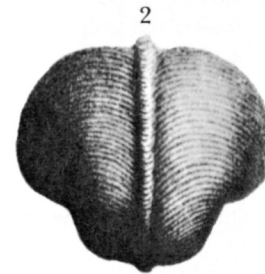
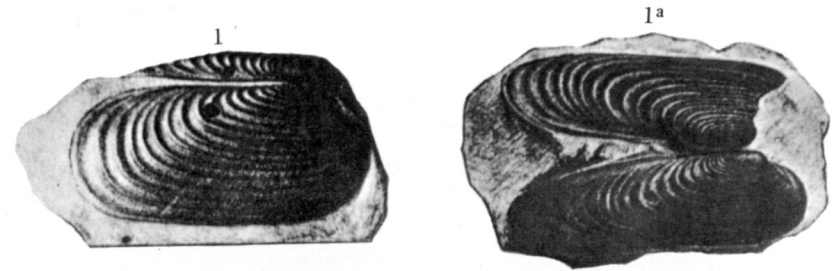
LAMINA XIX

- 1.— *Spirifer (Choristites) mosquensis*, Fischer. Muscoviense. X 3/4.
(Según Piveteau).
- 2.— *Productus (Dictyoclostus) semireticulatus*, Martin. Muscoviense. (Según Mallada).
- 3.— *Productus (Gigantoproductus) giganteus*, Martin. Muscoviense (Según Mallada).



LAMINA XX

- 1.—*Edmondia sulcata*, Phill. Muscoviense. (Según Hind).
- 2.—*Bellerophon hiulcus*, Mart. Muscoviense. X 4/5. (Según Mallada).
- 3.—*Metacoceras postcostatum*, Bisat. Muscoviense. (Según Delepine).
- 4.—*Homoceratoides Kitchini*, Bisat. Muscoviense. (Según Delepine).
- 5.—*Reticuloceras reticulatum*, Phill. Muscoviense. X 5. (Según Demanet).



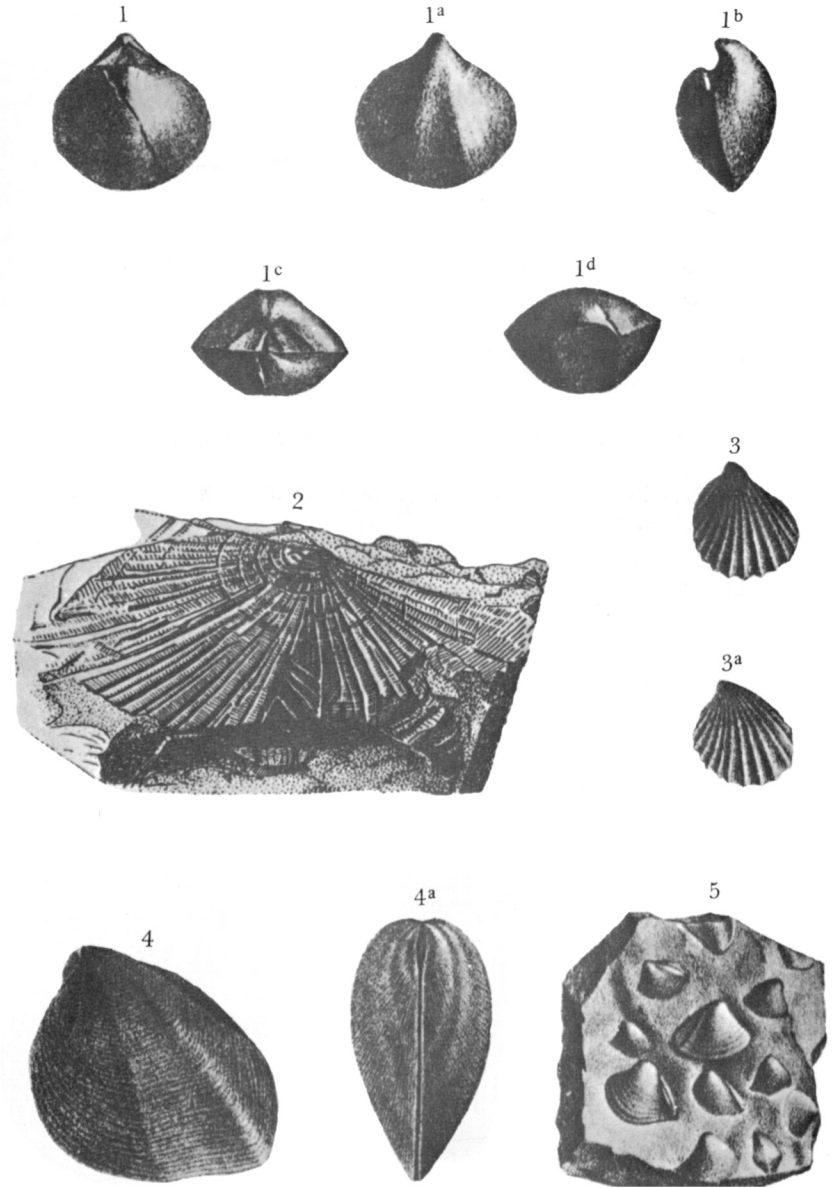
LAMINA XXI

- 1.—*Walchia piniformis*, Schl. Permiano. X 3/4. (Según Renault).
- 2.—*Equisetites mougeoti*. Brongn. Buntsandstein. X 3/4. (Según Schmidt).



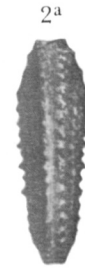
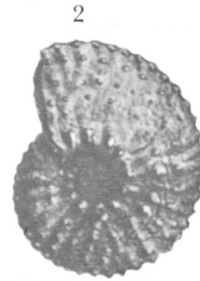
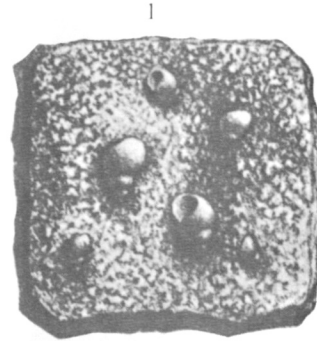
LAMINA XXII

- 1.—*Mentzelia mentzeli*, Dunk. Muschelkalk. Ligeramente aumentado. (Según Bittner).
- 2.—*Daonella lommeli*, Wissm. Algo aumentado. Muschelkalk. (Según Piveteau).
- 3.—*Myophoria goldfussi*, Alb. Muschelkalk. (Según Mallada).
- 4.—*Myophoria vulgaris*, Schl. Muschelkalk. (Según Mallada).
- 5.—*Myophoriopsis gregaria*, Münt. Muschelkalk. Algo aumentado. (Según Mallada).



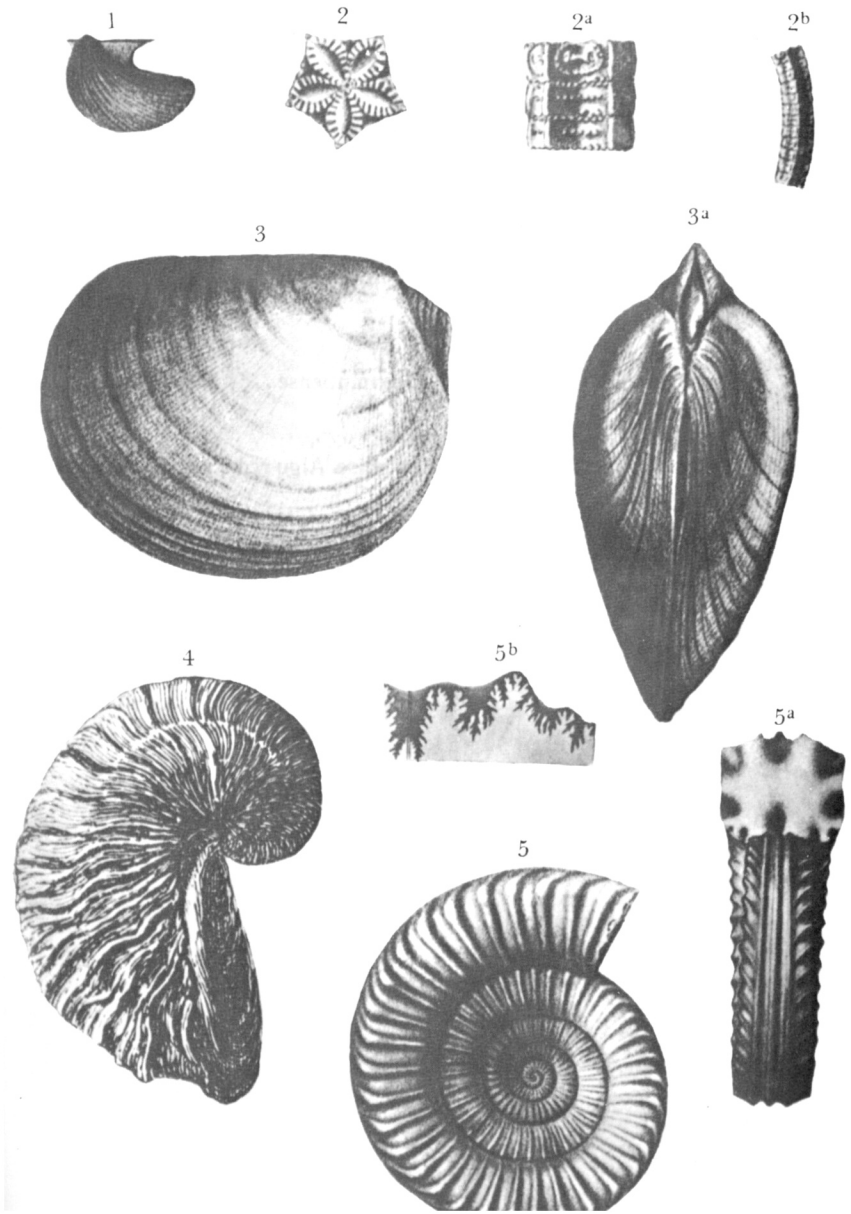
LAMINA XXIII

- 1.—*Omphaloptycha gregaria*, Schl. Muschelkalk. X 4/3. (Según Mallada).
- 2.—*Protrachyceras hispanicum*, Mojs. Muschelkalk. Algo aumentado. (Según Mojsisovics).
- 3.—*Ceratites antecedens*, Beyr. Muschelkalk. X 2. (Según Schmidt).
- 4.—*Ceratites nodosoides*. Brug. Muschelkalk. X 2. (Según Schmidt).



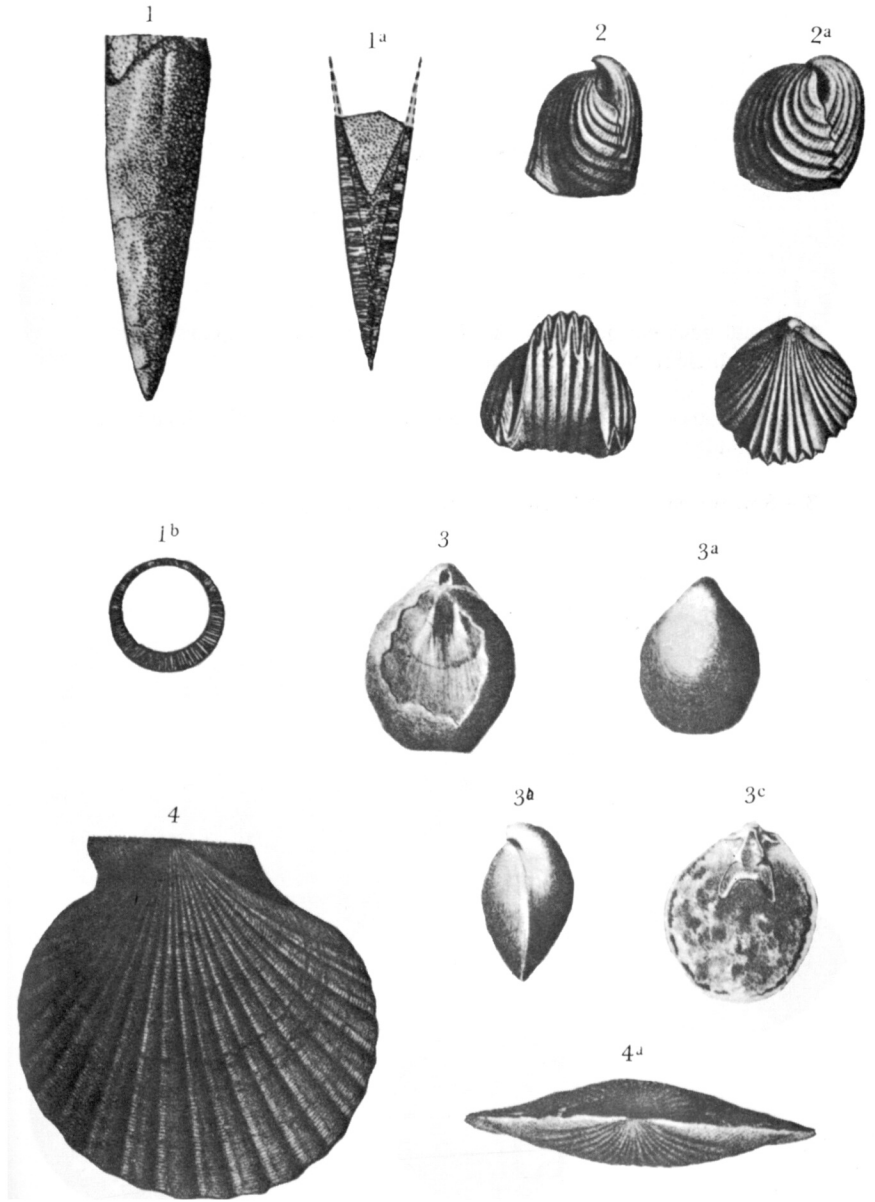
LAMINA XXIV

- 1.—*Avicula contorta*, Port. Retiense. Ligeramente aumentada. (Según Stoppani).
- 2.—*Isocrinus basaltiformis*, Mill. Hetangiense-Sinemuriense. X 3. (Según Mallada).
- 2b.—El mismo ejemplar. Sin aumentar.
- 3.—*Lima (Plagiostoma) gigantea*, Sow. Hetangiense-Sinemuriense. (Según Mallada).
- 4.—*Liogryphaea arcuata*, Lam. Ligeramente aumentado. Hetangiense-Sinemuriense. (Según Piveteau).
- 5.—*Arietites bisulcatum*, Brug. Hetangiense-Sinemuriense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).



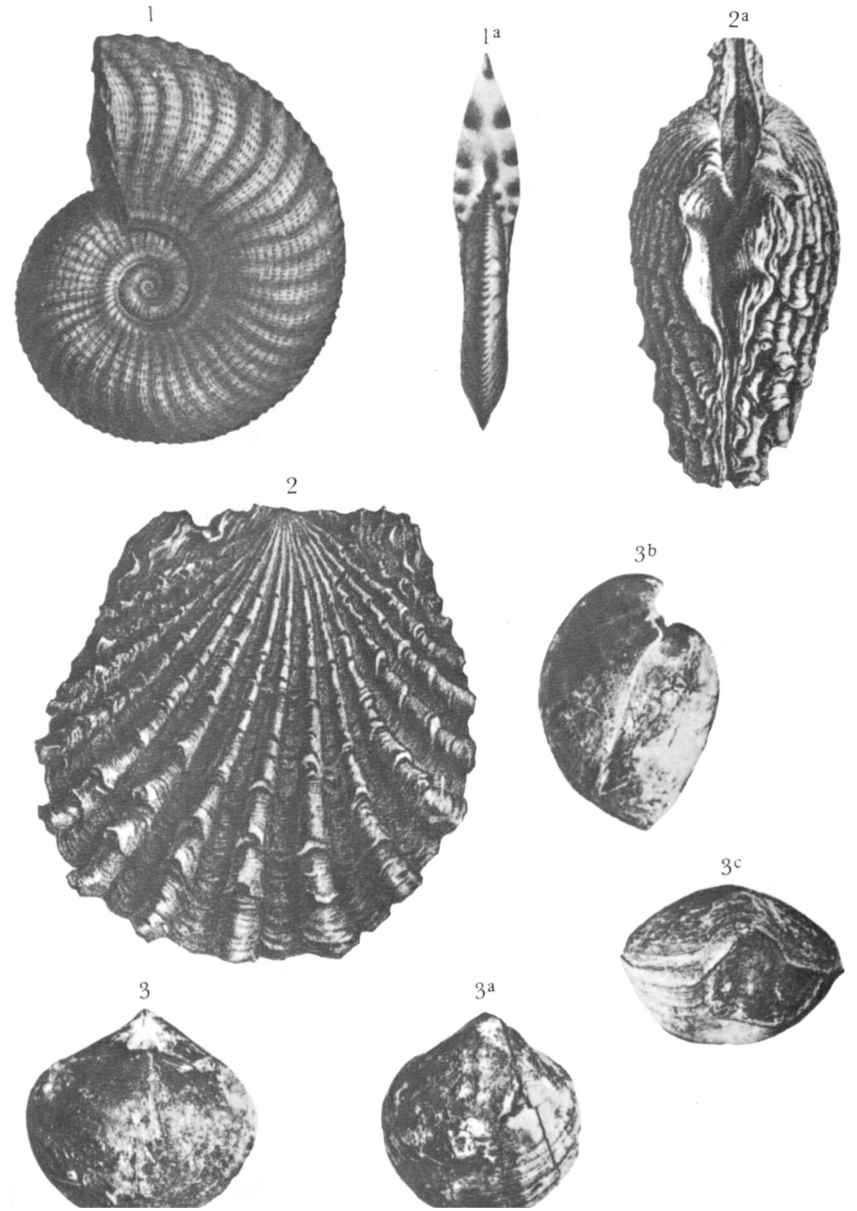
LAMINA XXV

- 1.—*Nannobelus acutus*, Mill. Hetangiense-Sinemuriense. X 1 1/4. (Según Piveteau).
- 2.—*Rhynchonella tetraedra*, Sow. Charmutiense. X 1 1/4. (Según Mallada).
- 3.—*Zeilleria punctata*, Sow. Charmutiense. Algo reducido. (Según Mallada).
- 4.—*Pseudopecten aequalvis*, Sow. Charmutiense. (Según Mallada).



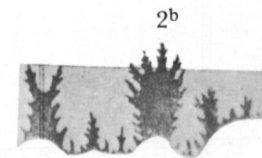
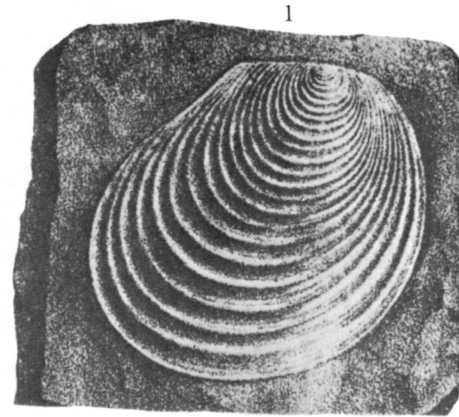
LAMINA XXVI

- 1.—*Amaltheus margaritatus*, Monfort. Charmutiense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).
- 2.—*Ctenostreon proboscideum*, Sow. Toarciense. X 1/2. (Según Mallada).
- 3.—*Spiriferina alpina*, Buch. Toarciense. (Del original).



LAMINA XXVII

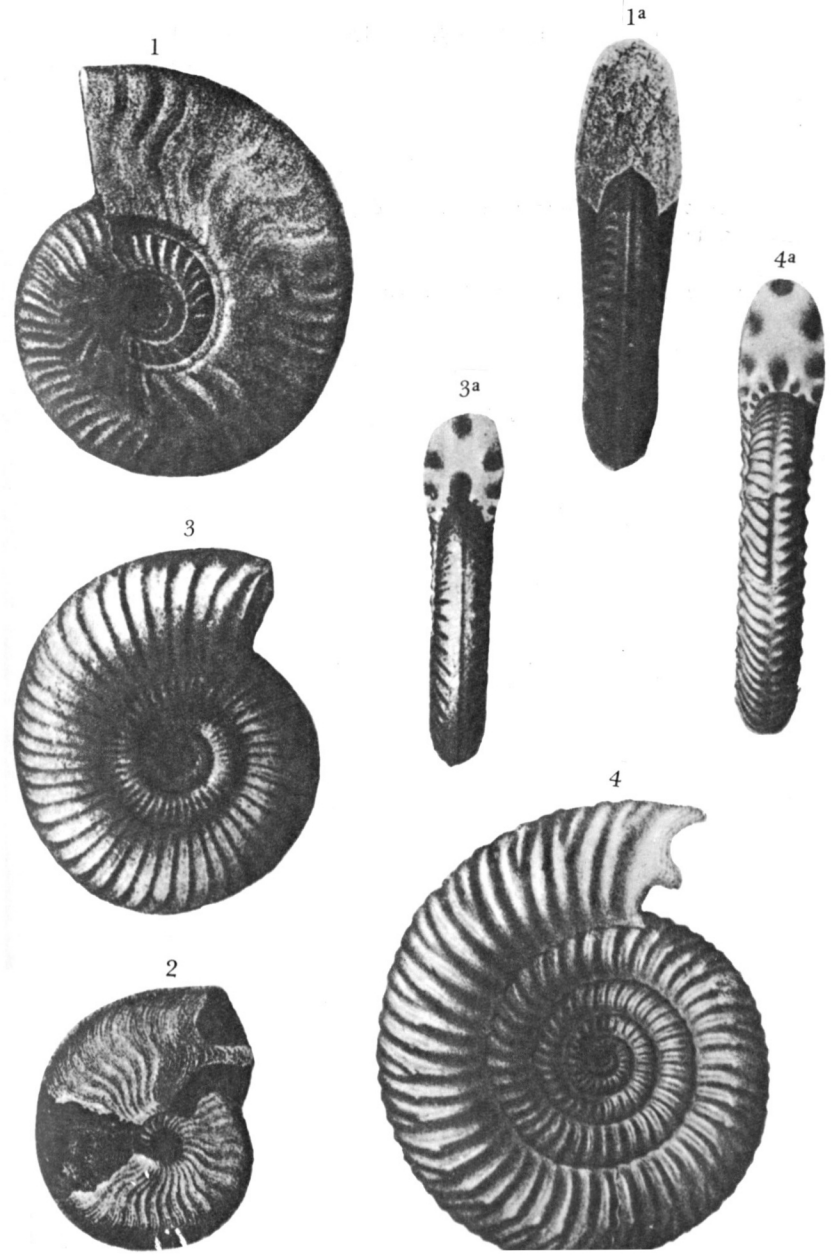
- 1.—*Posidonomya bronni*, Voltz. Toarciense. Ligeramente aumentada. (Según Goldfuss).
- 2.—*Hildoceras bifrons*, Brug. Toarciense. Algo reducido. (Según Mallada).
- 3.—*Phylloceras heterophyllum*, Sow. Toarciense. (Según Mallada).



LAMINA XXVIII

LAMINA XXVIII

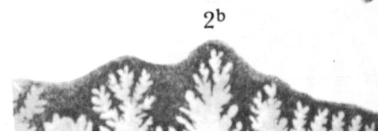
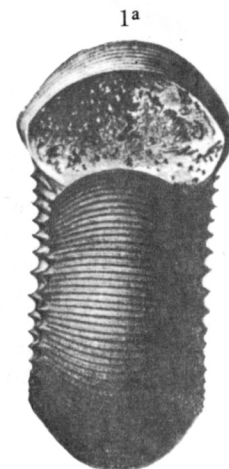
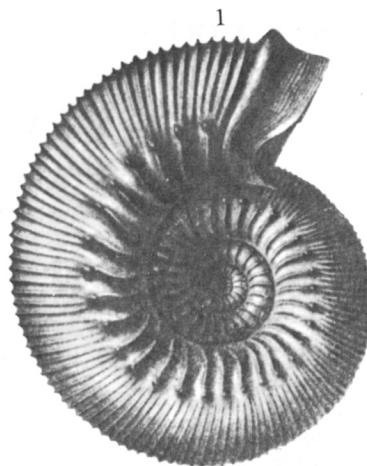
- 1.—*Ludwigia muchisonae*, Sow. Aaleniense. (Según Piveteau).
- 2.—*Leioceras opalinum*, Rein. Aaleniense. (Según Piveteau).
- 3.—*Dumortieria levesquei*, d'Orb. Aaleniense. X 1 1/4. (Según Piveteau).
- 4.—*Parkinsonia parkinsoni*, Sow. Bajociense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).



LAMINA XXIX

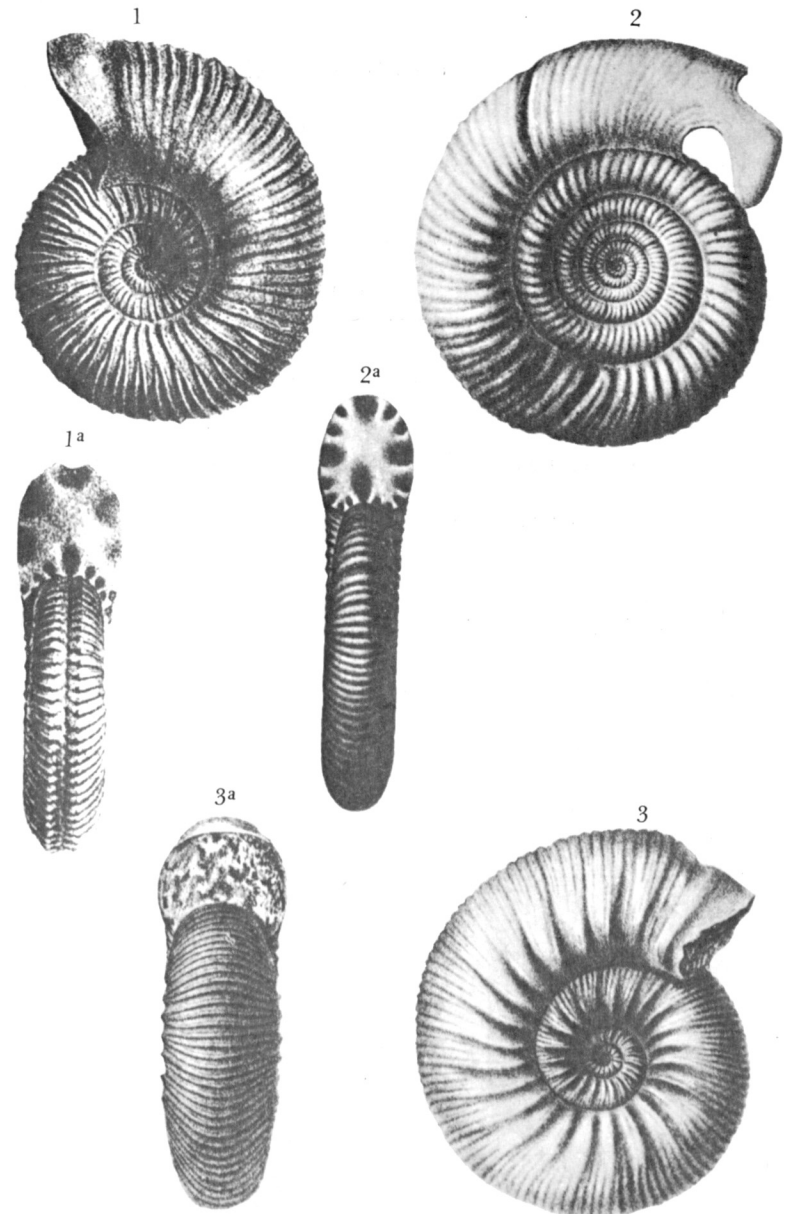
1.—*Stephanoceras humphriesi*, Sow. Bajociense. X 3/2. (Según Mallada).

2.—*Oppelia subradiata*, Sow. Bajociense. (Según Mallada).



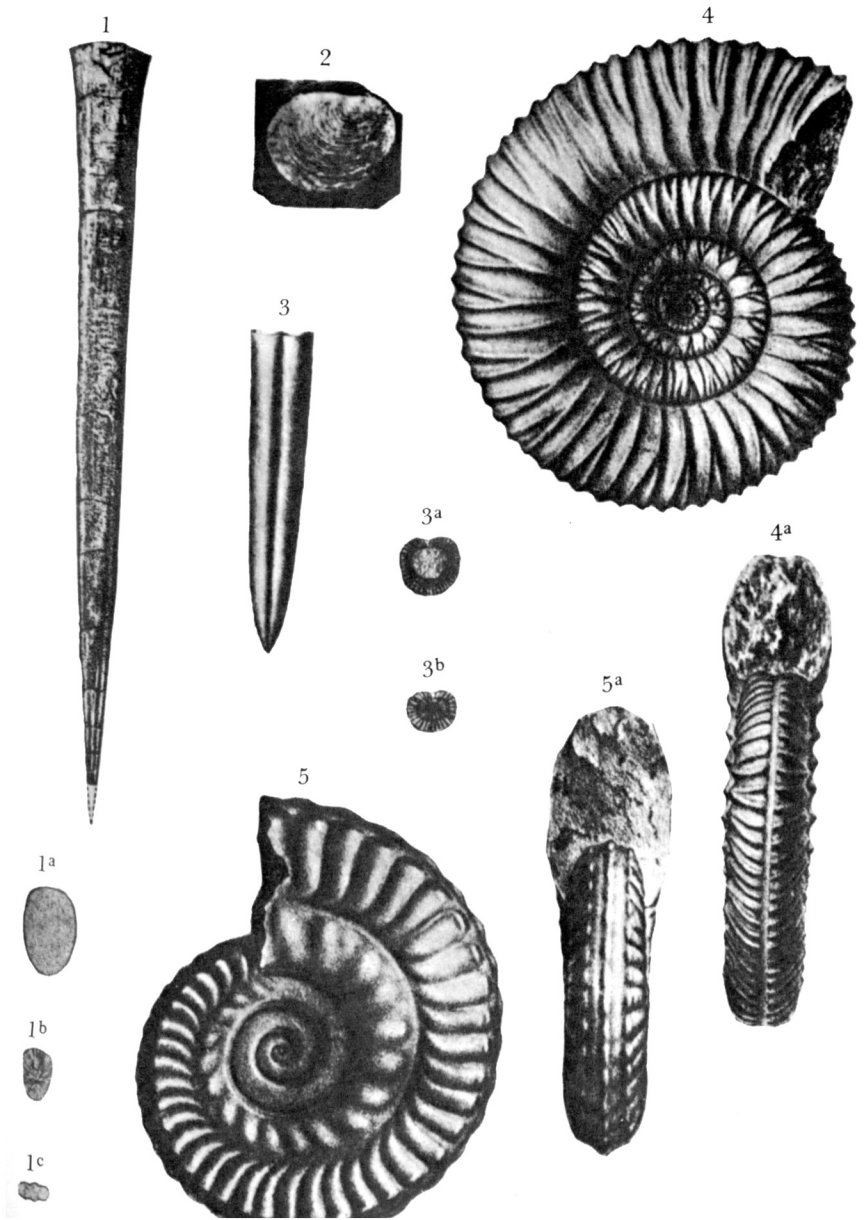
LAMINA XXX

- 1.—*Garantiana garanti*, d'Orb. Bajociense. X 3/2. (Según Piveteau).
- 2.—*Leptosphinctes martiusi*, d'Orb. Bajociense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).
- 3.—*Sphaeroceras brongniarti*, Sow. Bajociense. X 4/3. (Según Mallada).



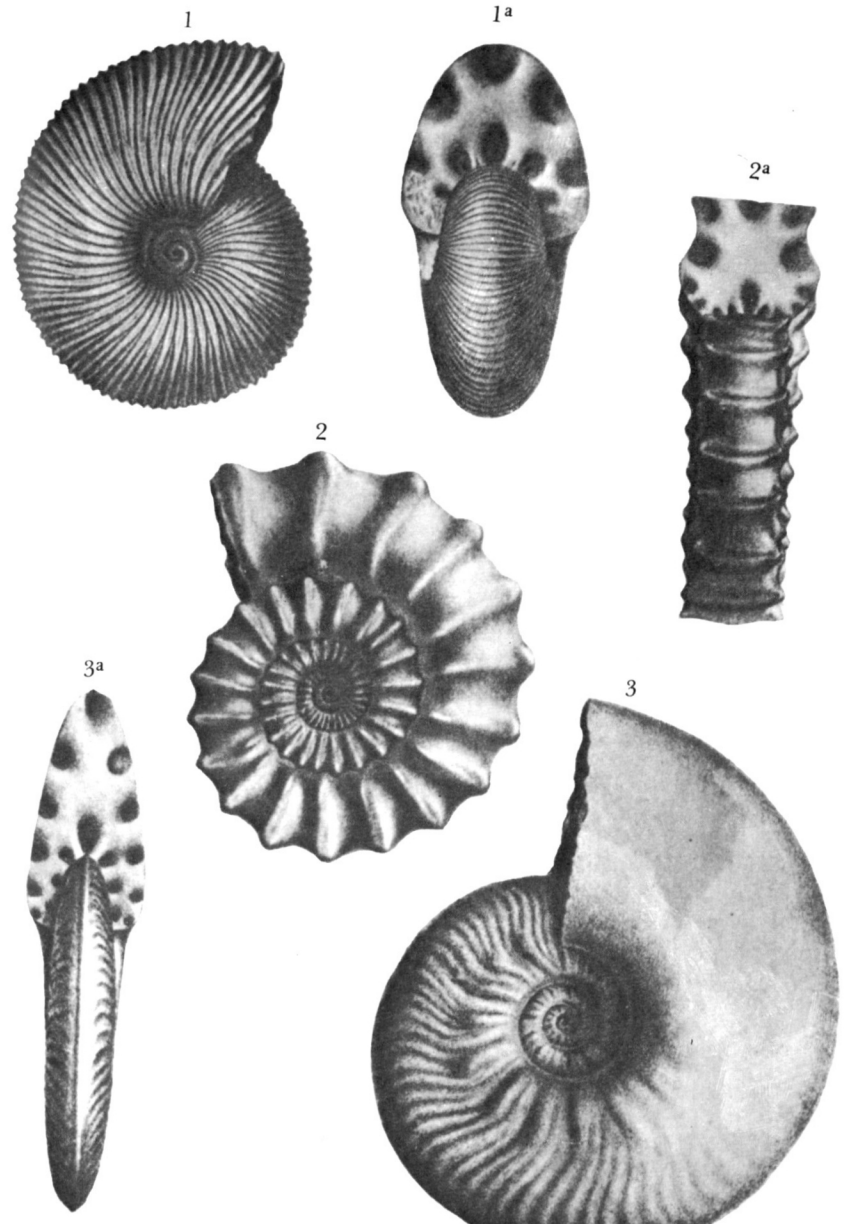
LAMINA XXXI

- 1.—*Megatheutis gigantea*, Schl. Bajociense. X 1/3. (Según Piveteau)
- 2.—*Posidonomya alpina*, Alb. Bathoniense. Ligeramente aumentada. (Según Guillaume).
- 3.—*Belemnopsis canaliculata*, Schl. Bathoniense. Algo reducida. (Según Mallada).
- 4.—*Reineckeia anceps*, Rein. Calloviense. (Según Mallada).
- 5.—*Hecticoceras hecticum*, d'Orb. Calloviense. (Según Mallada).



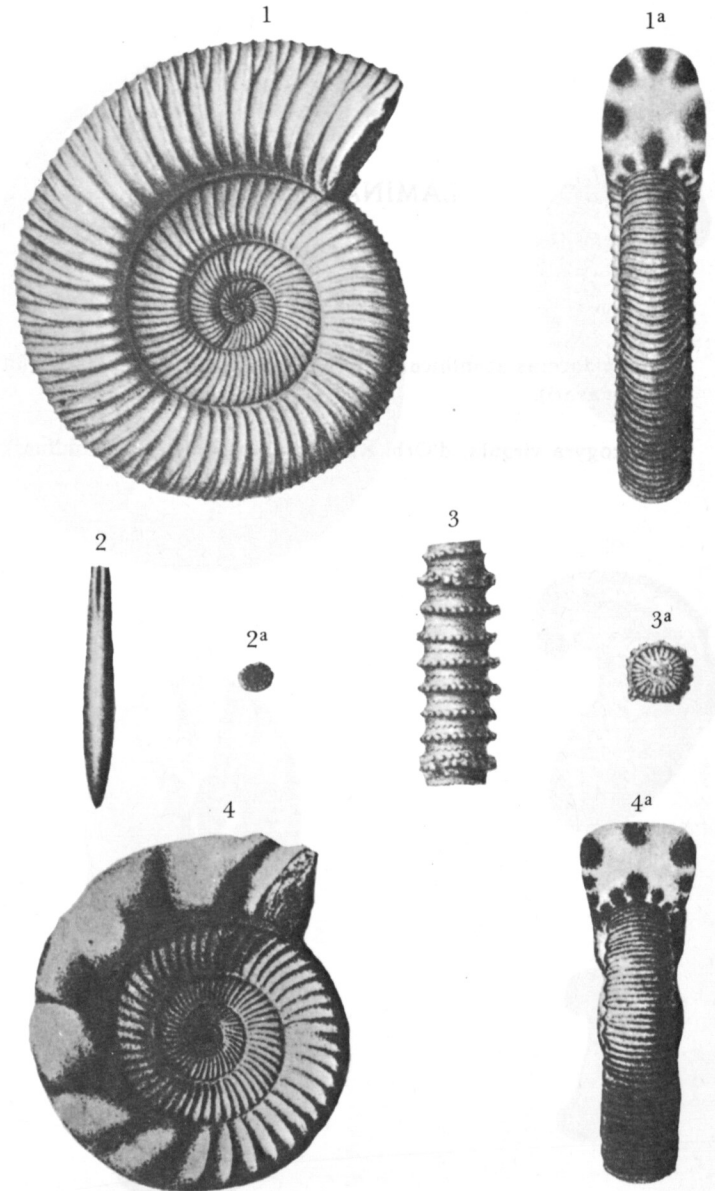
LAMINA XXXII

- 1.—*Macrocephalites macrocephalus*, Schl. Calloviense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).
- 2.—*Peltoceras athleta*, Phill. Oxfordiense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).



LAMINA XXXIII

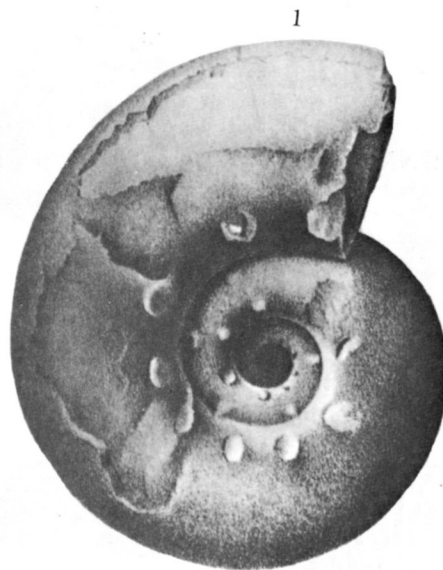
- 1.—*Arisphinctes plicatilis*, Sow. Oxfordiense. Ligeramente reducido. (Según Mallada).
- 2.—*Hibolites hastatus*, Blainv. Oxfordiense. Ligeramente aumentado. (Según Mallada).
- 3.—*Millericrinus echinatus*, Schl. Lusitaniense. (Según Mallada).
- 4.—*Perisphinctes martelli*, Opp. Lusitaniense. Ligeramente aumentado. (Según Piveteau).



LAMINA XXXIV

1.—*Aspidoceras acanthicum*, Opp. Kimmeridgiense. X 3/2. (Según Canavari).

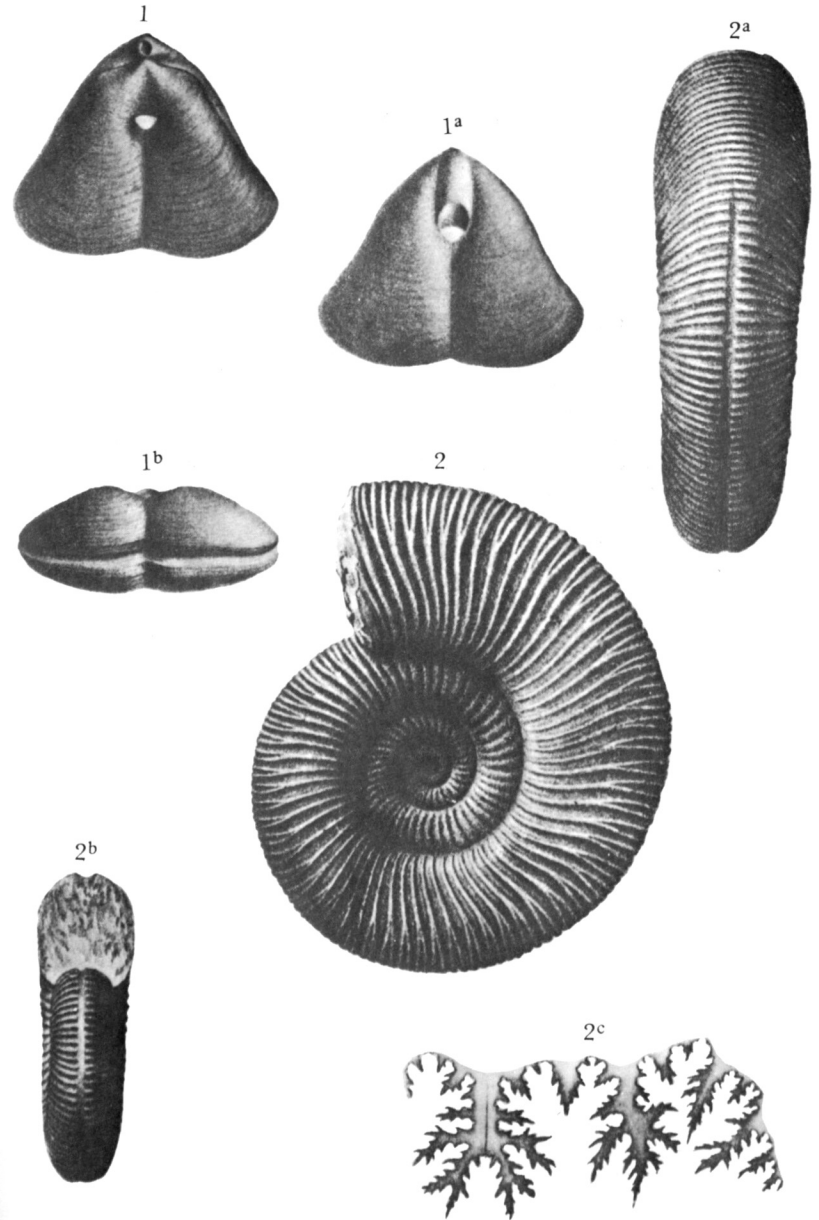
2.—*Exogyra virgula*, d'Orb. Kimmeridgiense. (Según Goldfuss).



LAMINA XXXV

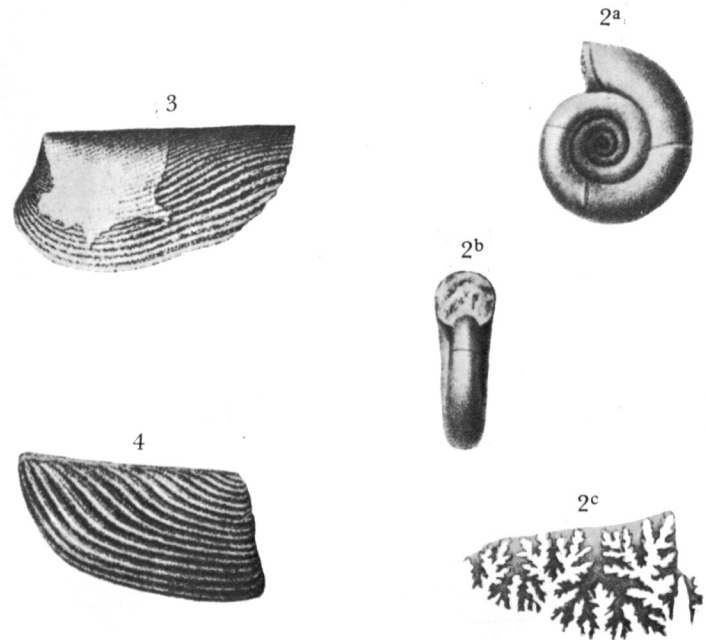
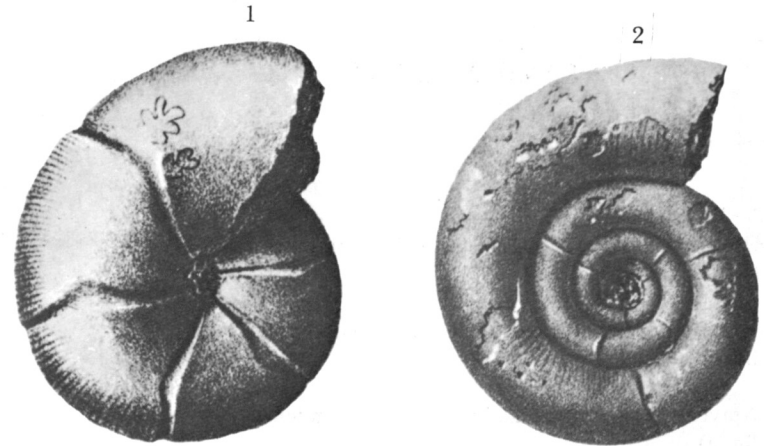
1.—*Pygope diphya*, Colonna. Portlandés (Titónico). Ligeramente reducido. (Según Mallada).

2.—*Virgatosphinctes transitorius*, Opp. Portlandés (Titónico). (Según Mallada).



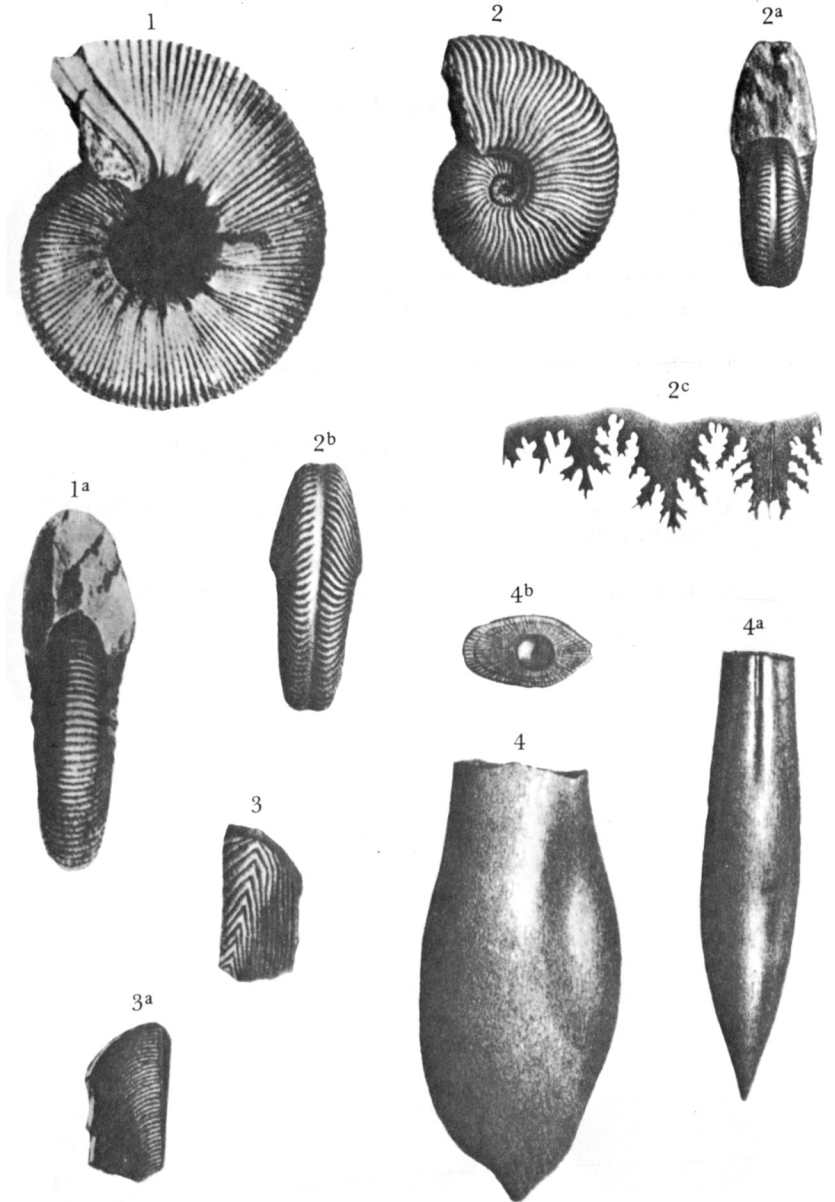
LAMINA XXXVI

- 1.—*Holcophylloceras mediterraneum*, Neum. Portlandés (Titónico). Algo aumentado. (Según Mallada).
- 2.—*Protetragonites quadrisulcatus*, d'Orb. Portlandés (Titónico). (Según Mallada).
- 3.—*Punctaptychus punctatus*, Voltz. Portlandés (Titónico). Ligeramente reducido. (Según Mallada).
- 4.—*Lamellaptychus sparsilamellosus*, Gunb. Ligeramente reducido. Portlandés (Titónico). (Según Mallada).



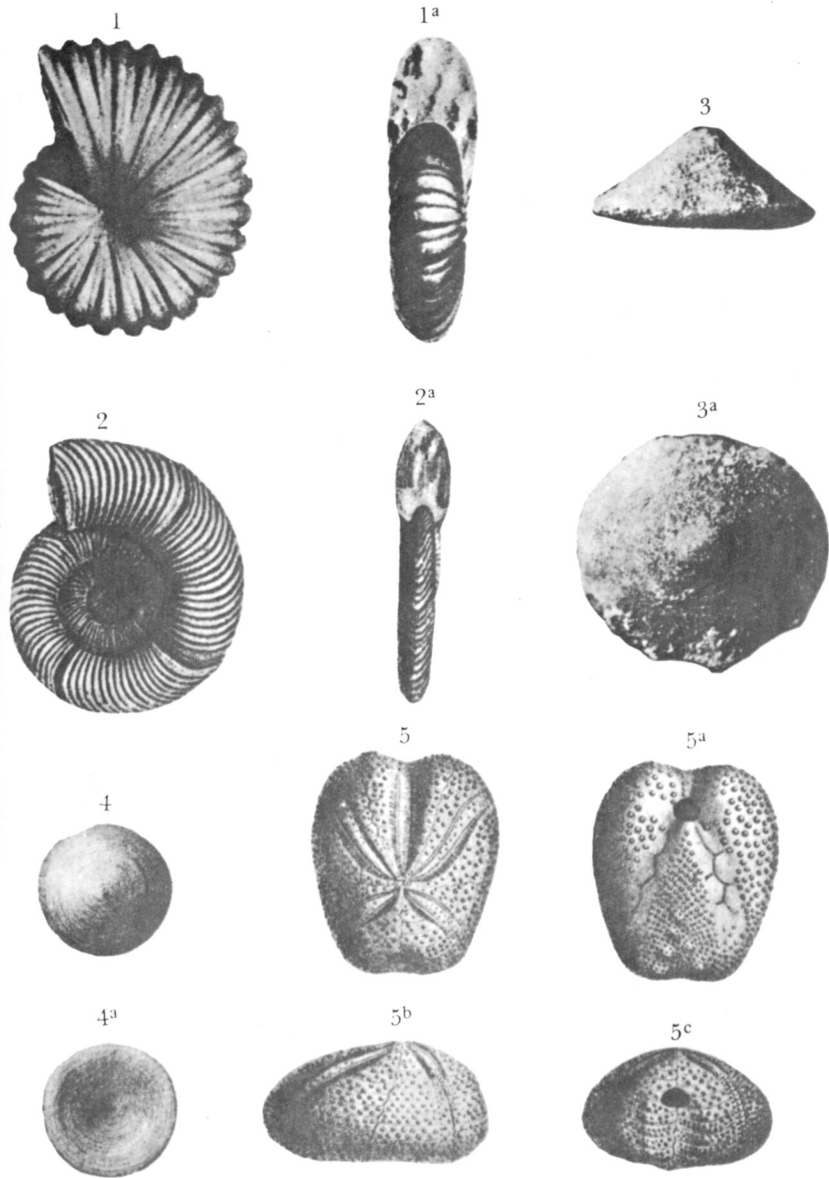
LAMINA XXXVII

- 1.—*Olcostephanus astierianus*, d'Orb. Neocomiense. Algo aumentado. (Según Piveteau).
- 2.—*Neocomites neocomiensis*, d'Orb. Neocomiense. (Según Mallada).
- 3.—*Aptychus angulicostatus*, Pict.-Lor. Neocomiense. (Según Mallada).
- 4.—*Duvalia dilatata*, Blainv. Neocomiense. (Según Mallada).



LAMINA XXXVIII

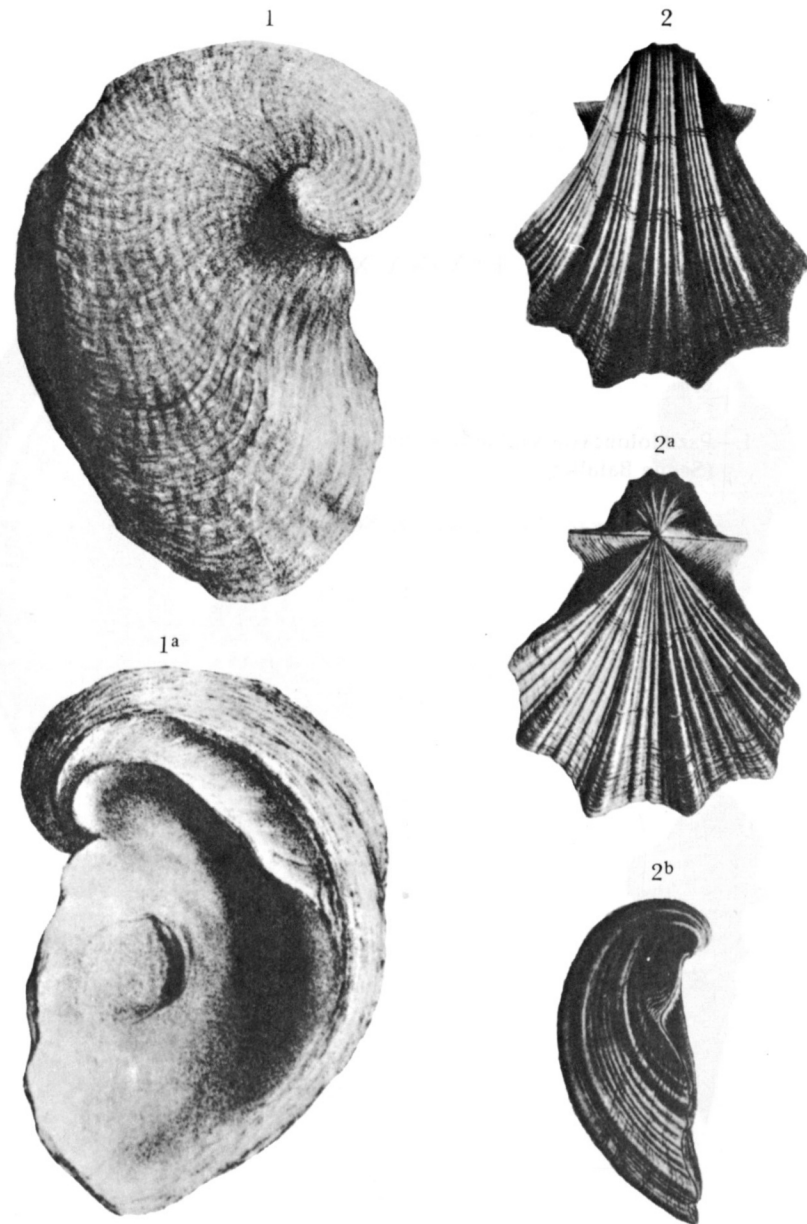
- 1.—*Nicklesia dumasiana*, d'Orb. Barremiense. X 4/5. (Según Piveteau).
- 2.—*Silesites seranonis*, d'Orb. Barremiense. X 4/3. (Según Piveteau).
- 3.—*Orbitolina trochus*, Fritsch. Aptense. X 7. (Según Silvestri).
- 4.—*Orbitolina lenticularis*, Blum. Aptense. Algo reducida. (Según Pictet et Renevier).
- 5.—*Heteraster oblongus*, d'Orb. Aptense. X 3/4. (Según Mallada).



LAMINA XXXIX

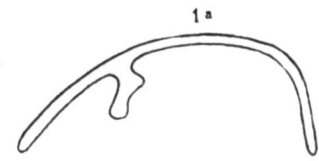
1.—*Exogyra boussingaulti*, d'Orb. Aptense. (Según Coquand).

2.—*Plicatula placunea*, Lam. Aptense. (Según Mallada).



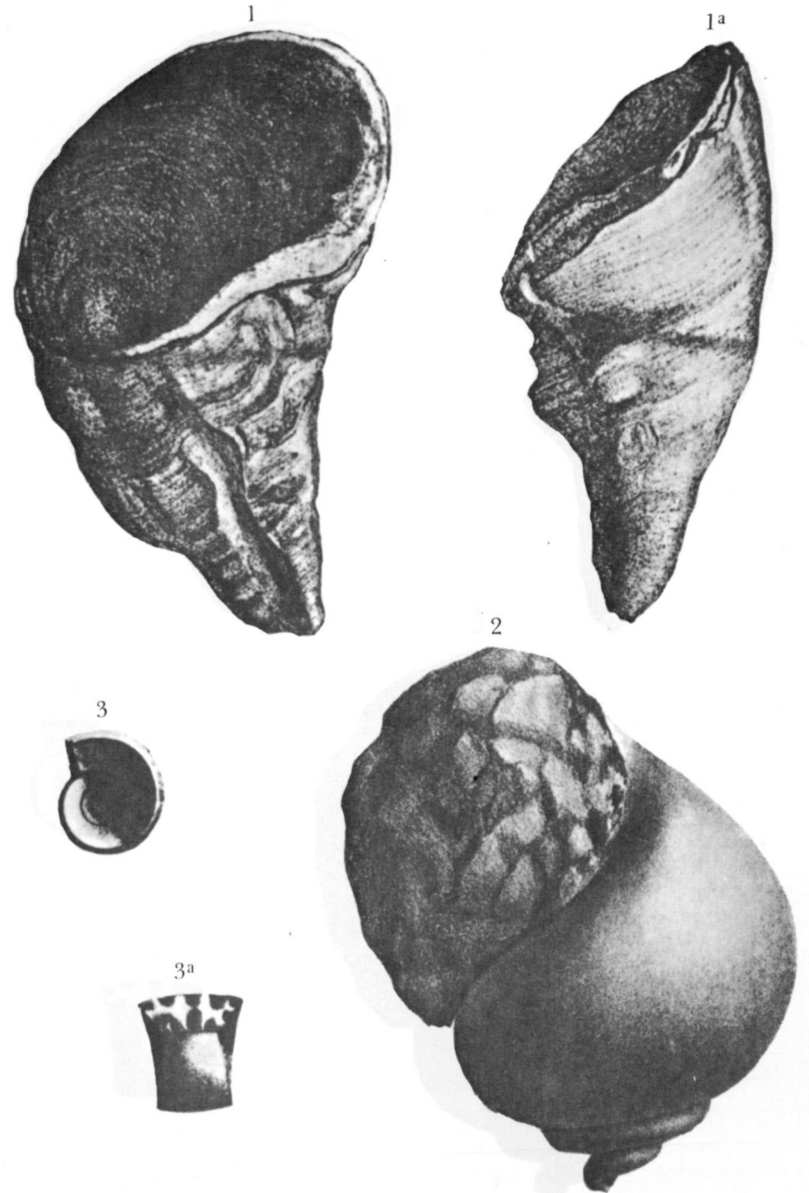
LAMINA XL

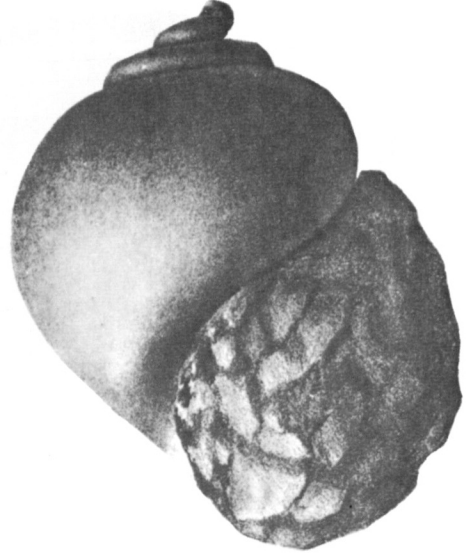
- 1.—*Pseudotoucasia santanderensis*, Dov. Aptense. Algo reducida.
(Según Bataller).
- 2.—*Vycaria luxani*, Vern. Aptense. (Según Mallada).



LAMINA XLI

- 1.—*Polyconites verneuilli*, Bayle. Aptense. (Según Bataller).
 2.—*Natica piinoni*, Land. Aptense. Algo reducida. (Según Mallada).
 3.—*Jaubertella jaubertiana*, d'Orb. Aptense. X 2/3. (Según Piveteau).

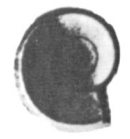




2



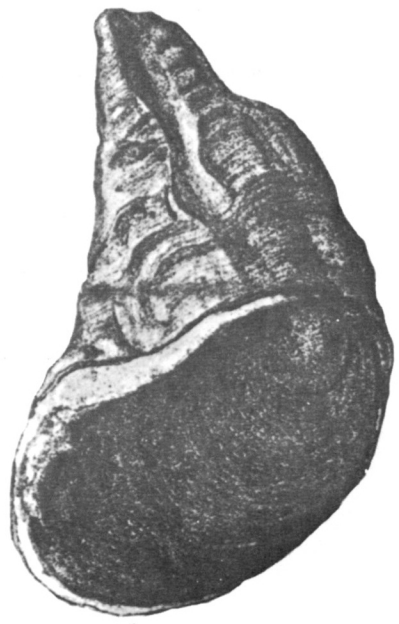
3a



3



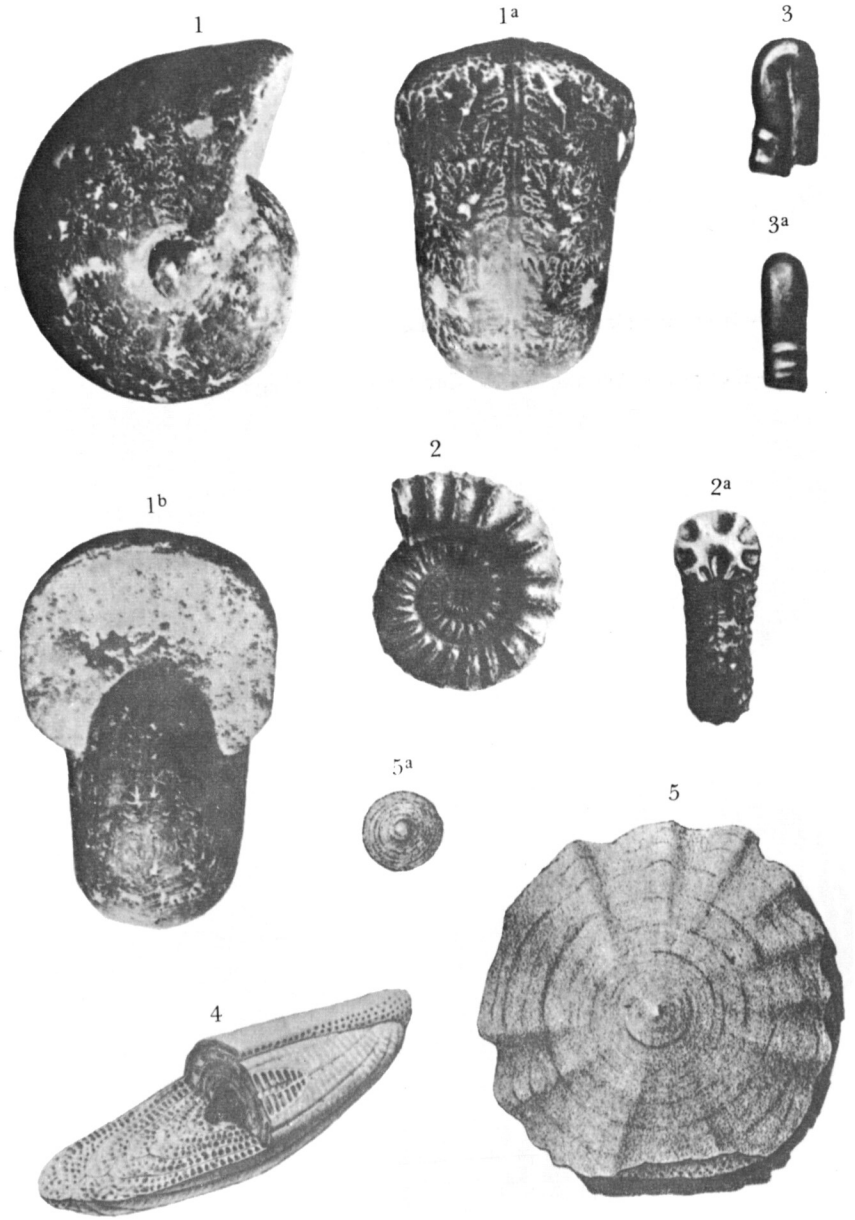
1a



1

XLII

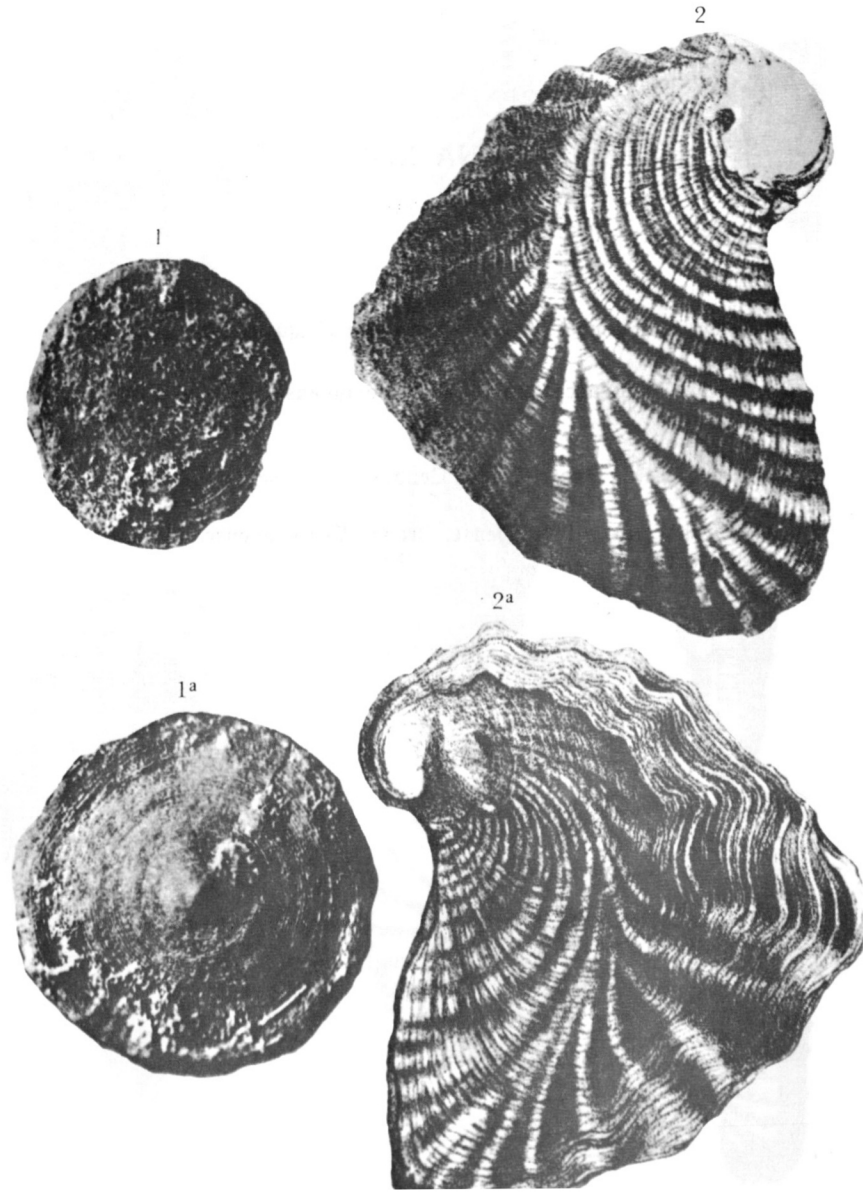
- 1.—*Desmoceras* (*Latidorsella*) *latidorsatum*, Mich. X 3/2 (Del original).
- 2.—*Lyelliceras* *lyelli*, Leym. Albense. (Según Piveteau).
- 3.—*Ptychoceras* *laeve*, Math. Albense. X 2. (Según Pervinquiere).
- 4.—*Prealveolina* *cretacea tenuis*, Reich. Cenomanense. X 20. (Según Reichel).
- 5.—*Orbitolina* *aperta*, Erman. Cenomanense. (Según Erman).



LAMINA XLIII

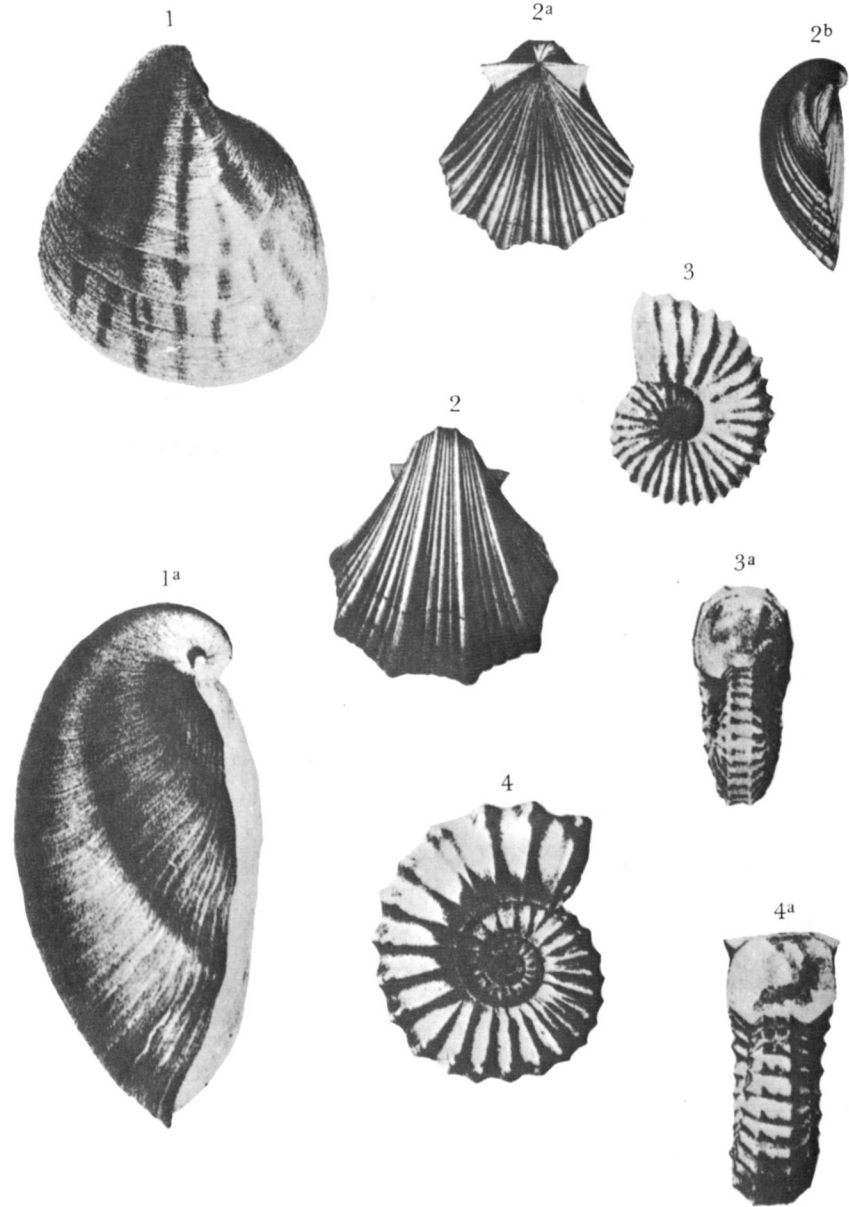
1.—*Orbitolina plana*, d'Arch. Cenomanense. X 8. (Según Silvestri).

2.—*Exogyra flabellata*, d'Orb. Cenomanense. (Según Coquand).



LAMINA XLIV

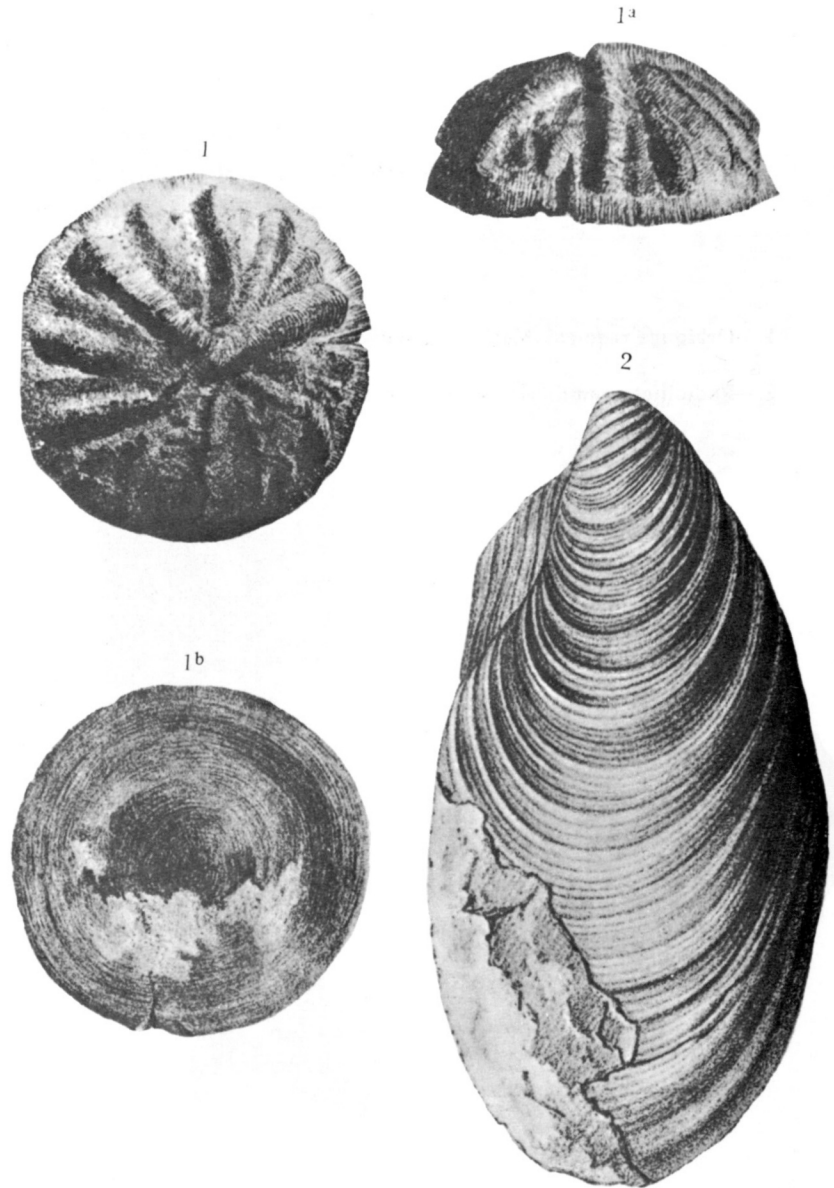
- 1.—*Exogyra columba*, Lam. Cenomanense. (Según d'Orbigny).
- 2.—*Neithea quinquecostata*, Sow. Cenomanense. (Según d'Orbigny).
- 3.—*Mantelliceras mantelli*, Sow. Cenomanense. (Según Piveteau).
- 4.—*Acanthoceras rothomagense*, Brong. Cenomanense. (Según Piveteau).



LAMINA XLV

1.—*Aspidiscus cristatus*, Kōn. Cenomanense. (Según d'Orbigny).

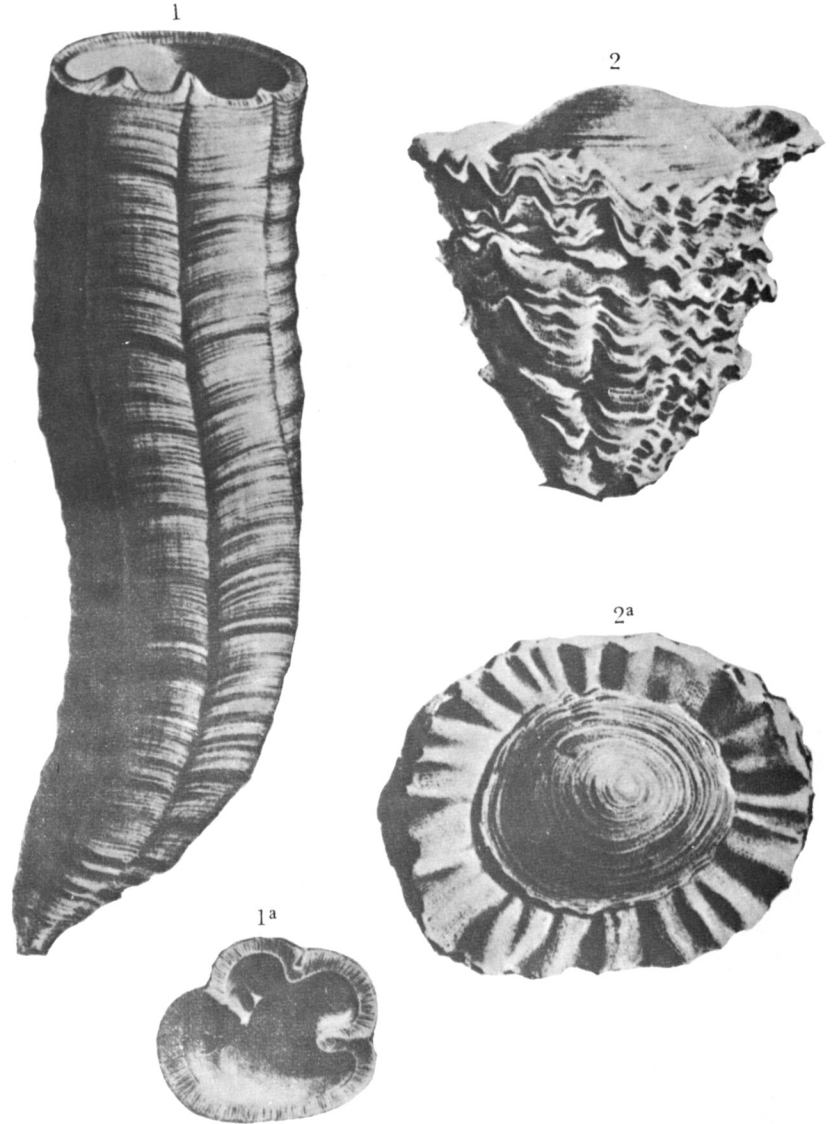
2.—*Inoceramus labiatus*, Schl. Turonense. Algo aumentado. (Según Geinitz).



LAMINA XLVI

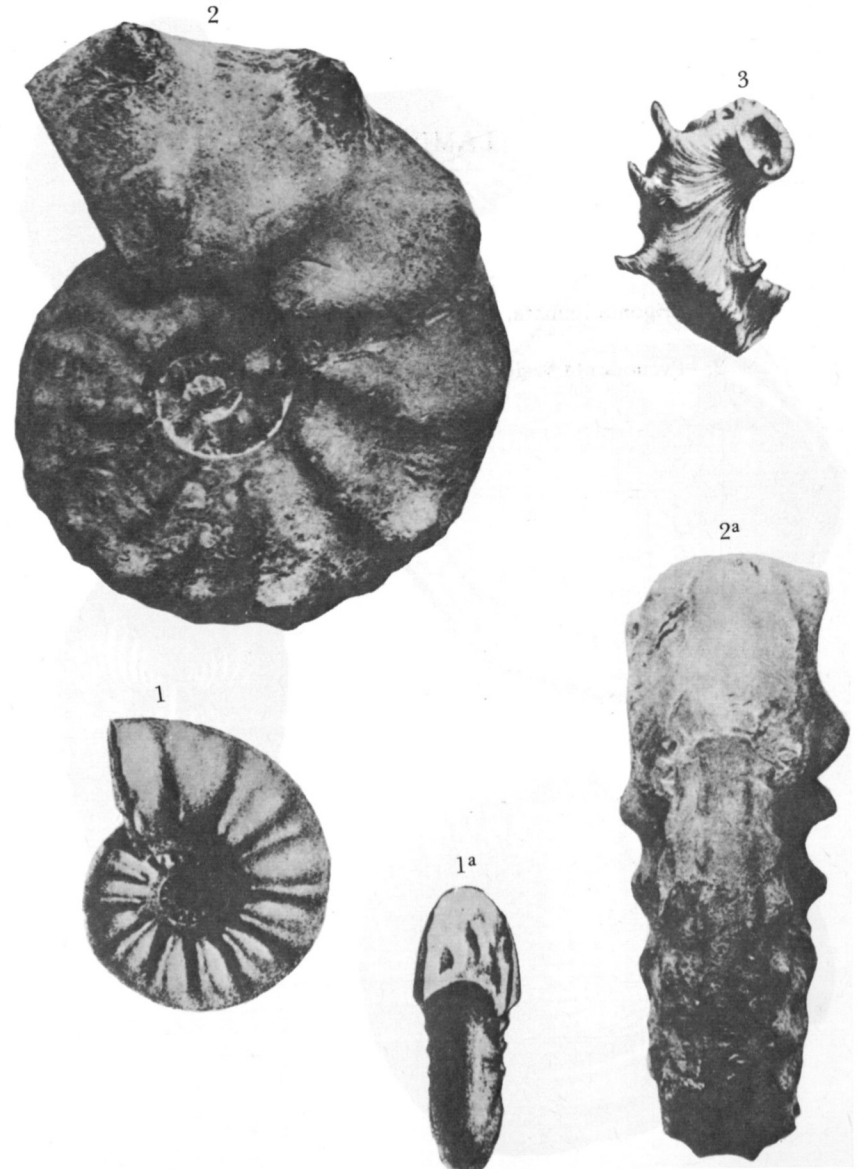
1.—*Orbignya requieni*, Math. Turonense. (Según d'Orbigny).

2.—*Radiolites mamillaris*, Math. Turonense. (Según d'Orbigny).



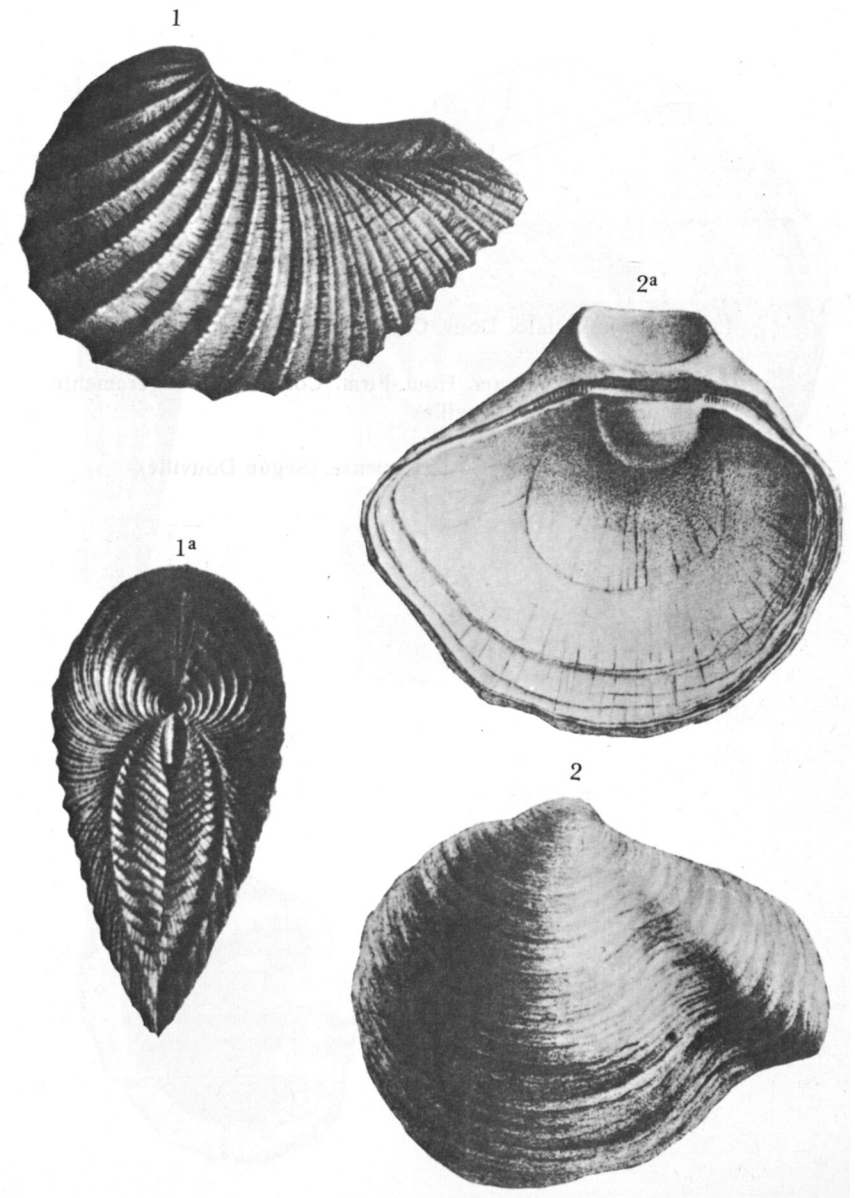
LAMINA XLVII

- 1.—*Lewesiceras peramplus*, Mantell. Turonense. Ligeramente reducido. (Según Piveteau).
- 2.—*Mammites nodosoides*, Schl. Turonense. X 1/2. (Según Pervinquier).
- 3.—*Exogyra spinosa*, Math. Coniaciense. (Según d'Orbigny).



LAMINA XLVIII

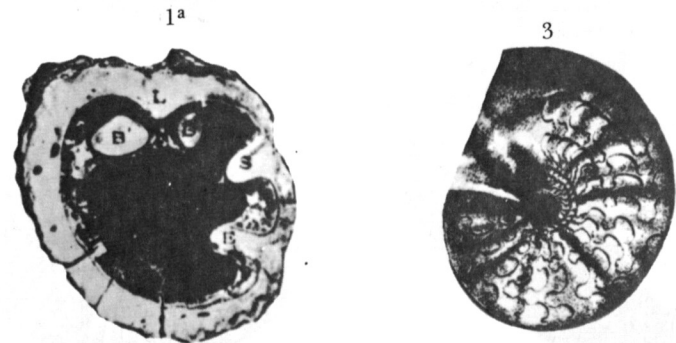
- 1.—*Trigonia limbata*, d'Orb. Coniaciense. (Según d'Orbigny).
- 2.—*Pycnodonta vesicularis*, Lam. Coniaciense. (Según Coquand).



LAMINA XLIX

LAMINA XLIX

- 1.—*Orbignya socialis*, Douv. Coniaciense. (Según Douvillé).
- 2.—*Vaccinites giganteum*, Hom.-Firm. Coniaciense. Ligeramente reducido. (Según Douvillé).
- 3.—*Tissotia tissoti*, Bayle. Coniaciense. (Según Douvillé).



LAMINA L

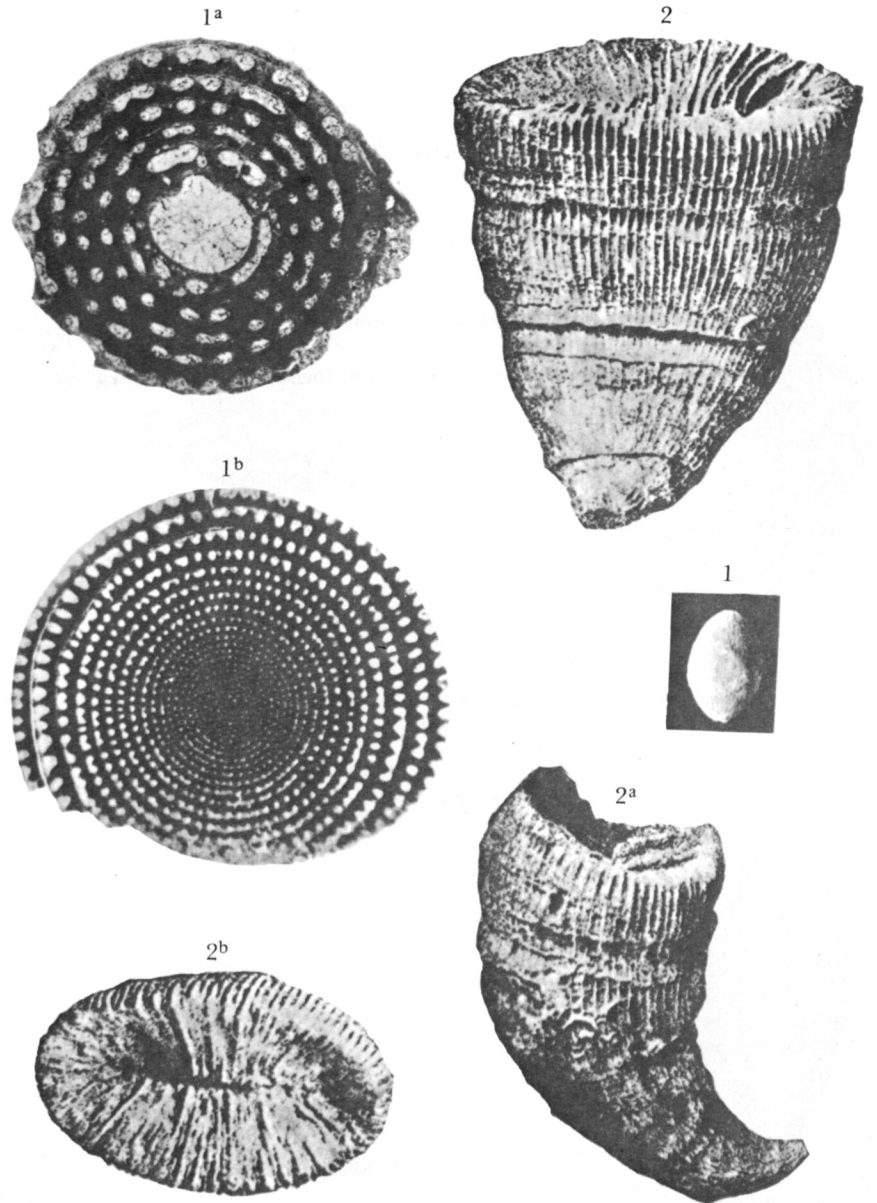
LAMINA L

1.—*Lacazina elongata*, Mun.-Chalm. Santoniense. X 4. (Según Schlumberger).

1 a.—El mismo ejemplar. X 70.

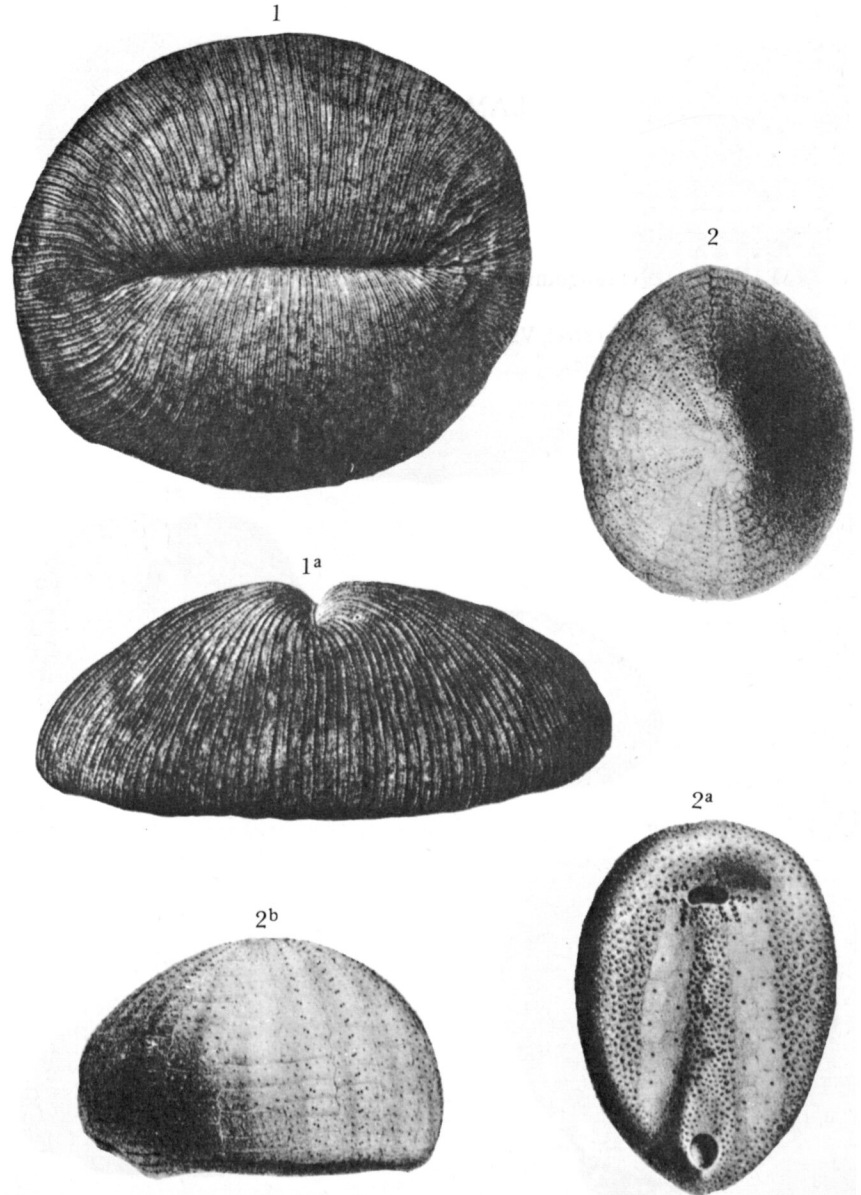
1 b.—El mismo ejemplar. X 20.

2.—*Placosmilia vidali*, Mall. Santoniense. Algo aumentado. (Según Bataller).



LAMINA LI

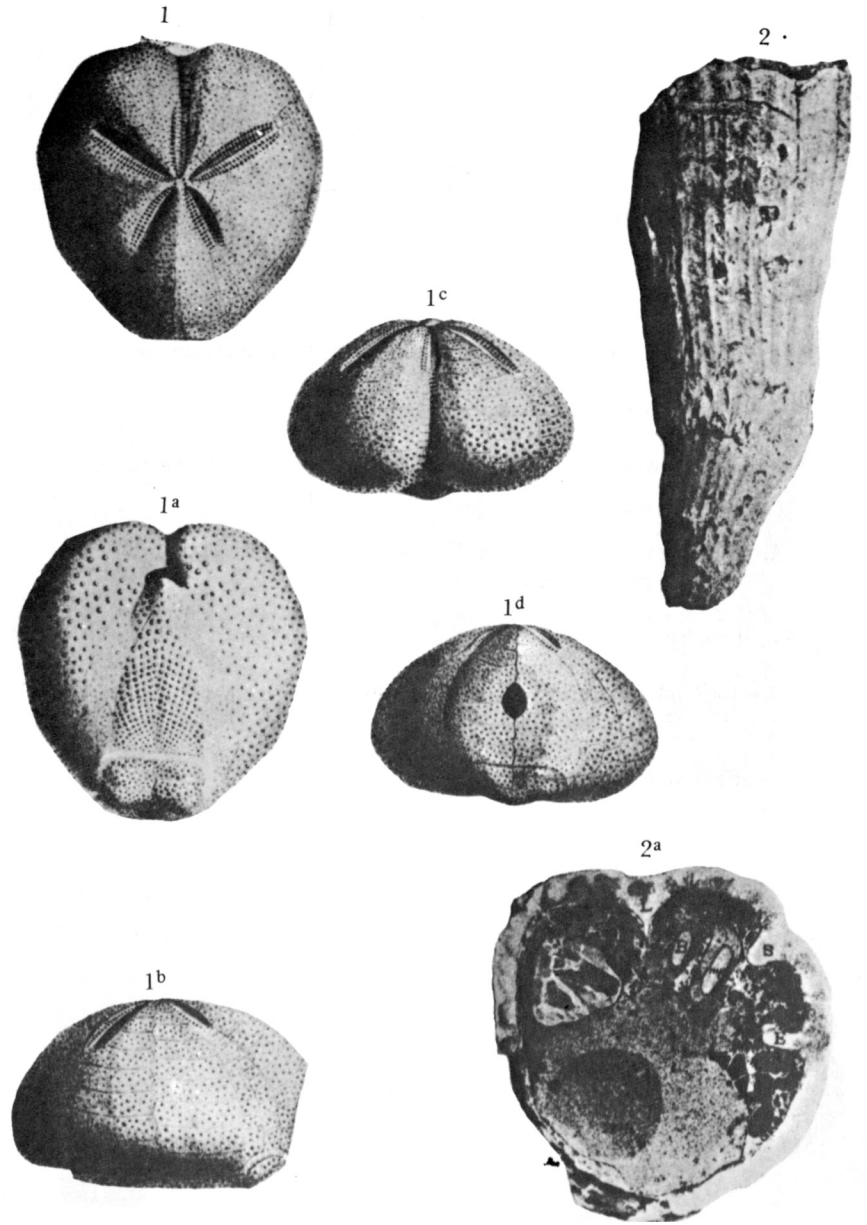
- 1.—*Cyclolites elliptica*, Lam. Santoniense. (Según Oppenheim).
2.—*Echinocorys vulgaris*, Breyn. Santoniense. X 3/4. (Según d'Orbigny).



LAMINA LII

1.—*Micraster coranguinum*, Klein. Santiense. (Según d'Orbigny).

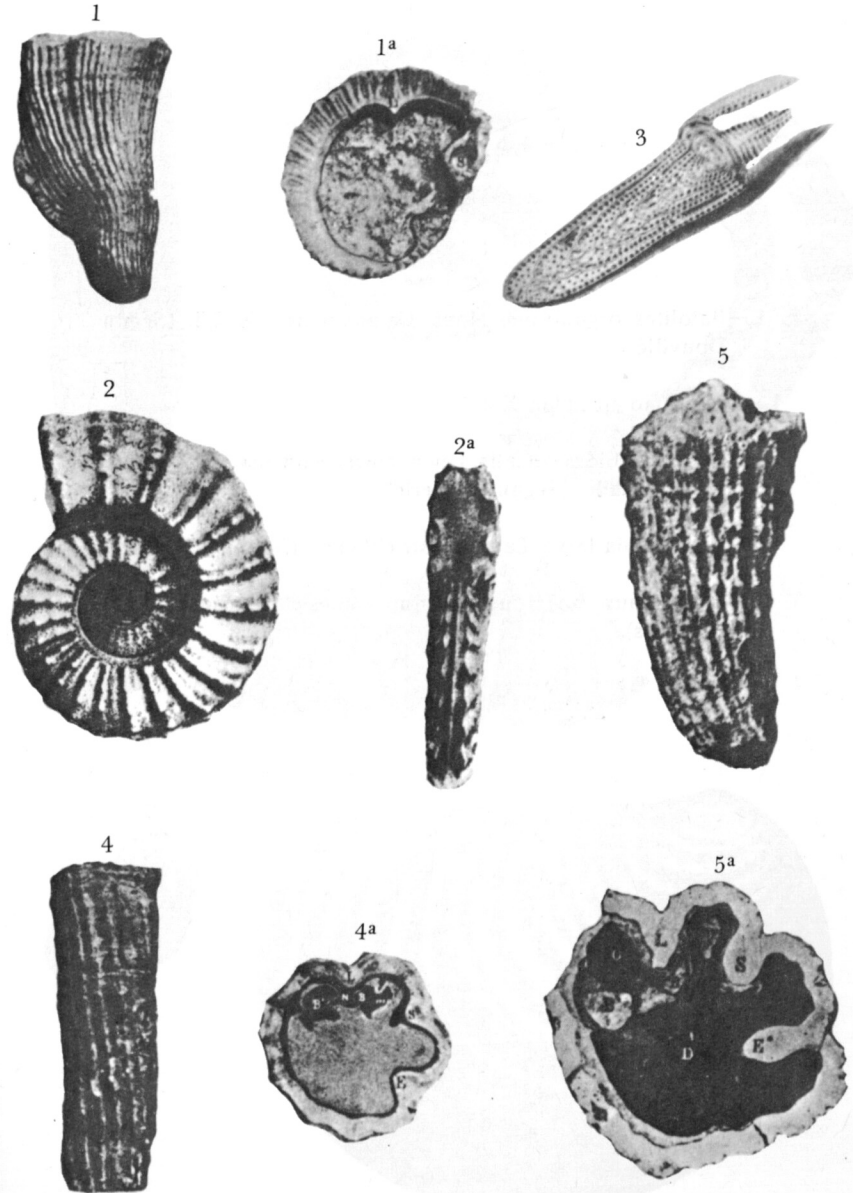
2.—*Orbignya maestrei*, Vidal. Santiense. Ligeramente reducido.
(Según Douvillé).



LAMINA LIII

LAMINA LIII

- 1.—*Orbignya maestrei*, Vidal. Santoniense. X 2. (Según Douvillé).
- 2.—*Texanites texanus*, Roemer. (Según Piveteau).
- 3.—*Subalveolina dordonica*, Reich. Campaniense. X 30. (Según Reichel).
- 4.—*Orbignya variabilis*, Mun.-Chalm. Campaniense. Algo reducida. (Según Douvillé).
- 4a.—El mismo. X 1 3/4.
- 5.—*Vaccinites sulcatus*, DeFr. Campaniense. Ligeramente reducido. (Según Douvillé).
- 5a.—El mismo ejemplar. X 1 1/2.



LAMINA LIV

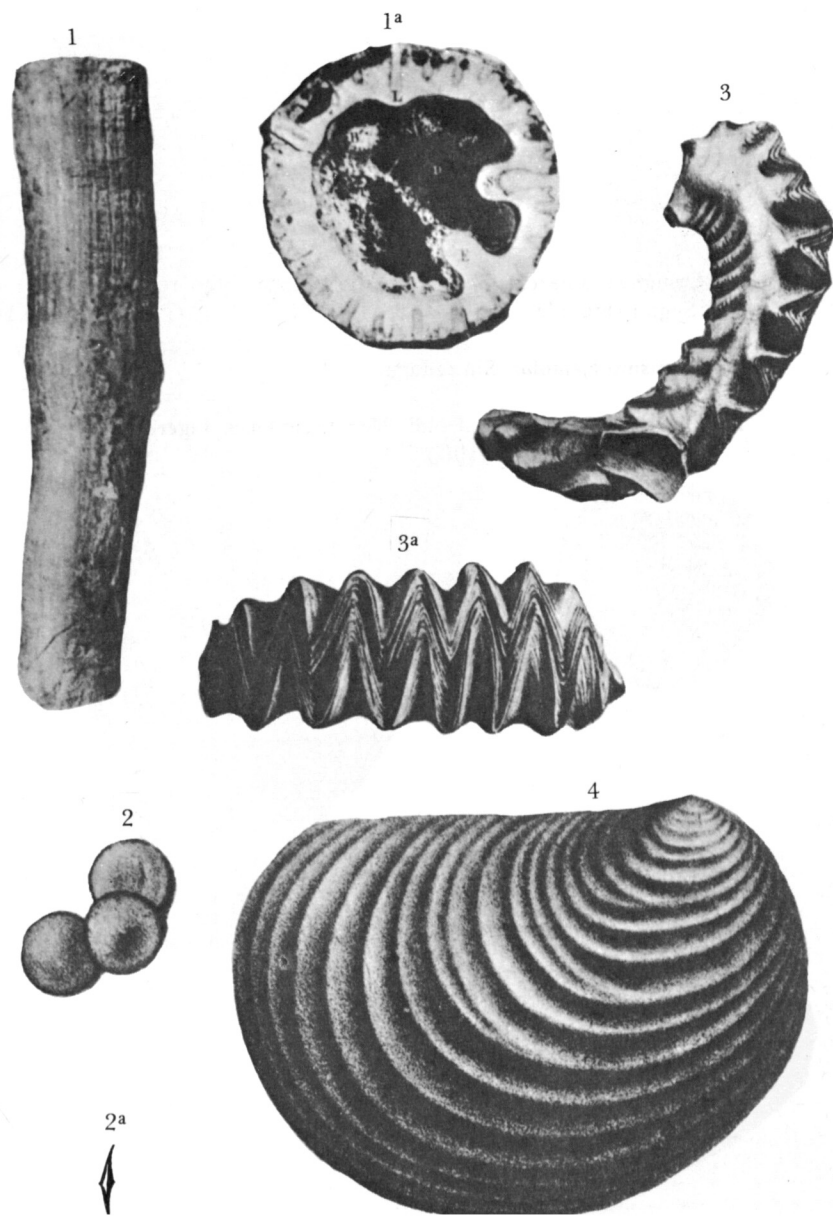
1.—*Batolites organisans*, Monf. Campaniense. X 2/3. (Según Douvillé).

1 a.—El mismo ejemplar. X 2.

2.—*Lepidorbitoides socialis*, Leym. Maestrichtiense. Ligeramente aumentado. (Según Leymerie).

3.—*Alectryonia* larva, Lam. Maestrichtiense. (Según d'Orbigny).

4.—*Inoceramus balticus*, Bohm. Maestrichtiense. (Según Goldfuss).

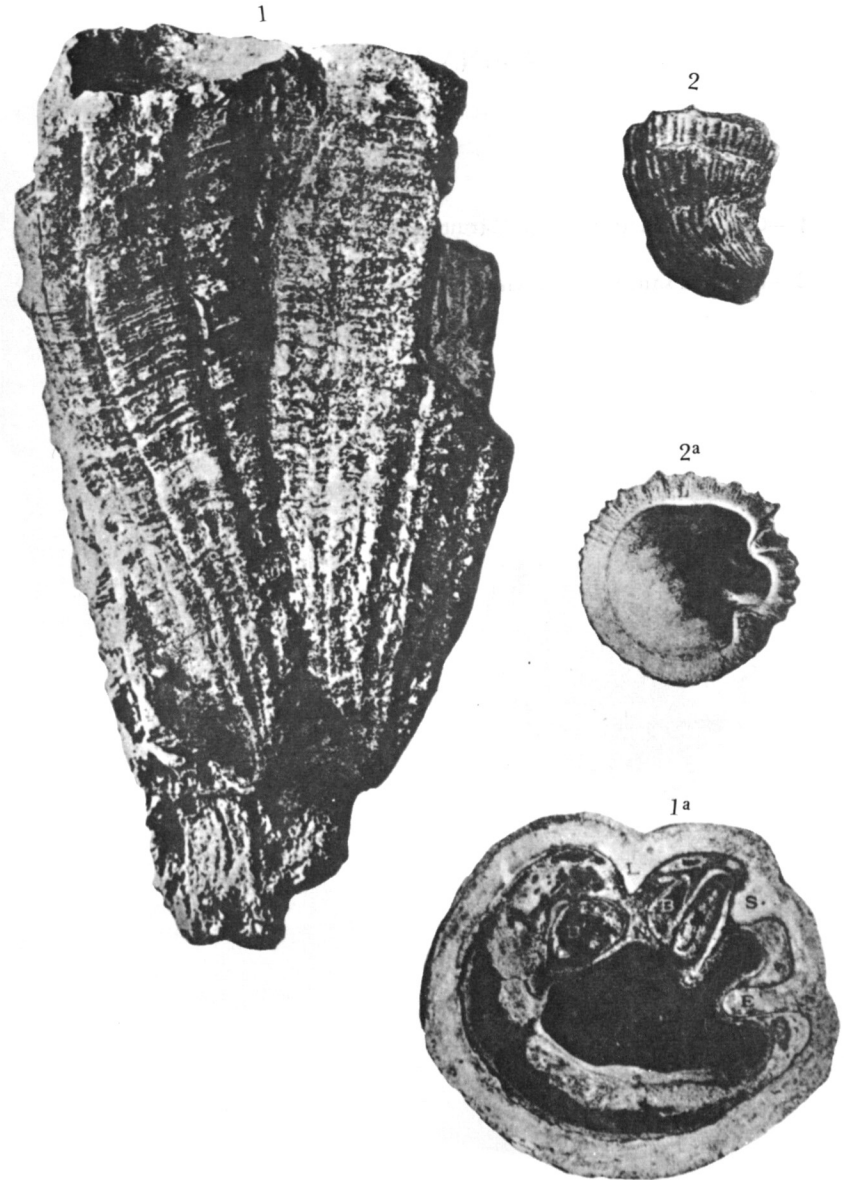


LAMINA LV

1.—*Orbignya lamarcki*, Bayle. Maestrichiense. Algo reducido.
(Según Douvillé).

1 a.—El mismo ejemplar. Sin reducir.

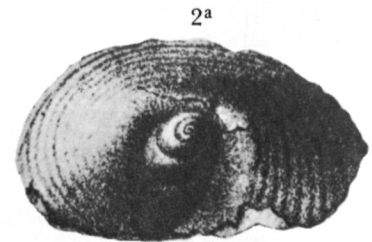
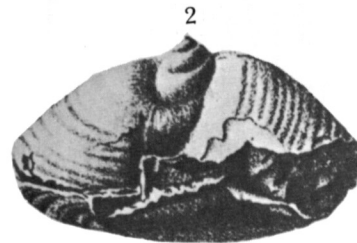
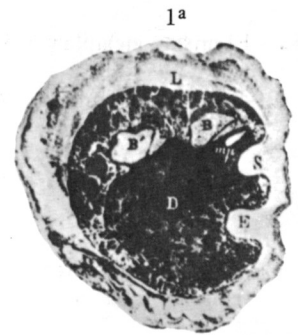
2.—*Orbignya laperousei*, Goldf. Maestrichiense. Ligeramente
reducido. (Según Douvillé).



LAMINA LVI

1.—*Orbignya castroi*, Vidal. Garumnense. (Según Douvillé).

2.—*Lychnus sanchezi*, Vid. Garumnense. (Según Bataller).



LAMINA LVII

1.—*Alveolina subpirenaica*, Leym. Ypresiense. X 6. (Según Osimo).

1_a.—El mismo ejemplar. X 10.

2.—*Nummulites planulatus*, Lam. Ypresiense. X 5. (Según Gómez Lluca).

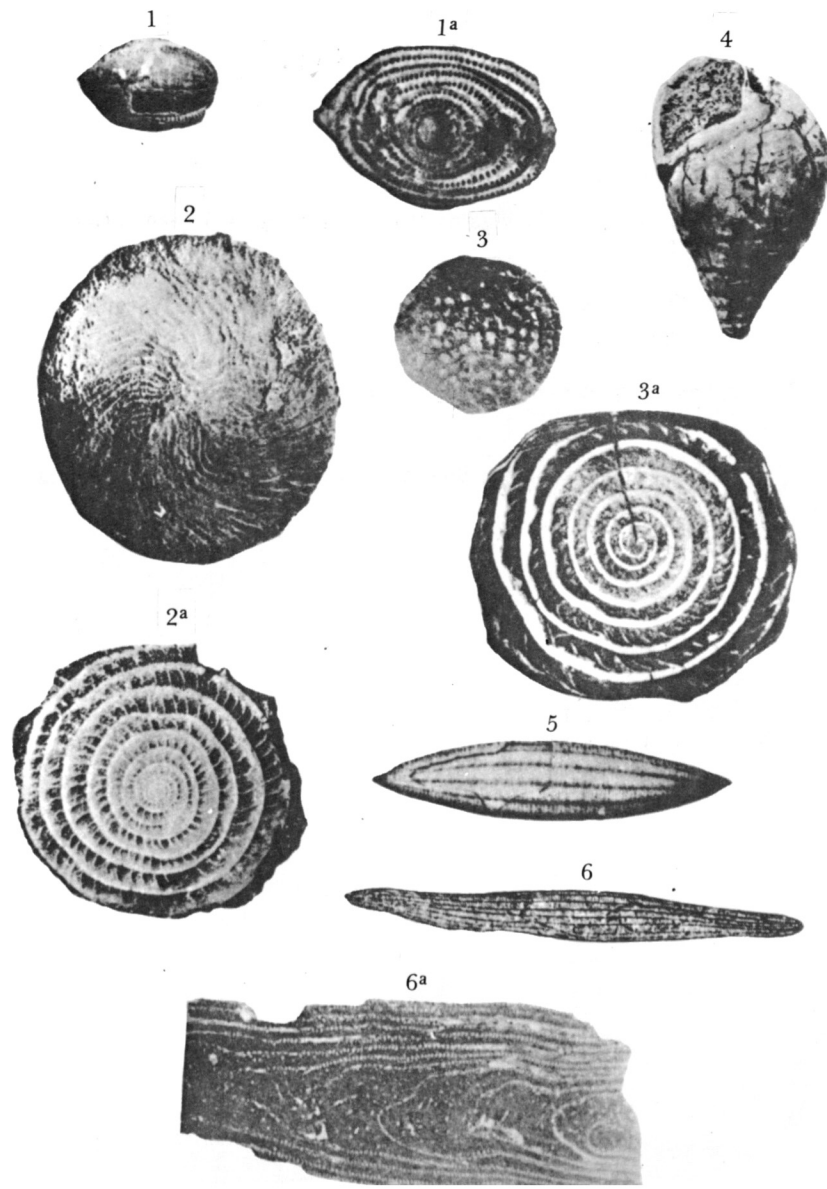
3.—*Nummulites lucasanus*, Defr. Ypresiense. X 5 1/3. (Según Lluca).

3_a.—El mismo ejemplar. X 5 1/2.

4.—*Bulimus gerundensis*, Vid. Eoceno inf. lacustre. Algo reducido. (Según Vidal).

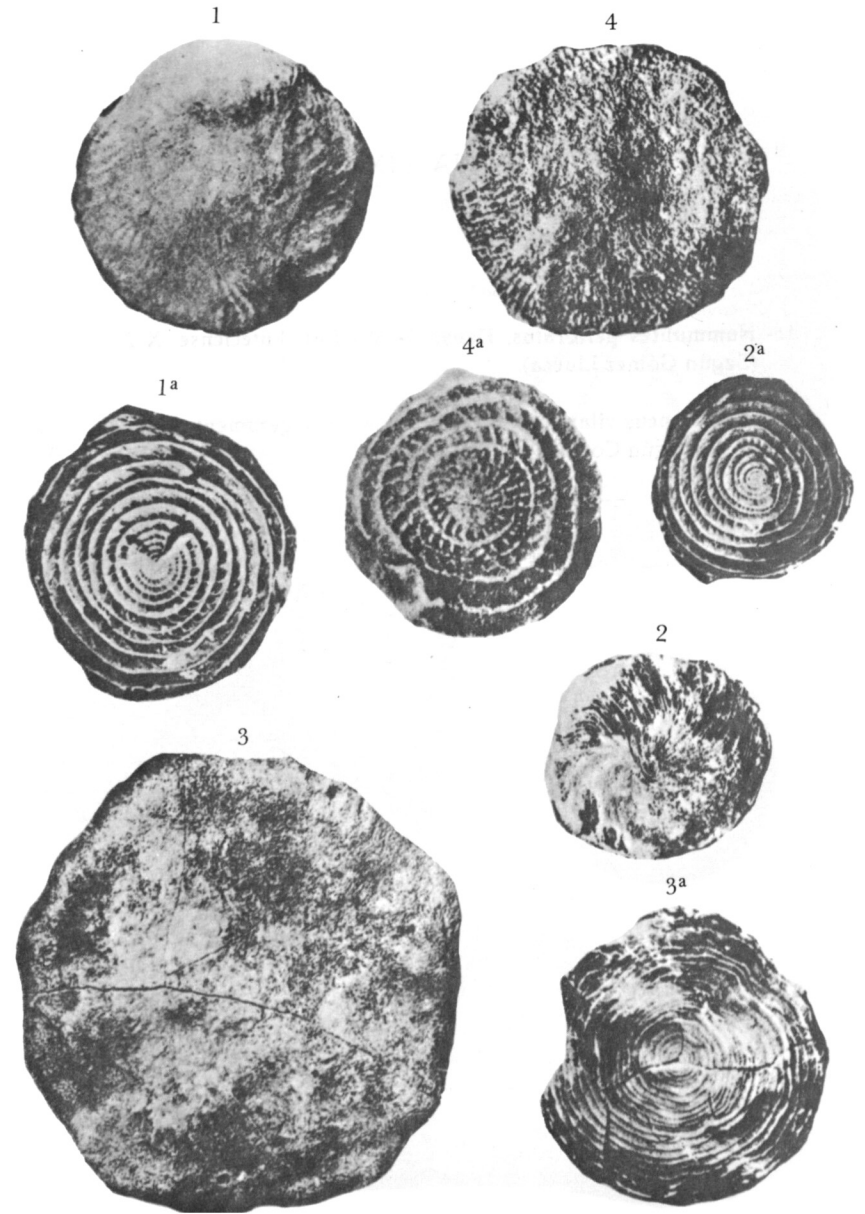
5.—*Alveolina elongata*, d'Orb. Luteciense. X 5. (Según Checchia-Rispoli).

6.—*Alveolina gigantea*, Checc.-Risp. Luteciense. (Según Checchia-Rispoli).



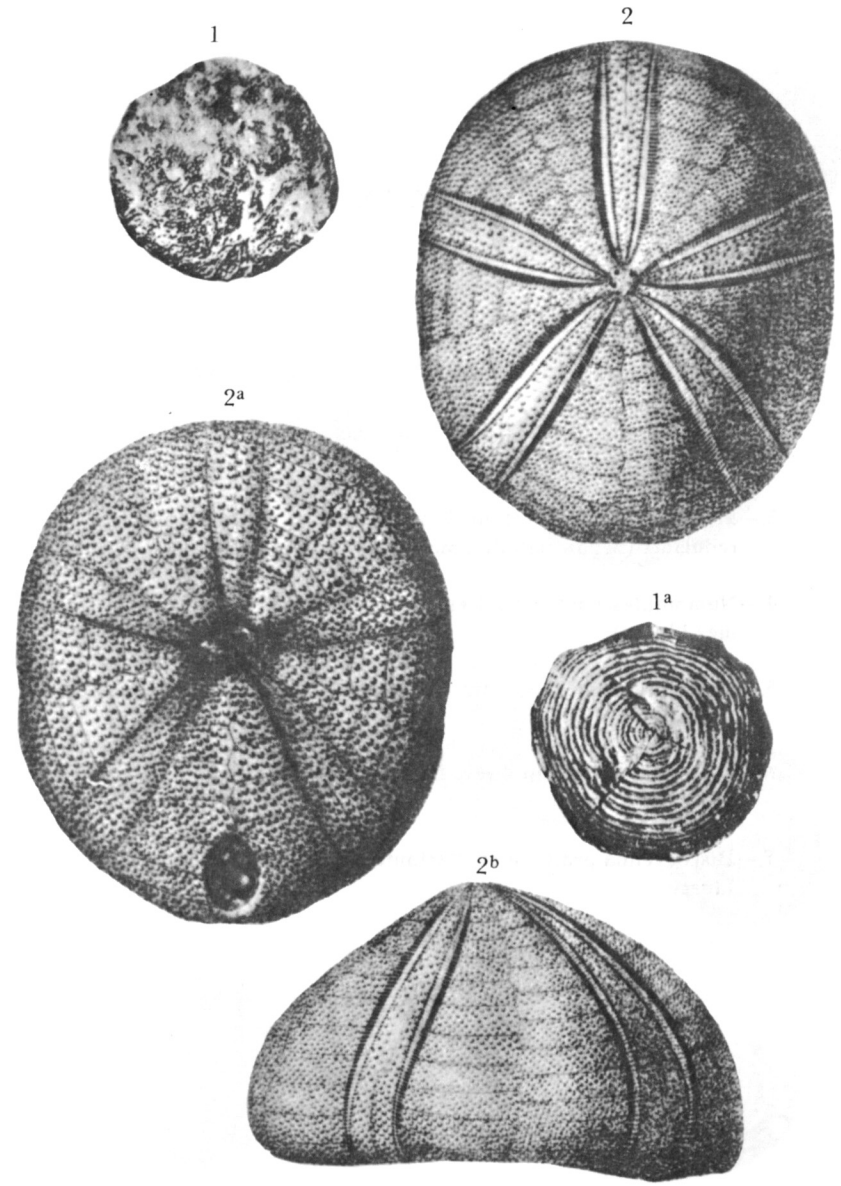
LAMINA LVIII

- 1.—*Nummulites laevigatus*, Brug. Luteciense. X 3. (Según Gómez Lueca).
- 2.—*Nummulites atacicus*, Leym. Luteciense. X $2 \frac{1}{3}$. (Según Gómez Lueca).
- 3.—*Nummulites millecaput*, Boub. Lúteciense. X $2 \frac{1}{3}$ (Según Gómez Lueca).
- 4.—*Assilina exponens*, Sow. Luteciense. X $2 \frac{1}{3}$. (Según Gómez Lueca).



LAMINA LIX

- 1.—*Nummulites perforatus*, Denys de Monfort. Luteciense. X 2.
(Según Gómez Llueca).
- 2.—*Conoclypeus vilanovae*, Cott. Luteciense. Ligeramente reducido.
(Según Cotteau).



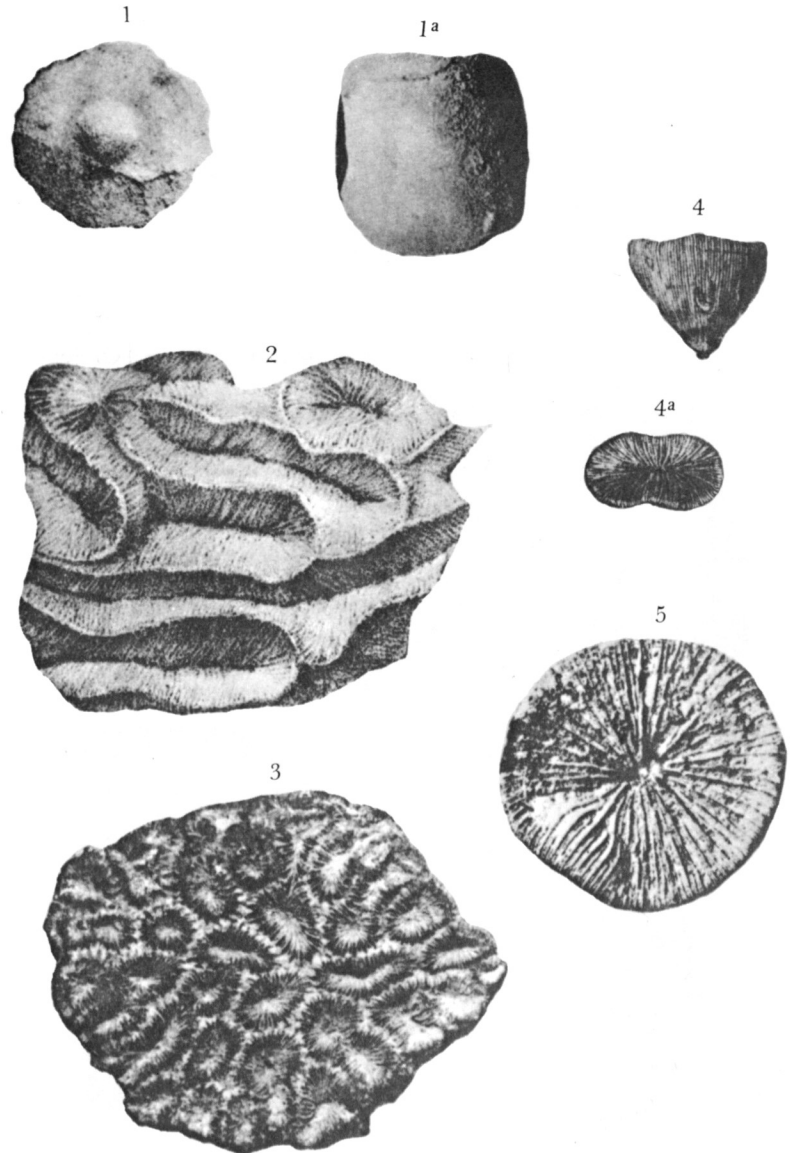
LAMINA LX

- 1.—*Turritella trempina*, Carez. Luteciense. (Según Carez).
- 2.—*Turritella imbricataria*, Lam. Luteciense. Algo reducida. (Según Cossman Pizarro).
- 3.—*Potamides (Tympanotonus) orengae*, Vid. Luteciense. Algo reducido. (Según Bataller, Masachs y Gálvez Cañero).
- 4.—*Nummulites contortus*, Desh. Bartoniense. X 2. (Según Gómez Lluca).
- 5.—*Nummulites striatus*, Brug. Bartoniense. X 3. (Según Gómez Lluca).
- 6.—*Nummulites fabianii*, Prev. Bartoniense. X 6. (Según Gómez Lluca).
- 7.—*Discocyclusa pratti*, Mich. Bartoniense. X 2 1/2 (Según Gómez Lluca).



LAMINA LXI

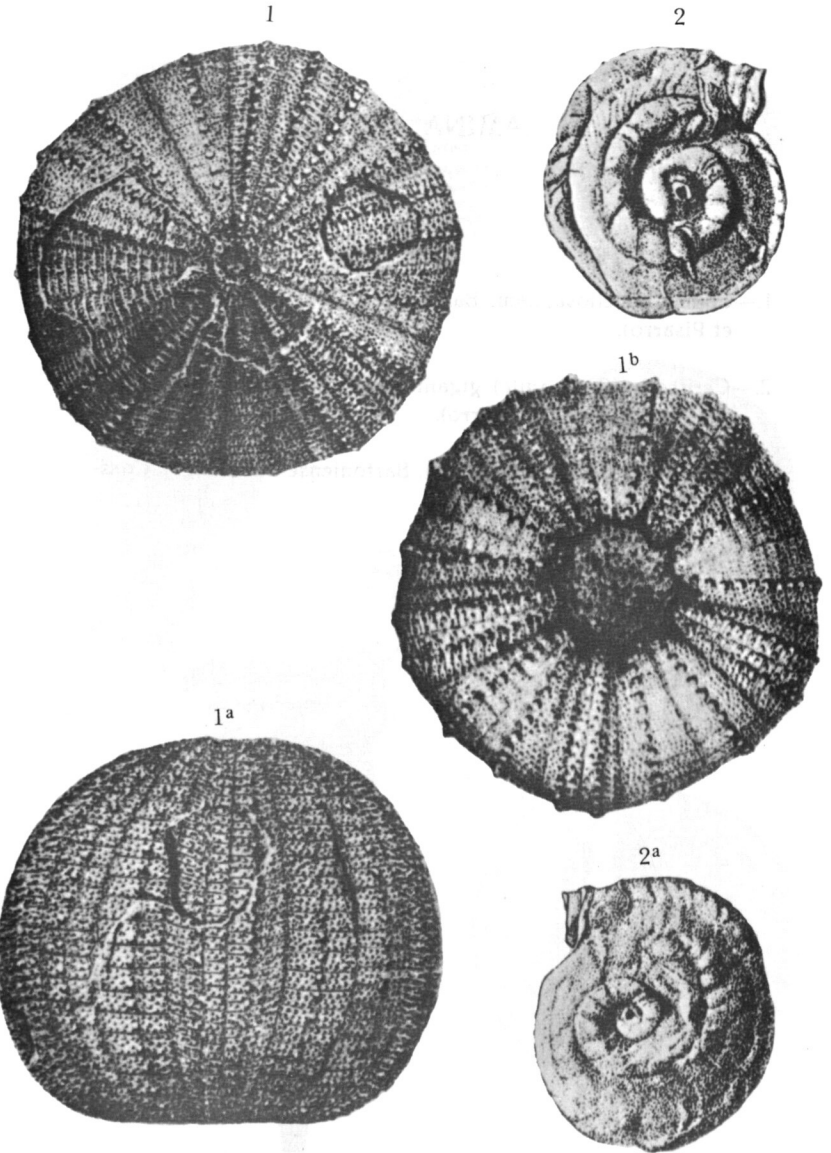
- 1.—*Discocyclus sella*, d'Arch. Bartoniense. X 5. (Según Gómez Lluca).
- 2.—*Hydnophyllia profunda*, Mich. Bartoniense. (Según Michelin).
- 3.—*Favia bauzai*, Mall. Bartoniense. Ligeramente ampliada. (Del original).
- 4.—*Pattalophyllia sinuosa*, Brongn. Bartoniense. Ligeramente reducida. (Según Oppenheim).
- 5.—*Cycloseris barcelonensis*. Opp. Bartoniense. X 2/3. (Según Solé Sabarís).



LAMINA LXII

1.—*Leiopedina tallavignesi*, Cott. Bartoniense. (Según d'Orbigny).

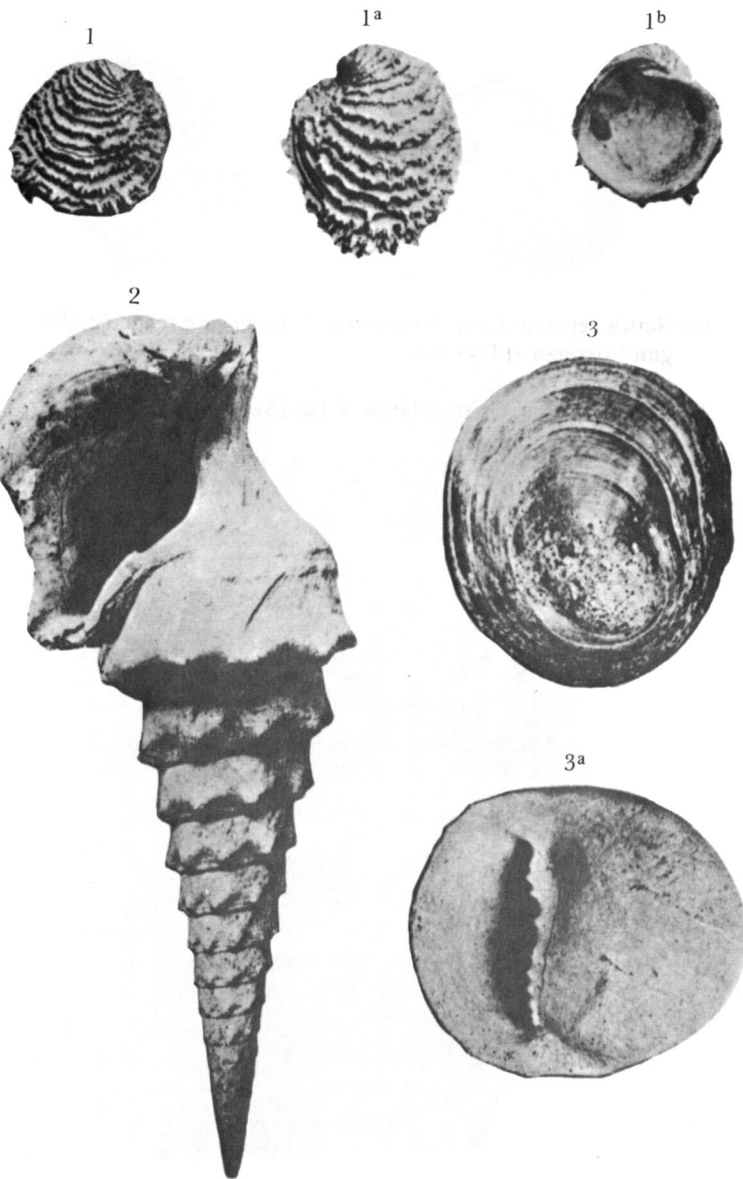
2.—*Serpula spirulea*, Lam. Bartoniense. X 2. (Según Piveteau).



LAMINA LXIII

- 1.—*Chama lamellosa*, Lam. Bartoniense. X 2/3. (Según Cossman et Pizarro).
- 2.—*Cerithium (Campanile) giganteum*, Lam. Bartoniense. X 1/3. (Según Cossman et Pizarro).
- 3.—*Velates schimidelianus*, Chem. Bartoniense. X 2. (Según Cossman et Pizarro).

LAMINA LXIII



LAMINA LXIV

1.—*Natica cepacea*, Lam. Bartoniense. Ligeramente reducido. (Según Cossman et Pizarro).

2.—*Scolicia prisca*, Quatr. Flysch. X 1/2. (Según Azpeitia).

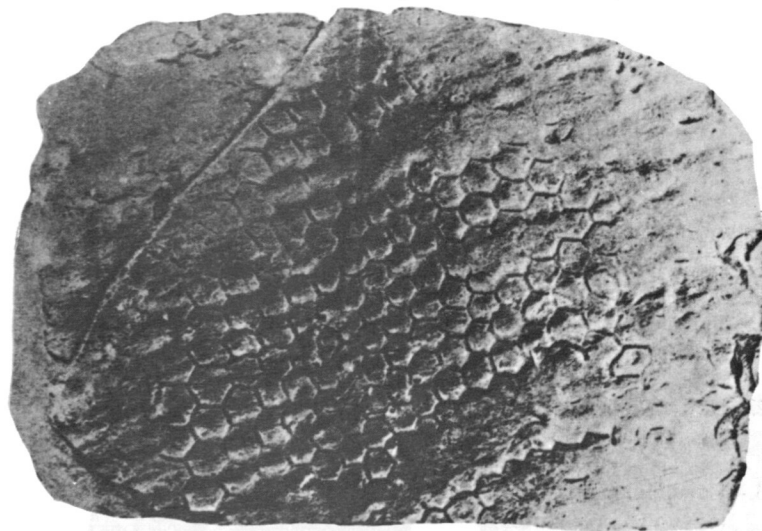


LAMINA LXV

- 1.—*Palaeodyctium majus*, Men. Flysch. X 2/3. (Según Azpeitia).
- 2.—*Helminthopsis sinuosa*, Axp. Flysch. X 1/2. (Según Azpeitia).

LAMINA LXV

1



2



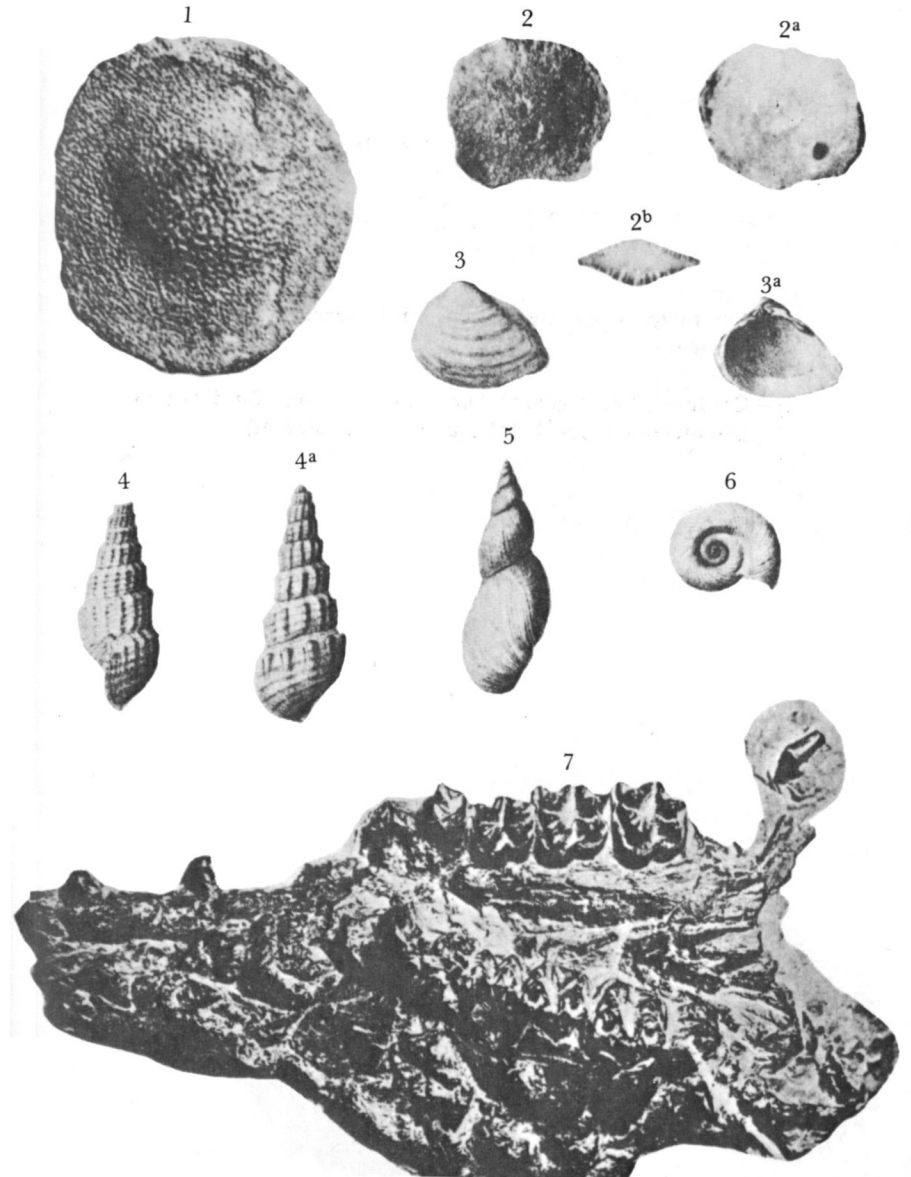
LAMINA LXVI

- 1.—*Nummulites vascus*, Joly y Leym. Estampaniense. (Según Boussac).
- 2.—*Nummulites intermedius*, d'Arch. Estampaniense. X 5. (Según Gómez Llueca).
- 3.—*Eulepidina elephantina*, Mun.-Chalm. Estampaniense. X 2. (Según Gómez Llueca).



LAMINA LXVII

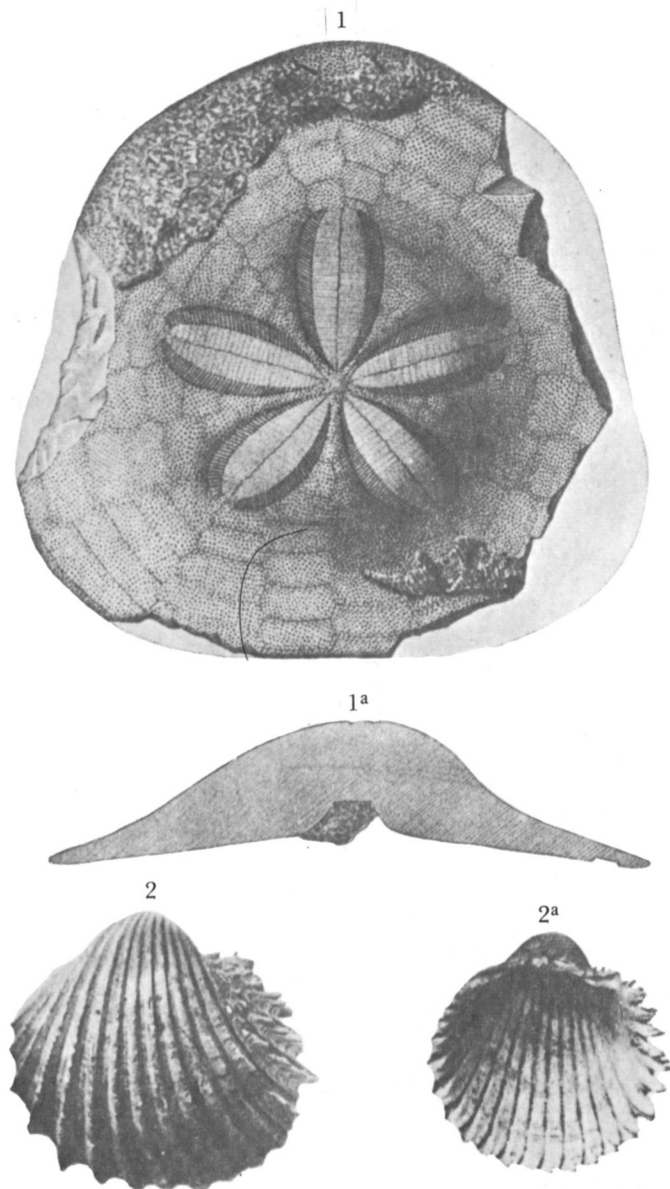
- 1.—*Eulepidina formosoides*, Douv. Estampaniense. X 5. (Según Gómez Llueca).
- 2.—*Nephrolepidina marginata*, Mich. Estampaniense. X 4. (Según Gómez Llueca).
- 3.—*Cyrena semistriata*, Desh. Sannoniense. Ligeramente reducido. (Según Sandberger).
- 4.—*Melanoides albigensis*, Noul. Sannoniense. Ligeramente reducido. (Según Sandberger).
- 5.—*Limnaea longiscata*, Brongn. Sannoniense. Ligeramente reducido. (Según Sandberger).
- 6.—*Planorbis cornu*, Brongn. Ligeramente reducido. Según (Sandberger).
- 7.—*Brachyodus cluai*, Dep. Sannoniense. X. (Según Marín, Manduley y Bataller).



LAMINA LXVIII

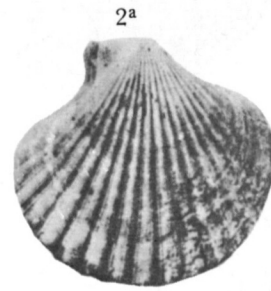
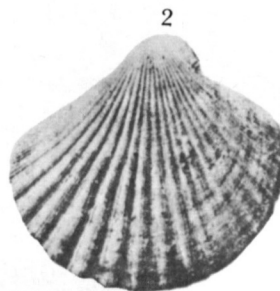
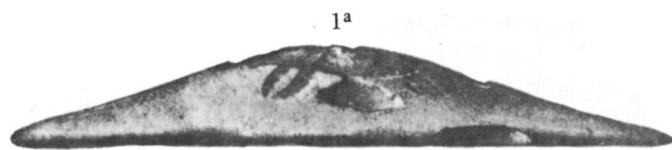
1.—*Clypeaster scutellatus*, Serr. Burdigaliense. X 3/4. (Según Michelin).

2.—*Cardium (Ringicardium) burdigalinum*, Lam. Burdigaliense. Ligeramente reducido. (Según Cossman Peyrot).



LAMINA LXIX

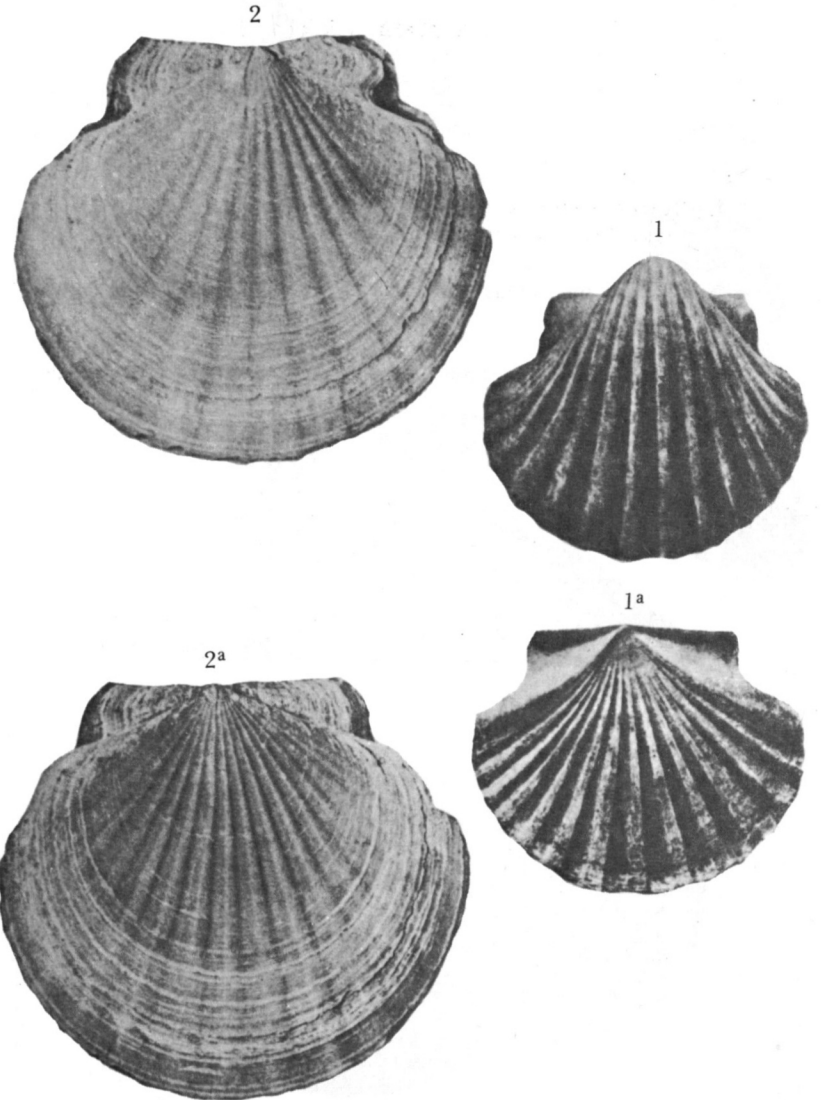
- 1.—*Scutella tarraconensis*, Lamb. Burdigaliense. X 2/3. (Según Lambert).
- 2.—*Chlamys praescabriusculus*, Font. Burdigaliense. (Según Schaffer).



LAMINA LXX

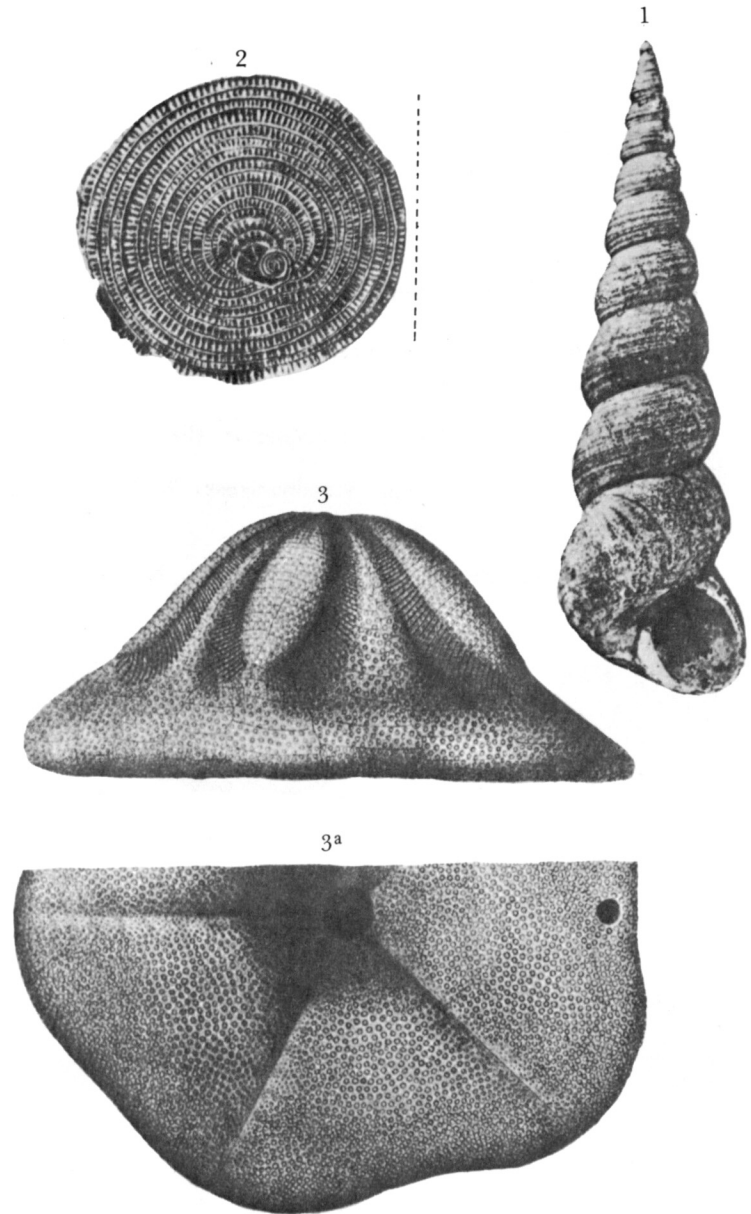
1.—*Pecten subbenedictus*, Font. Burdigaliense. Algo reducido.
(Según Deperet et Roman).

2.—*Flabellipecten-burdigaliensis*, Lam. Burdigaliense. Algo reducido.
(Según Deperet et Roman).



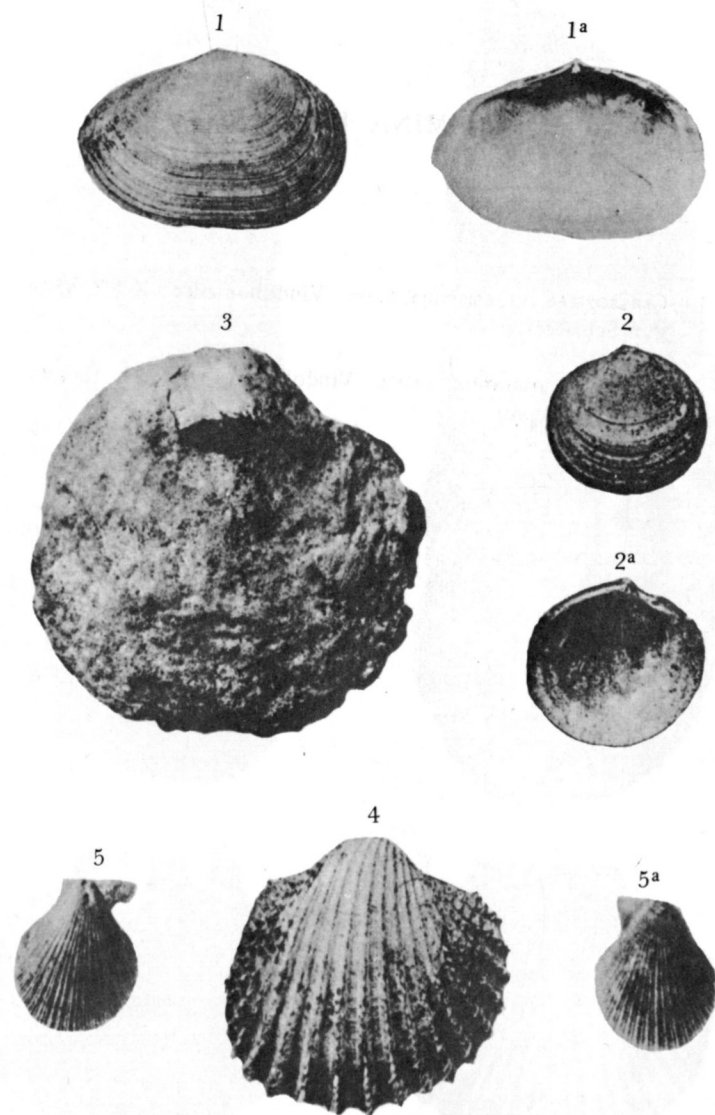
LAMINA LXXI

- 1.—*Turritella terebralis*, Lam. Burdigaliense. Ligeramente reducida. (Según Schaffer).
- 2.—*Discospirina tenuissima*, Carp. Vindoboniense. X 6. (Según Cushmann).
- 3.—*Clypeaster altus*, Lam. Vindoboniense. X 3/4. (Según Michelin).



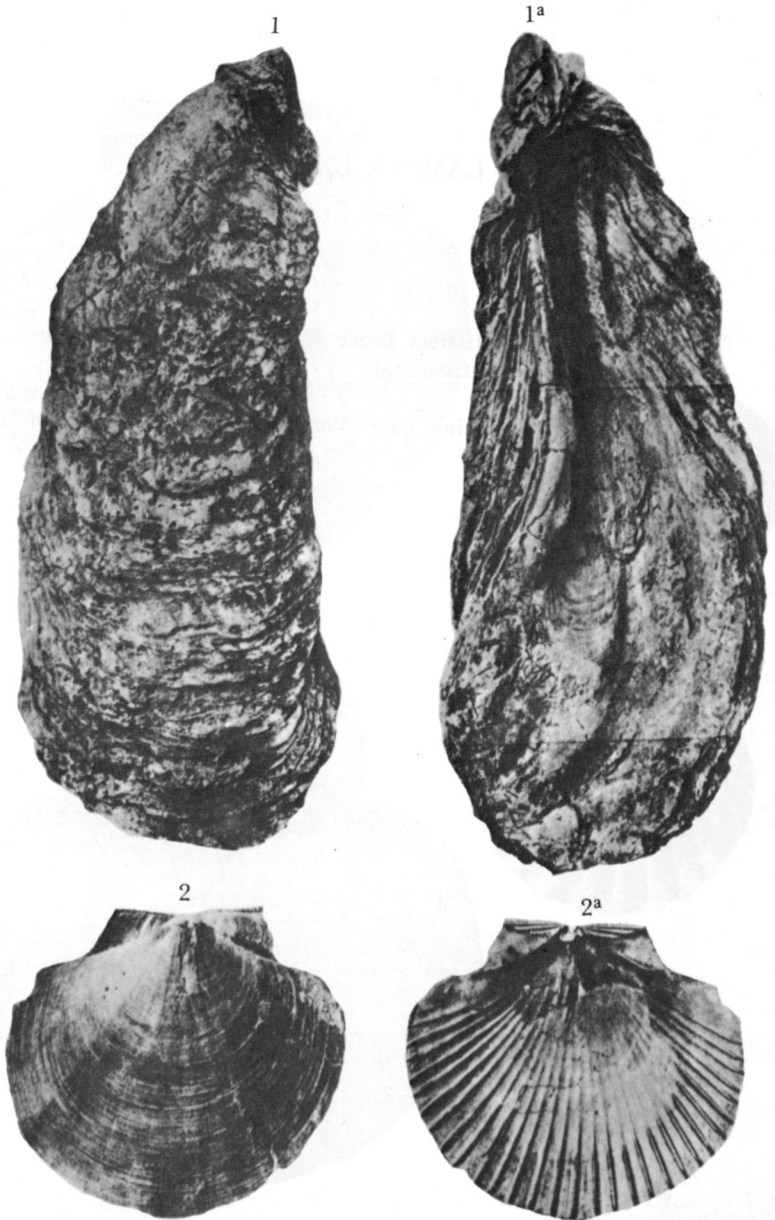
LAMINA LXXII

- 1.—*Tellina planata*, Linn. Vindoboniense. X 2/3. (Según Sacco).
- 2.—*Lucina* (*Dentilucina*) *miocenica*, Micht. Vindoboniense. Algo reducida. (Según Sacco).
- 3.—*Anomia ephippium*, Linn. Vindoboniense. (Según Schaffer).
- 4.—*Cardium aculeatum*, Linn. Vindoboniense. X 3/4. (Según Sacco).
- 5.—*Chlamys multistriatus*, Poli. Vindoboniense. X 4/5. (Según Sacco).



LAMINA LXXIII

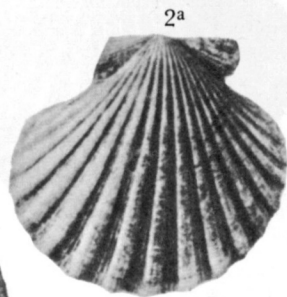
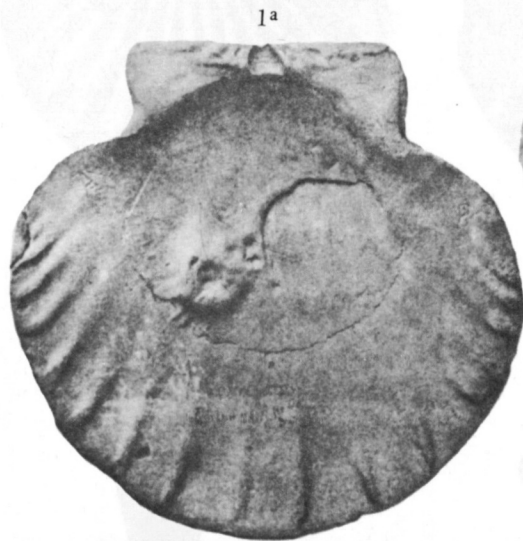
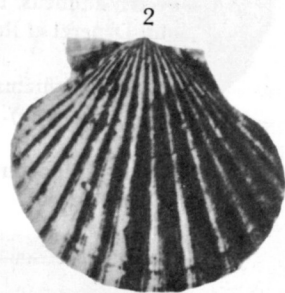
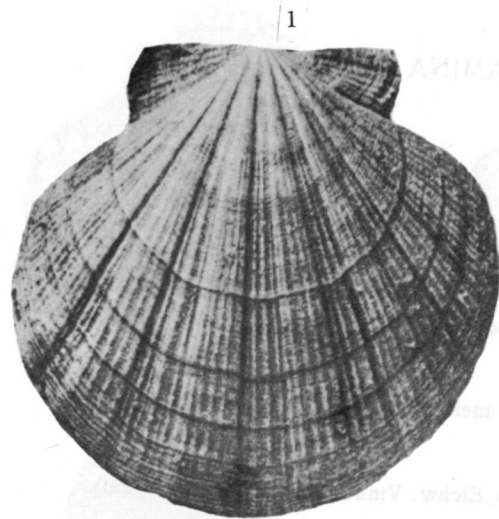
- 1.—*Crassostrea crassissima*, Lam. Vindoboniense. X 1/3. (Según Schaffer).
- 2.—*Amussium cristatum*, Brocc. Vindoboniense. X 2/3. (Según Deperet Roman).



LAMINA LXXIV

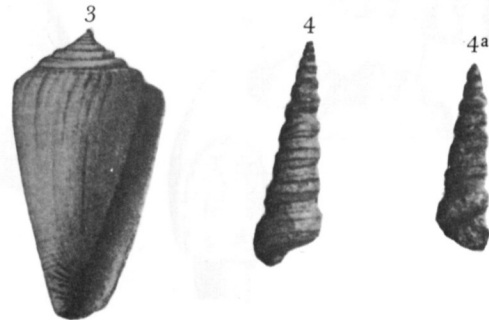
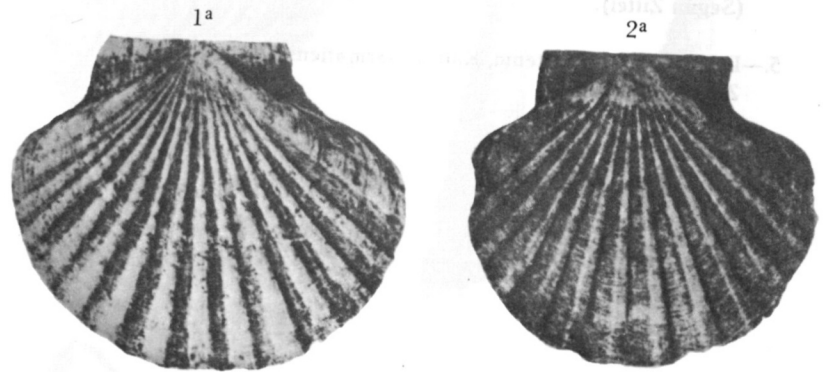
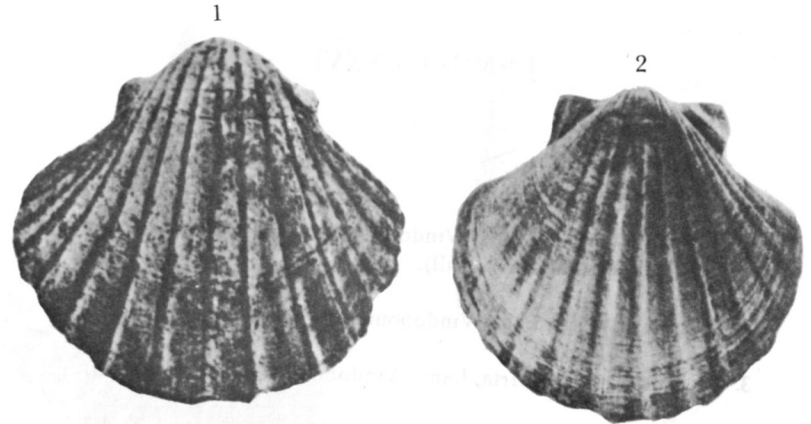
1.—*Machroclamys latissima*. Brocc. Vindoboniense. X 2/3. (Según Dollfus et Dautzenberg).

2.—*Aequipecten scabrelus*, Lam. Vindoboniense. X 3/4 (Según Sacco).



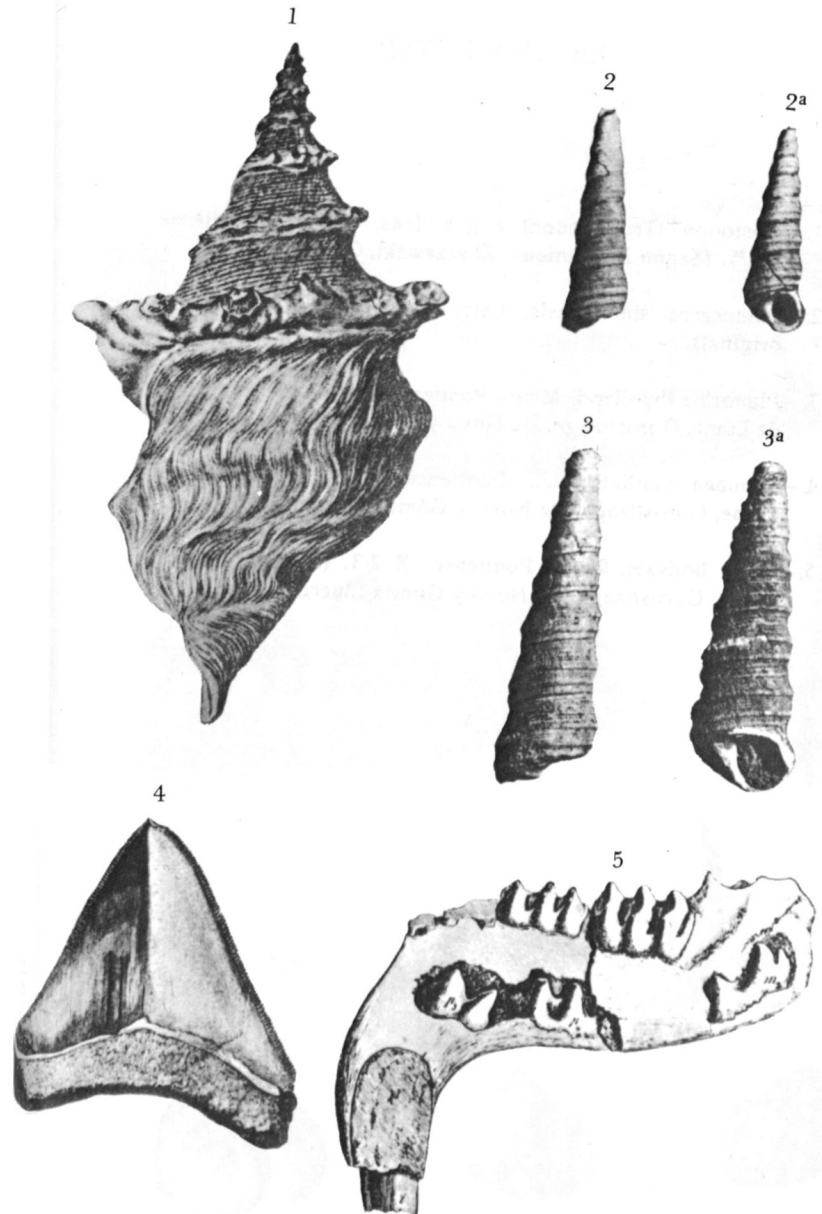
LAMINA LXXV

- 1.—*Pecten aduncus*, Eichw. Vindoboniense. Algo reducido. (Según Deperet et Roman).
- 2.—*Pecten benedictus*, Lam. Vindoboniense. X 2/3. (Según Deperet et Roman).
- 3.—*Conus (Lithoconus) mercati*, Brocc. Vindoboniense. X 2/3. (Según Sacco).
- 4.—*Turritella bicarinata*, Eichw. Vindoboniense. (Del original).



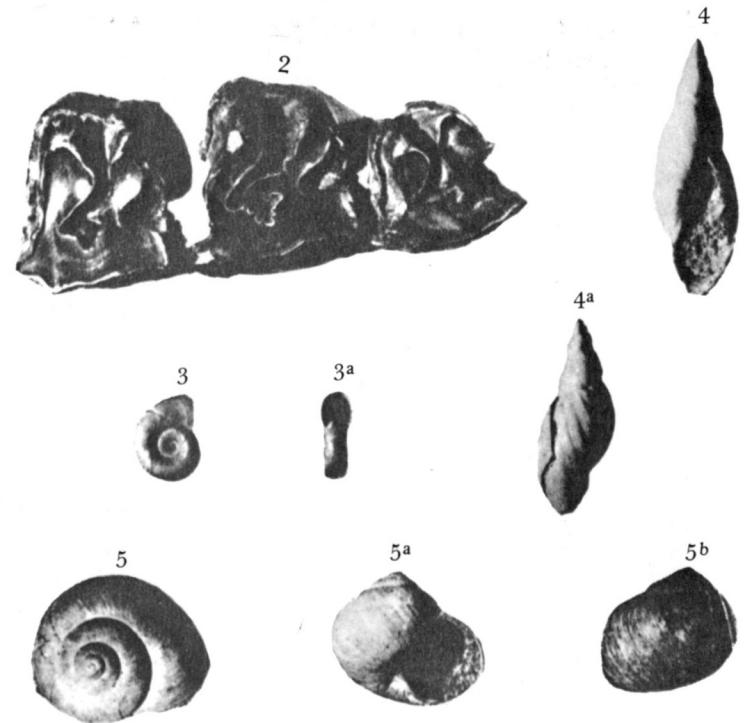
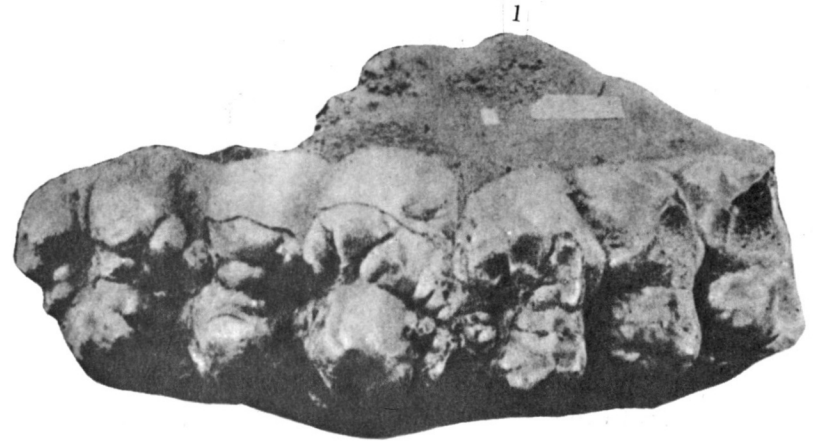
LAMINA LXXVI

- 1.—*Pereiarea gervaisi*, Vez. Vindoboniense. Ligeramente reducido. (Según Almera y Bofill).
- 2.—*Turritella turris*, Bast. Vindoboniense. (Del original).
- 3.—*Turritella imbricata*, Lam. Vindoboniense. (Del original).
- 4.—*Carcharodon megalodon*, Agass. Vindoboniense. X 4/3. (Según Zittel).
- 5.—*Dinotherium giganteum*, Kaup. Sarmatiense. X 1/6. (Según Zittel).



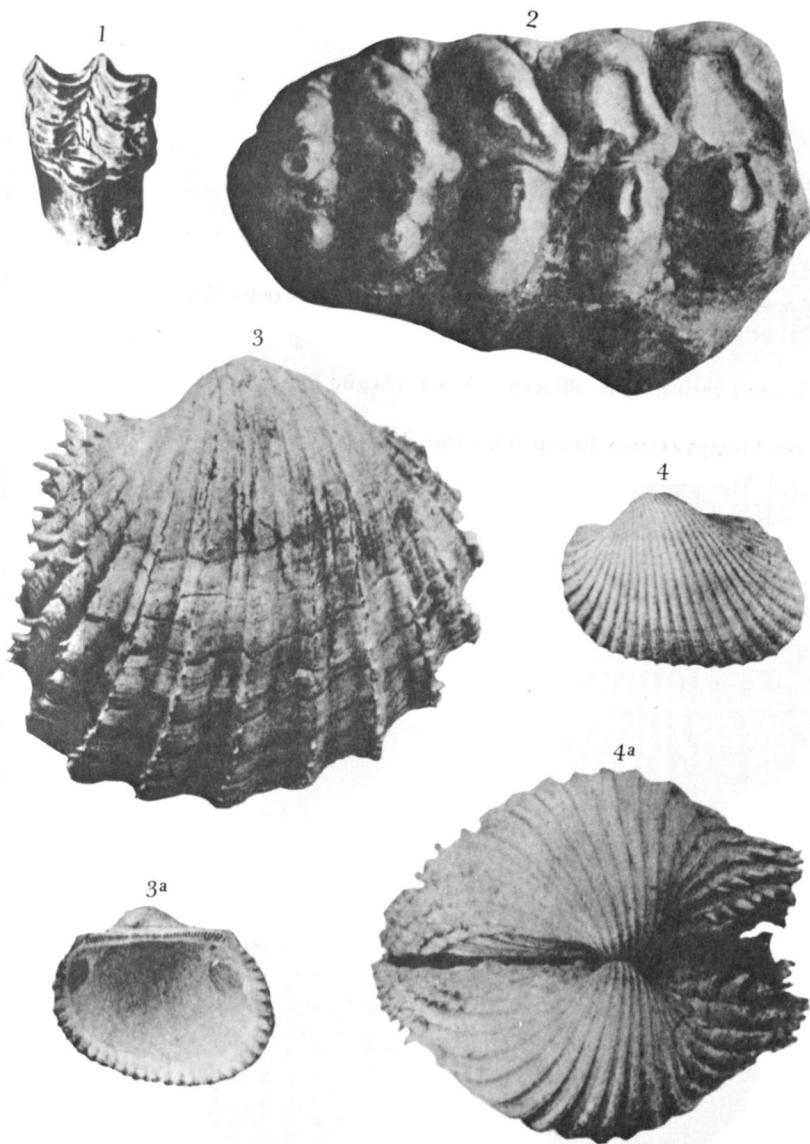
LAMINA LXXVII

- 1.—Mastodon (Trilophodon) angustidens, Cuv. Sarmatiense. X 4/5. (Según Begounioux, Zbyszewski, Crouzel).
- 2.—Rhinoceros simorrensis, Lart. Sarmatiense. X 4/5. (Del original).
- 3.—Planorbis thyollerei, Mich. Pontiense. X 2/3 (Según Dupuy de Lome, Gorostizaga, De Novo y Gómez Llueca).
- 4.—Limnaea bouilleti, Mich. Pontiense. X 2. (Según Dupuy de Lome, Gorostizaga, De Novo y Gómez Llueca).
- 5.—Helix bolivari, Royo. Pontiense. X 2/3. (Según Dupuy de Lome, Gorostizaga, De Novo y Gómez Llueca).



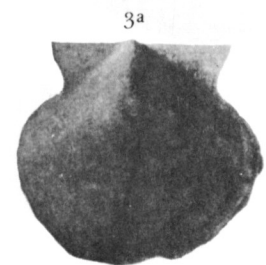
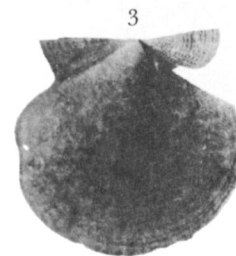
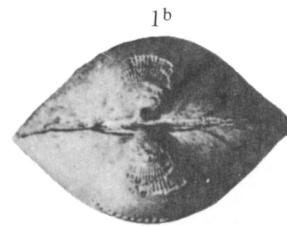
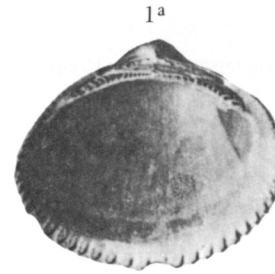
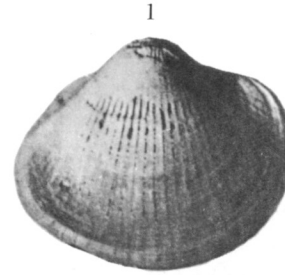
LAMINA LXXVIII

- 1.—*Hipparion gracile*, Kaup. Pontiense. X 4/5. (Según Dupuy de Lome, Gorostizaga, De Novo y Gómez Llueca).
- 2.—*Mastodon (Tetralophodon) longirostris*, Kaup. Pontiense. X 4/5. (Según Begounioux, Zbyszewski, Crouzel).
- 3.—*Cardium (Ringicardium) hians*, Brocc. Plioceno. X 3/4. (Según Sacco).
- 4.—*Arca (Anomalocardia) diluvii*, Lam. Plioceno. X 3/4. (Según Cerulli-Irelli).



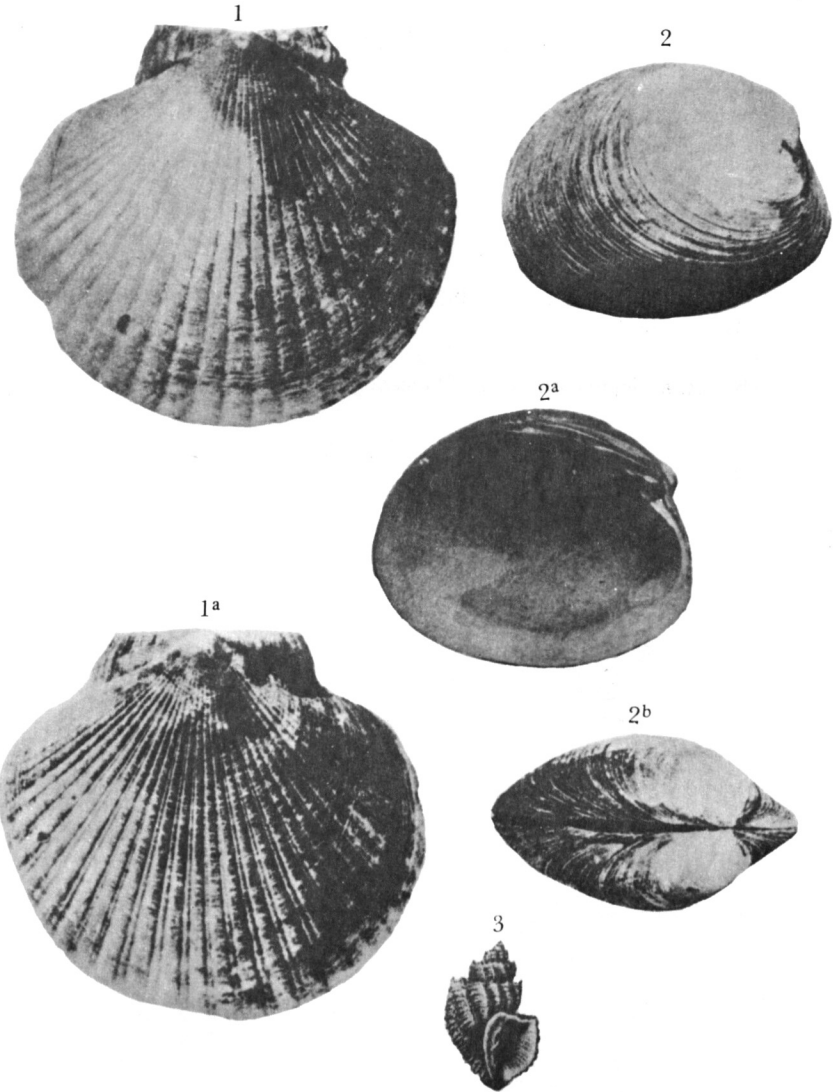
LAMINA LXXIX

- 1.—*Glycymeris gaditanus*, Gmel. Plioceno. Ligeramente reducida.
(Del original).
- 2.—*Chlamys varius*, Linn. Plioceno. X 3/4. (Según Sacco).
- 3.—*Lysochlamys excissa*, Bronn. Plioceno. X 3/4. (Según Sacco).



LAMINA LXXX

- 1.—*Flabellipecten flabelliformis*, Brocc. Plioceno. X 4/5. (Según Sacco).
- 2.—*Meretrix brocchii*, Desh. Plioceno. X 3/4. (Según Sacco).
- 3.—*Cancellaria umbilicaris*, Brocc. X 2/3. Plioceno. (Según Nyst).



LAMINA LXXXI

- 1.—*Strombus coronatus*, DeFr. Plioceno. Ligeramente reducido.
(Del original).
- 2.—*Murex spinicosta*, Bronn. Plioceno. Ligeramente reducido.
(Del original).
- 3.—*Natica millepunctata*, Lam. Plioceno. X 2/3. (Según Nyst).

