

MACROFORAMINIFEROS

J. Butterlin

Profesor Titular de Universidad en
Francia; Consejero Cultural y de Coor-
peración Científica y Técnica en la
Embajada de Francia en México.

Contenido

Página

1. Objetivos	1
2. Plan General	2
3. Definición de los Macroforaminíferos	3
4. Interés del estudio de los Macroforaminíferos	5
5. Caracteres morfológicos	6
6. Métodos de estudio	21
7. Métodos de determinación de las especies. Clasificación. claves de determinación. Examen detallado de las familias de las claves.....	22
8. Utilización de los Macroforaminíferos en Estratigrafía...	22
9. Recolección de las muestras en el campo. Determinación de su posición geográfica y estratigráfica.....	23
10. Bibliografía	34

CURSO DE MICROPALEONTOLOGIA APLICADA

MACROFORAMINIFEROS

'14 - 15 de octubre de 1980)

I. Objetivos de este curso

Los objetivos de este curso son esencialmente :

1. Darles los conocimientos necesarios para poder determinar las especies de Macroforaminiferos de la región del Caribe, a partir de una clave dicotómica, utilizando características que se observan en cortes ecuatoriales y transversales axiales.

Es entonces una enseñanza esencialmente metodológica y práctica. No se trata de aprender, de memoria, datos que se pueden encontrar en las publicaciones, sino, más bien, de poder resolver en el laboratorio, el problema de esta determinación.

Determinadas las especies se podrá entonces determinar la edad de las muestras que las contienen.

2. Dar a Ustedes consejos para la recolección del material fosilífero en el campo.

Mariano Castro M.
GEOLOGÍA

III. Definición de los Macroforaminíferos

Los Macroforaminíferos son así llamados porque, en general, son de tamaño mayor que los demás Foraminíferos, llamados Microforaminíferos.

Esta distinción es de carácter práctico y no tiene valor taxonómica sistemática. No es muy satisfactoria. Algunos Macroforaminíferos son muy pequeños y algunos Microforaminíferos son mayores que aquellos.

Otra definición es que los Macroforaminíferos son los Foraminíferos que no se pueden determinar sin un estudio de su estructura interna mientras que los Microforaminíferos se podrían determinar ^{por} sus caracteres externos únicamente.

Si esta distinción es válida, en general, la tendencia moderna es de estudiar cada vez más la estructura interna en los Microforaminíferos, sobre todo con la utilización, cada vez más frecuente, del microscopio electrónico "a balayage" (Scanning).

Se considera también que los Macroforaminíferos son únicamente bentónicos mientras que los Microforaminíferos son o bien bentónicos o bien planctónicos.

Si la gran mayoría de los Macroforaminíferos son bentónicos, parece que algunos, particularmente los de la super-familia Fusulinoidea, del Paleozoico superior, podían ser plantónicos o nectónicos.

En resumen, no existe una definición completamente satisfactoria de los Macroforaminíferos. Podemos decir que se trata de Foraminíferos, generalmente de tamaño grande,

de los cuales no se pueden determinar las especies sin un estudio de la estructura interna, Son, en su gran mayoría, bentónicos y viven en la plataforma continental (0-200 m.) y sobre todo en la parte interna (más cercana a las costas) es decir, hasta el piso infralitoral.

Recordamos que, en la plataforma continental, se pueden distinguir varias subdivisiones o pisos según la repartición de las formas bentónicas (PERES, 1961) :

- supralitoral : el donde viven los organismos que exigen una emersión continua, a parte de las mareas muy fuertes;
- mediolitoral : corresponde a la zona intertidal (zona de extensión de las mareas normales);
- infralitoral : su límite superior corresponde al nivel inferior de las mareas y su límite inferior corresponde a la desaparición de las Algas fotófilas. Varía entre 15 m. en las altitudes altas y 80 m. en algunas zonas tropicales.

Estos tres pisos corresponden al dominio recifal donde pueden vivir los arrecifes.

- circalitoral : su límite superior corresponde al límite inferior del piso infralitoral y su límite inferior a la desaparición de las Algas más resistentes a la falta de luz (ciafilas), es decir, en general, una profundidad del orden de 200 m.
- vienen después el piso batial que corresponde al talud continental y los fondos marinos hasta alrededor de

../...

3000 m., el piso abisal, de 3000 m hasta 6000-7000 m., el piso ultraabisal o hadal que corresponde a las profundidades todavía mayores.

IV. Interés del estudio de los Macroforaminíferos

A parte del interés general del estudio de los seres de los tiempos geológicos, los Macroforaminíferos presentan un gran interés en varios dominios :

1. Pueden desarrollarse en condiciones que no son favorables a la vida de los Foraminíferos planctónicos.

Es el caso en aguas someras y en aguas con aportaciones abundantes de material detrítico, sobre todo de grano fino.

Entonces pueden sustituirse a los Foraminíferos planctónicos, en este caso, para la determinación de la edad de las capas en las cuales se encuentran.

Nos permiten, generalmente, una zonación tan fina como los Foraminíferos planctónicos.

Sin embargo, permiten una zonación, gracias a la presencia simultánea de especies de repartición estratigráfica distinta (zona de extensiones concurrentes, anteriormente hemerozona concurrente).

Es así como en la región del Caribe se pueden distinguir pisos o subpisos del Cretácico superior al Mioceno medio, gracias a las especies de Macroforaminíferos.

2. Los Macroforaminíferos presentan también un interés por la determinación de las condiciones paleoecológicas.

Foraminíferos bentónicos que se desarrollan en condiciones

../...

bastante estrictas de temperatura (estenotermos), de profundidad, de naturaleza de los fondos, suministran informaciones valiosas sobre las condiciones ecológicas que existían en los sedimentos en los cuales se encuentran si, naturalmente, no fueron retrabajados en sedimentos más recientes.

Estas indicaciones son muy importantes para reconstituir la paleogeografía de los tiempos pasados, y, en particular, las zonas litorales y entonces las costas.

3. Los Macroforaminíferos presentan una variación específica y una evolución, particularmente en la nucleoconcha y en las cámaras periembrionarias (juvenarium o periodo nepiónico) que permiten restablecer, a veces, su árbol genealógico. Son entonces interesantes como pruebas en favor de la evolución.

Los estudios de estos fenómenos, que se han desarrollado recientemente, pueden permitir llegar a veces en poder determinar la edad, basándose únicamente en el estado de evolución del juvenarium (nucleoconcha, cámaras periembrionarias).

Hay, sin embargo, que utilizar estos datos con mucha precaución cuando se trata de regiones alejadas, unas de otras, puesto que vale únicamente en un phylum bien determinado.

V. Caracteres morfológicos de los Macroforaminíferos : la concha

Estudiaremos sucesivamente :

Mariano Casto M.
GEOLOGIA

1. Los elementos constitutivos de la concha
2. Constitución y estructura de la pared (o testa) de la concha
3. Tipos de enrollamiento de la concha. 'Forma y disposi-

ción de las cámaras.

4. Caracteres externos - Abertura

1. Los elementos constitutivos de la concha

La concha puede ser unilocular o plurilocular, es decir, comprende una sola cámara o varias cámaras, a veces subdivididas en camaritas. En los Macroforaminíferos, la concha es siempre plurilocular.

El enrollamiento se realiza por la adición sucesiva de material en la pared externa o lámina espiral, a veces bajo forma de nuevas laminillas (cf. infra) y las cámaras están separadas por tabiques. La huella de los tabiques se puede marcar en la superficie de la lámina espiral, por filetes, como en la familia Nummulitidae. A veces, estos filetes presentan prolongaciones perpendiculares muy finas, los trabeculos transverses.

En la pared de la lámina espiral, como en la de los tabiques, pueden existir un sistema de canales, más o menos complejo, en que se encuentra protoplasma. Hacen comunicar las cámaras entre sí y con el exterior.

En corte axial, en la región marginal de la lámina espiral o cordón marginal, los canales pueden ser más fuertes, como en la familia Nummulitidae.

En la superficie de la concha pueden existir granulaciones o botones que corresponden a la parte superficial de pilares que se desarrollan en el espesor de la lámina espiral y que, a veces, se encuentran sobre los tabiques.

la última cámara comunica con el medio ambiente por una abertura. Además, las cámaras sucesivas comunican entre sí por cavidades (o forámenes), a veces en forma de tubos llamados estolones, muy típicos en el género Orbitoides. La primera cámara es la protoconcha o proloculum. Comunica con la siguiente por un foramen sencillo, o por un tubo más o menos largo o estolón, a veces enrollado y llamado entonces flexostilo, como en las familias Alveolinidae y Soritidae.

La segunda cámara puede ser distinta de las demás cámaras. Es considerada, entonces, también, como una cámara embrionaria y es llamada deuteroconcha.

Las dos cámaras embrionarias constituyen la nucleoconcha.

Después se forman las cámaras nepiónicas o periembrionarias que son generalmente diferentes, a la vez, de las cámaras embrionarias y de las cámaras siguientes que son llamadas cámaras néanicas o adultas.

Presentan a menudo una disposición espiral más o menos clara con una o dos espiras generalmente, a veces tres o cuatro (período nepiónico).

El conjunto de las cámaras nepiónicas y embrionarias constituye el juvenarium.

Las cámaras nepiónicas tienen nombres diferentes según su posición en relación con las cámaras embrionarias :

- las cámaras auxiliares principales son las que se apoyan, a la vez, sobre la protoconcha y la deuteroconcha y se formaron a partir de esta última. Si son dos, la mayor (que no es, seguramente, la primera formada)

llama la primera y la otra la segunda.

- las cámaras que se apoyan sobre la protoconcha se llaman cámaras auxiliares acesorias y las que se apoyan sobre la deuterconcha, cámaras adauxiliares (o epiauxiliares - VAN GORSEL, 1978)
- Las cámaras disimétricas que forman las espiras, nacidas de las cámaras auxiliares principales, se llaman cámaras interauxiliares o cámaras espirales, a parte de la cámara simétrica que se encuentra en la extremidad de una espira periembrionaria y que es, entonces, la última cámara interauxiliar y que se llama, sea cámara de cerradura, sea primera cámara secundaria simétrica.

En realidad, la nomenclatura cambia con los autores.

Las cámaras periembrionarias son las que rodean a la nucleoconcha.

Recordamos, por otra parte, que existen formas A o megalosféricas (así llamadas porque tienen una nucleoconcha grande) y formas B o microsféricas (así llamadas porque tienen una nucleoconcha muy chica)

Pero la concha de la forma B es mayor y, a menudo, mucho mayor que la forma A.

2. Constitución y estructura de la pared (o testa) de la concha.

En los Macroforaminíferos se pueden encontrar tres grandes tipos de constitución y estructura de la testa:

- a) Testas aglutinadas o pseudo-aglutinadas

Se encuentran, en particular, en la familia Orbitolinidae. Fue bien estudiado en el género Orbitolina por DOUGLASS (1960) y HOFKER (1963).

Existe una capa externa (epidermis) delgada, transluciente (capa hialina), que cubre la superficie externa y se prolonga en las septas en las zonas marginal y radial pero no en el centro (zona reticulada).

Es constituida por DOUGLASS, en general, de granos finos de cuarzo incluidos en un cemento calcareo. Por HENSON es constituida de calcita clara.

Debajo de esta capa, que puede faltar, existe una capa microgranular, constituida de microgranos (1 micra a 10 micras ?) de calcita, a menudo con material detrítico aglutinado. A veces pueden aglutinarse fragmentos mayores de origen variable (minerales, microconchas, espículas de esponja, "ojos de calcita", etc.).

La capa hialina, considerada como primaria por DOUGLASS, sería más bien secundaria por HOFKER porque sino impediría la formación de la capa microgranular.

b) Testas calcareas porcelanadas

Son testas calcareas en las cuales no existen perforaciones que permiten la salida de los pseudopodos. Entonces estos no pueden salir más que por la abertura.

Presentan en luz reflectada un aspecto lechoso, de porcelana, que le vale su nombre. En luz transmitida la testa es opaca negruzca, densa.

Esta constitución se encuentra en numerosas familias.

c) Testas calcareas hiálinas

Son testas calcareas, en las cuales existen perforaciones que permiten la salida de los pseudópodos. En luz reflectada presentan un aspecto no brillante y en luz transmitida, la testa es clara y no oscura.

Además, la estructura es de tipo lamelar, en vez de ser no lamelar, como en los dos grupos anteriores.

En estos últimos, la pared de cada cámara se forma de manera independiente y no tiene nada de común con las cámaras anteriores.

Al revés, en las testas calcareas hiálinas, cada cámara nueva añade, sobre el exterior de toda la concha, una capa (o laminilla), de tal modo que las primeras cámaras tienen una pared mucho mayor que las últimas.

REISS (1958, 1963) ha realizado un estudio detallado de esta disposición y pudo distinguir varios tipos :

- el tipo monolaminar en el cual los tabiques tienen una pared sencilla.
- el tipo bilaminar en el cual los tabiques tienen una pared doble, con una doble capa laminar.

En este tipo se distinguen dos subtipos :

- uno en el cual la capa laminar interna se forma muy rapidamente en la última cámara sobre la laminilla nueva (forro primario).
- uno en el cual la segunda capa interna se forma muy tarde en la última cámara, solamente sobre el tabique que la separa de la cámara anterior. Se verifica por el hecho que el último tabique no es doble.

Estos caracteres fueron considerados por REISS como caracteres de evolución, los dos subtipos bilamelares constituyendo dos ramas independientes derivadas del tipo monolaminar.

Esta suposición ha sido rechazada por GLAESSNER (1963) que ha mostrado que las familias agrupadas según este caracter presentan muchas diferencias en los demás caracteres (morfología de la concha, abertura, etc..)

Se podría tratar más bien de fenómenos de convergencia.

Se debe añadir que estos caracteres son muy difíciles de reconocer, sobre todo en formas fósiles. Es así como HOFKER (1967, 1971) considera que los Foraminíferos planctónicos de la superfamilia Globigerinoidea son monolaminares y no bilaminares como lo admite REISS.

Mariano Castro M.
GEOLOGÍA

3. Tipos de enrollamiento de la concha. Forma y disposición de las cámaras.

En los Macroforaminíferos los tipos principales de enrollamiento son los siguientes :

a) enrollamiento planispiral

En este tipo la lámina espiral, de forma ogival, presenta un plan de simetría bilateral. Se enrolla conservando el mismo plan de simetría bilateral, alrededor de un eje perpendicular a este plan, en el mismo tiempo que crece de tamaño, formando nuevas cámaras por virgación o encorvamiento periodico de la lámina espiral paralelamente al eje de enrollamiento.

Según los tamaños relativos de la altura de la lámina espiral y del eje de enrollamiento, se distinguen formas :

- lenticulares o discoidales cuando la altura de la espira es mucho mayor que el eje como en la familia Nummulitidae.
- fusiformes cuando la altura de la espira es mucho menor que el eje como en muchos taxones de la familia Alveolinidae
- esféricas cuando la altura de la espira es de la misma longitud que el eje como en algunos taxones de la familia Alveolinidae.

Además cada vuelta de la espira puede cubrir completamente o no la vuelta anterior.

En el primer caso se observa, en una vista exterior de la concha, únicamente la última vuelta, : la concha es involuta.

En el segundo caso se observan, en una vista exterior de la concha, las vueltas sucesivas, parcialmente descubiertas : la concha es evoluta.

b) enrollamiento trocoide o trocospiral

En este tipo, la lamina espiral se enrolla alrededor de un eje, según una espira helicoidal, más o menos alargada.

Entonces no existe plano de simetría bilateral. Se llama lado dorsal el lado en el cual se encuentra la nucleoconcha y empieza el enrollamiento, y lado ventral el donde se encuentra la abertura. El enrollamiento visto desde el lado dorsal puede ser dextrogiro o levogiro. A veces, la orientación cambia según la temperatura.

La concha, a veces, es evoluta en el lado dorsal e involuta en el lado ventral.

En el lado ventral, el eje imaginario de enrollamiento se marca por un ombligo más o menos grande, a veces llenado de material calcareo o cubierto por una placa.

c) enrollamiento anular (o ciclico)

Mariano Castro M.
GEOLOGÍA

En este tipo, las cámaras forman anillos completos o incompletos, concentricos y son generalmente divididas en camaritas por tabiques radiales que alternan o no de una cámara a la siguiente. A veces existen varias capas de camaritas. Estas comunican entre sí

por estolones. Cuando los anillos son completos, la concha es discoide.

El juvenarium es planispiral, evolutivo o involutivo. Grande en las formas primitivas, se reduce progresivamente en el curso de la evolución.

En este tipo existe, a la vez, un plano de simetría bilateral y un eje de simetría perpendicular a este plano fuera del juvenarium.

d) Enrollamiento orbitostego

En este tipo, bastante complejo, existen dos tipos de cámaras adultas :

1. cámaras ecuatoriales que forman una capa discoide, biconcava, más o menos gruesa y con un plano de simetría bilateral. Generalmente existe una sola capa de cámaras ecuatoriales, pero, a veces, forman varios pisos.

A veces, estas cámaras forman anillos completos y entonces recuerdan el tipo anular.

2. cámaras laterales que se disponen simétricamente de cada lado de la capa ecuatorial, formando hileras perpendiculares o oblicuas con relación al plano de simetría bilateral de la capa ecuatorial. Parecen que corresponden a la separación de la lámina espiral de las cámaras ecuatoriales.

Las hileras son, a veces, separadas por pilares.

La forma general de la concha es lenticular o, a veces, estrellada o ovoide, o lenticular pero excentrica (familia Miogypsinidae).

e) Enrollamiento cónico (o rectilinear uniserie)

Las cámaras son discoides y dispuestas unas sobre otras como platillos de taza, de tamaño progresivamente creciente. La concha tiene una forma cónica hasta discoide concavo-convexa. Existe un eje de simetría perpendicular a los tabiques.

El juvenarium es, a veces, trocospiral y más o menos desarrollado.

Las cámaras son generalmente ramificadas de manera compleja.

Se considera que existen tabiques secundarios, incompletos, perpendiculares a este eje. Pero algunos autores ponen en duda la existencia de estos tabiques. (CAMACHO, 1971).

Este tipo caracteriza sobre todo la familia Orbitolinidae.

f) Enrollamiento miliolideo (o ovillado)

Las cámaras tienen forma de tubos o morcillas con extremidades comunes, unidas por el eje de simetría radial.

El plano de simetría de cada cámara que contiene

este eje presenta un ángulo fijo con la cámara anterior o sea: 180° , 144° o 120°

En el curso del desarrollo de la concha, el ángulo puede cambiar de uno de estos tres valores a otro de estos tres.

Este tipo caracteriza la familia Miliolidae.

4. Caracteres externos - Abertura

Puede parecer curioso de poner estos caracteres al final del estudio morfológico.

Pero indicamos desde el principio que los Macroforaminíferos se determinan por sus caracteres internos, al revés de lo que pasa, en general, por los Microforaminíferos.

Por eso pareció más indicado empezar por los caracteres internos.

Los caracteres externos se utilizan sobre todo para realizar una primera separación de las especies durante la tria de las diferentes partes que salen de los tamices.

Con bastante práctica se puede, a veces, determinar por los caracteres externos de la familia y hasta los géneros.

Entre los caracteres externos más interesantes del punto de vista práctico, podemos indicar :

a) la forma

Nos puede informar sobre todõ en relación con el tipo de enrollamiento.

- las conchas planispirales son lenticulares o fusiformes, excepcionalmente esféricas. Pero no todas las formas esféricas son planispirales.

A veces las formas lenticulares son excéntricas (género Heterostegina : familia Nummulitidae)

- las conchas trocospirales son constituidas de dos conos de altura distinta unidos por su base.

El aspecto disimétrico es característico.

- las conchas cónicas se parecen a las conchas trocospirales. Pero los dos conos opuestos tienen una diferencia de altura muy grande y el cono inferior a veces no existe y la base de la concha es plana hasta, excepcionalmente, concava.

Además, las familias que tienen este tipo de concha tienen una pared arenácea que se reconoce, mientras que las conchas planispirales de Macroforaminíferos son calcáreas hialinas y entonces translucen.

- las conchas anulares tienen una forma discoide o flabeliforme (forma de abanico)

El juvenarium, central o excéntrico, puede ser deprimido o lenticular. Pero se ve generalmente bien la disposición concéntrica de las cámaras adultas.

Marianto Castro
GEOLOGÍA

- las conchas de enrollamiento orbitostego son generalmente lenticulares como las conchas planispirales.

Se pueden, sin embargo, distinguir, en general :

A veces, se puede ver la capa ecuatorial en las conchas de enrollamiento orbitostego (género Lepidocyclina) tocando con un pincel mojado con agua o glicerina, (la concha).

Si es muy delgada la capa ecuatorial no se distingue bien. Pero en las conchas planispirales se pueden ver generalmente los tabiques, tocando la concha con un pincel mojado con agua o glicerina.

Ciertas conchas de enrollamiento orbitostego son estrelladas (genero Asterocyclina, excepcionalmente Lepidocyclina), o ovoides, o lenticulares excéntricas. Estas dos últimas disposiciones se encuentran en la familia Miogypsinidae.

- las conchas de enrollamiento miliolideo se distinguen fácilmente en general por su forma. Además tienen una concha porcelanada

b) la ornamentación

En los Macroforaminíferos es menos desarrollada y menos variada que en los Microforaminíferos.

Además, como se trata de formas bentónicas, de aguas someras, han sido generalmente balanceadas por las olas y las corrientes submarinas y se gastó la superficie.

c) La abertura

Es un caracter interesante... Se puede determinar :

- si es sencilla, o en criba, o subdividida en radios, o dendrítica etc..
- su forma : circular, en hendidura, etc..
- su posición en la última cámara (central, interomarginal, etc..)
- si presenta o no dientes o expansiones
- si es acompañada por aberturas suplementarias o acesorias.

VI. Métodos de estudio

Como se trata de problemas de orden práctico, veremos sobre todo, estos métodos en las clases de laboratorio.

Indicaremos, sin embargo, algunos puntos importantes :

Los Macroforaminíferos se estudian esencialmente en secciones delgadas, transparentes.

Dos tipos de secciones son las más importantes.:

- las secciones transversales, es decir perpendiculares al eje de enrollamiento. La más importante es la que corresponde al plano de simetría bilateral (sección ecuatorial)

Cuando este no existe, se realiza una sección perpendicular al eje de enrollamiento, cortando la nucleoconcha (formas de enrollamiento trocospiral), o cerca de la base del cono (formas cónicas).

- las secciones axiales

Se realizan en un plan perpendicular a las secciones

transversales incluyendo el eje de enrollamiento y la nucleoconcha.

Ciertos caracteres se pueden determinar por otros cortes como cortes oblicuos y sobre todo tangenciales, es decir, realizados cerca de la superficie de la concha.

Para realizar estos cortes lo más conveniente es de disponer de conchas sueltas, sea que el material recogido ya las ofrece, sea que se pueden obtener por un tratamiento en laboratorio.

Cuando el material es arcilloso o margoso, se dejan fragmentos pequeños en el agua durante algunos días. Después se calienta el material con una solución de potasa bastante concentrada. Se deja descansar un día y después se realiza un lavado con agua para eliminar completamente la potasa.

Cuando el material es calcareo duro, prácticamente no se puede conseguir Foraminíferos sueltos. En este caso, hay que hacer secciones transparentes de las rocas calcareas, numerosas, esperando encontrar secciones ecuatoriales y axiales.

Los métodos químicos, como el agua oxigenada, no dan mucho resultado.

Se pueden utilizar máquinas para establecer vibraciones o bien utilizar el martillazo con precaución.

Pero generalmente, en este caso, se deben utilizar láminas delgadas de rocas que no dan generalmente secciones completamente satisfactorias.

Es por eso que se debe hacer todo lo posible en el campo para recoger material blando que permita conseguir en el laboratorio Macroforaminíferos sueltos.

VII. Métodos de determinación de las especies. Clasificación
Claves de determinación. Examen detallado de las familias
de las claves.

El principio fundamental de la determinación de las especies es la comparación de los Macroforaminíferos y de sus secciones con las de los holotipos (o syntipos, o lectotipos, o neotipos) de las especies del genero presente.

Entonces es necesario conocer perfectamente los géneros.

Todo especialista debe llegar a determinar los géneros sin documentos.

Este es el objetivo mínimo de un curso práctico sobre Macroforaminíferos.

Por la determinación de las especies y, al principio, para la determinación de los géneros, utilizaremos una clave dicotómica de determinación como la que se les entregó.

VIII. Utilización de los Macroforaminíferos en Estratigrafía
(Bioestratigrafía)

Como ya lo indicamos, los Macroforaminíferos no permiten una zonación tan fina como los Microforaminíferos planctónicos.

any Sin embargo, utilizando la hemerozona concurrente, llamada, anteriormente, zona de extensiones concurrentes, el traslape de la repartición estratigráfica (=hemero) de las especies permite una determinación de los pisos y de los subpisos.

Una tal zonación ha sido preparada para la region del Caribe (cf. claves de determinación).

IX. Recolección de las muestras en el campo-. Determinación de su posición geográfica y estratigráfica.

Por memoria. No será posible realizarla en este curso.

Consejos importantes :

1. Colectar, tanto como se pueda, a la vez material blando (para tener Macroforaminíferos sueltos) y duro, en cantidad suficiente.
2. No escoger los Macroforaminíferos sueltos a mano, uno por uno, en el campo, sino se tendrá una selección artificial de especies. Esto es un trabajo de laboratorio.

UN EJEMPLO DE EVOLUCION DE LOS MACROFORAMINIFEROS
EN EL EOCENO, EN LA REGION DEL CARIBE

Evolución en las familias Amphisteginidae,
Helicolepidinidae y Lepidocyclinidae

La evolución dentro de estas familias que se ha realizado, en particular, en la región del Caribe durante el Paleoceno - Eoceno ha sido objeto de muchas discusiones.

Esto se explica, en particular, por el hecho que, en la región del Caribe s.lat., se produjo, durante el Paleoceno - Eoceno, una crisis evolutiva en los Macroforaminíferos de concha calcareo perforada (hiálina), con aparición de numerosas ramas y gran velocidad de evolución. Por eso se encuentran, en algunas localidades, un gran número de formas, difíciles de separar, porque unidas por formas intermediarias de transición.

Esto sobresale bien, por ejemplo, en la publicación de BARKER & GRIMSDALE (1936), consagrada a Macroforaminíferos del Eoceno, recogidos en la planicie del golfo, en la República Mexicana y que pertenecen a estas tres familias. Estos autores encontraron muchas dificultades en separar los taxones y fué necesario después de estudiar de nuevo este material.

COLE (1960, 1963, 1969) ha contribuido mucho para aclarar la situación y las relaciones que existen entre los taxones de estas tres familias ya esquizadas por BARKER & GRIMSDALE (1936).

Mariano Castro M.
GEOLOGÍA

Por eso expondremos sus concepciones indicando, los puntos que no nos parecen aceptables.

Por COLE, las dos familias Helicolepidinidae y Lepidocyclinidae proceden de una evolución a partir del género Amphistegina de la familia Amphisteginidae.

De este género dimana, en el Eoceno inferior, el género Euconuloides de la misma familia. Se distingue del género Amphistegina por la abertura que presenta labios orientados hacia el interior de la última cámara y sobre todo por la tendencia de las últimas cámaras de subdividirse, cerca de la parte marginal de la lámina espiral, en camaritas con forma de escamas de pez.

COLE (1969) distingue dos especies en este género :

- la especie tipo E. wellsi COLE & BERMUDEZ, 1944
- E. parvulus (CUSMAN), 1919, llamada, primitivamente, Amphistegina parvula . COLE pone en sinonimia con esta especie Tremastegina senni (CUSMAN) 1945 y Amphistegina lopeztrigoi D.K. PALMER, 1934. El género Tremastegina fué creado por BRONNIMANN, en 1950. Lo distingue de Amphistegina por la abertura que presenta un sistema de poros ventrales y ranuras ventrales paralelas.

En Amphistegina, la abertura, en hendidura margino-interior, es rodeada de granulaciones y no presenta poros.

Según COLE, Euconuloides presenta el mismo tipo de abertura que Tremastegina.

De todos modos, el autor considera que no se puede poner en el género Eoconuloides la especie Amphistegina parvula puesto que este último corresponde a una verdadera Amphistegina.

Por lo que se refiere a Amphistegina lopeztrigoi, según COLE (1969), su abertura es semejante a la de Eoconuloides, lo que justificaría su colocación en este género.

Pero no se ha señalado, en esta especie, la subdivisión en cámaras de las cámaras de la última vuelta.

En realidad, como se trata de un grupo en evolución, se encuentran formas de transición y es difícil de separar los taxones.

Si adoptamos, entonces, el punto de vista de COLE : Eoconuloides tendría dos especies: E. wellsi y E. lopeztrigoi, dimanando del género Amphistegina, a fines del Paleoceno.

Del género Eoconuloides y más probablemente de la especie E. lopeztrigoi procede, en el Eoceno inf., el género Helicostegina, con la especie primitiva H. dimorpha BARKER & GRIMSDALE.

El género Helicostegina se distingue, sobre todo, del género Eoconuloides por un número mayor de cámaras en las últimas vueltas. COLE (1969) considera que, quizá, los dos géneros son sinónimos. Pero ya indicamos que se trata de un phylum en el cual es difícil separar las formas. Es así como se puede colocar el género

Mariano Castro M.
GEOLOGÍA

Helicostegina en la familia Amphisteginidae o en la familia Helicolepidinidae y pasa lo mismo con el género Eoconuloides.

Helicostegina dimorpha constituye un nudo importante en la evolución de los grupos.

Tres tendencias evolutivas se manifiestan, en el Eoceno medio, a partir de esta especie :

1. la primera, la menos evolutiva, se traduce, por una parte, por la continuación de la tendencia de las cámaras en subdividirse en camaritas. El número de cámaras no subdivididas ("operculiniformes") se reduce entonces. Pero su tamaño queda mucho mayor que el de las camaritas.

Por otra parte, se individualiza una capa ecuatorial que se desarrolla progresivamente a partir de la margen externa, en dirección del juvenarium. Pero este último sigue formando una espira trocospiral, bien desarrollada, alrededor de la nucleoconcha.

El autor pudo seguir la evolución de la capa ecuatorial en localidades del N.O. de Colombia (BUTTERLIN, 1971).

Las formas con capa ecuatorial constituyen una especie nueva H. polygyralis (BARKER), 1932, del Eoceno superior.

2. El segundo phylum conduce al género Helicolepidina, de la parte superior del Eoceno medio y del Eoceno superior. Este género se distingue del género Helicostegina porque no solamente existe una capa ecuatorial como en Helicostegina polygyralis pero todas las cámaras ecuatoriales, incluso las cámaras periembrionarias, son de un tamaño aproximadamente igual.

Además, la espira trocospiral no se distingue en

sección axial y la capa ecuatorial se desarrolla, prácticamente, hasta la nucleóconcha.

Al principio, la espira embrionaria principal queda bien distinta, procediendo de una cámara auxiliar principal única. Se enrolla en el sentido de las agujas de un reloj. Una segunda espira que se desarrolla en el sentido opuesto a partir de la misma cámara auxiliar principal es corta (tipo I)

Esto corresponde a la especie Helicolepidina spiralis TOBLER, 1922, de la parte superior del Eoceno medio.

Pero, después, apareció una segunda cámara auxiliar principal (deuteroconcha con dos estolones) (tipos II y III) y, en las formas más evolucionadas (tipo III), de esta segunda cámara salen o una espira (tipo IIIa) o dos espiras nepiónicas (tipo IIIb). En el tipo II no sale espira alguna de esta segunda cámara auxiliar principal.

Las formas que tienen dos cámaras auxiliares principales fueron agrupadas en la especie Helicolepidina nortoni VAUGHAN, 1936, que caracteriza el Eoceno superior. Las espiras nepiónicas son más reducidas que en H. spiralis y a veces poco distintas.

COLE (1962) considera H. spiralis y H. nortoni como sinónimas porque encontró los tipos I, II, III en una misma localidad de Trinidad. Pero como, en esta localidad, se encontraron formas retrabajadas del Eoceno medio, podría ser el caso de las formas de H. spiralis. Parece entonces indicado conservar las dos especies que se reconocen muy bien en sección ecuatorial y que tienen una repartición estratigráfica distinta.

3. El tercer phylum es el que da nacimiento a la familia Lepidocyclinidae.

Esta aparece en el Eoceno medio (zona II de COLE & APPLIN, 1964), con la especie Lepidocyclina (Polylepidina) antillea (CUSHMAN, 1919).

A partir de Helicostegina dimorpha, este phylum se caracteriza, como el phylum 2, por el desarrollo de una capa ecuatorial completa, gruesa y por la reducción del tamaño de las camaritas adyacentes a la espira nepiónica principal.

Peró la espira trocoide queda limitada a la región nepiónica, esta última reducida, progresivamente, por aceleración nepiónica. Las cámaras nepiónicas son efectivamente poco numerosas (4-9) y muy similares a las cámaras embrionarias. Entonces parece que existe una nucleoconcha multilocular y esto fué el origen de la designación del nombre del subgénero Polylepidina.

BARKER & GRIMSDALE (1936), GRIMSDALE (1959), COLE (1969) admiten esta evolución, lo mismo que HANZAWA (1965) quien, sin embargo, considera el subgénero Polylepidina como un género de la familia Helicolepidinidae.

Pero HOFKER (1968) considera, al revés, que Lepidocyclina (Polylepidina) antillea dimana de Lepidocyclina ecuadorensis HOFKER, 1956 que sería entonces la primera Lepidocyclina. Pero las formas figuradas por HOFKER corresponden a los tipos II, III de Helicolepidina como lo indicó COLE (1969), es decir, por el autor, Helicolepidina nortoni que caracteriza el Eoceno superior. No puede ser entonces el ascendiente de Lepidocyclina (Polylepidina) antillea del Eoceno medio.

Por lo que se refiere a la evolución dentro de la familia Lepidocyclinidae, GRIMSDALE (1959) admite la

existencia, desde el principio de la evolución de esta familia, de dos ramas :

- una rama Y que es la de que ya hablamos y que empieza por Lepidocyclina (Polylepidina) antillea.
- una rama X que empezaría por Lepidocyclina r. douvillei (LISSON), 1921, especie que COLE, 1963, considera sinónima de Lepidocyclina (Pliolepidina) pustulosa H. DOUVILLE, 1917.

El origen de esta rama quedaría desconocida.

Estas ramas se distinguen porque, en la rama Y, los estolones, en número de 4 en las cámaras proximales y de 6 en las distales se cruzan. Al revés en el phylum X no se cruzan.

GRIMSDALE excluye que estas dos ramas sean confundidas en una sola, puesto que las dos especies que se encuentran al origen de las ramas coexisten en los mismos niveles del este de México (formación Guayabal, de la parte mediana del Eoceno medio).

Además, en cada periodo de evolución de la familia Lepidocyclinidae, se encuentran dos grupos de especies contemporáneas, con caracteres claramente distintos, mientras que estas especies presentan afinidades con otras especies, unas más antiguas, otras más jóvenes, que pertenecen entonces al mismo phylum.

Por COLE (1960), al revés, no existe más que un solo phylum en la familia Lepidocyclinidae.

Empieza por Lepidocyclina (Polylepidina) antillea de la zona II de COLE & APPLIN, 1964, en el Eoceno medio (zona de Globigerapsis kugleri y parte inf. de la zona

de Globorotalia lehneri), sigue por L. (Pliolepidina) ariana COLE & PONTON, 1934 de la zona III (zona de Porticulusphaera mexicana, (=zona de Orbulinoides beckmanni) y después por L. (Pliolepidina) r. douvillei y L. (P.) peruviana CUSHMAN, 1922. Pero estas dos especies fueron después consideradas por COLE (1963) como sinónimas de L. (P.) pustulosa.

En realidad la situación no es tan sencilla.

L. (P.) pustulosa ha sido señalada por COLE (1944) en los mismos niveles que L. (Polylepidina) antillea, en Florida. Lo mismo pasa en Cuba (LEWIS, & STRACZEK, 1955 - SEIGLIE, 1965). Al revés, en Jamaica (ROBINSON, 1968) el orden de aparición es el que supone COLE.

Por otra parte, COLE (1944) encontró L. (P.) ariana en niveles más jóvenes que L. (P.) pustulosa y el autor (1970) las encontró juntas en la formación Punta Mosquito de la isla Margarita, en las Antillas venezolanas.

Es muy probable, entonces, que existiera dos phylums a partir de L. (Polylepidina) antillea, uno que empieza con L. (Pliolepidina) ariana y otro que empieza con L. (P.) pustulosa. Encontramos así, prácticamente, las dos ramas propuestas por GRIMSDALE.

Sin embargo, no quiere decir que aceptamos todas las proposiciones de este autor.

En particular, el separa L. "tournoueri" de L. yurnagunensis, mientras que los trabajos de BERETTI (1973) indican que como lo considera también VANDER VLIERK (1973) pertenecen al mismo phylum.

Se puede admitir que de L. (Pliolepidina) ariana dimanen, en el Eoceno sup. de América, en una rama L. (P.) macdonaldi CUSHMAN, 1918 y en otra rama L. (Nephrolepidina) chaperi LEMOINE & DOUVILLE, 1904.

De esta última especie dimana, en el Oligoceno, L. (Eulepidina) undosa. A veces, es muy difícil de distinguir estas dos especies (ROBINSON, 1968 - BUTTERLIN, 1973).

De la rama de L. (Pliolepidina) pustulosa procede, en el Oligoceno, L. (Nephrolepidina) yurnagunensis CUSHMAN, 1919, especies también muy difíciles de distinguir y después L. (Nephrolepidina) tounoueri del Oligoceno sup.-Mioceno inf. que debe incluir L. (N.) vughani CUSHMAN, 1919 y L. (N.) dartoni VAUGHAN, 1933.

Queda, sin embargo, el problema del origen de las especies del subgénero Lepidocyclina s.str. (tipo isolepidina).

Estas formas aparecen, a la vez, en América y en el Viejo Mundo (región mediterránea) en la base del Oligoceno.

Algunas presentan afinidades con el phylum de L. (P.) pustulosa por la forma de sus cámaras ecuatoriales. Pero la mayoría, y particularmente L. (L.) canellei LEMOINE & DOUVILLE, 1924, son completamente distintas con sus cámaras ecuatoriales exagonales o subexagonales.

Pero, además, VAN DER VLERK admite que la

evolución se realiza por el recubrimiento cada vez más adelantado de la protoconcha por la deuterococoncha, lo que no es el caso en L.(L.) canellei.

El origen de esta rama que guarda sus caracteres originales hasta el Mioceno inf. sin que se manifestara una evolución cualquiera, queda entonces enigmática.

Referencias

- BUTTERLIN, J. (1971) : Contribution à la connaissance du Paléogène marin du Nord-Ouest de la Colombie, basée sur les Macroforaminifères. Eclogae, Geol. Helv., vol. 64, n°1, p. 13-27, 1 fig., 7 pl.
- CAMACHO, E.C. (1971) : Preliminary scanning electron microscope observations on Orbitolina from Lower Cretaceous Glen Rose Formation, Texas. (Résumé). Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 55, n°9, p. 1692
- GLAESSNER, M.F. (1963) : Major trends in the evolution of the Foraminifera in Evolutionary trends in Foraminifera. Elsevier Publ. Co, Amsterdam, p. 9-24, tabl. 1
- HOFKER Jr, J. (1963) : Studies on the genus Orbitolina (Foraminifera). Leidse Geologische Mededelingen, deel 29, p. 181-254, 24 figs., 10 tabl., 23 pl.
- HOFKER, Sr. J. (1967): Hat die feinere Wandstruktur der Foraminiferen supragenerische Bedeutung ? Paläont. Z., Bd 41, n°3/4, p. 194-198, pl. 19-21
- HOFKER, Sr. J. (1971): Wall-structure of globigerine and globorotaliid foraminifera. Rev. Esp. Micropal., vol. 3, n°1 p. 35-60, pl. 1-10
- REISS, Z. (1958) : Classification of lamellar foraminifera. Micropaleontology, vol. 4, n°1, p. 51-70, pl. 1-5, table 1.
- REISS, Z. (1963) : Reclassification of perforate Foraminifera. Bull. Geol. Surv. Israel, vol. 35, p. 1-111, 8 pl., 1 tabl.
- VLERK Van Der, I.M. (1973) : An improved method of Biometrical Research. Knl. Nederl. Akad. Wetensch. Proc. Ser. B, vol. 76, n°4, p. 245-259, fig. 1-3, 1 tabl., 1 pl.

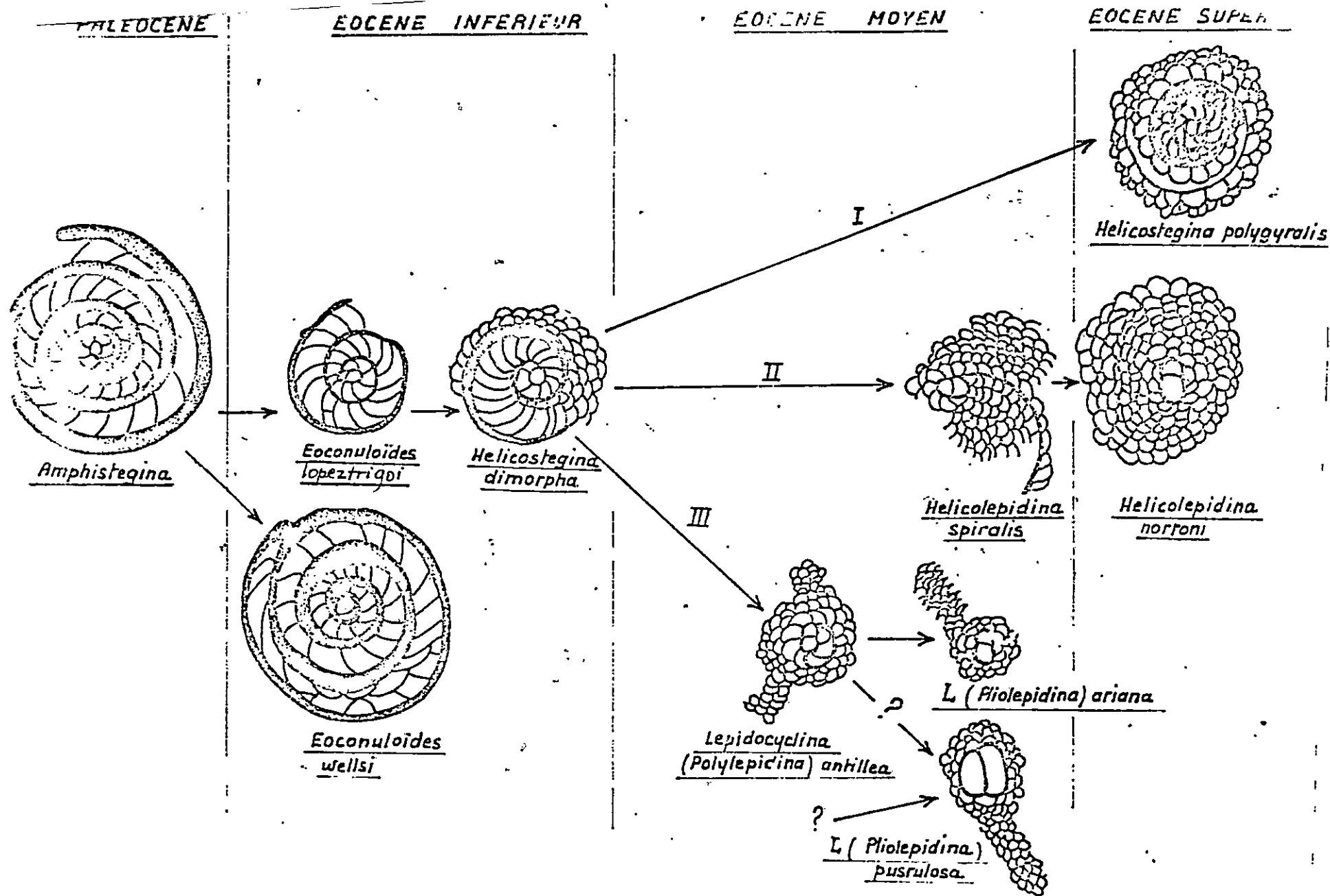


Fig. 1. Origine des familles Helicoleniinae et Lepidocyclinidae (sections équatoriales)

PALEOCENE

EOCENE INFÉRIEUR

EOCENE MOYEN

EOCENE SUPÉRIEUR

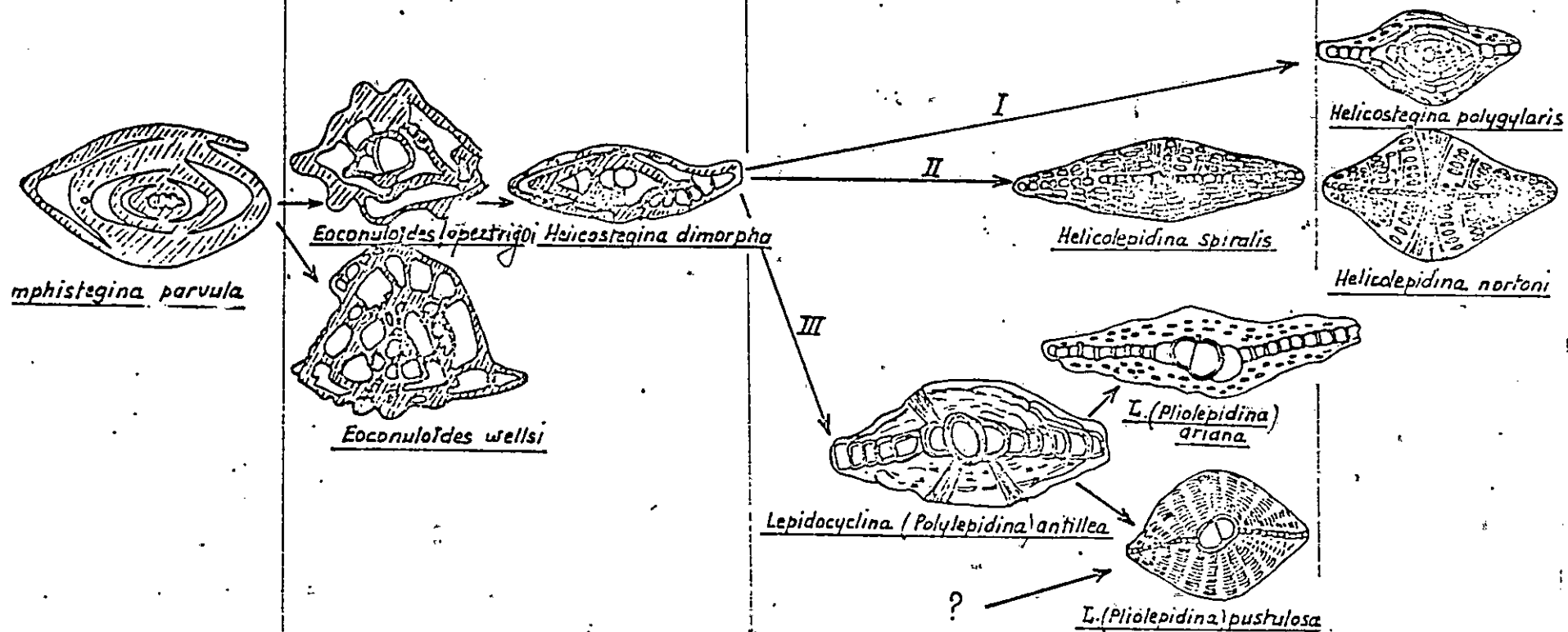


Fig.2. - Origine des familles Helicolenidae et Lepidocyclinidae (sections axiales)

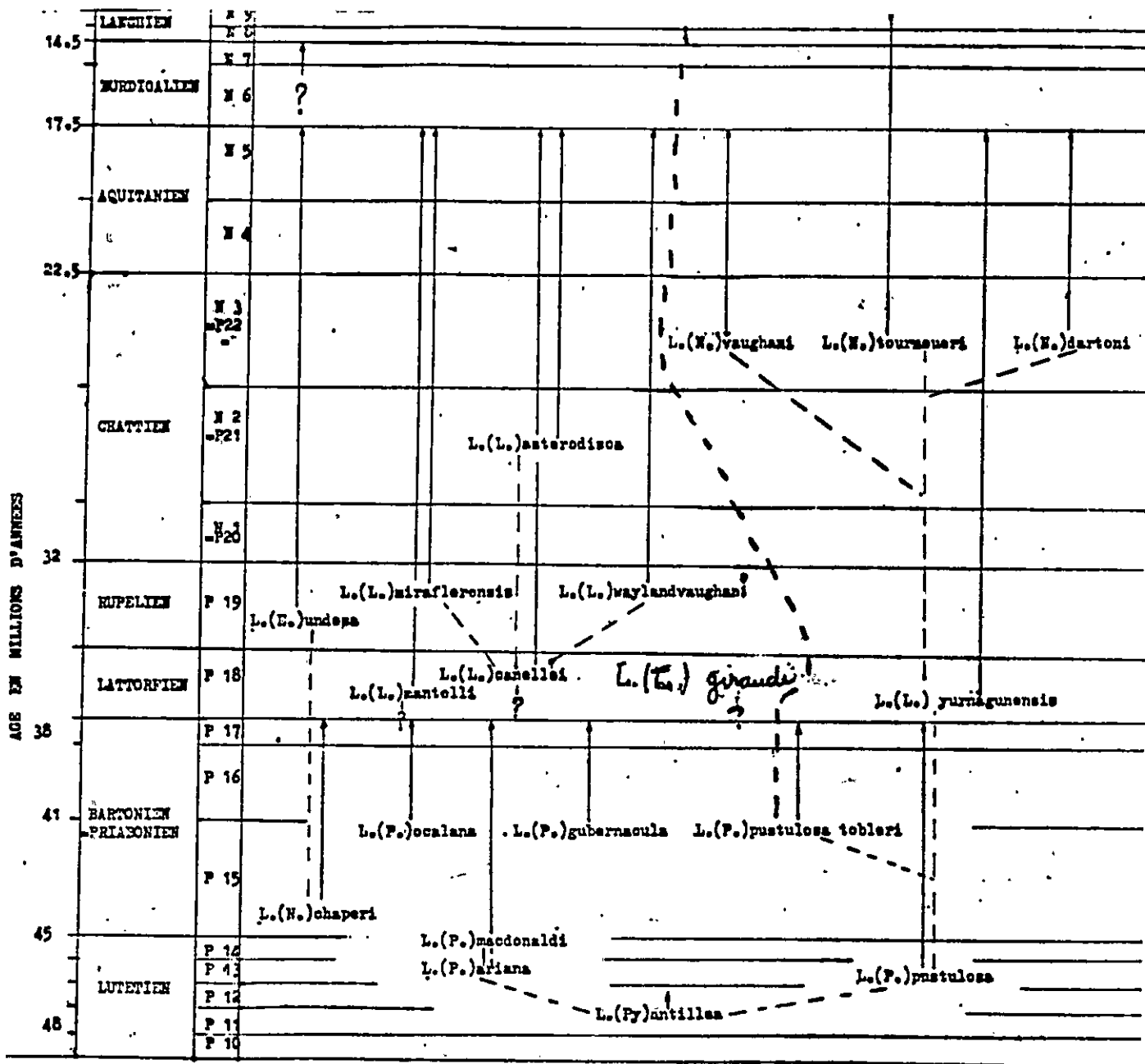


Figure 6 .-Arbre généalogique hypothétique du genre *Lepidocyclina* en Amérique

(L.=*Lepidocyclina*—N.=*Nephrolepidina*—E.=*Eulepidina*—P.=*Pliolepidina*—Py=*Polylepidina*)

— Extension stratigraphique - - - Filiation supposée