

II/2-4-2

En este número:

- X • Estratigrafía y Paleontología del Andaluciense y del Plioceno de Mallorca (Baleares).
- ✓ • Utilización de un modelo de flujo complejo en microordenador.
- X • Contracción lineal térmica de rocas plutónicas.
- X • La prospección geofísica de las mineralizaciones del Macizo de Aracena. Aplicación al sector de Fuenteheridos (Huelva).
- X • Modelos de silicificación en los carbonatos lacustres-palustres del Paleógeno del borde NE de la Cuenca del Tajo.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCVI. Tercer Fascículo. Mayo - Junio 1985

# boletín geológico y minero

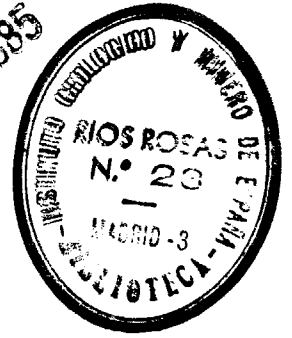
geología • minería • aguas subterráneas • geotecnia • estudios de minerales • mineralurgia



Tomo 96  
Fascículo III  
Mayo - Junio 1985

# Boletín Geológico y Minero

18 SET. 1985



revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874 - 4.ª serie

## SUMARIO

<b>Geología</b>	G. COLOM: Estratigrafía y Paleontología del Andaluciense y del Plioceno de Mallorca (Balears) ... ..	3
<b>Aguas subterráneas</b>	F. JAVIER SÁNCHEZ SAN ROMÁN: Utilización de un modelo de flujo complejo en microordenador ... ..	71
<b>Geotecnia</b>	A. RODRÍGUEZ-REY, L. CALLEJA, V. G. RUIZ y L. M. SUÁREZ: Contracción lineal térmica de rocas plutónicas ... ..	78
<b>Geofísica</b>	A. GRANDA SANZ y A. PÉREZ TEREÑES: La prospección geofísica de las mineralizaciones del Macizo de Aracena. Aplicación al sector de Fuenteheridos (Huelva) ... ..	84
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	MARÍA E. ARRIBAS y MARÍA A. BUSTILLO: Modelos de silicificación en los carbonatos lacustres-palustres del Paleógeno del borde NE de la Cuenca del Tajo ... ..	93
<b>Información</b>	J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XVIII. Diego de Larrañaga y Gárate ... ..	112
	Noticias y Notas bibliográficas ... ..	115

### DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid

Teléfono 441 70 67

### ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - 28036-Madrid

Teléfono 250 02 03

## IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

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.

Los derechos de propiedad de los trabajos publicados en esta obra fueron cedidos por los autores al Instituto Geológico y Minero de España.

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

#### EXPLICACION DE LA PORTADA

Limulus. Artrópodo marino actual (x 0,5).

Colección Gil Cid

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

Imprenta IDEAL, S. A. - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - 28016-MADRID

## Estratigrafía y Paleontología del Andaluciense y del Plioceno de Mallorca (Baleares)

Por: G. COLOM

### RESUMEN

El examen de numerosas muestras obtenidas en los terrenos post-orogénicos de Mallorca y unas pocas más procedentes de Menorca, han demostrado la existencia de dos conjuntos de depósitos Mio-Pliocenos, marinos, separados a su vez por una facies «evaporítica». El más inferior, Tortoniense alto o Andaluciense, se caracteriza por la presencia de la *Globorotalia margaritae*, terminando con la facies Messiniense. El segundo, superior, de tipo más margoso, puede iniciarse a veces con lechos lacustres. Seguido de otros donde aún existen raros ejemplares de la *G. margaritae*, predominando seguidamente la *Globorotalia puncticulata padana*, forma del Plioceno Inferior. Hacia el final del Plioceno, el medio marino fue perdiendo salinidad, desapareciendo lentamente los foraminíferos bentónicos estenohialinos hasta su completa extinción y, en cambio, aumentando progresivamente la presencia, cada vez más acusada, de las *Ammonia beccarii inflata* y la *A. b. tepida*, pero ya dentro de un ambiente casi totalmente lacustre, Plioceno-Cuaternario.

### ABSTRACT

The study of numerous drill samples from post-orogenic beds of Majorca and a few from Minorca, reveals the existence of two Mio-Pliocene marine deposits separated by the presence of *Globorotalia margaritae* and at times can begin with lacustrine beds followed by others containing infrequent *G. margaritae*; then *Globorotalia puncticulata padana*, a Lower Pliocene form, predominates. Towards the end of the Pliocene, loss of salinity gradually brought about the extinction of the benthonic stenohialine foraminifera and an increasing presence of *Ammonia beccarii inflata* and *A. b. tepida* within an almost wholly lacustrine environment of the Pliocene-Quaternary.

### INTRODUCCION

El estudio del Mioceno y Plioceno de Mallorca, y en general de las demás islas del archipiélago, se ha ido completando de manera cada vez más precisa durante el transcurso de estos últimos años gracias a los trabajos de R. BOURROUILH (1972-73) y a los de A. OBRADOR, G. LLOMPART y J. ROSELL (1981) en Menorca; de J. BAUZÁ (1964), de A. BARÓN (1977), premio *Ciudad de Palma* (inédito), de J. BAUZÁ (1964) y de G. MATEU (1982) en Mallorca, y los de Y. RANGHEARD en Ibiza y Formentera (1974).

No obstante, hasta hace unos pocos años todo cuanto se sabía respecto al Vindoboniense s.l. de

Mallorca y Menorca se refería casi exclusivamente a los niveles de las molasas blancas, cargadas de fósiles en ciertas localidades. En cuanto a los demás terrenos, más o menos margosos, que les siguen, poca cosa se había averiguado sobre ellos. La presencia de un Plioceno marino, margoso, con *Amussium* en el sector de la bahía de Alcudia, La Puebla, Sta. Margarita, Llubí, etc., había sido mencionado únicamente y de manera esporádica por el paleontólogo J. BAUZÁ, de Palma, en sus numerosas *notas* sobre otolitos de peces obtenidos en la mencionada zona (1964).

El estudio de las molasas blancas de Mallorca y de sus asociaciones faunísticas resultaba hasta hace unos pocos años la base esencial de los traba-

jos sobre el Vindoboniense balear y atribuidos, en general, al Tortoniense. El conocimiento de sus depósitos revelaba la presencia de un mar cálido, poco profundo, propio de una zona abrigada y en la cual la vida en ella alcanzó amplio desarrollo, estando enmarcada en un amplio canal de unos 100 k. de longitud y emplazado entre dos grandes áreas fuertemente contraídas y recientemente emergidas: la de la Sierra Norte por el N-O, y la de las Sierras Levantinas, de menor altitud, por el SE (fig. 1).

Se sabía que con las molasas alternaban finos lechos margosos, generalmente gris-amarillentos, pero la sucesión de estos últimos dentro del conjunto molásico vindoboniense resultaba igualmente confuso. En 1946 describí por vez primera una abundante asociación de Foraminíferos bentónicos y pelágicos procedentes de los materiales extraídos de un pozo excavado a mano en el predio de Son Varí d'Abaix —costa del SE de Mallorca—, pero con los materiales sacados y esparcidos por el suelo no permitieron reconstruir la situación que ocupaban las margas dentro de la serie molásica predominante en tal sitio. Sin embargo, algunas de sus muestras me proporcionaron ya la *Globorotalia margaritae*, especie no descrita en aquella fecha y muy semejante a la *G. hirsuta* (d'Orb.) de los mares actuales.

Así, pues, durante unos pocos años creí también, como los BIZON, MONTENAT, BOURROUILH, MASSA, que el Tortoniense Superior de Mallorca y Menorca terminaba por lechos marinos de salinidad normal, propios de un mar libre. Pero debido a los nuevos conocimientos adquiridos recientemente han venido a alterar profundamente tales interpretaciones, reemplazándolas por otras bastante diferentes, pero mejor fundadas, como se verá más adelante, abandonándose el uso del «Helveciense» para atribuir sus niveles más inferiores al Tortoniense y los más altos al Andaluciense, como lo revelan sus conjuntos Globigerínicos.

Lo que ha permitido precisar con mayor detalle la composición estratigráfica de este Tortoniense s.l. ha sido el estudio de sus lito microfacies y micropaleontología gracias al examen de los materiales obtenidos en los sondeos del *Servicio Hidráulico de Baleares* —más de un centenar de muestras—, en casi todo el centro de Mallorca,

al atravesar los estratos Tortonienses, revelando con ello la presencia de este piso y otros niveles superiores, proporcionando toda una serie de detalles completamente inéditos y facilitando su interpretación paleoecológica de una manera más precisa de sus variadas secuencias, desde las más inferiores hasta las más altas; objetivo difícil de lograr sobre el terreno, donde la presencia de sus estratos resulta siempre parcial, limitada a una sola fase concreta de sus múltiples niveles debido a la extensión de los depósitos cuaternarios, que los recubren ampliamente ocultándolos en gran parte al examen directo del geólogo de campo. No obstante, otra serie de depósitos de la misma edad que los atravesados por los sondeos, existen a cielo abierto en la región del NE de la isla, a igual del ya mencionado yacimiento de Son Varí d'Abaix.

Me es grato agradecer desde estas líneas la ayuda recibida del Dr. CL. GUERNET, de París, por el estudio de los Ostrácodos de agua dulce y sus microfotografías con el microscopio electrónico de barrido; a la Prof. L. M. CALALONGO, de Bolonia, y del Dr. CARBONNEL, de la Universidad de Lyon, respecto a las formas marinas del mismo grupo; al Dr. E. PERCONIG, director de la *Revista Española de Micropaleontología*, quien amablemente comparó las Heterosteginas y Globorotalias con sus materiales provenientes del sur de España, y al geólogo A. BARÓN por haber puesto a mi entera disposición los materiales procedentes de los sondeos.

La presencia de niveles repletos del *Cyprideis torosa* (Jones) había sido ya revelada en Mallorca en 1960 por los sondeos de A. D. A. R. O. (OLIVEROS, ESCANDELL y COLOM, 1966), sobre todo en el sondeo número 5, situado al pie meridional de la Sierra Norte, cerca de Inca, donde se habían cortado niveles margosos repletos de ellos, juntamente con *Ammonia beccarii tepida Cushman*, descansando sobre estratos de molasas blancas a una profundidad de 200 m. Eran estos los primeros datos que se obtenían de la presencia de los pisos Tortoniense, Andaluciense, Messiniense y del Plioceno en toda la porción central de Mallorca, oculto bajo el gran manto de aluviones cuaternarios, y de esta manera nos ha permitido, gracias a los sondeos, conocer la extensión real del Tortoniense, ya que los afloramientos a cielo abierto eran los únicos conocidos en la porción NE de la

isla, como los de La Puebla, Alcudia, Muro, los amplios afloramientos del predio de Son Serra de Marina, Sta. Margarita, Llubí, Petra, etc., viniendo a completar la presencia de tales pisos en toda la isla de Mallorca. Pero en tal fecha, la interpretación de estos hallazgos, siempre aislados, resultaba difícil y confusa (COLOM, 1967), no habiendo sido comprendida y correctamente interpretada su presencia en tales casos hasta el presente, gracias al estudio global del Mio-Plioceno mallorquín, debido a los sondeos en todo el conjunto del llano central de Mallorca, gracias a los materiales proporcionados por los sondeos que han permitido comprobar en la mayor parte de la isla la presencia de niveles Mioceno Superior-Plioceno, recubiertos por los aluviones, revelando con ello la presencia en Mallorca, y en parte en Menorca, de una facies evaporítica que permanecía oculta bajo los estratos superiores.

Para obtener actualmente una visión general de la evolución Mio-Pliocena en las Baleares, así como la litología y micropaleontología de las mismas, que repercuten seguidamente en la Paleogeografía y Paleontología de aquellas épocas, hay que añadir, a los datos expuestos brevemente más arriba, los hallazgos efectuados en Mallorca y Menorca durante estos últimos años, los cuales nos permiten reconstruir de manera más completa y detallada cuanto se ha logrado averiguar hasta hoy en este sentido en las tres islas.

En primer lugar el reconocimiento de importantes retazos tortonienses, en la porción NE de Menorca, primero por R. BOURROUILH (Thèse, 1972-73) en los yacimientos de *Dins es Guix* y algunos otros más en la misma región por el mencionado *Servicio Hidráulico de Baleares*, han venido a demostrar que tales retazos, situados precisamente en un sector de la isla que antes se creía desprovista de ellos por encontrarse emergida y libre, por tanto, de las aguas miocénicas, los contengan u ofrezcan una composición litológica y paleontológica en todo semejante a sus contemporáneos del SO, las cuales, como es sabido, recubren de manera transgresiva la mitad SO de la isla desde la zona de Ciudadela hasta la de Mahón, lo que induce a confirmar que el Tortoniense Medio y Superior recubrió si no totalmente al menos de una manera general, el zócalo paleozoico-secundario de Menorca del SO, y que lo

que de él queda en la actualidad no representa más que un límite de erosión, la cual obró más intensamente en la porción sureste de la isla. Excepción de algún reducido islote paleozoico, toda el área menorquina resultó recubierta por las aguas. Por tal motivo, el mar Tortoniense, viniendo por el este, penetró igualmente en la porción central de Mallorca (fig. 1), dejando un dilatado manto de sedimentos molásicos y margosos con los niveles de *Amussium*, desde el sector de las grandes bahías de Pollensa-Alcudia por el NE hasta la de Palma por el SO, envolviendo después por el SE a las Sierras del Levante para terminar sus depósitos cerca de la localidad de Capdepera. BOURROUILH escribe: «... ces données sédimentologiques nouvelles». «... montrent que la paléogéographie du Vindobonien de Minorque se rattache par la macrofaune qu'il contient a une vaste province biogéographique qui unissait l'Atlantique orientales a la Méditerranée occidentale...» (1972).

Por el SO cubrían igualmente varias zonas litorales de las costas de Ibiza —con idénticas fases de plegamientos que en Mallorca—, principalmente en su porción oriental, y también los depósitos de un yacimiento jurásico, en el que más tarde será, por el sur, la isla de Formentera y su cortejo de islotes, todos de la misma edad (COLOM, ESCANDELL, 1962), formando amplios retazos molásicos tabulares fuertemente atacados por la erosión marina que ha roto su primitiva unidad.

Tales hechos revelan en Mallorca que las formaciones Pliocenas, antes desconocidas, vinieron a ocupar la primitiva área marina del Mioceno Superior, una vez terminadas las facies evaporíticas messinienses que habían dejado en seco grandes extensiones del Mediterráneo occidental al volver a penetrar las aguas transgresivas del Plioceno Inferior por el arco Ceuta-Gibraltar o por el estrecho Bético, donde se ha encontrado recientemente la existencia de profundidades importantes. No obstante, según M. ROUX y C. MONTENENT (1977), el hallazgo de dos yacimientos de Crinoides pedunculados en la provincia de Murcia y Almería permite considerar que en tal zona existieron profundidades comprendidas entre 500 y 1.000 m., como la localidad de Mazarrón, o ambientes sensiblemente profundos para las cuencas messinienses de los dominios Béticos, los cuales

podieron ofrecer un término de paso a las aguas atlánticas hacia las cuencas mediterráneas, demostrándose entonces en Mallorca, y también en algunas localidades de Menorca, que las margas marinas o las más altas, de origen lagunar, constituyeron la continuación del Plioceno Superior, pero en un plan cada vez más acusado de reducción en la porción central del área mallorquina, tanto como el mar Plioceno se iba retirando lentamente por ambas vertientes del canal central (figura 1) siguiendo el movimiento general que afectaba a todo el zócalo insular en aquellos momentos, para dar lugar, finalmente, a una línea costera de edad Astiense, estabilizándose únicamente breve tiempo, como en la representada en las figuras 1 y 3, pues en el sector de la bahía de Alcudia no se ha encontrado hasta el presente ningún testigo ciertamente de esta edad que pudiera demostrar la interrupción de las comunicaciones de una masa insular Mallorca-Menorca en aquellos tiempos, viniendo en cambio a revelar la presencia posible de una continuidad, primero marina y posteriormente lacustre-salobre en su última fase, entre las dos islas, pues en la vasta zona de Alcudia, con sus niveles del predio de Son Serra de Marina, etc., repletos de *Cyprideis torosa* y de la *Ammonia beccarii* subsp. *tepida*, de tan reducidas dimensiones estas últimas —tan sólo 0,3 de diámetro—, verdadero extremo de un caso de enanismo, parecen confirmarlo. Tales yacimientos pueden pertenecer al Plioceno final, lacustre, e incluso tal vez a la base del Pleistoceno (figura 3). Descripción que en este sentido se completará más adelante.

Todo ello induce a plantear, aunque no sea más que como una simple hipótesis, unos hechos que hasta el presente nos parecían desligados y razonablemente poco comprensivos, es decir, la existencia de una línea costera Pliocena-Pleistocena, descrita por R. BOURROUILH y J. MAGNÉ, en el extremo NE de Menorca (cabo Pontinat, 1963), la cual pudiera haber resultado más o menos contemporánea con la que conocemos en el SO de Mallorca-Llucmajor-Campos (CUERDA, SACARÈS, COLOM, 1969) —mejor conocida esta última por la abundancia del *Strombus coronatus* DeFrance—, pero que vendrían a revelar ambas líneas costeras el marco emergido o en vías de emersión de una amplia plataforma Astiense que, en su tiempo,

englobaba todavía los dos conjuntos isleños (figura 3), pues los altos fondos actuales existentes entre las dos islas poseen escasa importancia, oscilando entre los 80-200 m. y aún menos, según datos batimétricos recientes, habiendo sido erosionados largamente durante el transcurso del Cuaternario glacial y más tarde hundidos por movimientos verticales de fallas del zócalo balear. Entonces la porción central de Mallorca y Menorca estuvo recubierta por amplias zonas lagunares repletas de ostrácodos salobres o de agua dulce, como el mencionado *Cyprideis torosa*, en los sondeos con esta composición y a los cuales he llamado de la segunda serie emplazados actualmente dentro de esta zona o bien su periferia inmediata del sector del SE de Mallorca (fig. 1) y en la porción central de Menorca (fig. 3) y estar desprovistos ambos grupos de Globorotalias. Tales comunidades representan una fase residual, ya muy reducida, con predominancia de foraminíferos bentónicos eurihalinos, afectados intensamente todos ellos por el fenómeno del enanismo.

No se trata en este trabajo de llevar a cabo una revisión completa del Tortoniense mallorquín, sino tan sólo exponer las bases generales de su composición para que permitan comprender con mayor facilidad las nuevas nociones adquiridas recientemente relativas a sus estratos más altos, Andaluciense, Zanclaniense, Tabaniense y los del Plioceno, pisos sobre los cuales mis aportaciones serán detalladas y más precisas, sirviéndome de los datos reunidos desde 1972 hasta el presente (figura 1).

Actualmente, gracias al estudio micropaleontológico de los abundantes materiales logrados a cielo abierto, añadidos a los sondeos de Mallorca y unos pocos en Menorca, se ha podido comprobar de manera evidente, valiéndose de las asociaciones que contiene de foraminíferos pelágicos en sus niveles margosos, la presencia en la isla de dos tipos de depósitos de edades diferentes, con conjuntos faunísticos distintos entre foraminíferos y ostrácodos. El nivel más inferior perteneciente al Tortoniense alto, al que podríamos llamar también Andaluciense, se caracteriza por la presencia de la *Globorotalia margaritae* BOLLI-BERMÚDEZ, según el primer topotipo descrito por ambos autores, que lo consideraron primeramente

como exclusivo del Tortoniense Superior (Zonation based on planktonic foraminifera of Middle Miocene to Pliocene warm-water sediments.—Asoc. Venez. Geol. Minería y Petrol.—*Bol. Informativo*, Caracas, 1965, vol. VIII, núm. 5, pp. 139-140, pl. I, figuras 16-18) y añadiendo: «... *G. margaritae* is restricted to the same name which is defined in this paper... 1965). El segundo nivel con *G. margaritae* contiene el holotipo de esta segunda especie de BOLLI y BERMÚDEZ descrita en 1970 y considerada por ambos autores esta especie como exclusiva del Plioceno Inferior, y la describieron nuevamente en la mencionada fecha, considerando que todo el grupo de la *G. margaritae* resultaba exclusivo del Plioceno Inferior; para terminar, en la mayoría de los casos, con facies evaporíticas pertenecientes al Messiniense. El segundo nivel posee una composición más margosa, siendo la facies o niveles en la que se encuentran los *Ammussium*, conocida de los primeros geólogos, indicando también el Plioceno no tan sólo en Mallorca, sino igualmente en muchas otras localidades del Levante español, como lo han demostrado bastantes trabajos recientes sobre estos terrenos.

Este Plioceno transgresivo, caracterizado por la presencia de *Globorotalia puncticulata* (Deshayes) 1832, pero representada aquí por su variedad *padana* DONDI-PAPETTI 1967, forma del Plioceno Inferior de Italia, y escasos ejemplares todavía de la *Globorotalia margaritae* en vías de desaparición en tales niveles. Una distribución vertical semejante a la que acabo de indicar la encontramos descrita en el trabajo de M. L. COLALONGA (1970, *Giorn. di Geol. Bologna*, ser. 2, vol. XXXVI, fascículo II, tabl. I, p. 519), viéndose como en el Messiniense marino de Italia las dos formas se entrelazan, pero *G. margaritae* abunda más en los niveles superiores, exactamente igual a lo que ocurre en Mallorca.

Estas definiciones de tipo estratigráfico, basadas sobre las dos mencionadas especies, vienen a sufrir una alteración si no se aceptan las conclusiones a qué han llegado H. M. BOLLI y P. J. BERMÚDEZ en un reciente trabajo (1978) sobre *Globorotalia puncticulata* (Deshayes) 1832. Esta especie, representada aquí por su variedad *padana* DONDI-PAPETTI 1967, forma del Plioceno Inferior de Ita-

lia, y escasos ejemplares todavía de la *G. margaritae* en vías de desaparición en tales niveles. Una distribución vertical semejante a la que acabo de indicar fue descrita en el trabajo de M. L. COLALONGA (1970, *Giorn. di Geol. Bologna*, ser. 2, volumen XXXVI, fasc. II, tab. I, p. 519), viéndose como en el Messiniense marino de Italia las dos formas coexisten. Pero *G. margaritae* abunda más en los niveles inferiores y la *G. p. padana* se halla en mayor número en los niveles pliocenos, exactamente igual a lo que se observa en Mallorca.

El conocimiento basado sobre las dos mencionadas especies viene a sufrir una profunda alteración si se aceptan las condiciones a que han llegado H. M. BOLLI y J. P. BERMÚDEZ en un reciente estudio (1978) sobre la *Globorotalia puncticulata* (Deshayes) 1832. Esta especie, representada aquí por su variedad *padana* DONDI-PAPETTI, 1967, forma del Plioceno Inferior de Italia (DONDI, L., y PAPETTI, I., 1968: «Biostratigraphical zone of Po Valley, Pliocene.», *Giorn. Geol. Bologna*, ser. 2, volumen XXXV, 1967, núm. 3, Comm. Mediterranean Neogene Stratigr. 4 th., Sess. Proc. pt. 3, páginas 36 y 88, nivel tipo, Plioceno). Frecuente en el Plioceno Inferior, en los niveles superiores con *Globorotalia praereticulata* y en la zona con *G. bononiensis*, y en Plioceno Medio con *G. aemiliana* y *Sphaeroidinellopsis crassaformis*.

Las conclusiones a que llegaron H. M. BOLLI y P. J. BERMÚDEZ en un reciente trabajo de 1978 sobre *Globorotalia margaritae*, descrita por estos últimos autores en 1956, la consideraban entonces como del Mioceno Superior y de la base del Plioceno. En su primer trabajo (1956) dicen sobre ella lo siguiente: «... which looks from the umbilical side like a triangular "piece of pie", *G. margaritae* is an easily identifiable species. It has a relatively narrow keel and rethier convexly rounded spiral side. A three sites *G. margaritae* was found in middle Miocene sediments. This record extends the stratigraphic range of this species considered by the majority of research. (BLOW, 1969; POSTUMA, 1971; PARKER, 1973), as indicator of deposits not older than upper Miocene.» (BOLLI-BERMÚDEZ, «Venezuelan Asoc. Geol. Min. Petr.», *Bol. Inform.*, volumen VIII, p. 139, pl. I, figs. 16-18).

Trabajos de otros investigadores lo comproba-

ron igualmente indicando su presencia, aunque ya más escasa, en el Plioceno Inferior. Así, en efecto, parece que lo confirma ahora la presencia de *G. margaritae* en el Mioceno-Plioceno de Mallorca, donde la encontramos más abundante en los niveles más bajos del Plioceno Inferior, viéndose cómo se enlazan ambas formas en un momento dado para separarse después en algunos ejemplares pertenecientes entonces a una fase senil de la misma [fig. 9, núms. 1-3, y núm. 4-6, estos últimos pertenecen a sus primeros topotipos (1965) y los tres primeros al segundo holotipo de 1978, de BOLLI y BERMÚDEZ].

Varios ostrácodos caracterizan igualmente los niveles con *Globorotalia puncticulata padana*; son, según CARBONNEL, los siguientes: *Bythocypris lucida* (SEGUNZA), *Aurila punctata milensis* BARSIONI, *Pontonia subulata subulata* (BRADY), *Oalitythereis cf. mediterranea*, entre los cuales el más común en Mallorca es la *Buntonia lucida*.

En la base de esta segunda serie encontramos, según los casos y regiones, en niveles de paso del Messiniense Superior al Plioceno Inferior marino, al *Cyprideis torosa* (JONES) 1850 (fig. 21, lámina III), propio de las aguas dulces o salobres y característico del Plioceno-Holoceno, el cual desaparece de tales lechos inferiores de esta segunda serie sedimentaria cuando el medio marino, plioceno, se fue acentuando claramente, pero volviendo a reaparecer, y entonces en gran cantidad, cuando el mar de esta edad entró de lleno en su fase regresiva final, perdiendo salinidad y terminando para prevalecer únicamente las formas de foraminíferos litorales eurihailinos como las *Ammonia beccarii* y sus variedades, los *Elphidium* y algunos otros más, propios de biotopos salobres o lacustres, afectados en estos casos por el fenómeno del enanismo. Es, precisamente, en estos momentos que el mencionado *Cyprideis* adquiere una gran preponderancia dentro de tales ambientes propios de un régimen de agua dulce, que se va imponiendo definitivamente hasta su total predominio, pero sin afectar ni su forma ni sus dimensiones. Únicamente en determinados casos, no bien conocidos todavía, aparecen ejemplares cuyas conchas poseen una superficie más bien pustulosa y atribuible entonces a la variedad *littoralis*, de BRADY (fig. 21, núms. 1-7).

Estos niveles con *C. torosa* se caracterizan, en general, por una sedimentación piritosa y la presencia de abundantes suelos de «raíces», que cubrían el fondo de estos lodazales de aguas muy someras en las que también se encuentran restos leñosos y carbonosos, indicando un medio anaerobio siempre pobre en organismos, aunque en ellos pueden haber alcanzado una gran proporción un reducido número de especies.

Todo esto parece concordar con las ideas que aduce KENNETH J. SHU (1978) cuando escribe: «... el trabajo de JIRICEK (1978) proporcionó la información necesaria para reconstruir la historia del Mediterráneo y del mar Negro, tan complicadas y al propio tiempo estrechamente relacionadas. Durante el Mioceno Superior el Mediterráneo era una llanura salina, situada en el fondo de una profunda depresión.» «... posteriormente quedó invadida por aguas salobres, creando una serie de lagos en el fondo de las cuencas. A este dispositivo lacustre se le ha dado el nombre de "Lago mar".» «... en estos lagos vivieron animales de aguas salobres; entre ellos se encuentran los Ostrácodos del género *Cyprideis*, cuyos ejemplares fósiles hallamos encima de las formaciones salinas, pero situadas por debajo de los sedimentos marinos depositados después de la ruptura del estrecho de Gibraltar (Plioceno), habiendo constituido un verdadero enigma durante la investigación del Mediterráneo.»

Actualmente los autores italianos distinguen varias especies, muy afines, de este género, como el *Cyprideis pannonica* (RUGGIERI, etc.); sin embargo, todos los *Cyprideis* obtenidos en Mallorca, en los niveles citados, pertenecen a la forma tanta veces mencionada y en algunos casos tan sólo a su variedad ambiental, fenotípica —no genética—, llamada *littoralis* (BRADY).

El conjunto Globigerínico que sigue a las especies mencionadas, lo mismo en los niveles altos del Tortoniense o del Andaluciense, como los que se hallan en el Plioceno Inferior, comprenden dos grandes grupos ampliamente representados; el primero es el de *Globigerinoides triloba* (REUSS), con todas sus variedades, como *G. t. recumbens* (Rhumbler), *G. t. irregularis* LeRoy, *G. t. galeata* (Rhumbler), *G. t. inmatura* (LeRoy), *G. t. sacculifera* (Brady); el segundo comprende el conjunto

de *Globigerinoides obliquus* BOLLI-BERMÚDEZ, con sus formas *G. o. amplus* Perconig, *G. o. extremus* Bolli. Todas ellas derivan, como simples variaciones enlazadas entre sí, de la respectiva forma central —la primera que se ha mencionado para cada grupo— y de la cual van apartándose según la fase de su ciclo ambiental, y en los casos más extremos de su desarrollo aparecen las formas gerónicas más avanzadas, como la *G. t. galeata* (Rhumbler), y *G. t. recumbens* (Rumb.), para la primera, y la *G. o. extremus* Bolli, para la segunda. La vida de todas estas especies estuvo favorecida por un medio propicio, bajo las influencias favorables de altas temperaturas tropicales, salinidad y pH. normales, etc., favoreciendo el amplio desarrollo de sus grandes poblaciones.

Un reducido grupo de estas asociaciones lo encontramos representado por un corto número de ejemplares, y su presencia en las diferentes muestras suele ser, por tal motivo, bastante irregular. Me refiero a *Globigerinoides helicina* (d'Orb.), *G. elongatus* (d'Orb.) y una forma muy afín a las de este grupo, la *G. adriatica* (Fornasini). Lo mismo puede indicarse para *Sphaeroidinellopsis durtrei* (d'Orb.) y su forma extrema, gerónica, *eggeri* (Rhumb.), representada siempre por ejemplares aislados según las muestras y niveles. Lo mismo podría decirse para la *Globorotalia scitula* (Brady), pero escasean en todos los niveles y localidades, aunque alguna de ellas resulten excelentes microfósiles característicos del Mioceno Superior o del Plioceno. Acompañando a ese conjunto esencial no falta nunca la *Orbulina universa* d'Orbigny, a veces representada por un gran número de ejemplares como forma extrema del grupo de *Globigerinoides bisphaerica-glomerata* y el conjunto de *Globigerinoides transitoria*. Estos últimos más bien escasos.

Una forma rara, pero constante, en todos mis materiales es *Globigerinoides brachysacculifera* Christodobou 1960, atribuida por su autor en su descripción original a una variedad de *G. sacculifera* (Brady); pero la intensidad de sus gruesos poros, su forma más redondeada, demuestran que se trata de una especie que no pertenece al grupo de *G. triloba* (Reuss) (fig. 13, núms. 1-10). En Grecia es una forma del Plioceno Inferior, detalle que concuerda exactamente con los ejemplares de

Mallorca. Se caracteriza por sus dimensiones más bien reducidas, pero principalmente por los grandes poros que recubren sus cámaras y las diminutas aberturas redondeadas, suplementarias, en el lado espiral.

El conjunto del grupo de *Globigerina bulloides* d'Orbigny no es abundante, bien sea por sus reducidas dimensiones, junto a los grandes ejemplares de las formas citadas más arriba, lo que las hace pasar más desapercibidas, o porque en la mayoría de los casos su número resulta siempre más reducido. No obstante, *Globigerina bulloides* d'Orbigny está bien representada por ejemplares típicos, con cuatro cámaras en el lado umbilical, como en la verdadera *G. bulloides*, pero provistas de una abertura arqueada baja y estrecha, provista de un labio bien marcado. Es la *Globigerina falconensis* Blow, conocida en el Mioceno y en los mares actuales, pero cuyas relaciones con la anterior parecen muy estrechas, encontrándose unos pocos ejemplares cuando se examinan grandes poblaciones que muestran entonces todos los términos de paso entre unas y otras especies. Numerosos estudios morfológicos, estadísticos, etc., han sido dedicados a esta especie durante estos últimos años.

Dentro del gran grupo de formas de este tipo, *G. bulloides-falconensis*, en su estado juvenil, encontramos otros grupos que poseen una abertura lateral, oculta casi siempre por la cámara anterior; resulta muy difícil de distinguir, dentro de tales conjuntos, representantes bien definidos de una multitud de especies descritas por los especialistas. Tan sólo en los ejemplares bien desarrollados, con tendencia a pasar a la fase gerónica, es posible seleccionar y definir entonces algunos grupos de especies que parecen proceder de un estado de desarrollo común. Así, por ejemplo, diminutos ejemplares provistos tan sólo de tres cámaras finales, siendo la última más grande y alargada, son atribuidos a la *Globigerina parabulloides* Blow; sus primeras cámaras son diminutas y muy apretadas, colocadas en una posición lateral en el lado espiral. Poseen una abertura alargada y estrecha, poco visible desde la región umbilical. De ellas es posible que deriven los ejemplares cuyas dos o tres últimas cámaras toman una forma muy desenvuelta de la espiral gene-

ral, abriéndose largamente en la última. Se trata entonces de la *Globigerina calida* Parker, siempre escasa, pero conocida desde el Mioceno de los mares tropicales actuales.

Otra especie, escasa entre mis materiales, es una forma que parece estrechamente relacionada con la *Globigerina gavalae* Perconig, caracterizándose sus grandes ejemplares por sus cámaras globulosas sobre las tres últimas y poseer una abertura baja y alargada dirigida hacia el lado umbilical. Con este grupo se encuentra aún otra forma provista de cinco cámaras en la última vuelta espiral, abertura estrecha, baja, abierta en una profunda depresión umbilical, pero con la particularidad de que su última cámara resulta siempre de tamaño bastante más reducido que las anteriores, siempre gruesas y globulosas todas ellas. Estos ejemplares parecen estrechamente relacionados con la *Globigerina bolli* Cità, P. SILVA, del Tortoniense italiano.

*Globigerina obesa* Bolli parece estar representada entre mis materiales y mencionada con frecuencia. Sus ejemplares no siempre resultan convincentes, pero no cabe duda que en no pocas ocasiones representan a esta especie de BOLLI. No obstante, por tratarse más bien de una forma rara, un estudio exhaustivo de la misma no ha podido ser emprendido. Otra especie que, sin ser nunca frecuente, resulta siempre constante, es la *Globigerinella aequilateralis* (Brady), caracterizada por sus cámaras desarrolladas en una espiral plana y aumentando regularmente de tamaño. Los ejemplares adultos de la fase geróntica poseen sus últimas cámaras muy abrazadoras, constituyendo la variedad *involuta* Cushman. En cambio posee escaso valor estratigráfico.

Otra especie interesante por varios motivos es el hallazgo, en el sondeo del Pont d'Inca (cerca de Palma), de la *Globorotalia menardii* (d'Orb.) (figura 5, núms. 1-2), pero representada por escasos ejemplares, aunque todos ellos muy bien conservados. Todos pertenecen a la forma típica de esta especie y el nivel que las ha proporcionado es del Plioceno Inferior. Pero no ha sido hallada en otros sondeos. El mencionado del Pont d'Inca se halla situado cerca de la zona litoral de la actual bahía de Palma, de manera que durante

el Plioceno Inferior este sector de la zona central de la isla resultaba el que más directamente podía comunicar por el SO con el mar libre. Su escasez nos indica que en aquellos momentos era ya, probablemente, una especie en vías de regresión en la zona mediterránea en busca de aguas cálidas del Atlántico Sur.

Estos grandes grupos globigerínicos los encontramos lo mismo en el Tortoniense Superior que en el Plioceno Inferior, con escasas variaciones. Es, pues, el Andaluciense de la zona del Guadalquivir y del Levante español el que se halla bien representado en Mallorca y seguramente en Menorca. Después del Tortoniense Superior las facies evaporíticas messinienses que se habían impuesto largamente durante cierto tiempo en el área mallorquina y posiblemente también en la de Menorca, eran nuevamente reemplazadas por las aguas marinas de una gran transgresión pliocena que llegaba lentamente, devolviendo al mar balear la extensión de los antiguos dominios miocénicos de las molas blancas. No obstante, únicamente durante el Plioceno Inferior s.l., sus aguas pudieron extenderse todo a lo largo de su canal central (figs. 1 y 3) desde las bahías de Pollensa-Alcudia por el este hasta enlazarse con la zona menorquina, totalmente recubierta por el mar, y por el oeste con la zona de Palma, hasta Ibiza y Formentera.

En 1973, G. BIZON, J. J. BIZON, R. BOURROUILH y D. MASSA escribían: «... la partie supérieure des calcarinites du Miocène post-orogénique de Majorque et du Sud de Minorque, contiennent des Foraminifères planctoniques du Tortonien supérieur et du Miocène terminal. La crise de salinité ne se manifeste pas.» En Menorca, en verdad, es aún algo incierta, pero en Mallorca, donde ha sido revelada por el geólogo A. BARÓN (trabajos inéditos) no cabe duda sobre ello. «... le promontoire baléaire —según los mismos autores franceses— constitue une plateforme sous-marine, peu profonde, de laquelle émergent les puissants reliefs de la Sierra Norte, des Sierras de Levante et des reliefs plus limités a Minorque. Cette plateforme sous-marine dépend d'une mer chaude ouverte, a salinité normale.»

No obstante, en Santo Tomás (Menorca), las calcarenitas miocénicas les han dado a los men-

cionados autores *Globigerinoides obliquus extremus* BOLLI-BERMÚDEZ —tan abundante en Mallorca— *Globorotalia scitula subscitula* CONATO (fide BLOW, 1969), *Orbulina bilobata* D'ORB. Según los BIZON corresponden al nivel 17 de BLOW, eso es, a un mioceno final, Messiniense. Por tales motivos es muy posible que nuevos trabajos de lavajes de margas obtenidas en los lechos superiores de aquella Isla, allí donde queda la posibilidad de que se hayan conservado, puedan confirmar, o negar, con mayor seguridad, la posibilidad de la presencia de un Plioceno como el descrito en este trabajo en Mallorca.

No se trata de llevar a cabo una revisión completa del Tortoniense mallorquín, hecha ya por BARÓN (inédita), sino tan sólo exponer las bases generales de su composición relacionadas con su primera parte, para que se permita comprender con mayor facilidad las nuevas nociones adquiridas recientemente y relacionadas con los estratos más altos, Andalucisenses, Messinienses y los del Plioceno, pisos sobre los cuales la contribución será más detallada y más precisa sirviéndome de los datos reunidos desde 1972 hasta el presente.

La transgresión Tortoniense se inició en Mallorca de tres maneras diferentes, según las localidades:

- Por conglomerados de base alternando con finos lechos de areniscas, conteniendo estas últimas ejemplares del *Borelis melo* (FICHEL-MOLL).
- Por lechos de areniscas o calizas más o menos groseras y cargadas de restos de organismos.
- Con formaciones lacustres, poco potentes, escasas y más bien localmente limitadas (figuras 1 y 3).

El espesor de los depósitos de base resulta variable, según los sectores. Después de ellos, la composición de los sedimentos transgresivos va uniformizándose rápidamente en todo su conjunto, con la presencia de los grandes bancos de las molas blancas, las cuales, en no pocas regiones, son abundantes en fósiles, como gasterópodos variados, Ostras, entre ellas los grandes ejemplares de la *Ostraea crassissima* Lamarck, Equínidos,

restos de peces, etc. El *Borelis melo* abunda en determinados bancos molásicos, y tanto R. BOURROUILH como A. OBRADOR lo han encontrado igualmente en las calcarenitas de Menorca. Por otra parte, los *Borelis* son a veces frecuentes en los estratos tortonienses, post-orogénicos, del SE de España (lám. III, fig. 2). Con ellos pueden alternar repetidos lechos de lumaquelas constituidas totalmente por grandes cantidades de conchas de Heterosteginas *H. gomez-angulensis* Perconig. Según las zonas se intercalan niveles margosos, gris-amarillentos, con foraminíferos bentónicos y pelágicos. Tales estratos de base descansan sobre los más diversos materiales estratigráficos contraídos; estratos lacustres de la fase regresiva superior, del mar Burdigaliense. Otros son del piso Aquitaniense o del Eoceno, Secundario, etcétera.

En cuanto a los lechos de base de origen lacustre, parece posible atribuirlos a los relieves orogénicos recién surgidos y de los cuales empezaron a descender seguidamente cursos torrenciales vertiendo sus aguas en reducidas cuencas. Su existencia resultó efímera, quedando finalmente recubiertos por los depósitos marinos, transgresivos, que rellenaron posteriormente el amplio canal central (fig. 1).

Si intentamos ahora comprobar la potencia de los depósitos del Plioceno Inferior, con *Globorotalia puncticulata padana*, por los datos que nos han proporcionado los sondeos, vemos que resulta bastante desigual, pero en no pocos casos sorprendentemente potentes, tendiendo a un mayor espesor en el sector oriental de la Isla —La Puebla, Alcudia, etc.— como lo revelan los sondeos núm. 16, con 187 m.; núm. 3, con 203 m.; núm. 6, con 206 m., y algunos otros en su porción opuesta de la depresión de la bahía de Palma, con los sondeos núm. 31 de 90 m.; núm. 4, con 217 m., es decir, que los espesores máximos durante el Plioceno Inferior y con una columna sedimentaria más acusada, se sitúan en el extremo de las dos vertientes, principalmente del largo canal marino que cruza el centro de la Isla, encajado entre las dos alineaciones tectónicas que ya conocemos. Detalle que parece natural, pues quedan situados más cerca del mar libre y ciertamente también más profundo, aunque la subsidencia regional pudo alterar, en no pocos casos,

esta regla, pues en Sancelles —zona central de la Isla (fig. 1)— en la actualidad el sondeo núm. 37 posee unos 193 m. de Plioceno Inferior. La potencia de tales depósitos no deja de resultar llamativa, indicando una intensa fase de sedimentación sobre unos relieves submarinos muy desiguales y positivamente subsidentes, debido a movimientos de fallas. En sus lechos margosos más superiores es donde abundan los *Amussium* (fig. 20, números 25-27).

En un reciente trabajo de tipo ecológico debido al Dr. H. J. OERTLI (1971), dicho autor intenta demostrar que el grado de quietud de las aguas puede reconocerse según el número de las conchas de Ostrácodos que contienen los sedimentos de un depósito, teniendo en cuenta el porcentaje de ejemplares que presentan sus conchas unidas o separadas. En el primer caso representarían una fase de gran quietud, la cual no alteraba la unión de las valvas durante todo el proceso de su descomposición y tafosenosis consecutiva; en el segundo revelaría un arrastre acusado, incluso intenso, cuando la totalidad de las valvas se hallan separadas. Todos los grados de transición pueden encontrarse entre ambos extremos. Los del primer grupo suelen ser muy escasos en los sedimentos que he estudiado. No obstante, esta explicación se tendrá muy en cuenta durante el transcurso de este trabajo.

Empezaré el estudio de los sondeos por los del grupo que comprenden los dos niveles más esenciales: el primero, con los que incluyen la presencia de *Globorotalia margaritae*, y el segundo, con *G. puncticulata padana*, por considerar al primero como perteneciente al Tortoniense alto o incluso al Andaluciense y el segundo al Plioceno Inferior. Entre ambos se intercala el episodio de las evaporitas messinienses, con sus lechos de yesos, oolitas, etc. Cada una de ellas posee sus características locales, pero en su conjunto parece poder sostenerse que una gran parte, al menos, de las mismas, principalmente las de los niveles con foraminíferos u otros microorganismos, sus materiales fueron removidos o desplazados de su zona de origen, debido a la acción de corrientes marinas hasta abandonarlas en otros sectores, detalle que tenía lugar en el canal central de la futura Isla (fig. 1), sujeto posiblemente a corrientes marinas determinadas por las condiciones de

aquellos mares o bien por movimientos post-tectónicos del zócalo balear durante el Mioceno Superior y el Plioceno. De este modo se explicaría la presencia de las mencionadas lumaquelas con Heterosteginas (lám. III, núm. 1; lám. IV, núm. 1), las acumulaciones de conchuela marina en unos casos o de agua dulce en otros, los restos de ictiolites (huesos, otolitos, dientes y escamas de peces), induciendo siempre a sospechar que tales acumulaciones de restos orgánicos fuera debida no tan sólo durante su primera parte de formación autóctona en un área determinada, sino por el transporte posterior hasta donde ahora las encontramos en abundancia. En cambio, algunos niveles pertenecientes a biotopos más tranquilos y en general de los niveles más altos, pliocenos, debido a la fuerte proporción que contienen de pirita revelan una lenta acumulación de organismos en descomposición en un ambiente reductor, en el cual la abundancia de restos de «raíces», fragmentos leñosos y carbonosos, etc., predominaron largamente imponiendo biotopos lagunares, de aguas someras, pobladas por una densa vegetación lacustre y de la cual se ha conservado únicamente los restos de «raíces».

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos que poblaron estos depósitos en los niveles claramente marinos, representan en general formas de profundidades medias, pero no de playas, pues la ausencia hasta el presente no demostrada de Miliólidos o bien en escasa cantidad, resulta extraño en una facies que, al parecer, tenía que ser favorable para ellos. Entre las comunidades propias de biotopos litorales y por tal motivo eurihalinas, tenemos a las *Ammonia*, como la *A. beccarii beccarii* (L.), *A. b. ammonoides* (d'Orb.), y sobre todo a la *A. b. inflata* (Seguenza), juntamente con su compañera *A. b. tepida* Cushman. Con ellas hay siempre los *Elphidium*, principalmente *E. crispum* (L.), y su variedad eurihalina *biniacoensis* Colom, *Cibicides lobatulus* (Valk-Jac.), *Discorbis sp.*, formas litorales propias actualmente de las zonas con Posidonias que van desde los 0 a los 30-40 metros de profundidad. La *Amphistegina lessoni* (d'Orb.), aparece a veces en grandes cantidades, pero no es forma típicamente litoral ni eurihalina, sino característica de las facies arrecifales de aguas muy puras, poco profundas y que corrientes marinas arrastraron más tarde hacia otras zonas, donde las encontramos acumuladas

en gran número (Sondeo 16, situado cerca de la villa de La Puebla, en su porción del NE).

El siguiente grupo de especies representan una comunidad propia de aguas litorales entre los 100-200 m., en la siguiente forma:

*Marginulina costata* (Batsch.)  
*Marginulina costata coarctata* Silvestri  
*Lenticulina calcar* (L.)  
*Heterolepa haidingeri* (d'Orb.)  
*Heterolepa praecineta* (Karrer)  
*Neoponides schreibersi* (d'Orb.)  
*Bigenerina nodosaria* d'Orbigny  
*Textularia palmata* (Costa)  
*Textularia subangulata* d'Orbigny  
*Florilus boueanum* (d'Orb.)  
*Cibicides miocenicus* Col.  
*Cibicides nucleatus* (Seguenza)

Revelan una mayor profundidad, alrededor de los 300 m. el siguiente conjunto, no siempre constantes y de irregular presencia no pocas de sus especies, debido también a la influencia de la naturaleza de los fondos, arcillosos, arenosos, etc.

*Canceris auricula* (Fich.-Moll)  
*Orthomorphina tenuistriata* (Costa)  
*Valvulineria bradyana* (Fornasini)  
*Dorothia gibbosa* (d'Orb.)  
*Liebusella rudis* (Costa)  
*Baggina dentata* Hagh.  
*Cassidulina laevigata carinata* Cushman  
*Uvigerina pygmaea* d'Orbigny  
*Hofkinsinia bononiensis* (Fornasini)  
*Siphonina planoconvexa* (Silvestri)  
*Lenticulina orbicularis* (d'Orb.)  
*Lenticulina clerici* (Fornasini)

Un reducido grupo indica profundidades aún más superiores, como:

*Hoeglundina elegans* (d'Orb.)  
*Planulina ariminensis* (d'Orb.)  
*Melonis pompilioides* (Fich.-Moll.)  
*Uvigerina tenuistriata*  
 var. *gaudryinoides* Lipp.  
*Cibicides pseudoungerianus* Cushman

*Gyroidina soldanii* d'Orbigny  
*Nodosaria vetebralis albatrossi* Cushman  
*Uvigerina tenuicostata* v. *siphogenerinoides* Lipp.

Estratigráficamente, tales grupos no poseen valor alguno; todos ellos siguen viviendo en la actualidad en zonas más o menos meridionales. Únicamente resultan útiles como indicadores ecológicos, propios de un medio como el que ha sido indicado. La presencia y variedad de *Lenticulina* y de Lagénidos en general, anuncian siempre profundidades mayores. El conjunto de *H. elegans*, *C. pseudoungerianus*, *P. ariminensis*, *C. laevigata carinata*, *Liebusella rudis*, etc., tienden a aumentar hacia la profundidad indicada. Únicamente *U. tenuistriata gaudryinoides*, *U. t. siphogenerinoides* y la *Hofkinsinia bononiensis*, juntamente con *Orthomorphina tenuistriata*, suelen ser muy características del Mioceno Superior.

Estas comunidades bentónicas del Tortoniense Superior-Andaluciense vuelven a repetirse en la mayoría de los casos tan sólo con ligeras variantes en las aguas de la transgresión Pliocena. Sin embargo, lo que mejor define la edad de estos estratos son las formas planctónicas que se han mencionado al principio de estas líneas y ha sido sobre ellas que se han establecido las determinaciones de este trabajo.

Entre los Ostrácodos que acompañan a estas asociaciones de foraminíferos, las especies marinas resultan de presencia algo irregular, según la naturaleza del medio ambiente de los diferentes niveles. Las más constantes son: *Cytherella cf. pulchella* Ruggieri, *Bythocypris lucida* (Seguenza), y *Plyctenophora arcuata* (v. Munster). La *Bosquetina dentata* (Muller) aparece en determinados sondeos, siendo entonces más o menos frecuente. Las demás formas, como *Ruggierina tetraptera* (Seguenza), *Trachyleberis hystrix* (Reuss), son escasas y la forma más rara representada por grandes ejemplares es el *Paracypris polita* (Sars), obtenido únicamente en el sondeo núm. 4. Todo un grupo que no ha sido posible detallar con precisión, agrupando a pequeñas especies del género *Loxococoncha*, con *L. diademata* Ruggieri, y otras del género *Aurilla*, abundan según los niveles, manteniéndose algunas de ellas en los ambientes salobres con paso a agua dulce.

La *Cytherella cf. pulchella* que en Italia parece



limitada a los lechos del Mioceno Superior, no pasando a los post-messinienses, en Mallorca parece circunscrita al Andaluciense. Posee una concha provista de numerosos poros distribuidos de una manera irregular sobre una superficie en parte lisa (fig. 22, núms. 1-7). Una especie del género *Candona*, la *C. cf. marchica*, también marina, resulta una forma rara y limitada a unos pocos sondeos (sondeo núm. 3, La Puebla).

En cambio, una forma lacustre, mencionada en líneas anteriores, el *Cyprideis torosa* (Jones), resulta en extremo abundante en los niveles salobres en término de paso a ambientes de agua dulce. Como se sabe desde hace tiempo, presenta dos formas distintas, las de caparazón liso y las provistas de protuberancias más o menos marcadas. Esta última recibió el nombre de *Cyprideis littoralis* (Brady). A pesar de ello, no pocos autores consideran que *C. littoralis* no es más que una variación fenotípica de la primera. TRIEBEL (1941), atribuye estas protuberancias al grado de salinidad de las aguas mesohalinas. Pero en no pocos casos se puede observar ambas formas viviendo en un mismo medio y ofreciendo no pocos ejemplares términos de paso entre unos y otros. FASZBINDER (1912), cree que las postulaciones proceden de aguas conteniendo en cantidad el carbonato de calcio. Ello induce a creer lo expuesto más arriba de que su origen es siempre fenotípico y no genético, constituyendo ambas una sola especie caracterizada por esa influencia ambiental y a la cual responde la estructura del *Cyprideis torosa* (Jones).

Esta especie parece adaptable a toda clase de concentraciones salinas, especialmente en aguas mesohalinas y preferentemente en profundidades situadas entre los 0 a 30 m., siendo particularmente frecuentes en ambientes lagunares situados o dependientes en desembocaduras de ríos, torrentes, etc. El estudio de ambas formas con el microscopio electrónico revela que sus poros de mayores dimensiones poseen, cuando la conservación de las valvas es perfecta, una placa interna, cribrosa, muy fina (lám. V, núms. 1-6). Hasta el presente, *Cyprideis torosa* ha sido citado en Europa, Asia y Africa; JONES los encontró por vez primera en 1856 en el Pleistoceno de Inglaterra, y RUGGIERI en 1952 en el Plioceno y Pleistoceno de Italia. Por tal motivo, en los niveles más bajos donde aparece en los sondeos de Ma-

llorca y Menorca lo consideramos como perteneciente al Plioceno Inferior. En cambio, en unos pocos casos, como en los sondeos núm. 13, de la primera serie, situado al NE de Ca'n Pestilla, en la carretera de Llucmajor a Palma; en los de la segunda serie, como el sondeo núm. 40, al SE de los arrabales de Palma; el núm. 4, en la localidad del Pont d'Inca, de Palma, y finalmente, el número 16, próximo a Son Ferrol, cerca de Palma, parece que contienen niveles Andalucienses en su porción inferior. En los estratos ante-messinienses, bien datados por su microfauna, los *Cyprideis* sólo han sido encontrados en unos pocos niveles, siendo más bien raros en ellos. En la mayoría de los casos, las valvas de los ejemplares examinados son lisas y desprovistas de nudosidades fenotípicas. Según el Dr. Cl. GUERNET, cuando las poseen suelen ser interpretadas como revelando la acción de salinidades muy bajas o bien muy variables. *C. torosa* ha sido reconocido con seguridad a partir del Plioceno hasta el Holoceno, aunque no pocas veces haya sido mencionado en el Mioceno Superior. Especie muy eurihalina prospera igualmente desde los ambientes a fuerte salinidad, hasta el 80 por 100, y en otros más bajos en este sentido, al menos del 1 por 100.

Otra especie interesante propia de los niveles más altos de esta series estudiadas, pero en este caso exclusivamente de agua dulce, es el *Ilyocyprideis gibba* (Rambuhr), hallado siempre muy localizado, es decir, perteneciente al Plioceno final o a la base del Pleistoceno. En la mayoría de los casos sus conchas poseen pústulas y surcos más o menos marcados (fig. 23, núms. 1-9). Han sido encontrados en diferentes sondeos juntamente con oogonios de Caráceas y diminutos gasterópodos de agua dulce.

He figurado y descrito bajo el nombre de «raíces» a unos tubos, o fragmentos, cuya forma recuerda la de las plantas. Su conservación es unas veces caliza, pero en general, más bien ferruginosa o piritosa. Sus dimensiones y formas pueden resultar muy variadas, largas y delgadas, bifurcadas o no, siempre muy irregulares en su grosor, tortuosas o más o menos rectilíneas (fig. 28, números 6-14). Generalmente no pasan de 3 ó 4 mm. de longitud y en no pocos casos oscilan alrededor de 1 a 2 mm. únicamente, entonces con una estructura particular recordando las cápsulas de determinadas larvas acuáticas de Neurópteros,

pertenecientes al género *Phrygaena* (fig. 20, números 1-3) comunes en aguas estancadas en ríos o lagos. En su conjunto tales restos suelen presentarse juntamente con fragmentos carbonosos o con conchuela de agua dulce, ostrácodos de iguales biotopos y en medios reductores que estuvieran colmados de restos de organismos variados en plena descomposición, indicando siempre lechos salobres de agua dulce. Nunca los he encontrado en los niveles claramente marinos. Es fácil que no pertenezcan a un conjunto homogéneo derivado de una sola clase de organismos, sino que entre ellos pueden existir formas de muy diversos orígenes, como se ha indicado ya. Debido a su mal estado de conservación, este problema no parece tener fácil solución, pues habrá sin duda alguna investigadores que verán en ellos fragmentos de tubos de gusanos —*burrows*, etc.—, o conchas de *Ditrupea cornea*, como las figuradas por J. DE PORTA y al. (1977), procedentes del Tortoniense Superior de Bará (Tarragona). Pero, a mi parecer, tales interpretaciones no resultan adecuadas para los materiales obtenidos de Mallorca, pues bastantes de estos «tubos» conservan todavía, en su porción interna, restos de una fina impresión reticular correspondiente a un tejido celular, el cual aparece claramente en ciertos ejemplares bien conservados cuando se examinan a un fuerte aumento. En tal caso parecen corresponder bien a la cutícula de las raíces propias de plantas acuáticas que recubrirían el fondo de sus lagunas.

Otro conjunto de restos orgánicos, a veces frecuentes, es el de los *ichtiolites*, pertenecientes en general a peces y por tal motivo les dedicaré alguna atención durante el transcurso de mis trabajos. Uno de sus primeros investigadores fue W. R. RIEDEL (1977), juntamente con otros autores, escribiendo en una de sus obras: «... la evolución de la extensión y arrastre de los *ichtiolites*, pertenecientes a diminutos fragmentos de esqueletos de peces en los sedimentos Cenozoicos del este del Pacífico tropical, revela que éstos pueden ser más o menos transportados fácilmente en suspensión y trasladados, juntamente con otros restos recientes, microscópicos, con los Radiolarios. Por tal motivo es probable que puedan ser encontrados en depósitos muy diferentes, pues los *ichtiolites* claramente rodados permiten conocer su distribución geográfica en relación con la cresta de subducción del este del Pacífico y des-

plazados entonces como indicadores de su situación superior estratigráfica. En el curso de estas investigaciones se han acumulado nuevos e interesantes detalles sobre la estratigrafía de no pocos lechos de *ichtiolites* durante el Terciario.»

Con más frecuencia, en las zonas salobres o lagunares, que en las marinas, es donde aparecen con mayor abundancia los restos de peces a base de sus huesos —vértebras, principalmente—, espinas o placas dérmicas, ciertamente en algunos casos pertenecientes a pequeños reptiles. Los restos óseos suelen ser de un color ambarino-rojizo y en extremo delicados. Los pequeños dientes figuran entre tales materiales (fig. 19, núms. 1-32).

Pero hay un grupo de pequeños dientes que resultan muy constantes. Se trata de unas formas aplanadas, aguzadas, en su extremo superior, triangulares, cuando únicamente nada queda de su porción basal. Parecen pertenecer a una especie del género *Balistes* (fig. 17, núms. 1-6). El paleontólogo J. BAUZÁ los ha descrito repetidas veces en sus *Notas* de 1949, 1964 y 1968, procedentes de la región de Santa Margarita, revelando una especie nueva para uno de ellos, es el *Balistes larichei* Bauzá, 1949. Los ejemplares que con mayor abundancia he podido obtener resultan muy uniformes en dimensiones y morfología en general, pareciendo pertenecer todos ellos a la especie *Balistes crassidens* Casiers. Pero sus dimensiones resultan mucho más reducidas comparándolas con los datos publicados por BAUZÁ para los mayores, pues en mis muestras es fácil que tan sólo haya podido lograr los ejemplares más diminutos, oscilando entre 1 a 3 mm.; bien es verdad que su porción basal ha desaparecido en la mayor parte de los casos. Los dientes de *Balistes larichei* son más altos, cilíndricos en su base y solamente aguzados en su última porción superior. Tan sólo un reducido número de ejemplares recolectados parecen pertenecer o tener alguna relación con ellos.

Los *Balistes* pertenecen al Orden de los Osteodermos, familia de las Plectognatos, teniendo la aleta dorsal armada de un aguijón que puede levantarse con facilidad cuando teme algún peligro (fig. 17, núm. 1). Muchas especies de este género son notables por la viveza de sus colores y excepto el *Balistes capricus*, que se encuentra en el Mediterráneo, viven todas las demás en los

mares intertropicales. Representan, pues, las formas obtenidas a un género de peces de origen tropical que debieron ser frecuentes en las zonas arrecifales y en las praderas coralinas del Andalucense y del Plioceno Inferior en Mallorca al correr de aquellas edades. Como en tantos otros casos conocidos, sólo subsisten en la actualidad en nuestras latitudes unas pobres «reliquias» de los mismos.

Otros dientes sueltos, pequeños, macizos, con su porción de esmalte negro, parecen pertenecer al *Diplodus jomitans*. Algo más abundantes resultan las formas agudas, afiladas, de una especie del género *Trichiurides* (fig. 19, núms. 9-11). Fragmentos de dientes triangulares, agudos, negros en su cúspide, de los que tan sólo se conserva casi únicamente su última porción, parecen atribuíbles al género *Dentex* y otros bifurcados, diminutos, siempre escasos, del género *Box* (fig. 19, números 12-13). Es sabido desde hace tiempo la abundancia en dientes de escuálidos y otras formas carniceras del Tortonense de Mallorca, dadas a conocer sobre todo por los trabajos de J. BAUZÁ y GÓMEZ LLUECA.

En cambio, los otolitos de peces abundan más en los niveles puramente marinos o en los ríos de conchuela de este tipo, lo que viene a demostrarnos que en no pocos casos han sido arrastrados desde sus depósitos originarios por la acción de corrientes de fondo.

Entre los numerosos otolitos recogidos, las formas ampliamente representadas corresponden a dos especies del género *Myctophum*, con *M. austriacus* Koken, y el *M. pulcher* Prochazka, abundantes los dos en la cuenca Miocena de Viena; el primero posee una forma más circular, el segundo algo más alargada (fig. 17, núms. 10-11 y 17-18). Les sigue la tercera especie, más escasa, pero también más característica, el *Myctophum splendidum* Prochazka (fig. 17, núms. 13, 15 y 16), separándose de las dos anteriores por poseer una periferia más aguda y provista de un cierto número de espinas. Otra forma del mismo grupo resulta igualmente frecuente, es el *Bregmaceros albyi* (Sauvage).

La presencia de tantos otolitos de los *Myctophum* en las muestras estudiadas coincide con la profundidad que poseía el canal central de la Isla, por la presencia de determinados grupos de fo-

raminíferos bentónicos, como los reseñados en las páginas anteriores, así como la abundancia de formas pelágicas de Globigerinas y Globorotalias, confirmando con ello la anotada ausencia o escasez de los Miliólidos. El mar balear del Andalucense y del Plioceno Inferior alcanzó ciertamente profundidades de unos 500 m. en determinados momentos, principalmente en sus dos extremos del NE y del SO.

En el Mediterráneo actual se han señalado tres especies del género *Myctophum*, el *M. punctatum* Raffinesque, *M. affinis* (Ltkn.) y *M. asperum* Rich. En general se trata de pequeñas especies batipelágicas que durante las horas diurnas se mantienen a una profundidad de unos 200 a 600 m., pero llevando a cabo migraciones verticales, pudiendo alcanzar durante la noche la zona de aguas superficiales y desde las cuales podrían haber sido arrastrados hacia el área costera. Pero existen formas permanentemente batipelágicas que no se alejan de los 600-700 m. de profundidad. Las larvas de los *Myctophum* actuales son presas favoritas de las grandes formas pelágicas, como los Atunes y otros Escómbridos.

Según los trabajos de CH. MONTENANT (1968), en la provincia de Murcia, la presencia del género *Myctophum* presenta una gran difusión en el sureste de la Península, la cual, unida a los representantes de Mallorca, demuestra la gran difusión del género *Myctophum* a lo largo del Mediterráneo occidental. Los *Myctophodidae* de Columbares está compuesta exclusivamente por formas batipelágicas iguales a las de Mallorca. La conservación de los ejemplares es inmejorable, dejando ver todavía sus órganos luminosos característicos de este género, habiendo sido posible —según Montenant— reconocer las siguientes especies diferentes a las de Mallorca, como *Myctophum microsome* (Sauvage), *M. columnae* (Sauvage), *M. dorsalis* (Sauv.), más otro reducido conjunto perteneciente a los géneros *Paralepis albyi* (Sauv.), y *Alosa elongata* Agassiz, seguidos de otras especies dudosas, posiblemente nuevas de la Familia *Myctophidae*, siendo todas ellas típicas del Mioceno alto, del Messiniense de Licato (Sicilia) o del Sahaliense del norte de Africa.

La abundancia de los *Myctophidae*, peces característicos de la zona profunda provistos de órganos luminosos, confirma el valor batipelágico de

los del yacimiento de Columbares y de los cuales parecen ser una continuación de los de Mallorca. La fosilización de estos peces y la naturaleza de los sedimentos que los contienen, margas con diatomitas, principalmente del género *Coscinodiscus*, vienen a acentuar aún más la semejanza, con otros yacimientos mediterráneos de este tipo. La abundancia de *Myctophidae*, peces de profundidad provistos de órganos luminosos, confirmando con ello el carácter batial-pelágico de los depósitos de las «moronitas» de Columbares. Es posible que la presencia de las especies de *Myctophidae* sea debido a la actuación de corrientes de «Upwelling» (palabra inglesa equivalente a *ascensión*), que explicaría la concentración excepcional de estos peces en los lechos de diatomitas. La existencia de un biotipo batial revelado por la presencia de los mencionados peces en las diatomitas, representa un dato interesante, aunque limitado a algunas zonas profundas localizadas, como lo han demostrado los estudios de J. P. CARBONNEL sobre los Ostrácodos, revelando que en la zona del SE de España, en la localidad de Torremendo, en la provincia de Murcia, la profundidad resultó relativa durante determinados momentos del Tortonense, viniendo a confirmarlo la presencia de una microfauna planctónica que muestra caracteres particulares, como formas degeneradas y afectadas de enanismo, predominancia de Globigerinoides o de Globigerinas sobre las Globorotalias, desarrollo empobrecido de las Orbulinas que viene a confirmar condiciones ecológicas desfavorables, debido sin duda a la poca profundidad de las aguas.

Según CH. MONTENANT, se conocía desde hace tiempo en el SE de España la presencia de lechos con peces, también del Mioceno Superior, en los alrededores de Loros, al SO de Murcia, de margas grises pertenecientes a formaciones sulfuro-yesosas que han proporcionado diferentes de Clupeidos, como *Clupea sp.* y *Trachurus sp.* No obstante, el yacimiento de Columbares corresponde a una zona profunda, en cambio los estratos de Lorca pertenecen a una zona costera y probablemente más próxima a la costa del sur del estrecho Nort-Bético.

Los otolitos del género *Gobius* están representados por ejemplares cuyas dimensiones oscilan bastante debido posiblemente a pertenecer a varias especies. Las del *Gobius vicinalis* Koken, de

mayores dimensiones y a veces muy bien conservados, resultan muy característicos. Según los niveles y localidades su frecuencia puede ser más o menos acusada. Los otolitos del *Gobius weilleri* Bauzá suelen ser raros entre mis materiales. Una forma alargada, casi elipsoidal, pero generalmente representada por ejemplares en deficiente estado de conservación, parecen próximas a *Bellone d'erasmoi* Bauzá. Los *Gobius*, notables también por su abundante representación, son formas litorales.

El primer grupo de sondeos conteniendo los niveles con *G. margaritae* Bolli-Bermúdez, 1965, con el Andalucense, y el segundo con *G. puncticulata padana* Dondi-Papetti, 1967, del Plioceno Inferior.

Este grupo, que a continuación se describe, reúne los sondeos más completos de las series estratigráficas estudiadas, con los niveles evaporíticos Messinienses correspondientes a los señalados con el signo de la macla del yeso. Su potencia es mayor o menor, según las localidades, y suelen ir unidos a series margosas grises, arenosas a veces, hacia el centro de la cuenca. En su porción superior aparecen los yesos recristalizados, con niveles de cristales grandes y bien desarrollados, pudiendo alternar con bancos calizos con Cianofíceas y oncolitos.

### Sondeo 31.—Albufera de Alcudia

Su potencia es de 316 metros.

Comprende tres partes esenciales. Un nivel de base, marino, pero con acusadas influencias lacustres y de 96 m. de potencia, desde los 316 hasta los 226-233 m., con sedimentos ferruginosos, la cual alcanza su máxima intensidad en el nivel 312-316 m., conteniendo pequeños gasterópodos lacustres y restos carbonosos. En su porción superior se hallan niveles evaporíticos, messinienses, con 31 m. de espesor. Vienen después nuevos lechos con 81 m. de potencia, los cuales terminan bruscamente en los 114-117 m. Desde este momento se fue imponiendo un nuevo régimen, salobre-lacustre, cada vez más acentuadamente lagunar, comprendiendo 111 m. de espesor.

Seguramente que la base de este sondeo no atravesó en su totalidad los lechos postorogénicos.

cos, siendo desconocida su iniciación; pero los más anteriores resultan tan claramente salobres o lagunares, a pesar de la presencia de algunos foraminíferos, formados en un ambiente donde la piritización se presenta bajo condiciones anaerobias, en las cuales el sulfuro libre, originado por la descomposición de organismos, se combina con el hierro en forma de FeS<sub>2</sub>, como lo indican no pocos caparazones piritosos. Sin embargo, a partir del nivel 302-308 m. se encuentran ya abundantes poblaciones de foraminíferos pelágicos y del bentos, a base, entre estos últimos, de *Melonis pompilioides* y *Florilus boueanum*, gran cantidad de *Heterolepa haidingeri* y, en menor número, *Cibicides pseudoungerianus*, *Marginulina costata coarctata* y el *Elphidium crispum*, revelando siempre esta especie un ambiente litoral de unos 100 metros de profundidad. En cambio, *Melonis pompilioides* y *Cibicides pseudoungerianus* representan más bien zonas profundas de unos 200 a 300 m., lo que tendería a revelar una mezcla de especies en esta tanatocenosis debida a la existencia de corrientes marinas o a influencias de un área más profunda, no muy alejada, en aquellos momentos, de la zona litoral.

El segundo régimen marino, el Plioceno, sigue a la fase evaporítica desde el nivel 183-195 m. y se mantuvo pujante y abundante en especies hasta el nivel 114-117 m., donde termina bruscamente. Las formas más comunes en él son la *Textularia rugosa*, *T. subangulata*, *Dorothia gibbosa* y *Marginulina costata coarctata*; el grupo de las *Lenticulina* está bien representado con la *Lenticulina calcar*, en extremo abundante y difundida a través de la secuencia, seguida de *L. inornata* y *L. orbicularis*. Son igualmente frecuentes *Neoeponides schreibersi*, *Heterolepa haidingeri* y *Florilus boueanum*. Formas litorales hacen su aparición en el nivel 302-308 m. con *Ammonia beccarii inflata* y *A. b. tepida*, a base de poblaciones de talla más bien reducida, confirmando con ello la poca profundidad y escasa salinidad de tales niveles y sus sucesivas adaptaciones a los diferentes ambientes que se fueron sucediendo y que he ido siguiendo a lo largo de la vertical de tales depósitos. Algunos Ostrácodos marinos resultan frecuentes en estos medios.

A partir del nivel 102-115 m. se observa una brusca disminución de los foraminíferos, detalle normal, pues en el nivel 132 m. se encontraba ya,

aunque en escaso número todavía, el *Cyprideis torosa*, revelando que el régimen marino había empezado a sufrir fuertes modificaciones y posiblemente acusadas alteraciones en su salinidad. La presencia de *C. torosa* va aumentando en el nivel 161-63 m., para terminar con una verdadera abundancia en el nivel 28-29 m., precisamente en una serie evaporítica abundante en yesos, nivel 29 m. En los lechos 61-63 m., los restos de «raíces» son frecuentes, confirmando con ello la existencia de depósitos lagunares. Como lo revela la distribución de especies, sus poblaciones sufren repetidas oscilaciones, terminando los foraminíferos para reducirse al *Elphidium crispum* y a la *Ammonia beccarii inflata*, la cual se mantendrá hasta el final, pero sujeta entonces al fenómeno del enanismo de una manera progresiva. Dos especies más, el *Heterolepa haidingeri* y el *Florilus boueanum* se reduce igualmente con rapidez. A partir del mencionado nivel sólo se mantienen de manera constante el *Elphidium crispum*, *Ammonia beccarii inflata*, *A. b. tepida*, *A. b. ammonoides* —siempre escasa— y la *Amphistegina lessoni*, es decir, tres formas litorales eurihalinas, muy típicas de tales ambientes. Alteraciones de esta clase resultan el preludio de un acusado cambio de facies, el cual revela plenamente en el nivel 29 y 28 m. indudablemente lagunar, a causa de la ingente acumulación del *Cyprideis torosa*, como se ha indicado ya, acompañado de muy raros ejemplares de *Florilus boueanum*, seguramente rodados en tales niveles, manteniéndose en cambio todavía la *Ammonia beccarii inflata* y la *A. b. tepida*. Este nivel, tan particular, de unos 2 m. de espesor, resulta muy característico; pero lo mismo que la *Ammonia beccarii* va reduciendo su tamaño progresivamente, debido a la acentuación del medio lagunar, la población del *Cyprideis torosa* va en aumento, terminando por predominar largamente. Era el final de tales depósitos.

Este sondeo no permite conocer la fase final de su aparición, seguramente salobre, pero en cambio se ha conservado perfectamente en él su serie terminal, lacustre, con fases de evaporación en las zonas de yesos hasta la desaparición de los mismos *Cyprideis torosa* y finalmente de la *A. b. inflata* y su compañera la *A. b. tepida*. El mar del Plioceno Superior terminaba de este modo en esta zona.

El nivel 4-7 m. contiene únicamente foraminí-

feros rodados, como *Peneroplis pertusus*, *Cibicides lobatulus*, *Discorbis sp.*, que por el estado de conservación de sus caparazones parecen haber sido arrastrados por el viento en playas y dunas litorales. No se trata, en ningún modo, de un nuevo nivel marino. Los *Peneroplis*, que en la actualidad se encuentran en las playas, sólo conservan en parte los tabiques radiales de sus cámaras y los demás foraminíferos que les siguen ofrecen siempre sus conchas muy gastadas por la acción eólica.

#### Sondeo 40.—Situado al SE de los arrabales de Palma

Su potencia es de unos 375 m.

Este sondeo posee dos biotopos diferentes y de muy desigual espesor. El más inferior, lacustre o salobre-lacustre, se reduce a unos 33 metros, pues va desde los 428-440 hasta los 401-411 m., conteniendo abundantes restos de «raíces» y una gran población del *Cyprideis torosa*, la cual se mantiene, pero en gradual disminución hasta el nivel de los 382-396 m. Con tales elementos sólo se hallan dos especies de foraminíferos, al parecer rodados, el *Florilus boueanum* y *Heterolepa haidingeri*. Aquí, como en el sondeo núm. 13 y el núm. 4, el *Cyprideis torosa* aparece ya en la base de esta formación. Debido a ello este ostrácodo se encuentra ya en los lechos del Mioceno Superior, en tal caso anteriores a la zona Tabaniense con *Globorotalia margaritae*, demostrando con ello que la distribución vertical de ambas especies resulta más vasta de lo que se suponía. Desde el nivel de los 396-399 m. empieza la serie marina, ciertamente de una manera muy lenta, pues el *C. torosa* se halla todavía, y bastante frecuente, en el nivel de los 382-396 m., y a las especies de foraminíferos citados anteriormente se añaden ahora unos pocos más, como *Lenticulina calcar*, *Marginulina costata coarctata* y *Textularia gramen*, traídas seguramente hasta aquí por corrientes marinas, pues no es esta asociación litoral típica y propia de niveles de paso salobres al marino normal. Desde este momento, nivel 332-396 m., el régimen marino se impuso con unas asociaciones de especies de tipo normal.

Esta secuencia ofrece la particularidad de presentar un «bache» de foraminíferos bentónicos

en el nivel de los 245-332 m., reduciéndose únicamente a seis especies, pero volviendo a reanudar seguidamente el ritmo normal, con abundantes foraminíferos, alcanzando en el siguiente nivel, en los 245-332 m., su frecuencia habitual. Resulta difícil la interpretación correcta de tales anomalías, seguramente debidas a múltiples fluctuaciones de los ambientes salinos, puros o salobres. Pero esta población de foraminíferos tiende a reducirse bruscamente en llegando al nivel de los 85 m., pues en él subsisten tan sólo unos pocos representantes litorales, como la *Ammonia beccarii inflata*, y otros pertenecientes a *Florilus boueanum* y *Heterolepa haidingeri*. Con ellos parece terminar bruscamente la serie marina.

Los planctónicos muestran la siguiente composición. Cinco especies predominantes con *Orbulina universa*, *Globigerinoides triloba*, *G. t. imatura*, *G. obliquus*, *G. o. amplus*, *Sphaeroidinellopsis seminulina* y *S. subdehiscens*, *Sphaeroidina bulloides*, las demás especies resultan más bien escasas. El paso del Andaluciense, zona Tabaniense con *Globorotalia margaritae*, viene a situarse entre el nivel de los 235-332 m., continuándose en menor número hasta el nivel de los 169-192 m., donde aparece la facies con yesos del Messiniense, pasándose algunos ejemplares hasta el primer tramo marino post-messiniense, es decir, en el nivel de los 142-169 m. La *Globorotalia punctulata padana* se halla ya, bien representada, en el nivel anti-messiniense de los 169-192 m., para subsistir en los siguientes y alcanzar mayor densidad en los 109-112 m., en el cual es donde todos los pelágicos sufren una extinción total. Los *Sphaeroidinellopsis* abundan aquí en los niveles más bajos, Tabanienses, desde los 332-382 al 382-396 m. con *S. seminulina* y *S. subdehiscens*.

Se observa claramente en este sondeo cómo desde un régimen a base salobre o lagunar, de poca potencia en cada caso, no pase a los depósitos marinos de tipo litoral, de salinidad normal, pero ciertamente con variadas alteraciones marinas y de agua dulce, así como las influencias de corrientes que aportaron especies procedentes de otros biotopos no lejanos. La profundidad de los depósitos marinos de salinidad normal, allí donde más abundante y variada resultaba la asociación de foraminíferos bentónicos en profundidad, fluctuaría en su momento álgido alrededor de los 100 metros para terminar de una manera rápida y por

lechos otras veces lacustres en los que tan sólo han podido mantenerse las Ammonias y otras formas ciertamente rodadas. Las especies marinas que tienden a indicar el máximo de profundidad, pero siempre escasas, son *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Nodosaria vertebralis albatrossi*, *Hoeglundina elegans* y la *Planulina ariminensis*. Los otolitos de peces, así como los restos de equínidos, resultan en extremo abundantes en el nivel de los 142-169 m. en plena fase marina. Los fragmentos de colonias de Briozoarios coinciden con ellos. En esta secuencia estratigráfica no se han iniciado los niveles de los 36-42, 42-44 y 53-61 m., por resultar todos ellos estériles y corresponder, ciertamente, a formaciones Pleistocenas.

#### Sondeo 22.—Entre Palma y Son Sardinia

Su potencia es de unos 176 metros.

La secuencia de este sondeo se caracteriza por la presencia de dos niveles esenciales, los cuales, aunque de menor espesor, vienen a concordar, en líneas generales, con los tres del sondeo núm. 11, expuestos como sigue. Un nivel de base, lacustre, de 226-250 m., con unos pocos foraminíferos bentónicos y pelágicos, depositados en un medio reductor de unos 24 metros de potencia y en el cual abundaron únicamente restos de «raíces». Les sigue un tramo marino, el más potente de todos, con abundantes foraminíferos bentónicos y pelágicos, desde los niveles de 218-220 m. hasta el de los 121-161 m. con 119 de espesor, terminando bruscamente con la imposición de los lechos evaporíticos messinienses. A éste le sigue un nivel con 95-100 m. salobre-lacustre, en el que subsisten tan sólo algunas formas bentónicas, eurihalinas, gran cantidad de conchuela marina y restos de equínidos y, nuevamente, abundancia de «raíces», terminando en los 74-85 m. con raros pelágicos y bentónicos, restos de «raíces» todavía y otros carbonosos. El *Cyprideis torosa* es frecuente en este último nivel superior, ciertamente lagunar. Las formas pelágicas definen bien la columna estratigráfica de la siguiente manera: La *Globorotalia margaritae* es frecuente, pero no abundante, antes de la fase messiniense, en el nivel de los 121-161 m. —fase Tabaniense—. En cambio *G. puncticulata padana* es muy abundante en el nivel de los 95-100 m., indicando el Plioceno Inferior, lo cual viene a concordar con la presencia

posterior, nivel final, de los 74-85 m. del *Cyprideis torosa*.

El régimen marino Tabaniense, desde el nivel de los 218-220 m. hasta el 121-161 m., posee una variada representación de planctónicos, y entre los bentónicos abundan *Heterolepas haidingeri*, *Neoeponides schreibersi*, *Cibicides pseudoungerianus*, *Lenticulina calcar* y *L. inornata*, juntamente con *Uvigerina pygmaea*. Y, de manera brusca, con el nivel de los 121-161 m. se implanta un nuevo régimen salobre, el cual da paso a las evaporitas messinienses y en el que tan sólo se encuentra la *Dorothia gibbosa*, ciertamente rodada aquí, dentro de un grupo formado por dos especies eurihalinas, litorales, la *Ammonia beccarii inflata*, y principalmente, el *Elphidium crispum* afectado por el descenso de la salinidad y representado entonces en gran parte por su forma ambiental, el *E. c. biniaensis*, dando ejemplares más aplanados, con bordes laterales más agudos y mayor número de cámaras, pero con todos los demás caracteres propios de la especie tipo, y representado por unos pocos ejemplares de dimensiones menores a la normal. La abundancia de *Cibicides pseudoungerianus*, *N. schreibersi*, *H. haidingeri*, *L. calcar*, constituyen el núcleo más importante de esta asociación, revelando que la profundidad resultaba más potente, el de los 13 m. con las mismas asociaciones, el cual terminó bruscamente en el nivel 77 m., con gran abundancia de la *Textularia articulata*, *Elphidium crispum biniaensis*, *Neoeponides schreibersi* y la *Ammonia beccarii inflata*. Los planctónicos proporcionan un gran conjunto de *Orbulina universa* y de *G. triloba*, con sus variedades *inmatura*, *sacculifera*, *irregularis*, más el grupo de los *G. obliquus*. La *Globorotalia margaritae* es siempre rara y de ella sólo se han encontrado ejemplares en los niveles supra-evaporíticos. En cambio, los de *G. puncticulata padana* abundan en el nivel de los 84 m., encontrándose después ejemplares aislados en el nivel más superior de los 79 metros. La zona Tabaniense parece mal representada en este caso; en cambio, el Plioceno Inferior, post-evaporítico, queda bien definido por la presencia de esta última especie.

Los otolitos de peces abundan en plena fase marina, como en los niveles de los 84 y 83 m., para ir disminuyendo rápidamente hacia el final de la secuencia. Sus dientes son siempre más

raros e inconstantes. Los restos de colonias de Briozoarios tan sólo se han conservado en el nivel de los 84 m., pero entonces en gran cantidad, correspondiendo ese nivel al de las condiciones óptimas de la fase marina. Los restantes de Equínidos son numerosos hasta el final, entre los niveles de los 80 y 79 m.

#### Sondeo 17.—Coll d'en Rebassa. Arenal-Palma

Potencia, 147 metros.

No atraviesa totalmente el Mioceno Superior, quedándose en sus niveles marinos. Los tres tramos estudiados están separados por un *hiatus* calizo de 101 metros de espesor, el cual separa sus dos niveles inferiores, claramente marinos, desde el 132-151 hasta los 151-160 m. del otro superior, salobre o lacustre, con 13-31 m., en el cual tan sólo se han encontrado restos de «raíces» en hematita o pirita, muy escasos fragmentos de equínidos y de foraminíferos, algunas Globigerinas acompañadas de *Heterolepa haidingeri* y *Nodosaria vertebralis albatrossi*, ciertamente rodadas hasta él, y procedentes de lechos más inferiores en los cuales tales especies abundan. Su nivel más alto es el de los 13-31 m., caracterizándose en cambio por sus residuos calizo-ferrosos, con cuarzos muy rodados y deslustrados y unos pocos de ellos mostrando todavía los contornos borrosos del prisma exagonal bipiramidado, lo que lleva a interpretarlos como procedentes de los lechos margosos del Keuper, donde tanto abundan en Mallorca. Toda la composición de estas muestras es predominantemente ferruginosa, formadas en un ambiente reductor, pobre en oxígeno, pero representando actualmente un nivel fuertemente erosionado, cuya edad precisa no es posible definir por falta de fósiles que hayan vivido *in situ*.

En cambio el más inferior de los dos niveles marinos posee muchos restos de conchuela, equínidos, fragmentos de Dentalinas, Ostrácodos marinos, sobre todo de la *Cytherella cf. pulchella*, y entre los foraminíferos predominan ampliamente tres especies mencionados más arriba, juntamente con fragmentos de la *Nodosaria vertebralis albatrossi*, que no debió vivir en tales lechos, sino aportada desde otros más lejanos y de origen más profundo. La *Orthomorphina tenuistriata* no abunda, pero es constante y representada por ejem-

plares muy bien conservados. Es una especie muy característica del Andalucense.

La composición de los planctónicos revelan datos interesantes desde el punto de vista estratigráfico. Su aportación es abundante a partir del mismo nivel inferior, siendo frecuentes *Globigerinoides obliquus amplus*, tendiendo a pasar, en baja proporción a *G. obliquus* típico. Esta última nunca es abundante en esta serie pelágica, aunque resulte algo más frecuente en el nivel más alto de los 132-151 m. *Globigerinoides triloba* es frecuente como en otras muestras y va acompañada por algunas de sus formas de él derivadas, como *G. t. inmatura* y *sacculifera*. Desde el punto de vista cronológico es notable la presencia en este sondeo de las dos especies de *Globorotalia*, siendo esenciales para separar al Mioceno, las cuales se entrelazan en un momento dado. *Globorotalia margaritae* se halla en abundancia en el nivel inferior de los 151-160 m., pasando unos pocos ejemplares al nivel superior de los 132-151 metros. La *G. puncticulata padana* se inicia en el nivel de los 151-160 m. con escasos ejemplares, pero su gran masa corresponde al tramo superior de los 132-151 m. La primera está representada a veces por grandes ejemplares, aunque predominan los de dimensiones normales; la segunda lo está por ejemplares más bien pequeños, pero muy típicos. Entre ambos niveles de las citadas *Globorotalias* no parece que se interpuso aquí ningún lecho de evaporitas, habiendo existido probablemente continuidad de sedimentación marina entre ambos conjuntos de depósitos. No obstante, el más inferior, con gran predominancia de *G. margaritae*, es ciertamente Andalucense o Tabaniense, y el segundo, con el gran complejo de *G. puncticulata padana* resulta del Plioceno Inferior. Ello me lleva a pensar que la disposición de los lechos evaporíticos no siempre tuvieron lugar de una manera uniforme en todo el área central de la cuenca marina de Mallorca.

Esta serie marina termina bruscamente en estos niveles de *Globorotalias*. Por tal motivo, el tramo superior de los 13-31 m. resulta tal vez mucho más moderno, Plioceno Superior e incluso del Pleistoceno Inferior. Pero tuvo influencias marinas con restos de equínidos y prevaleciendo en él los suelos de «raíces» y los granos redondeados de cuarzo; equínidos y granos de cuarzo fueron aportados por corrientes. El nivel marino de base de los 151-160 m. ha dado 18 especies de fora-

miníferos; el segundo, el de los 132-151 m., con 23, siendo en este nivel donde se acentúa la presencia de determinadas especies planctónicas o del bentos, los ostrácodos marinos y los otolitos de peces. La serie de la *Lenticulina calcar* es aquí normal, representando grandes y pequeños ejemplares en los que la espinosidad lateral de sus conchas se halla muy desarrollada. Las condiciones marinas de aguas limpias y salinidad normal parece que debieron ser predominantes. En su conjunto estos dos tramos marinos contienen una sinecia de foraminíferos de tipo costero de unos 100-200 metros de profundidad y en los cuales a veces tendían a desarrollarse bastante las formas propias de las zonas de barros finos, como la *Cassidulina laevigata carinata*, *Valvulina bradyana*, *Cancris auricula*, *Melonis pompilioides* y el *Florilus boueanum*.

#### Sondeo 13.—Carretera Palma-Llucmajor, al NE de Ca'n Pestilla

Con unos 74 metros.

Se caracteriza por poseer dos tramos esencialmente definidos. Uno inferior, salobre-lacustre, desde los 131-135 m. hasta el de los 129-131 m., con sedimentación piritosa y abundancia de restos de «raíces» en moldes de piritita, con restos carbonosos y una aportación bastante acusada de conchuela marina y pocos foraminíferos del bentos. No obstante, en el segundo nivel, el 129-131 m., predominan largamente la conchuela de agua dulce y con ella aparece el *Cyprideis torosa*; pero también empiezan a abundar las formas pelágicas de foraminíferos. En el siguiente nivel, el de los 126-129 metros, los bentónicos resultan todavía escasos, con predominancia tan sólo de la *Textularia gramen* y la *T. subangulata*, juntamente con *Lenticulina calcar*, con poblaciones, esta última, de reducidas dimensiones y escasa o nula espinosidad lateral.

Este régimen, ciertamente marino desde el nivel 126-129 m., se acentuará hasta el final, aunque nos resulte dividido por un tramo calizo —89-100 metros—, que nos impide conocer su composición micropaleontológica de manera precisa, terminando todo el conjunto de una manera rápida en el nivel superior de 61-67 m. Las especies bentónicas predominantes todo a lo largo de su vertical corresponden a tres especies, *L. calcar*, *Neoeponides haidingeri*. Las formas litorales son raras o esca-

sas, como *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus*, etcétera. Su profundidad resultó superior a los 100 metros.

Las formas planctónicas muestran la presencia en los dos últimos niveles superiores, el 61-67 m. y el 67-89 m., de la *G. margaritae*, representada a veces por grandes ejemplares, siendo abundante en el más inferior y pasando unos pocos de ellos al nivel siguiente, el 61-67 m.; en cambio, la *G. puncticulata padana* está escasamente representada entre el gran conjunto de *G. margaritae*, para abundar en el último nivel, el de 61-67 m. En el tramo más inferior la primera representaría la zona Tabaniense, la segunda sería ya del Plioceno Inferior. La sedimentación entre ambos niveles resultó continua, no encontrándose aquí, como en el sondeo 17, ningún lecho evaporítico entre las dos series de Globorotalias.

En el nivel 61-67 m. se ha encontrado una escasa representación de una *Globoquadrina* posiblemente rodada en estos lechos, pues se trata de una forma particularmente frecuente en el Oligoceno Superior y en el Mioceno Inferior, la *Globoquadrina praedehiscens* BLOW-BANNER, la cual en este sondeo aparece en un nivel Plioceno, juntamente con *G. puncticulata padana*.

La presencia de *Cyprideis torosa* en el nivel 129-131 m. es una de las citas más precoces que conocemos para esta especie en estos sondeos, pues en este caso se halla bastante antes de los niveles con *G. margaritae*, y podría indicar ya, entonces, un lecho del Tortoniense Superior.

#### Sondeo 16-3.—Cerca de Son Ferriol (Arenal-Palma)

Profundidad, 226 metros.

Se inicia con un nivel reductor en 220 m. con moldes piritosos de «raíces» y dos formas predominantes de foraminíferos, la *Ammonia beccarii tepida* y *Heterolepa haidingeri*, esta última de presencia algo insólita en estos lechos por una forma de aguas mesohalinas. La abundancia de *A. b. tepida* es normal. El mar se impuso en el nivel 212-220 m. hasta alcanzar los 196 m. con 24 m. de potencia, conteniendo abundantes foraminíferos típicamente marinos más bien propios de zonas algo profundas. La *G. puncticulata padana* es fre-

cuenta en los niveles 206-212 m. y sobre todo en 196-200 m. No se han encontrado ejemplares de *G. margaritae* en ningún nivel. Ello indica que se trata en este caso de niveles exclusivamente del Plioceno Inferior.

En el nivel 60-90 m. ese régimen marino sufre rápidamente un cambio notable, siguiendo predominando la conchuela marina, pero con desaparición total de los foraminíferos, de los cuales quedan únicamente unas pocas de las formas que tan ampliamente estuvieron representadas anteriormente, pero en las que encontramos ahora restos de «raíces» y conchuela de agua dulce.

Desde este nivel se pasa al 60-90 m., claramente lagunar, con abundancia de Ostrácodos lacustres, como el *Ilyocyprideis gibba* (RHUNDORHF), conchuela de agua dulce, opérculos de gasterópodos posiblemente del género *Bithynia* (?) con restos de sus últimas cámaras, además de troncos carbonosos. En el nivel más superior se halla el *Cyprideis torosa*.

En él se pasa del nivel 60-80 m. con restos de carbón y de diminutos gasterópodos lacustres, raros otolitos de peces, conchuela marina y dos foraminíferos de carácter muy litoral, como el *Elphidium crispum* y el *E. complanatum*, pero en escasa cantidad. En cambio tiene lugar una verdadera «explosión» de la *Ammonia beccarii inflata* del tamaño de una o dos décimas de milímetro acompañadas de una forma de *Nonion* sp. Ambas representan una fase de enanismo muy agudo. Hay también una escasa representación final de una especie que se extingue, correspondiente a la *Heterolepa haidingeri*.

Los dos últimos niveles, 57-60 m., sólo contienen conchuela marina, restos de carbón, unos pocos ostrácodos salobres y nódulos de hematita o de piritita. Los restos óseos de peces, de color ambarrizo-rojizo, semitransparentes, se hallan en el nivel 90 m. Así pues, la intercalación de un régimen marino, claramente definido por sus foraminíferos del bentos y pelágicos, resultó rápido pero poco potente, alcanzando tan sólo 16 metros. El régimen lagunar, de base, sólo comprende 6 m., y el superior, de igual composición, 55 m. Resulta mayor pues, en este caso, la potencia de los estratos salobres o de agua dulce superiores que los marinos. Detalle que nos revelan igualmente otros sondeos de estas mismas series.

#### Sondeo 16.—Situado muy cerca, al NE de la villa de La Puebla

Comprende unos 150 metros.

Se caracteriza por poseer una base lacustre bien definida, con una potencia de 64 m., conteniendo gyronitos de Caráceas no muy abundantes pero sí frecuentes, de reducidas dimensiones y pertenecientes a una especie no encontrada hasta el presente en las formaciones miocénicas de Mallorca. Su tamaño es reducido y su estado de conservación bastante deficiente, de manera que difícilmente podrán ser determinadas específicamente. Queda la posibilidad de que no vivieron *in situ*, sino que fueron arrastradas por corrientes continentales hasta estos lechos salobres más inferiores del Andalucense. En estos depósitos abundan los suelos de «raíces», restos carbonosos y una buena representación del *Cyprideis torosa*, el cual confirma un biotopo lagunar hasta donde llegaron elementos marinos, igualmente rodados, como son conchuela marina y unas pocas conchas de un foraminífero, el *Heterolepa haidingeri*, evidentemente fuera de su *habitat* normal.

El régimen marino se impuso en el nivel 123-144 m. y desde este momento irán predominando un grupo de especies bentónicas a base de la mencionada especie, la *Neoeponides schreibersi*, *Lenticulina calcar*, *Amphistegina lessoni*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum* y su variedad *binia-coensis*, *Dorothia gibbosa*, y dos Textularias, *T. articulata* y *T. subangulata*, para terminar con esa fase marina con los lechos de yesos, evaporíticos. Al reanudarse el régimen marino sólo contiene ya en abundancia conchuela marina y unas especies litorales como *Florilus boueanum*, *Ammonia* y *Elphidium*. Esta base también termina bruscamente.

Es interesante y característica de este sondeo la gran masa de *Amphistegina lessoni*, forma abundante en los alrededores de las zonas coralinas, pero que hallamos aquí en los niveles 107-114 m. hasta el 120-123 m. muy rodada, a base de ejemplares rotos, mal conservados, partidos, cual si hubiesen sido largamente rodados desde sus biotopos naturales. *Lenticulina calcar* abunda en los niveles 114-120 y 120-123 m., indicando depósitos algo más profundos que los anteriores. Pero su estado de conservación es también muy deficiente, cual si hubiesen sufrido un largo acarreo desde su lugar de origen.



La *G. margaritae* se halla localizada en el nivel 107-114 m., siendo más bien rara. Indicaría el Andaluciense alto, pues seguidamente después vienen los yesos de la fase evaporítica. Las Globigerinas no abundan en este sondeo. Pueden ser frecuentes algunas de ellas, pero nunca abundantes y su representación se limita a los lechos más altos, 37-43 m., pero intensificándose algo más entre los niveles 107-114 y 120-123 metros.

Los depósitos post-evaporíticos del nivel 37-43 m. sólo contienen formas clásicas, eurihalinas, como *Ammonia beccarii inflata-tepida*, *Elphidium crispum*, etc. La primera es muy abundante, viéndose cómo pasa a la *A. b. tepida*, ambas representadas por pequeños ejemplares. Su curva de variabilidad nos demuestra la evolución de su tamaño. Este nivel, aunque contenga bastantes foraminíferos bentónicos, en él sólo hay tres especies predominantes, las demás son escasas o raras, y convivieron con el *Cyprideis torosa* bastantes oogonios de dos especies de Caráceas y no pocos y diminutos gasterópodos lacustres, cuya determinación específica no ha podido lograrse.

El nivel superior 37-43 m. es pues lacustre, empezando a reemplazar, con débiles influencias marinas, al régimen evaporítico. Pero su brusca terminación parece indicar que una erosión posterior barrió por completo a los depósitos del Plioceno Inferior marino que, normalmente, como en otros sondeos comprobamos, continuaron depositándose en estas cuencas, las cuales es posible, entonces, que comprendieran formas pelágicas, y entre ellas la *G. puncticulata padana*. Pero de ser así nada queda de ellos en la actualidad.

En los afloramientos de Son Serra de Marina (Santa Margarita), se hallan estas especies, que el Dr. S. CALZADA ha tenido la amabilidad de clasificarme, son las siguientes: un ejemplar de *Alvania sp.*, forma marino-litoral; dos ejemplares de *Chrysallida (Parthenina) interstincta* MONTAGU, forma muy litoral. Esta especie ha sido citada desde la U. R. S. S. como en gran parte de Europa. Cuatro ejemplares de *Hydrobia gr. syrmyca* NEUMAYR, 1875, propia de aguas dulces y a veces marinas (?). El conjunto indica ambiente marino, muy litoral, sin excluir el medio salobre a causa de la preponderancia de las especies del género *Hydrobia*. La edad de estos niveles sería, según CALZADA, Mioceno Superior, Sarmatiense Superior o Messiniense.

### Sondeo 11.—Carretera de Palma a Llucmajor, al sur de San Jordi

Comprende 124 metros de potencia.

Este sondeo, abundante en foraminíferos pelágicos, ofrece la particularidad de que en seis tramos de muestras sólo parece estar representado en él el Mioceno Superior, en su fase Andaluciense, terminando con ella de una manera brusca, lo que induce a sospechar que las secuencias superiores del Plioceno Inferior si se depositaron fueron más tarde barridas por las erosiones del Plioceno Superior o del Pleistoceno.

Empieza con niveles marino-salobres (?) desde 126-180 hasta los 100-108 m., conteniendo escasos foraminíferos, igualmente pelágicos que bentónicos, los cuales parecen más bien rodados en cada uno de los tres niveles más inferiores, 126-180, 108-126 m. Vienen seguidamente un verdadero nivel lacustre en 90-100 m., con una sedimentación ferrosa, restos carbonosos y otros más abundantes de «raíces». Los restos de equínidos y de conchuela marina son escasos en él.

Este último nivel de 90-100 m. empieza un régimen marino normal, con una densa población de foraminíferos bentónicos y pelágicos; entre estos últimos, la *Globorotalia margaritae*. El grupo de planctónicos es numeroso y los del bentos se caracterizan por una predominancia de las siguientes especies: *Liebusella rudis*, *Textularia subangulata*, *Marginulina costata*, *Lenticulina calcar*, *Neoeponides schreibersi* y *Heterolepa haidingeri*, indicando una profundidad de unos 100-200 metros. En cambio, el tramo Plioceno Inferior, con *G. puncticulata padana*, falta por completo.

Sus primeros lechos de base, 126-100 m., son arenoso-calizos, conteniendo muchos cuarzos rodados, no pocos de ellos exagonales, bipiramidados, más o menos perfectos aún, posiblemente procedentes de la erosión de los lechos Triásicos Superiores (Keuper). Con ellos se encuentran no pocos foraminíferos del bentos y pelágicos, más bien rodados hasta estos niveles salobres o de agua dulce, pues no forman una verdadera asociación ecológica. Con el nivel 100-108 m. todo cambia, estando formado su residuo por cristales de calcita agrupados, procedentes de una calcarenita posiblemente molásica, siendo muy escasos los restos de organismos, como fragmentos de pequeños *Dentalium*, conchuela de bivalvas marinas, raros foraminíferos. Es esta una de las

pocas muestras que contienen Miliolas (*Triloculina*), pero en muy escasa cantidad.

El nivel 90-100 m. está constituido a base de una sedimentación ferruginosa, hematítica, en el que se encuentran abundantes restos de «raíces» y fragmentos carbonosos. Se trata de un medio reductor en el que sólo unas seis especies pudieron desenvolverse bajo condiciones difíciles de vida, sin desechar la posibilidad de que sus caparzones pudieran ser arrastrados por corrientes, etcétera. En cambio, en los dos últimos niveles superiores, 80-90 m. a 56-80 m., se estableció un ambiente marino normal, conteniendo foraminíferos pelágicos y del bentos en una asociación característica y repetida en otros niveles de estos sondeos, mucho conchuela de bivalvas marinas, otolitos de peces y restos de Crustáceos. La conchuela del nivel superior, muy fina, está casi toda ella atacada por los micelios de los hongos calcícolas.

Resumiendo lo mencionado más arriba podemos afirmar que en estos niveles sólo se han conservado los depósitos del Mioceno Superior con *G. margaritae*. La brusca terminación de los lechos marinos más altos tienden a indicar que su final no es normal, sino que la erosión fue la que desmanteló aquí, casi seguramente, los lechos del Plioceno Inferior con *G. puncticulata padana* y quizá también los más superiores de origen lagunar —como los poseen otros sondeos— conteniendo entonces el *C. torosa*.

La segunda serie de sondeos comprende a los que no contienen ninguna representación de *Globorotalia margaritae* BOLLI-BERMÚDEZ, o *G. puncticulata* DESHAYES, y resultan más bien raros en ellos los *Sphaeroidinellopsis* y en cambio son frecuentes los niveles lagunares con *Cyprideis torosa* e *Ilyocypris gibba*, varias especies de Caráceas, sin faltar, en la mayoría de los casos, los suelos de «raíces» juntamente con una sedimentación piritosa. Todos relevan de una manera más o menos acentuada, según los casos y localidades, la evolución del medio marino hacia un régimen lacustre total, lo mismo en Mallorca que en Menorca (fig. 3) cuya primitiva plataforma insular desde el Astiense, tal como lo indica la figura anterior, siendo muy similar a la que expone J. CUERDA en su obra sobre *Los tiempos Cuaternarios en las Baleares*, principalmente en la página 99 y en la figura 16 (1975). En ella da a conocer toda la sucesión estratigráfica con el pro-

ceso final de la evolución regresiva del mar Cuaternario y la aparición de la morfología actual de las dos Islas.

### Sondeo 3.—Llucmajor-Campos

Su potencia es de unos 82 metros.

Comprende cinco tramos margoso-amarillentos, separados por cuatro niveles calizos. Su nivel de base se inicia a los 212 m., por la presencia de una asociación de diminutos foraminíferos, mal conservados en general, no siempre identificables, y entre los que predominan existen principalmente el *Elphidium cf. crispum* y la *Ammonia beccarii tepida*. Con ellos hay raros planctónicos. Los restos de «raíces» son frecuentes juntamente con un diminuto ostrácodo del género *Darwinula*, restos de equínidos. Todo parece indicar una masa residual, posiblemente con unos pocos elementos rodados procedentes de formaciones anteriores o desiguales y escasas todavía aportaciones marinas. Con ellos se observan grandes granos de cuarzos de dimensiones variables, redondeados, deslustrados, aportados hasta estas zonas posiblemente por corrientes continentales (?). Los foraminíferos y restos de equínidos indican las influencias de un régimen marino no muy lejano. Los restos de «raíces», en cambio, revelan una formación lacustre de aguas someras con aportaciones marinas irregulares atribuibles a fases erosivas. El siguiente nivel de los 165 m., es el más pobre en organismos; en él tienden a predominar los restos de «raíces» con pequeños moluscos de agua dulce, dientes de peces, lo mismo que los ostrácodos del nivel anterior (*Darwinula sp.*) juntamente con *Ammonia beccarii tepida*, muy diminutas y escasas. La acentuación del régimen lagunar parece evidente y en él empiezan a encontrarse trozos de ámbar (?), los cuales se mantendrán desde este tramo hasta el final con más o menos intensidad.

El nivel 155 m. resulta más abundante en restos de organismos, siendo frecuentes las consabidas «raíces» y restos de gasterópodos lacustres, abundancia de *Darwinula sp.* y otros ostrácodos de mayores dimensiones como *Candona marchica*, así como los primeros y aún más raros representantes del *Cyprideis torosa*. A ellos se añade una escasa representación de oogonios de Caráceas, que ciertamente vivieron *in situ* y representadas

por tres especies. Los foraminíferos más frecuentes, siempre de reducidas dimensiones, son el *Discorbis orbicularis*, *Ammonia beccarii ammonoides*, *A. b. tepida* y el *Nonion granosum*. El régimen lagunar parece acentuarse por la presencia de los ostrácodos, oogonios, «raíces» y restos de moluscos lacustres. La representación de los mencionados foraminíferos es escasa en este ambiente. El nivel de 144 m. se caracteriza por la extraordinaria abundancia del *Cyprideis torosa*, con valvas muy bien conservadas y no pocas de ellas unidas aún en un 50 por 100, lo que tendería a indicar, según el Dr. OERTLI (1970) la existencia de un medio tranquilo, en gran parte libre de corrientes que alterarían las tanatocenosis que lentamente se depositaban en estos fondos. En cambio, las «raíces» faltan en este nivel, aumentando la representación de los foraminíferos con *Elphidium cf. crispum*, *Ammonia beccarii ammonoides*, *A. b. tepida*, abundante y el *Nonion granosum*; los demás son escasos. Este nivel podría representar un medio lagunar salobre, alternando favorablemente para el desarrollo del *Cyprideis torosa* y permitiendo todavía la pervivencia de las tres formas de foraminíferos litorales que acabo de mencionar.

La serie parece terminar con el nivel 130 m. con la acentuación del régimen lacustre, abundante esta vez en gyronitos de Caráceas, nueva aportación de restos de «raíces» y de gasterópodos lacustres, el diminuto *Darwinula sp.*, juntamente con el *Ilyocypris gibba*, siendo característico esta última especie como forma de agua dulce. Entre los foraminíferos subsisten con alguna cantidad la *Ammonia beccarii tepida*, representada por diminutos ejemplares. Las demás especies son raras. Esta formación no parece post-evaporítica y post-pliocena. A excepción de los foraminíferos, más abundantes en sus respectivos niveles, todos los demás me parecen rodados y procedentes de formaciones anteriores del Mioceno Superior o incluso del Plioceno Inferior, aunque ningún elemento orgánico de los citados pueda contribuir a resolver ese detalle. El *Ilyocypris gibba* y el *Cyprideis torosa* suelen ser más frecuentes en el Pleistoceno que en el Plioceno. Se trata, ciertamente, de lagunas residuales que iban feneciendo lentamente bien hacia el final del Pleistoceno o durante el mismo Cuaternario. El ámbar que existe en sus niveles —en escasa cantidad— provendría posiblemente de determinadas Coníferas existentes en la vegetación de sus alrededores.

#### Sondeo 4.—Zona de Campos

Posee unos 78 metros de potencia.

Es totalmente lagunar, con restos de «raíces» en todos los niveles, con indicios carbonosos y una sedimentación hematítica muy descompuesta. Los gyronitos de Caráceas abundan en el nivel 117-119 m., seguidos de diminutos gasterópodos lacustres juntamente con opérculos de los mismos y seguida de conchuela del mismo tipo. Todo ello indica que fueron abundantes en tales medios. Como elementos rodados hay cuarzos angulosos y esferoidales, deslustrados estos últimos. Una reducida población de foraminíferos litorales, eurihalinos, pudieron mantenerse en estos lechos, sobre todo en los superiores, con *Elphidium cf. macellum* y *Ammonia beccarii inflata*. Con ellos se hallan escasos ejemplares de *Heterolepa haidingeri*, que puede considerarse aquí como arrastrada por corrientes marinas en momentos favorables, pues no parece posible que viviera en tales depósitos. Se trata, posiblemente, de un biotopo residual del Plioceno alto e incluso del Cuaternario Inferior. En el nivel de los 17-19 m. hay fases larvarias de ostrácodos, pero no es posible averiguar si se trata de las del *Cyprideis torosa*.

#### Sondeo 4.—Llano de Palma

Posee unos 222 metros de potencia.

A través de sus lechos abundan siempre los restos de «raíces», con nódulos ferruginosos en el nivel 215-217 m., residuos carbonosos, gasterópodos y conchuela lacustre. El *Cyprideis torosa* resulta extraordinariamente abundante en el nivel de los 208-215 m. e incluso en el de los 179-183 m., que es el único nivel que contiene una asociación litoral de foraminíferos aurihalinos a base del *Elphidium rugosum*, *E. macellum*, *Nonion granosum*, *Ammonia beccarii ammonoides*, *A. b. tepida*, y un corto número de otras especies pobremente representadas: Los pelágicos comprenden únicamente a dos especies.

Los cuarzos angulosos y redondeados y pulidos se hallan en casi todos los niveles. Resumiendo esta secuencia podría decirse que se trata de una zona lagunar, con aguas muy someras y una gran población de plantas acuáticas. Tan sólo a la mitad de esta secuencia se impuso un régimen salo-

bre con foraminíferos litorales, pero en el que abundan también los *Cyprideis torosa*. Esta segunda secuencia representa, ciertamente, el final del Plioceno Superior. No obstante, es notable en ella la potencia de sus depósitos de naturaleza, en general, uniforme.

#### Sondeo 37.—Cerca de Sancelles

Comprende unos 90 metros de potencia.

Entre sus estratos se intercala en primer lugar un nivel calizo de 32 m. de espesor, del cual ignoramos con precisión su composición micropaleontológica.

Desconocemos también su iniciación y su yaciente, pero con las muestras estudiadas parece demostrarse que empieza con niveles lagunares provistos de abundantes restos de «raíces», piritosos o calizos en los lechos más inferiores, como el 193-200 m., lechos que contienen también algunos pelágicos y dos formas del bentos litoral bien típicas como la *Ammonia beccarii inflata* y el *Elphidium crispum*, aunque en escasa cantidad.

El nivel 184-193 m., posee una sedimentación piritosa y en él se inicia el *Cyprideis torosa*, el cual aumentará en número en el siguiente nivel 184-193 m., concordando aquí con la presencia de oogonios de Caráceas. Los otolitos de peces abundan en estos dos últimos niveles. Los demás foraminíferos representados son siempre escasos y su origen ciertamente rodados. El mencionado *Cyprideis* abunda, pero lo encontramos siempre a base de valvas separadas, lo que tiende a indicar la existencia de aguas agitadas en estos fondos, que habrían ocasionado su separación, según las ideas de OERTLI (1970). En cambio, la escasez de los gyronitos y su deficiente conservación permiten suponer un posible arrastre por corrientes continentales desde zonas más lejanas, destruyéndolas en parte durante su recorrido. Se trata de dos especies como las representadas en otros niveles. Los lechos con *C. torosa* contienen diminutos dientes de peces y huesos de los mismos, de un color amarillento-rojizo, transparente y delicado, de medio milímetro de longitud en general.

El tramo calizo impide seguir la gradual transformación del régimen lagunar, inferior, con los dos últimos niveles marinos, 114-152 m. y 110-115 metros, conteniendo una buena representación de foraminíferos bentónicos y pelágicos, otolitos de

peces, restos de briozoos, de *Dentalium* y de equínodos. Los lechos marinos empiezan bruscamente, según las muestras que poseo, conteniendo una asociación predominante a base de *Neoeponides schreibersi*, *Amphistegina lessoni*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum* y su variedad *binia-coensis*, *Ammonia beccarii inflata*; las demás formas son raras o escasas. Entre los planctónicos abunda tan sólo la *Orbulina universa*.

La interrupción tan rápida del régimen marino parece atribuible a la acción de una fase final erosiva, ignorando aquí, como en otros sondeos, si el mar volvió a retirarse lentamente para dar paso a nuevos lechos lacustres superiores en los que predominan los foraminíferos costeros eurihalinos, y el *Cyprideis torosa*. Entre los planctónicos no se ha hallado ninguna representación de *G. margaritae* o de la *G. puncticulata padana*. Para mí se trata de niveles altos del Plioceno.

#### Sondeo 6.—La Puebla

Posee unos 197 metros de potencia.

Desde los 197 m. posee un ambiente lacustre que comprende 119 m. de espesor, con una gran cantidad del *Cyprideis torosa*, desde el nivel de base a los 203-206 m., los cuales se repiten en los 153-157 m. Con ellos hay restos leñosos y carbonosos desde los 153-157 m. hasta los 87-90 m.; existe una gran cantidad de restos de «raíces» mezclados con conchuela de agua dulce, piritosa en su secuencia central y restos de *Microcodium*, los únicos encontrados hasta el presente en esta serie de sondeos. El nivel inferior contiene bastante conchuela marina y otolitos de peces y con ellos coincide la presencia de la *Ammonia beccarii tepida*, bastante abundante, tendiendo a demostrar todo ello que estos niveles lacustres o salobres empezaron por formaciones marinas cuya base el sondeo no llegó a atravesar. Van acompañadas de escasos ejemplares de *Heterolepa haidingeri*, *Ammonia beccarii inflata* y *Elphidium crispum binia-coensis*, lo que vendría a demostrar un nivel salobre. Desde el nivel de los 150-157 hasta el de 92-97 m. no se halla ningún foraminífero, coincidiendo con la abundancia de los suelos de «raíces», conchuela de agua dulce y sedimentación piritosa en su última porción. Tales conjuntos corresponden al momento culminante de la expansión del medio lagunar.

Este tipo de ambiente tiende a terminar en el nivel de los 87-90 m., para dar paso seguidamente a un conjunto de foraminíferos del bentos, los cuales alcanzaron su máxima expansión en los niveles 86-98 m. con una representación de formas arenáceas y pelágicas, para terminar nuevamente en el nivel de los 9 metros con las especies únicamente litorales, eurihalinas, más abundantes en los lechos anteriores. La evolución de esta cuenca parece que había alcanzado su término natural en estos momentos. Tales lechos marinos poseen tan sólo unos 12 m. de espesor.

Mucho se ha escrito sobre los *Microcodium*. Para ciertos autores se encuentran ya en el Cretáceo Superior. En algunos casos pueden formar importantes acumulaciones de tipo arrecifal. Abundan principalmente durante el Terciario habiendo sido citados igualmente en las formaciones fluvio-lacustres del Cretáceo Superior, del Eoceno (DURAND DELGA, 1962) y en facies lacustres más recientes del Plioceno. *Microcodium* es un organismo problemático mal definido todavía a pesar de todos los trabajos hechos en este sentido para situarlo en su verdadera posición sistemática. Los primeros autores lo consideraron como pertenecientes a un grupo de Algas, atribuyéndolo al grupo de las Codiáceas. Los ejemplares obtenidos en el sondeo núm. 6, ofrecen el tipo llamado «coliflor» (fig. 4, núms. 26-35), seguramente pendientes a un tallo más o menos largo. Los ejemplares completos, como el figurado, no abundan, pero sí sus tabiques sueltos y aislados (fig. 4, núm. 33), lo que nos da la impresión de que en determinadas ocasiones fueran numerosos en esas zonas lagunares del Plioceno de Mallorca. En tales casos es posible que puedan haber sido arrastrados desde las formaciones Lutecienses de las Sierras del Levante, con niveles igualmente salobre-lacustres, hasta los nuevos biotopos del Plioceno. A pesar de que las aportaciones planctónicas no dejan de ser frecuentes y variadas, no se ha observado aquí ningún representante de la *Globorotalia margaritae* o *G. puncticulata*. Tales depósitos, desde su base, es posible que pertenezcan ya al Plioceno Superior. Es considerable para estos lechos salobre-lacustres la fuerte potencia de sus depósitos: 197 metros.

La bibliografía más interesante relacionada con los *Microcodium* de la zona mediterránea es la siguiente:

DURAND, J. P.: *Rôle et répartition des «Microcodium» dans les formations fluviolacustres provençales du Crétacé supérieur et de l'Eocène*. C. R. Somm. Soc. Géol. France, No. 9, pp. 264-265 (1962).

ESTEBAN CERDÁ, M.: *Una nueva forma de prismas del «Microcodium elegans» Gluck y su relación con el caliche del Eoceno inferior de Marnellà, provincia de Tarragona (España)*. Inst. «J. Almera» CSIC, Barcelona, pp. 65-81 (1972).

FRANÇOIS, S., y SIGAL, J.: *Quelques données nouvelles sur la morphologie et répartition stratigraphique des «Microcodium» Gluck*. C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., Nos. 9-10, pp. 168-171 (1957).

LUCAS, G., y MONTENANT, C.: *Observations sur les structures internes et le développement des «Microcodium»*. Bull. Soc. Géol. Fr. (7), vol. IV, pp. 909-918 (1967).

PLAZIAT, J. C.: *Stratigraphie continentale et sédimentologie de l'âge des couches à «Bulimus gerundensis» Vidal, de la province de Barcelona (Espagne)*. Bull. Soc. Géol. Fr. (7), t. X, pp. 49-55 (1968).

#### Sondeo 5.—Llano de Palma

Con unos 221 metros de potencia.

Composición peculiar y extraña, que se repite en otros sondeos de esta serie superior. El nivel inferior de esta secuencia, y a los 218-275 m., contiene gruesos cuarzos, angulosos unos y esferoidales los menos, deslustrados, revelando un largo transporte por las aguas. Los foraminíferos son rarísimos en él y ciertamente también rodados. El siguiente nivel de los 218-275 m. contiene, dentro de un residuo calizo, bastantes yesos y rarísimos ejemplares de foraminíferos rodados. Este depósito parece haber pertenecido a un lecho evaporítico típico, con antiguas influencias marinas. En el nivel de los 208-218 m. el residuo calizo contiene bastantes restos de «raíces» juntamente con escasos fragmentos de diminutos gasterópodos de agua dulce y conchuela de este tipo. Hay restos leñosos y carbonosos con unos pocos foraminíferos también rodados. El nivel de 205-208 m. contiene escasas Globigerinas. En cambio, en 189-208 m. existe un residuo calizo con pequeños cuarzos y raras formas planctónicas como *Globigerinoides triloba* y *G. obliquus*. Hay pirita, pero en escasa cantidad. El nivel de los 182-189 m. se caracteriza por su escaso residuo, con granillos de calcita y otros de cuarzo, entre estos últimos algunos rodados y deslustrados. Bastante pirita en diminutos octaedros. Muy pocos foraminíferos, algunos planctónicos con *Globigerinoides obliquus*.

El nivel de los 110-122 m. posee un residuo ferruginoso, hematítico, con unos pocos restos de «raíces» y raras y diminutas formas juveniles del género *Elphidium*. El nivel de los 91-105 m. posee un residuo calizo con escasos foraminíferos bentónicos, entre ellos principalmente los *Elphidium* juveniles iguales a los del nivel anterior.

Desde el punto de vista de la biofacies todo él revela un medio salobre, de aguas someras y fondo de tipo reductor. La presencia de «raíces» es bastante constante desde los 54-84, 107-208 m., lo que tiende a confirmar un medio lagunar en el que los foraminíferos eran aportados por corrientes irregulares. Conchuela de agua dulce y diminutas conchas de gasterópodos se hallan en el nivel de los 208-212 m., confirmando lo expuesto. Los restos de carbón son algo frecuentes en el nivel de los 208-218 metros.

#### Sondeo 8.—Cerca de Sancelles

Alcanza únicamente unos 4 m. de potencia.

Se caracteriza por sus lechos ferruginosos, lo mismo en su porción esencialmente lacustre que en la superior con mayores, aunque leves, influencias marinas. Los tres primeros niveles de base son abundantes en el resto de «raíces», diminutos gasterópodos lacustres, algún ostrácodo —*Loxoconcha sp.*— y la gran abundancia del *Cyprideis torosa*, desde la base hasta alcanzar el nivel superior con mayores influencias marinas. Con el mencionado *Cyprideis* abunda la *Ammonia beccarii tepida* y en iguales proporciones. Esta primera parte es claramente lagunar sin haberlo atravesado totalmente la sonda, así es que su potencia real nos es desconocida. En los lechos salobre-lacustres, más altos, el nivel de 15 m., hacen su aparición varias especies de foraminíferos litorales, algunos de ellos representados por numerosos ejemplares, como *Nonion granosum*, *Elphidium poeyanum* y *E. macellum*, dos especies de Globigerinas, con *Globigerinoides triloba* y *G. obliquus*, tan ampliamente representados en otros sondeos. La sedimentación ferruginosa derivada, posiblemente, de un medio piritoso, fuertemente alterado bajo condiciones anaerobias en las cuales tan sólo una reducida porción de especies les fue posible sostenerse, perdiendo talla y pasando a la fase de enanismo. El gran desarrollo de dos de ellos, el *Cyprideis torosa* y *Ammonia beccarii*

*tepida*, coinciden en el nivel de base cuando la piritización resulta débil.

La gran abundancia del *Cyprideis torosa*, así como la de los numerosos restos de gasterópodos lacustres, parece indicar que también aquí existió un medio lagunar, residual, más o menos salobre, que se iba imponiendo lentamente. Su edad parece más alta, posiblemente Plioceno Superior e incluso de la base del Pleistoceno. Pero su potencia pudo haber sido mucho más importante de lo que nos revela el sondeo.

#### Sondeo 3.—La Puebla

Con unos 123 m. de potencia.

Se divide en dos grupos de desigual espesor. El más inferior, desde 200-203 m. de la base hasta el 115-118 m., comprende 88 m. de potencia. Desde su base, salobre-lacustre, se halla una gran población del *Cyprideis torosa*, extendida desde su iniciación hasta el nivel superior de los 115-118 m. con irregularidades de frecuencia, según los niveles. Los restos de «raíces» ofrecen igual distribución vertical y la conchuela de agua dulce y pequeños gasterópodos lacustres alternan en estos niveles, juntamente con nódulos de pirita y restos carbonosos. Los oogonios de Caráceas se hallan tan sólo en el nivel más alto, el de los 115-118 m., precisamente cuando empezaba a ser abundante la conchuela marina. Las escamas y placas dérmicas de peces o de pequeños reptiles (?) se hallan en la porción mediana de tales depósitos. En este régimen lacustre existen raros restos de foraminíferos, no formando una verdadera asociación natural, por tal motivo probablemente arrastrados por corrientes marinas. Las únicas formas más abundantes, y que ciertamente vivieron en tales ambientes, son la *Ammonia beccarii ammonoides* y la *A. b. tepida*; la primera pasa al régimen marino, que se impondrá más tarde; la segunda parece propia del medio lagunar, detalle natural en esta subespecie de CUSHMAN y con él se extingue.

Desde el nivel 86-116 m. el régimen marino se impuso clara y rápidamente con un conjunto de especies, constituyendo la base de esta asociación. Las demás son raras o escasas. Lo mismo ocurre con los planctónicos, abundantes entre ellos se encuentran unos pocos foraminíferos del bentos y



pelágicos, más bien rodados hasta estos lechos de agua dulce o salobre, pues no forman una verdadera asociación ecológica. Con el nivel de los 100-118 m. todo cambia, estando formado su residuo por cristales de calcita agrupados, procedentes de una calcarenita posiblemente molásica, conchuela de bivalvas marinas, raros foraminíferos, siendo muy escasos los restos de organismos, como fragmentos de pequeños *Dentalium*, etc. Es esta una de las pocas muestras que contienen Miliolas (Triloculinas) en muy escasa cantidad. El nivel de los 90-100 m. está constituido a base de una sedimentación ferruginosa, hematítica, en la que se encuentran abundantes restos de «raíces» y fragmentos carbonosos. Se trata de un medio reductor en el que sólo unas seis especies pudieron desarrollarse bajo condiciones difíciles de vida, sin desechar la posibilidad de que su presencia pueda ser atribuida a un arrastre por corrientes, etc. En cambio, en los dos últimos niveles superiores de los 80-90 a 56-80 m. se estableció un ambiente marino normal, conteniendo foraminíferos pelágicos y del bentos en una asociación característica y repetida en otros niveles de estos sondeos, mucha conchuela de bivalvas marinas, otolitos de peces y restos de crustáceos. La conchuela del nivel superior, muy fina, está casi toda ella atacada por los micelios de los hongos calcícolas.

Resumiendo lo explicado más arriba podemos afirmar que en estos niveles sólo se han conservado los depósitos del Mioceno Superior con *Globorotalia margaritae*. La brusca terminación de los niveles marinos más altos tienden a indicar que su final no es normal, sino que la erosión fue la que desmanteló aquí, casi seguramente, los lechos del Plioceno Inferior con *G. puncticulata padana* y quizá, también, la terminación del origen lagunar, como lo poseen otros sondeos, conteniendo entonces al *Cyprideis torosa* (Jones).

#### Sondeo 16, P.—Llano de Palma

Comprende 74 m. de potencia.

Sus lechos se inician en el nivel 109-13 m. con una facies lagunar más o menos influenciada por una incursión marina o por el influjo, más o menos directo, de este medio. Así, pues, el primer nivel inferior se caracteriza por la abundancia de los restos de «raíces» en hematita, acompañados de fragmentos leñosos y carbonosos, numerosos

opérculos de *Bithynia* (?) pertenecientes a moluscos de agua dulce, siendo delgados, transparentes, amarillentos y de dimensiones que pueden ir de 1 mm. de diámetro hasta una décima de mm. Con ellos se observan dos especies de oogonios de Caráceas, unos de mayores dimensiones, hasta cerca de 1 mm., otros más diminutos de 0,5 mm. Su presencia no parece implicar necesariamente el que hayan vivido en este ambiente, pues podrían haber sido arrastrados desde zonas más lejanas por corrientes continentales hasta dejarlos abandonados en este ambiente; detalle que ocurre no pocas veces. La mala conservación de sus ejemplares tiende a acentuar esta impresión. El *Cyprideis torosa* es raro y únicamente representado en estos niveles de base. Entre tales elementos se encuentran unos pocos foraminíferos, mal conservados, como *Uvigerina pygmaea*, *Melonis pompilioides* y *Heterolepa haidingeri*, ciertamente rodados todos ellos en estos ambientes.

El segundo nivel, el de los 109-134 m., representa un depósito marino, reductor, ferruginoso o incluso piritoso, con restos de «raíces» fosilizadas de esta manera. Pero en él hay ya bastantes foraminíferos del bentos y planctónicos, con la iniciación de la preponderancia de las tres especies en los otros niveles más altos, donde se impondrán largamente *Textularia subangulata*, *Neoeponides schreibersi* y *Heterolepas haidingeri*, frecuencia de pelágicos, restos de equínidos y de otolitos de peces. Esta fase corresponde a la iniciación de un régimen marino claramente definido, aunque la existencia de la hematita lo impregna todo, rellenando las cámaras de los foraminíferos, etcétera, pero que se volvió entonces con aguas más libres y profundas, aunque siempre litorales en el siguiente nivel, el 60-109 m., donde a las especies mencionadas se les añaden ahora la *Lenticulina calcar*. A pesar de ello siguen mostrándose fragmentos carbonosos, pero tienden a aumentar las formas planctónicas y las del bentos, así como la cantidad de otolitos. La conchuela de bivalvas marinas es desde estos momentos más abundante y en el siguiente nivel la mayoría de sus esquirlas están invadidas por los micelios de los hongos calcícolas, principalmente en las más finas y delgadas. De esta manera se llega al final de esta secuencia con el nivel de los 60-100 m., en el que predominan largamente las tres especies mencionadas más arriba, tendiendo a disminuir, en cambio, la *Lenticulina calcar*. La profundidad resultaba escasa.

Este régimen marino parece cortado bruscamente, cual si sus lechos más superiores hubiesen sido barridos y desmantelados por una fase de erosión muy intensa, pues no se hallan aquí las habituales formas costeras, eurihalinas, como la *Ammonia* y los *Elphidium*. En cambio, los planctónicos abundan acompañados de varias especies del género *Sphaeroidinellopsis*. Pero no ha sido posible encontrar entre ellas ningún representante de la *Globorotalia margaritae* o de la *G. puncticulata padana*. La edad de estos niveles sería, posiblemente, del Plioceno Superior o del final de esta época.

#### Sondeo 26.—Entre Son Ferriol y Portals, sector de Palma

Su potencia es de unos 146 m.

Se inicia con un primer tramo de 152-160 m. con restos de «raíces», indicando más bien un depósito salobre-lacustre, en el que abundan los ejemplares rotos y maltrechos de un conjunto de tipo litoral, como *Heterostegina gomez-angulensis*, *Elphidium crispum* y la *Ammonia beccarii inflata*, juntamente con unos pocos ejemplares de la *Lenticulina calcar*, *Florilus boueanum* y *Textularia subangulata*. Debido a su mal estado de conservación induce a pensar que tal tanatocenosis ha sido arrastrada por corrientes marinas hasta estos depósitos de tipo en gran parte lagunar, al menos en su origen.

Un conjunto calizo de 63 m. de potencia los separa de otro tramo lagunar, residual, con sedimentos del tipo reductor, con sus lechos de hematita muy descompuesta y otros de pirita en el que abundan bastante los restos óseos de peces, y un reducido grupo de foraminíferos, entre los cuales subsiste aún el *Elphidium crispum* y la *Ammonia beccarii inflata*. Su potencia es de 43 m. Desde su último nivel empieza un conjunto de depósitos marinos, abundantes en foraminíferos del bentos y pelágicos, siendo comunes entre los primeros formando una asociación, predominando largamente el *Heterolepas haidingeri*, *Neoeponides schreibersi*, *Lenticulina calcar*, *Bigenerina nodosaria*, *Martinottiella communis* y *Liebusella rudis*. Entre los pelágicos son frecuentes tres especies del género *Sphaeroidinellopsis*, con *S. subdehicens*, *S. seminulina* y *S. multilobata*.

Este último conjunto planctónico indicaría un Plioceno. No obstante, no ha sido encontrado en este sondeo ningún ejemplar de las dos *Globorotalia* más características, como la *G. margaritae* o la *G. puncticulata padana*, a pesar de la atención puesta en ellas. La frecuencia de los *Sphaeroidinellopsis* tendería a indicar más bien niveles Pliocenos que del Andalucense, con la zona Tabaniense con *G. margaritae*. Pero nada de concreto puede establecerse sobre la edad de este sondeo. Sin embargo, es más probable un Plioceno Inferior, el cual, como tantos otros, representa la continuación de un nivel salobre-lagunar de base.

#### Sondeo 5.—San Cristóbal - Menorca

Comprende unos 177 m. de potencia.

Su secuencia puede ser subdividida en tres partes, con predominancia margosa o calizo-margosa toda ella. Los cuatro niveles inferiores, de los 208-275 m. hasta el último, el 221 m., es lacustre. Su espesor es de 13 m. Viene después un tramo mayor, más potente, desde los 91-105 hasta los 205-208 m. Su espesor es de 17 m. y en él las influencias marinas parecen algo más marcadas. Finalmente, el último tramo, de 54-85 m., vuelve a ser totalmente lacustre. Fue una gran laguna influenciada por el mar, no lejano, en el momento más importante de su evolución.

El nivel de base de la primera fase está repleto del *Cyprideis torosa* y los tres niveles siguientes contienen cuarzos rodados y deslustrados. Algunos niveles de yesos contienen conchuela de agua dulce mezclada con diminutos gasterópodos lacustres, dientes de peces, restos leñosos y carbonosos. Los niveles de yesos indicarían algunas fases evaporíticas de emersión, no muy intensas. La particularidad más peculiar de estos niveles inferiores es que en ellos se encuentran unos pocos foraminíferos rodados. El segundo tramo, que abarca desde los 91-105 m. hasta los 205-208 m., posee influencias marinas más acusadas, pues hasta llegaron algunas Globigerinas y, principalmente, en el nivel 110-122 m. una gran cantidad de la *Ammonia beccarii ammonioides*. Sus depósitos contienen lechos piritosos, hetíticos y micáceos. En el nivel más alto, el de los 107-110 m., es donde empiezan a aparecer restos de «raíces». A excepción de la gran abundancia de la citada *Ammonia*, la vida parece haber sido muy

restringida y monótona en esta segunda fase, pues la presencia de no pocas Globigerinas podría atribuirse a las influencias marinas, irregulares y débiles, que les aportarían hasta estos lechos.

El nivel más abundante en foraminíferos es el de los 91-105 m., conteniendo algunas especies litorales como *Miliolas*, *Discorbis sp.*, *Cibicides lobatulus* y *Elphidium crispum*, pero siempre en escasa cantidad. El último nivel, el 54-84 m., contiene lechos repletos de restos de «raíces» ciertamente pertenecientes a una zona lagunar con aguas muy someras, diminutos gasterópodos lacustres y, como siempre, adaptables a tales condiciones, como la *Ammonia beccarii tepida*, la cual es abundante. Era, ciertamente, ese nivel el final de un régimen lagunar, siempre con escasas influencias marinas. Su edad puede ser Plioceno alto o tal vez de la base del Pleistoceno.

Expuesta hasta aquí la parte descriptiva de la estratigrafía y ecología de los materiales estudiados, falta tan sólo, en llegando al final de este trabajo, ofrecer una explicación general de la presencia del Mioceno Superior y Plioceno en Mallorca para aportar algunos conocimientos a los que actualmente se tienen sobre estas épocas en el área del Mediterráneo occidental.

La presencia en Mallorca y Menorca de una serie evaporítica situada entre el Andalucense y el Plioceno Inferior nos lleva a considerar la posible emersión de una gran parte del zócalo balear al desecarse el mar Messiniense y transformarse luego lentamente, con no pocas irregularidades y vicisitudes, en una zona lagunar con sectores pantanosos en vías de completa desecación. Se sabe actualmente que el mar del Mioceno Superior, en Mallorca, no terminó con aguas de salinidad normal bajo un régimen marino amplio y extenso. Las muestras estudiadas confirman que un mar cálido, abundante en especies planctónicas, existía desde el final del Andalucense, pero al que de una manera lenta iba a reemplazarlo una fase de emersión durante la cual se depositaron dilatadas zonas de yesos; era el final de este piso. Esta fase de emersión, que, según KENNETH J. SHU y otros, duró un millón de años, ¿cubrió también todo el área balear de Mallorca-Menorca, o tan sólo parcialmente con lagunas y pantanos, compaginadas con sectores en seco? La segunda de estas sugerencias sería para mí la más acertada. Por tal motivo la acepto de momento como la explicación más pausable de los hechos observados,

viniendo a confirmar con ello, como un ejemplo más, al menos en sus líneas generales, las ideas de KENNETH J. SHU, de M. B. CITÀ, etc., sobre la desecación del Mediterráneo occidental al final del Mioceno. Para alcanzar tal fin se sucedieron dos fases paleogeográficas algo diferentes. La primera es la que sobre el arco tectónico de Ceuta-Gibraltar se extendieron las tierras de Alborán —posteriormente hundidas— y en cambio dos estrechos marinos permitieron las comunicaciones con el Atlántico en aquellos momentos: por el Norte, el del estrecho Bético; por el Sur, el del Rif. El Tethys marino, dilatado y alargado del Oeste al Este, ocupaba por el Sur grandes espacios sobre las áreas alpinas del Norte de Africa; por el NE, al contrario, empezaban a extenderse las facies del Paratethys con gran predominancia de las aguas continentales y de las faunas salobrelacustres.

La segunda fase comprende el momento de cerrarse los dos estrechos mencionados del Mediterráneo occidental, el cual se fue reduciendo a una gran zona árida, pantanosa, o lagunar en ciertos momentos, con sus grandes cuencas Pannónicas, Ponto-Euxínicas y Cásipico-Arálidas, ofreciendo su mayor extensión hacia el Este y anulando a su vez, en dichas regiones, los restos de las faunas marinas que las ocuparon anteriormente para ir prevaleciendo desde estos momentos los organismos salobres o lagunares. El Tethys marino se retiró hacia el Sur como se ha dicho anteriormente.

Todo lo expuesto viene a confirmarnos una cosa que ignorábamos hasta hace poco tiempo: la presencia del Plioceno Inferior en Mallorca. Del Astiense ya se había comprobado su presencia y también la de los niveles de evaporitas que separan, al menos en determinadas localidades, los estratos del Andalucense de los del Plioceno Inferior. Pero la transgresión Pliocena resultó amplia, alcanzando sus aguas un nivel más alto que las del actual Mediterráneo, dejando barro azulado y formando grandes golfos sobre la costa africana y europea —Argel, Tetuán, Málaga, Almería, Papiol (Cataluña), etc.— no faltando en Mallorca, al invadir el canal central del área mallorquina para volver a ocupar la misma extensión que en su tiempo tuvieron las aguas del mar Tortonense. ¿Cuándo llegó la transgresión Pliocena? Para los autores americanos tuvo lugar al romperse el arco orogénico de Ceuta-Gibraltar;

para otros pudo llegar más lentamente a través del estrecho Nort-Bético, antes de que éste se cerrara por completo y donde perduraron en él algunas zonas todavía profundas hacia el final del Mioceno Superior, como lo han demostrado ROUX y MONTENANT (1977) al describir varias cuencas Béticas pobladas por Crinoides batiales.

Nueve de los sondeos poseen niveles con las dos Globorotalias, tantas veces mencionadas, y unos pocos en los que únicamente está representada una de ellas, la *G. margaritae*. Son los sondeos números 40, 4, 16, 3 (Llano de Palma), 17, 13 y 11, situados en el sector de la cuenca de Palma, y los números 31 y 16, en la de Alcudia. Su situación en el mapa podrá verificarla el lector sirviéndose de la figura 1. En cada sondeo existen o alternan los niveles marinos con los salobres o de agua dulce. Este dispositivo hace resaltar con mayor contraste la separación de ambos ambientes entre los foraminíferos, así como los respectivos niveles con los organismos que los poblaron y caracterizan. De esta manera se observa cómo cuatro de ellos empezaron en su base con lechos de «raíces» y abundancia del *Cyprideis torosa*; son los sondeos números 40, 4, 16 y 13. Otros poseen en su base lechos ferruginosos o piritosos, como son los números 31 y 11, este último descansando sobre un lecho marino abundante en fragmentos de *Dentalium* y pequeñas bivalvas marinas.

Un cambio de sedimentación, claro y bien definido, separa a mayor o menor altura de la secuencia los lechos inferiores de los superiores a base de la intercalación entre ambos de los estratos con yesos —evaporitas Messinienses— señaladas con el símbolo de la macla de este mineral. El sondeo 16, de La Puebla, posee en su base, además del *Cyprideis torosa*, dos especies de oognios, caso insólito entre los sondeos de esta primera serie. La gran masa de foraminíferos nos revela más fácilmente cómo tales asociaciones empiezan casi siempre y terminan por formas eurihalinas, presentes a veces en gran número en los mismos ambientes lacustres como *Ammonia*, *Elphidium* y *Nonion*, para terminar casi siempre de la misma manera hacia su porción superior de su respectiva secuencia, alternando y mezclándose entonces otra vez con suelos de «raíces» y abundancia del mencionado *Cyprideis*. Las mesohalinas corresponden a la fase final de plenitud del ambiente marino.

No obstante, comprobamos un detalle interesante en unos pocos de estos sondeos, muy diferentes a los observados en los anteriores, donde no existe separación evaporítica de ninguna clase, viniendo a romper la continuidad de la sedimentación marina. Las Globorotalias ocupan en ellos exactamente sus respectivos niveles en la columna estratigráfica, pero ningún lecho evaporítico vino a interrumpir la sedimentación entre el Andalucense de base y el Plioceno Inferior. Este detalle parece demostrarnos que la emersión y la correspondiente fase de evaporación como la que estudio, sino que hubo regiones en las que no se interrumpió la continuidad de la sedimentación global Mio-Pliocena sin ninguna alteración.

Posiblemente en tales casos la profundidad de las aguas marinas sería más bien escasa. De este modo, en los sondeos de los 13 y 17 vemos cómo el primero, que sobre una base lacustre con «raíces», el *Cyprideis torosa*, restos de conchuela lacustre, etc., se inicia el nivel marino en donde la *Globorotalia margaritae* está bien representada entre un buen conjunto de pelágicos y del bentos, más una gran proporción de conchuela marina, otolitos de peces, etc. Sobre este último nivel se encuentra la *G. puncticulata padana*, en mayor abundancia que en la anterior. Lo mismo ocurre en el sondeo 13-3, iniciado con fragmentos leñosos y carbonosos, la serie marina alcanza rápidamente gran amplitud y en algunos de sus lechos se encuentran ejemplares de *G. margaritae*, pero este nivel marino pasa rápidamente a lechos lacustres con «raíces» y pequeños gasterópodos, y al no repetirse el ambiente marino vemos cómo falta el nivel del Plioceno Inferior con *G. puncticulata padana*.

Resulta fácil de comprobar al estudiar las series estratigráficas la acción demoladora de varias fases erosivas, habiendo obrado de manera intensa según las regiones, pero en no pocos casos es seguro que la erosión los depositara por completo, dando paso después a los lechos lacustres con conchuela marina, otolitos, etc., removidos, y, finalmente, los consabidos conjuntos del *Cyprideis torosa*. Lo mismo ocurre en el sondeo 16, de La Puebla, el cual partiendo de una base lacustre con «raíces», juntamente con *Cyprideis torosa*, oognios de Caráceas, los foraminíferos eurihalinos dieron lugar seguidamente a una gran población de formas del bentos y pelágicos, entre estos últimos a la *Globorotalia margaritae*; pero los nive-

les pliocenos con *G. punctulata padana* no se repiten. Después de la fase evaporítica viene conchuela de agua dulce, «raíces», etc., alternando con un conjunto de foraminíferos litorales, eurihalinos, como es habitual en estos casos, pero cuyos lechos superiores fueron barridos en su mayor parte por la erosión.

En los sondeos de la segunda serie todo cambia. A mi parecer casi todos ellos pertenecen a un Plioceno alto que, en su conjunto, podríamos llamar Astiense, y hasta algunas veces, para ciertos de ellos, es posible que pertenezcan a un Pleistoceno Inferior. En ellos los niveles marinos tienden a reducirse cada vez más. Por tal causa sus lechos parecen los elementos residuales, superiores, de las series Andalucisenses-pliocenas cuando, precisamente, las aguas marinas de este período empezaban en gran escala a retirarse lentamente del zócalo insular de Mallorca-Menorca (fig. 3) en un proceso de lenta emersión, tal como en parte fue ya explicado en páginas anteriores, hasta adquirir la forma y relieves actuales. En sus niveles de base tienden siempre a predominar los restos de «raíces», cosa muy general, los yesos (sondeo núm. 5, Llano de Palma), los nódulos ferruginosos (sondeo núm. 4, Llano de Palma), mezclados con pequeños gasterópodos lacustres, y también una sedimentación piritosa-hematítica en la que pueden abundar los *Cyprideis torosa*, los oogonios de Caráceas, restos óseos de peces, etc., e igualmente grupos de foraminíferos litorales, eurihalinos, igual que las *Ammonia*, los *Elphidium*, *Nonion*, etc. La frecuencia de estratos piritosos en la base o en diferentes niveles son abundantes, indicando siempre, como se ha dicho ya, depósitos reductores, anaerobios, cargados de restos de organismos en plena descomposición bajo la posible acción de una fermentación bacteriana.

Los sondeos de la segunda serie, como el número 16-P. Llano de Palma, números 8 y 37 de Sancelles, 3 de Lluçmayor-Campos, 26 y 3 de La Puebla, terminan bruscamente en los niveles marinos con abundancia de foraminíferos bentónicos y pelágicos. En cambio, los sondeos números 3, 4 y 5 del Llano de Palma muestran cómo después de este último nivel marino, ciertamente Astiense, terminaron por formarse abundantes lagunas con restos de «raíces», final del ciclo al que consideramos normal. En cambio, en los estados anteriormente mencionados pienso que su brusca terminación en el régimen marino en pleno desarrollo es más bien debido a la erosión Cuaternaria.

El sondeo número 5, de Menorca (localidad de San Cristóbal), presenta caracteres semejantes a los que acabo de describir pertenecientes a la segunda serie. En su base predominan los niveles lacustres con yesos, conchuela de agua dulce, *Cyprideis torosa*, y sobre ellos lechos hematíticos muy descompuestos, para terminar con niveles salobres con los consabidos restos de «raíces», gasterópodos y foraminíferos en general costeros, pero aún con una escasa representación de pelágicos. Este tipo de sondeos menorquín pienso que no será el único y que se repetirá en mayor escala el día que se emprendan estudios más detenidos de los niveles más altos de la serie Miocénica de la isla. Pero, de momento, es el único, el más completo que conocemos. Pero lo natural es que no resulte un caso aislado, sino que tendrá su continuidad allí donde sus niveles normales no hayan sido barridos por las erosiones Pleistocena-Holocenas, las cuales siempre dejaron algunos retazos de los mismos.

El Mioceno Superior no termina en Mallorca con niveles marinos de salinidad normal. Su estudio viene, pues, a confirmar que entre el Mioceno Superior y el Plioceno Inferior se interpuso una zona evaporítica, la cual, aunque no fue siempre completa, no destruye que perteneciera a la fase de desecación del Mediterráneo tal como lo han postulado los autores modernos, pero conocida con seguridad tan sólo en Mallorca y con alguna duda en Menorca, faltándonos toda clase de datos en cuanto concierne con Ibiza y Formentera. La llegada de la transgresión Pliocena trajo nuevamente aguas de salinidad normal y asociaciones de foraminíferos tan abundantes y semejantes como las de los depósitos miocénicos, pero terminó en una evolución lenta hacia los ambientes pantanosos y de aguas dulces repletas de ostrácos y de foraminíferos sobre todo litorales, afectados entonces estos últimos por el fenómeno del enanismo.

La historia que he intentado reconstruir a base de los materiales analizados no resulta completa debido a la fragmentación que sufrieron los depósitos miocénicos y pliocenos por la acción intensiva de las erosiones Cuaternarias, dejando sobre todo incompletos los de su porción más superior sobre el área de Mallorca y Menorca, pero parece posible aceptarla como la norma general seguida por la sedimentación de aquellas épocas en todo el archipiélago balear.

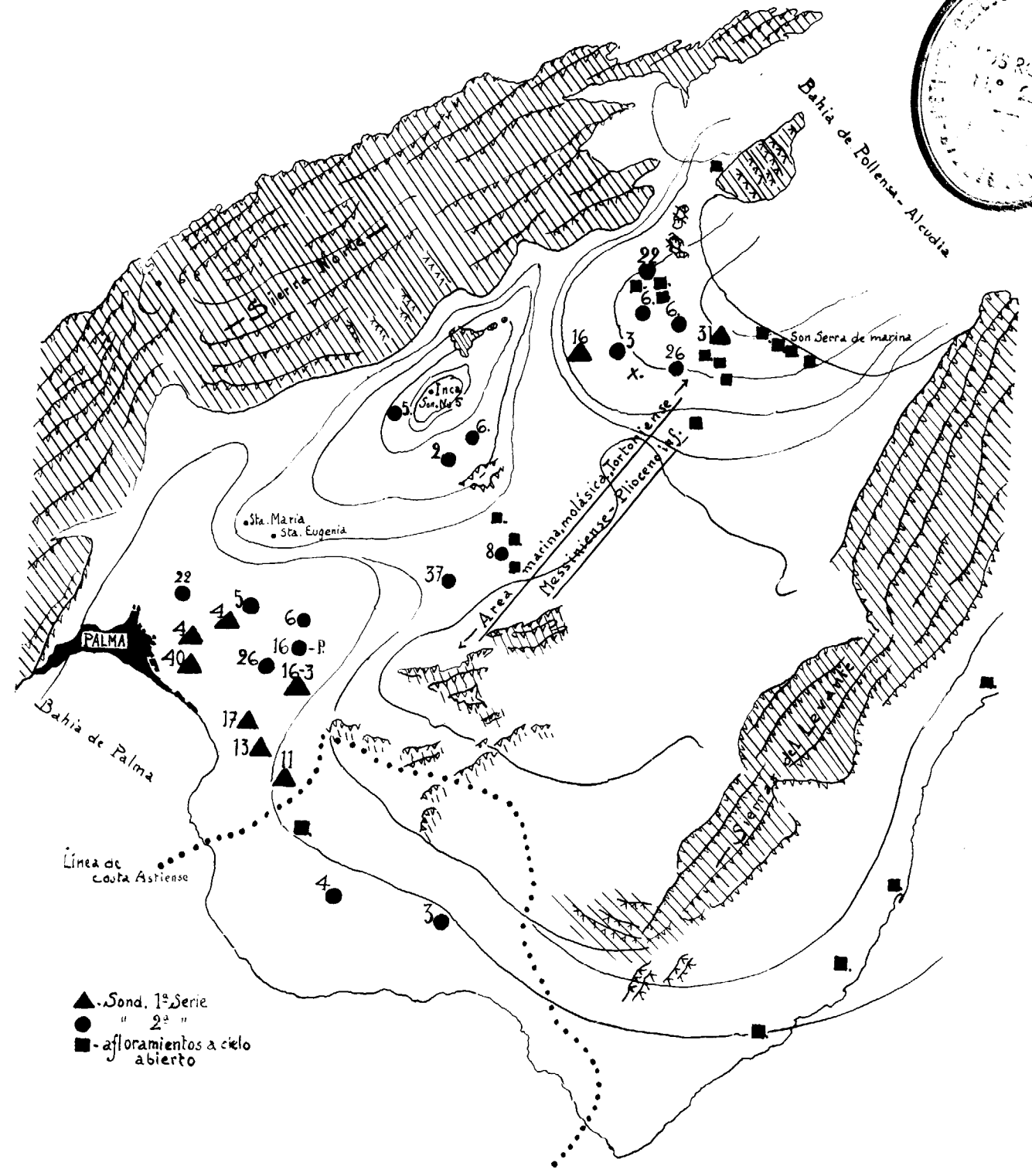
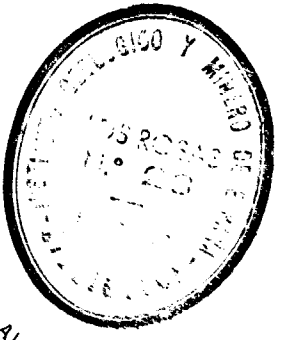


Figura 1.—Mapa de Mallorca mostrando la situación de los afloramientos del Mioceno Superior y del Plioceno. Los cuadros negros indican afloramientos a cielo abierto. Los triángulos negros señalan la situación de los de la primera serie; círculos negros, sondeos de la segunda serie. Rayado vertical con triángulos indican la dirección del sentido del desplazamiento de los pliegues tectónicos de la Sierra Norte y Sierras del Levante y colinas del sector de Lluçmayor-Randa; rayado longitudinal con triángulos, dirigidos hacia NE, fases de plegamientos dirigidos en este sentido y conocidos tan sólo hasta el presente cerca de Santany, Alaró-Binisalem, colinas de Son Fe y de la península de Alcudia. Entre las bahías de Pollensa-Alcudia y la de Palma, área marina del Canal central, con sedimentos molásicos, Tortonienses, Messiniense-Plioceno Inferior; Sondeo núm. 5, cerca de Inca, áreas de hundimientos (?) del triángulo de Inca, Llubí, Sta. María, Sta. Eugenia, etc., para terminar otra vez en Inca; línea de pequeños círculos negros indica el área de la plataforma insular.

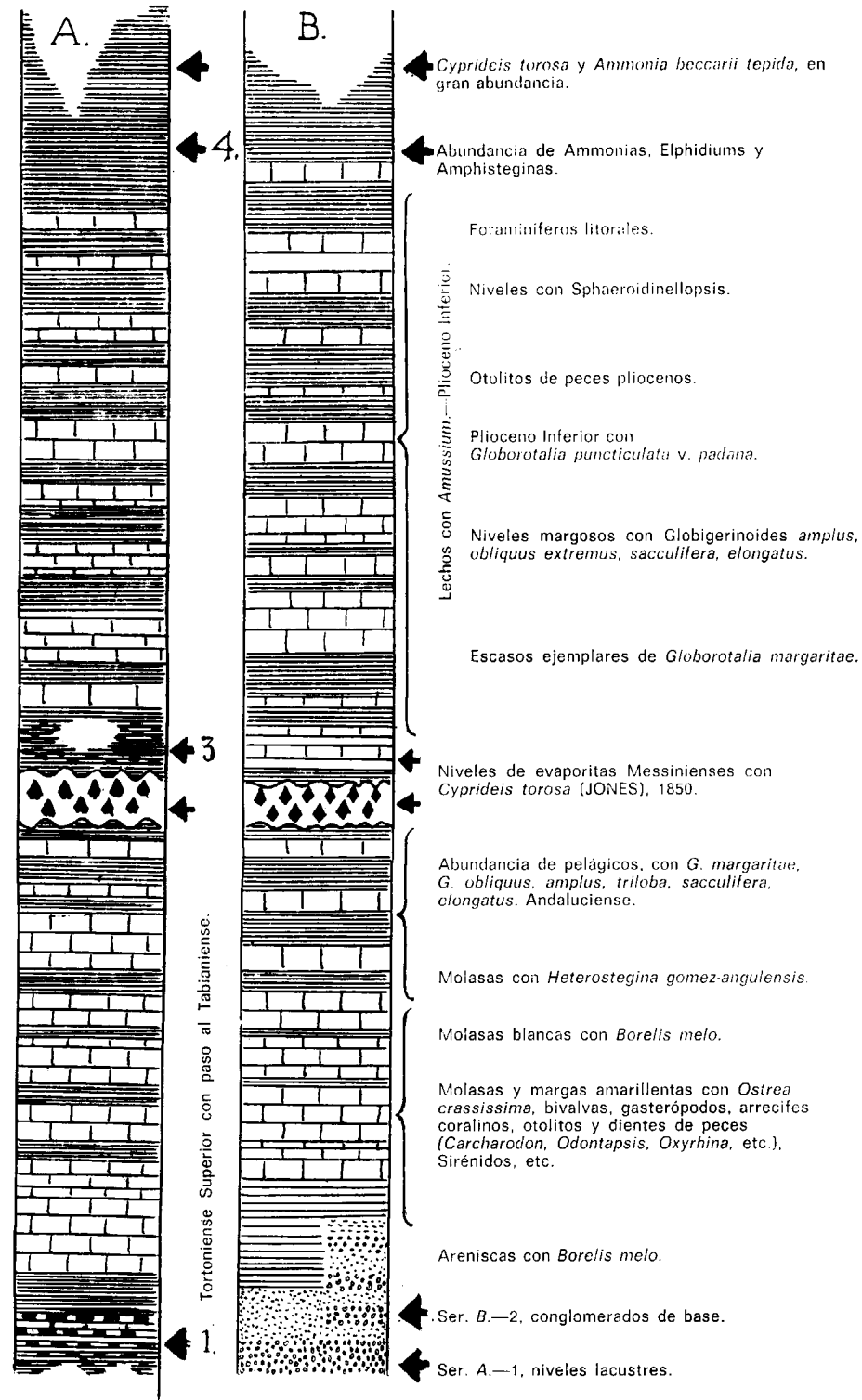


Figura 2.—Columna estratigráfica mostrando la sucesión de las diferentes facies litológicas y caracteres paleontológicos que las caracterizan; flechas negras centrales, corresponden a niveles con *Cyprideis torosa*. Los demás niveles quedan explicados por la presencia de las especies que se indican.

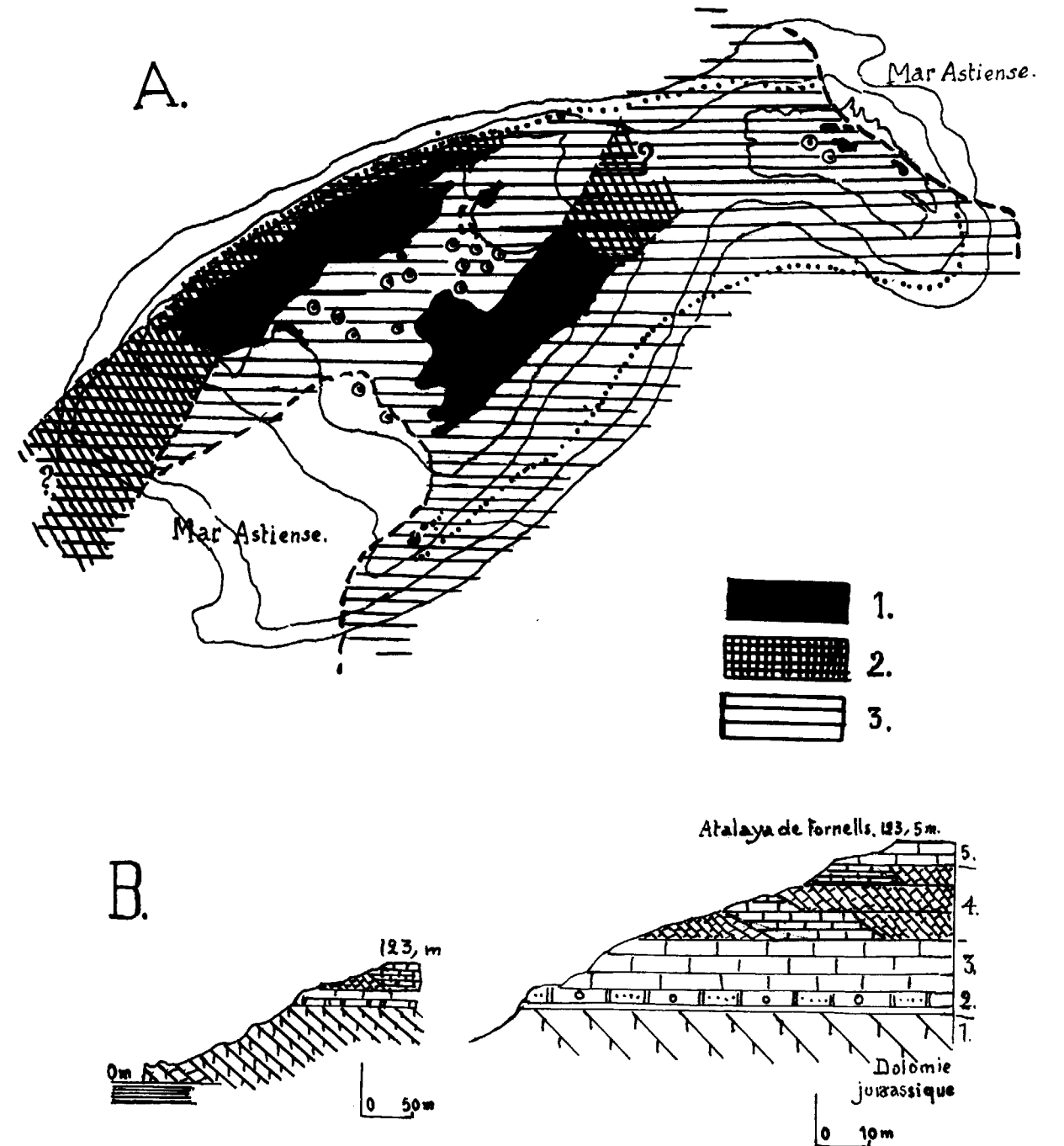


Figura 3.—Paleogeografía de Mallorca y Menorca durante el Plioceno. Una línea de costas pliocena sigue al litoral actual externo, del NE de Menorca, y otra equivalente existe al SE de Mallorca, para terminar con facies salobres o lagunares con *Cyprideis torosa* (JONES). En negro, tierras emergidas; cuadrículado, posible continuación de las mismas; líneas horizontales, zona emergida durante el Astiense. Los círculos con un punto central indican en ambas Islas la facies superior con *C. torosa*. A. Corte geológico de la Atalaya de Fornells (Menorca), según R. BOU-ROUILH y J. MAGNÉ (1963). Líneas horizontales, interrumpidas, señalan el límite de la costa del mar Plioceno en el NE con Menorca y por el SO con Mallorca. B. Los mencionados niveles estratigráficos son los siguientes: Número 1, un lecho de base seguido de arcillas descalcificadas. Núm. 2, seguido de calizas zoógenas con restos de equínidos, gasterópodos, abundantes formas de *Microcodium*, juntamente con algas (*Lithothamnium*), *Elphidium crispum* (L.), *Cibicides* sp., *Discorbis* sp., *Asterigerina* cf. *planorbis* (D'ORBIGNY), *Streblus beccarii* (L.), *Rotalia* aff. *armata* (D'ORB.), *Planorbulina* sp., *Textulariidae*. Lechos de calizas rosadas contienen raros huesos de pequeños vertebrados y gasterópodos continentales, como *Archelix* sp., *Rumina decollata* (L.), *Tudorella ferruginea* (Lmk), su edad oscila entre el Plioceno Superior y el Cuaternario. Núm. 3, nivel con microbrechas, restos de equinodermos, Algas, *Cibicides* cf. *ungerianus* (D'ORB.), *Rotalia* aff. *armata* (D'ORB.), *Streblus beccarii* (L.). Núm. 4, calizas zoógenas con colonias de Briozoarios, ostrácodos y algunos foraminíferos, como *Elphidium* cf. *crispum*, *Textulariidae*, *Miliolidae*, terminando con microbrechas finas y compactas en el Núm. 5.

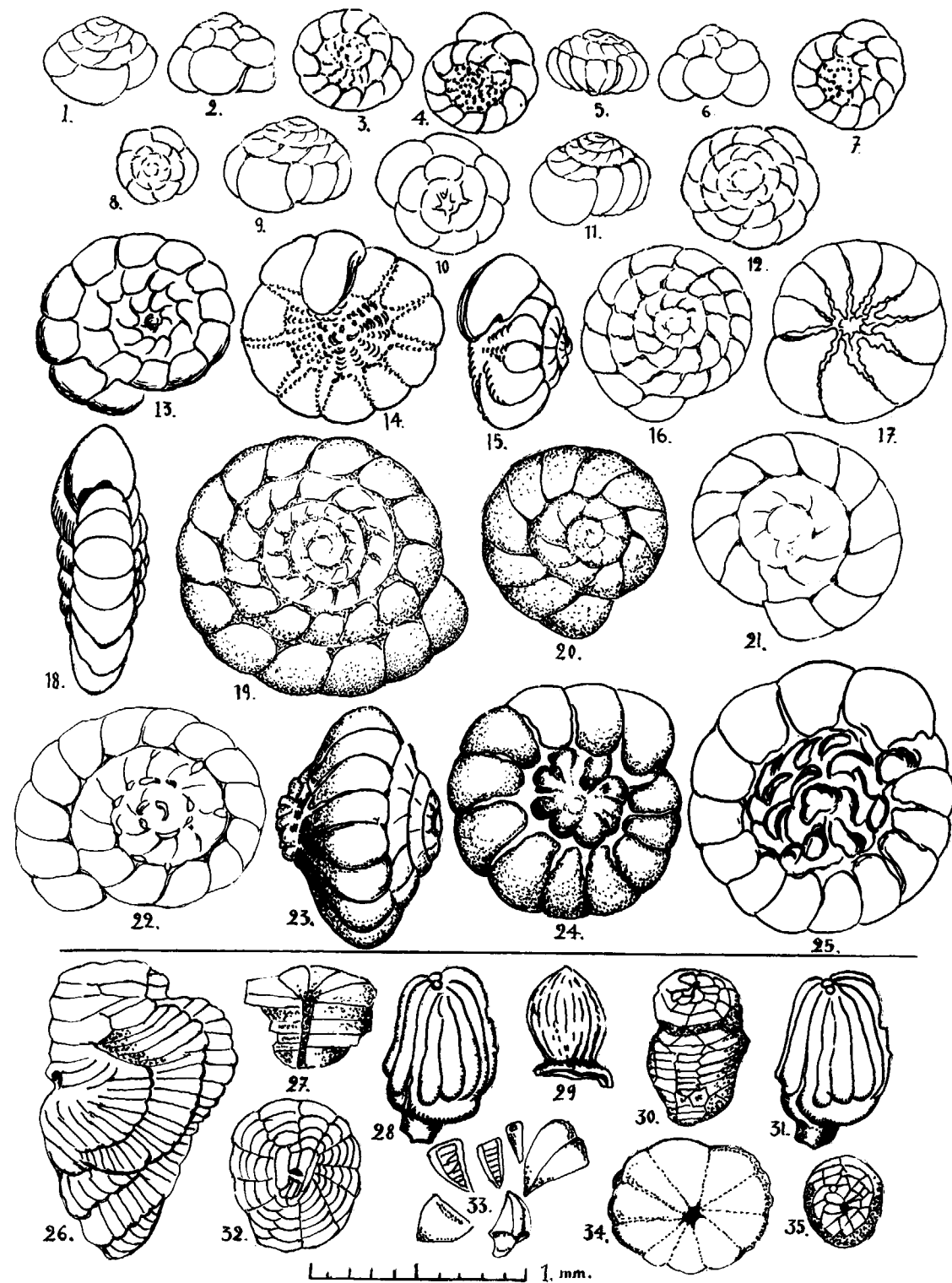


Figura 4.—Las formas más características y abundantes en el Mioceno Superior y el Plioceno de Mallorca. Números 1 a 5, *Ammonia beccarii inflata* (SEGUENZA). Nums. 16 y 17, *A. b. globula*. Nums. 18, 19 y 22 a 25, *Ammonia beccarii* (L.). Nums. 20 y 21, *Ammonia beccarii ammonoides* D'ORBIGNY, X. 45. Nums. 26 a 35, fragmentos de *Miocrocodium*. X. 50.

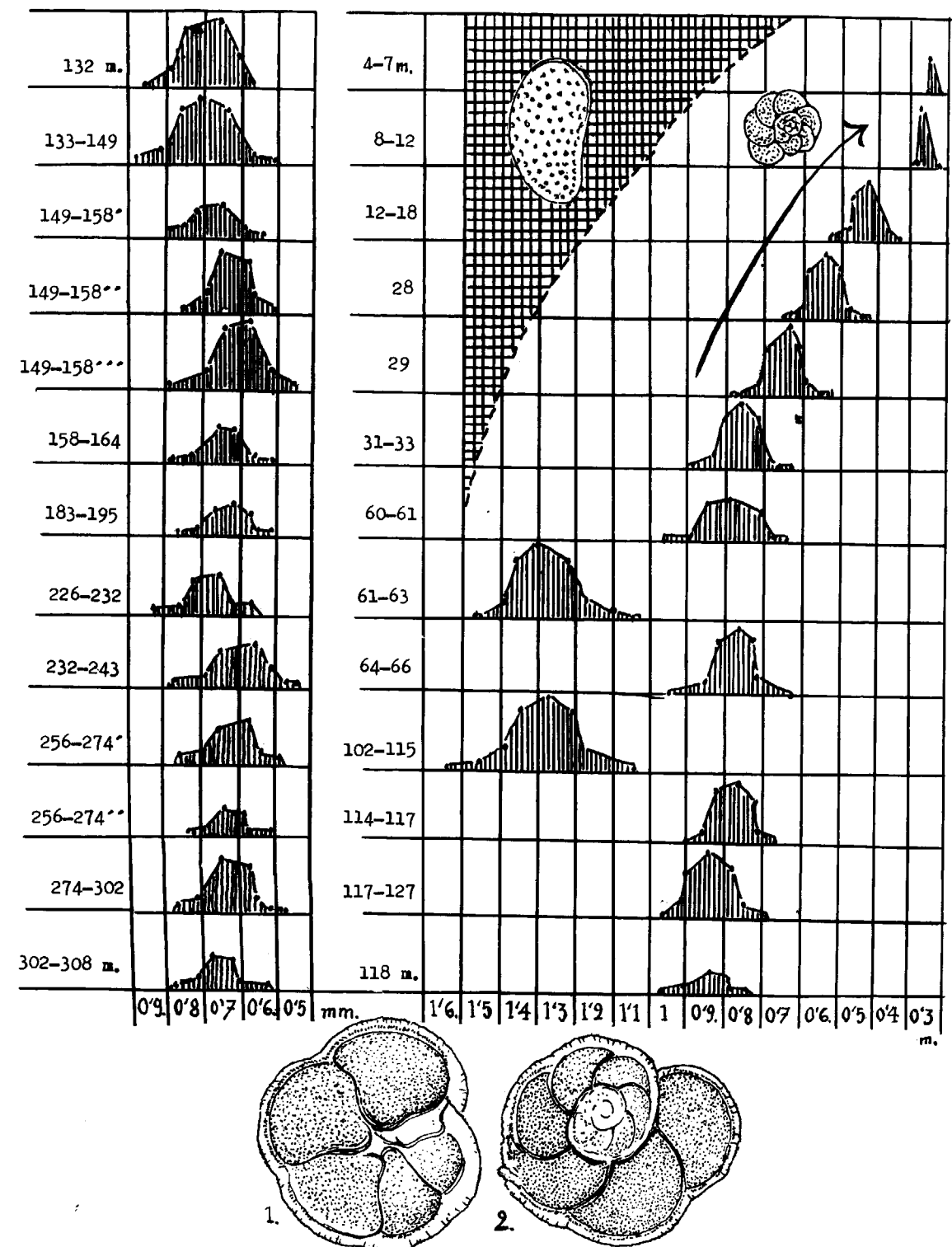


Figura 5.—Fluctuación de la talla de *Ammonia beccarii inflata*, a través de la vertical de las secuencias del sondeo Núm. 31, y aumento de la población del *Ciprideis torosa*, tanto como iba predominando el ambiente lacustre en extensión. Nums. 1 y 2, *Globorotalia menardi* (D'ORB.), X. 45.

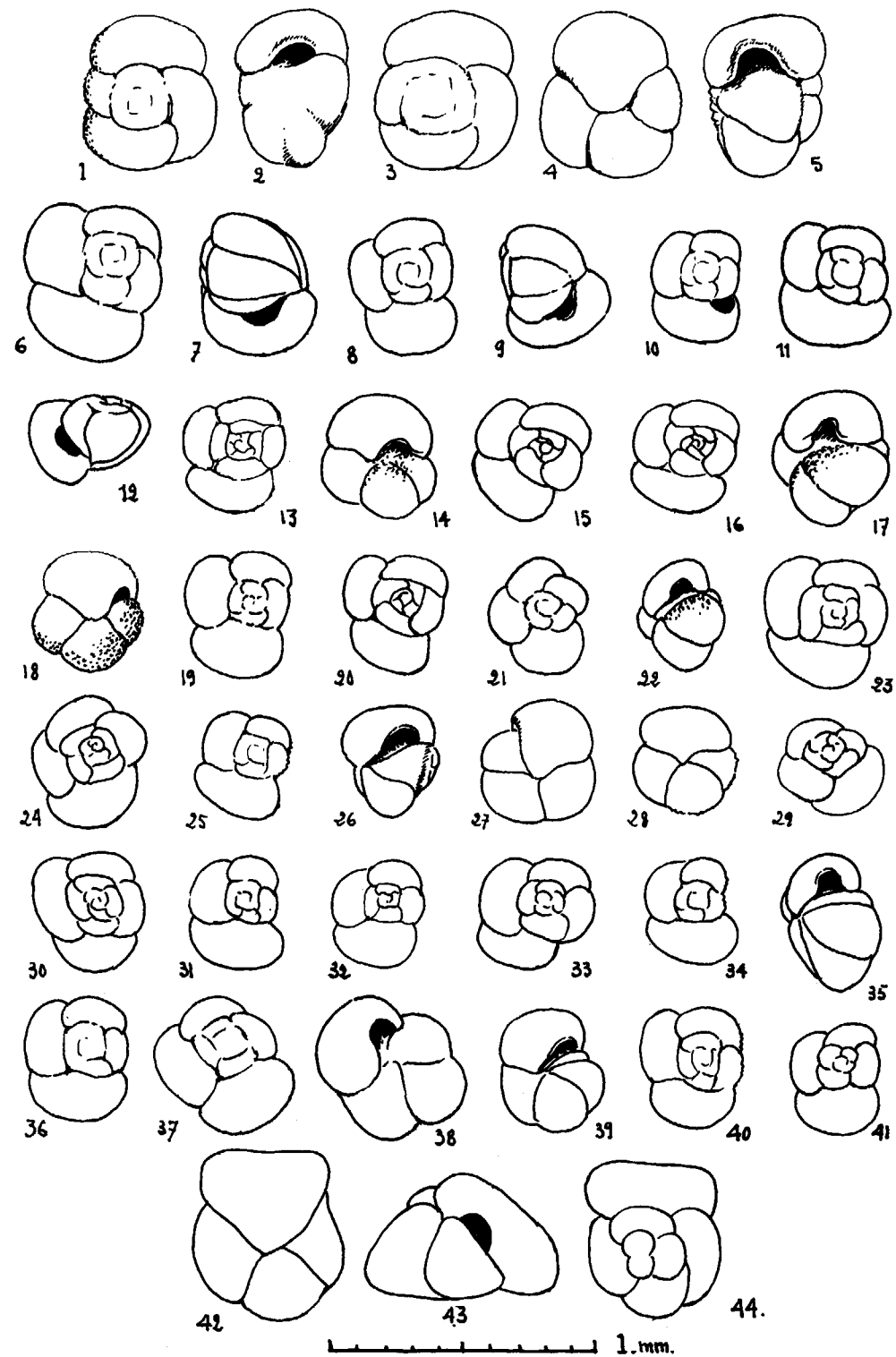


Figura 6.—Núms. 1 a 5, *Globorotalia puncticulata* var. *padana* DONDI-PAPETTI, 1968 (figs. tipo). Núms. 6 a 41, *Globorotalia puncticulata* var. *padana* DONDI-PAPETTI. Núms. 42 a 44, «*Globigerina puncticulata* D'ORBIGNY, 1832, sinónimo de *G. puncticulata* D'ORBIGNY, 1826, Ann. Sci. Nat. T. 7, p. 277, Núm. 8 (*nom. nudum*). Referencia típica, Deshayes, G. P., Encyclopedie Méthodique Hist. Nat., des Vers. Paris, 1832, T. 2, pt. 2, p. 170. Núms. 42 a 44, forma típica, 1898, Paleont. Itálica, Vol. 4, p. 210, T. 2, t. f. Núm. 5 (figura inédita de D'ORBIGNY que representa la *Globorotalia puncticulata*. Tableau méthodique de la Classe des Céphalopodes, Ann. Sci. Nat., Sér. 1, Vol. 7, Pls. 10-17.

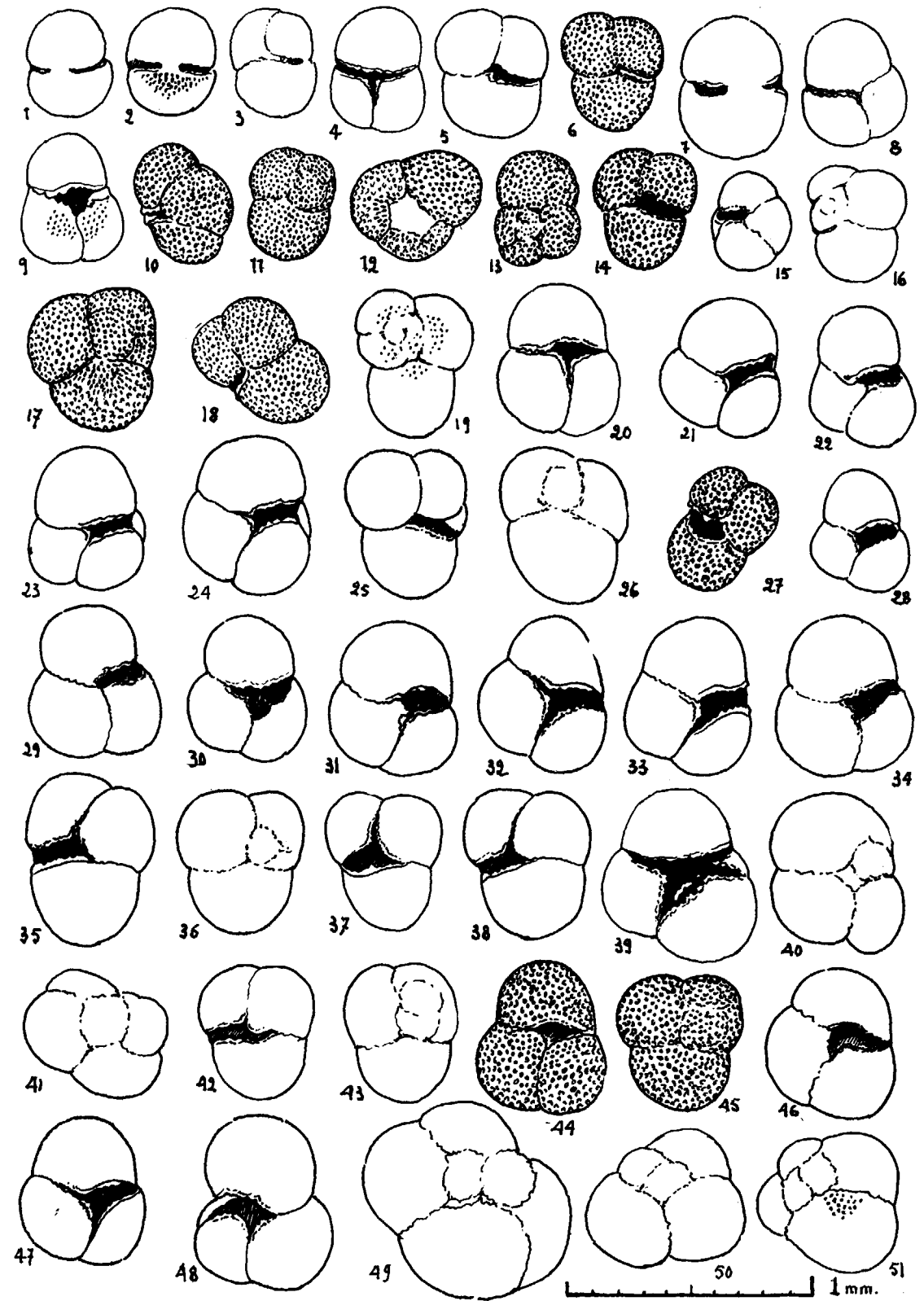


Figura 7.— Núms. 1 a 51, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens* BLOW, 1959. Núms. 1 a 16, formas juveniles.

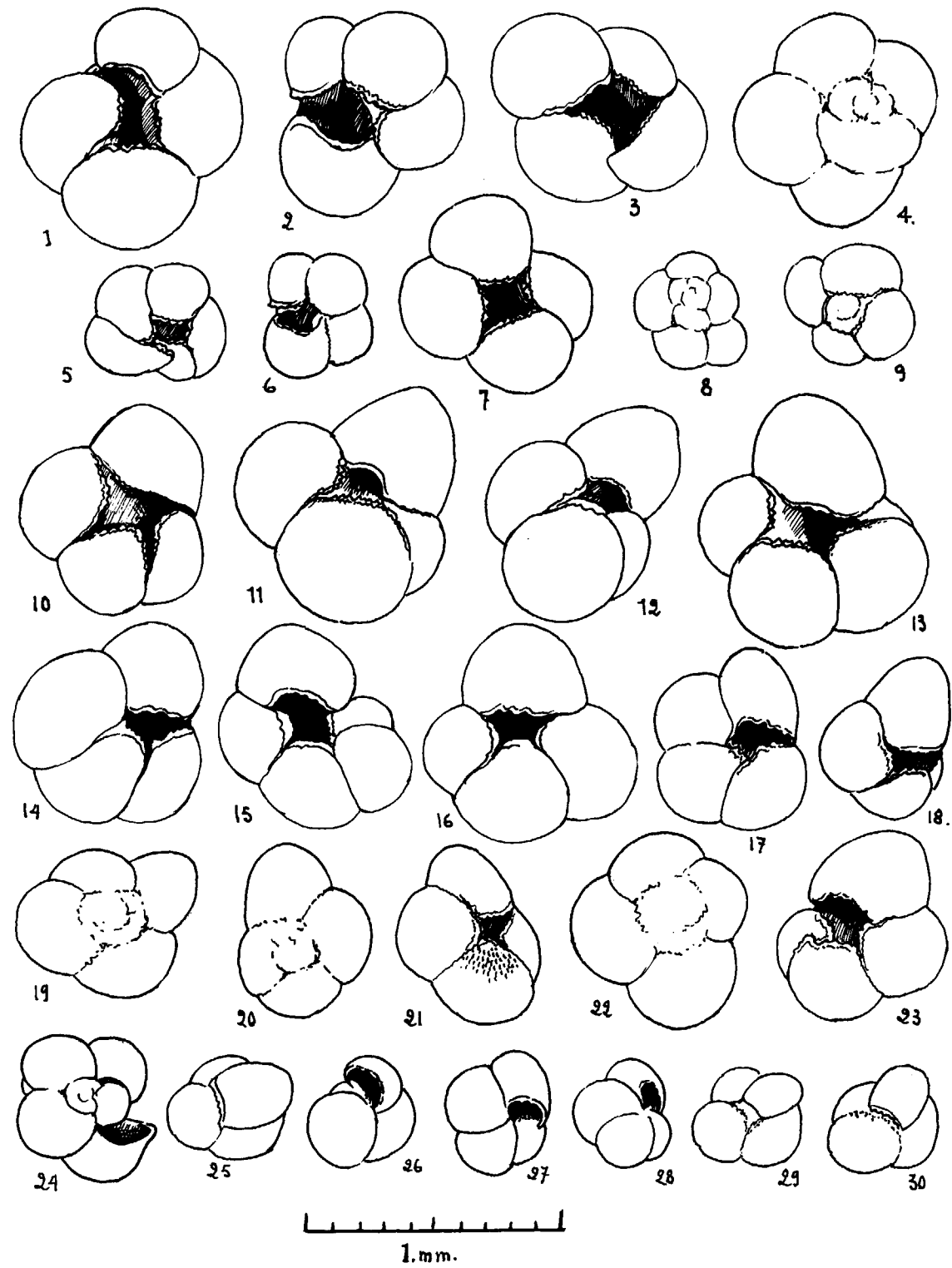


Figura 8.—Núms. 1 a 9, *Sphaeroidinellopsis multilobata* LE ROY, 1944. Núms. 10 a 23, *S. seminulina* (SHWAGER), 1866. Núms. 24 a 30, *S. nepenthes*, var. *constricta* BERMÚDEZ, 1969.

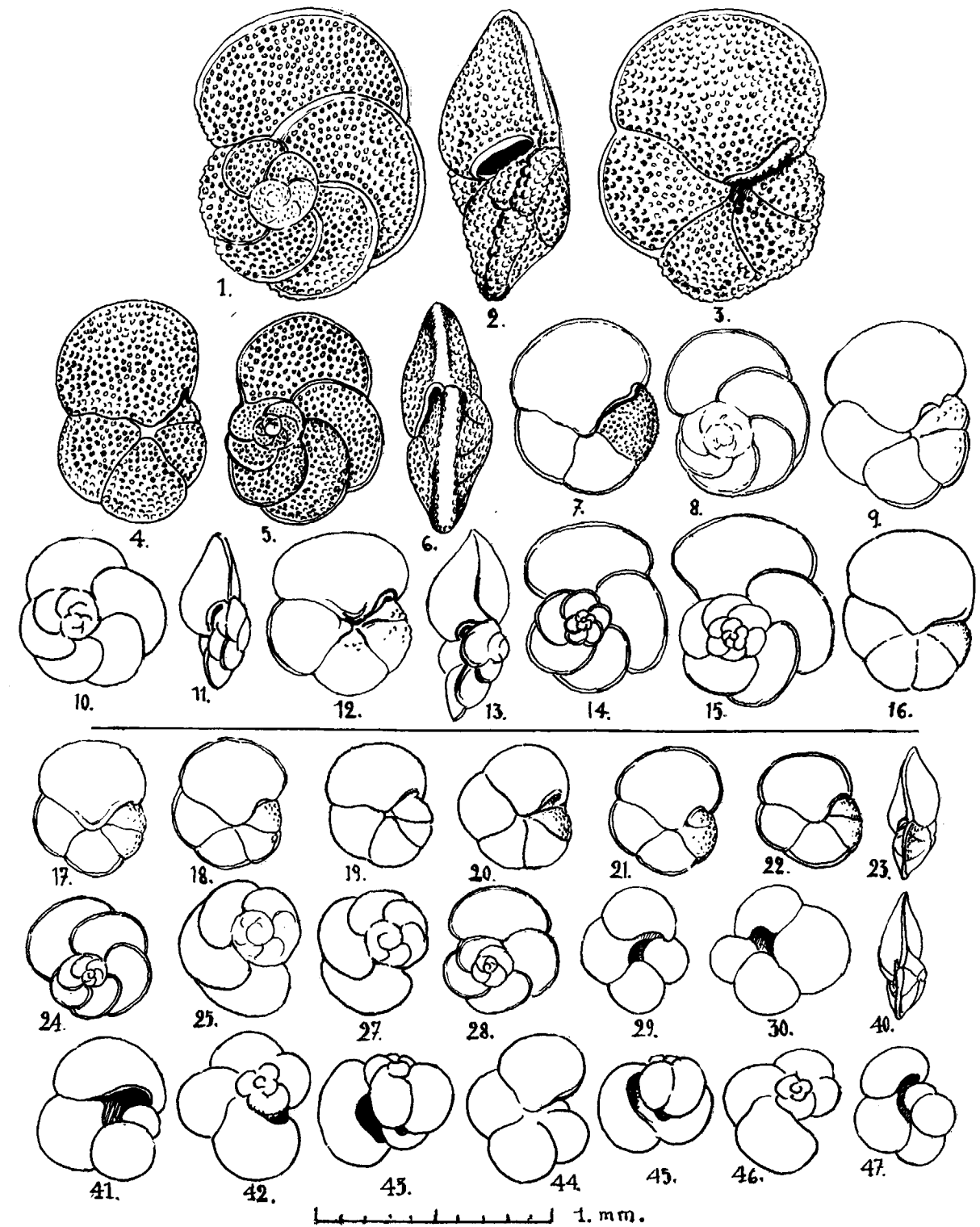


Figura 9.—Núms. 1 a 3, *Globorotalia margaritae* BOLLI-BERMÚDEZ (segundo holotipo de 1978). X. 45. Núms. 4, 6, *G. margaritae* BOLLI-BERMÚDEZ, primer topotipo de BOLLI-BERMÚDEZ, de los niveles Andalucenses del Sur de España. Núms. 17, 47, *Globigerina gavalae* PERCONIG, de diferentes localidades del Andalucense del S de España, según PERCONIG.

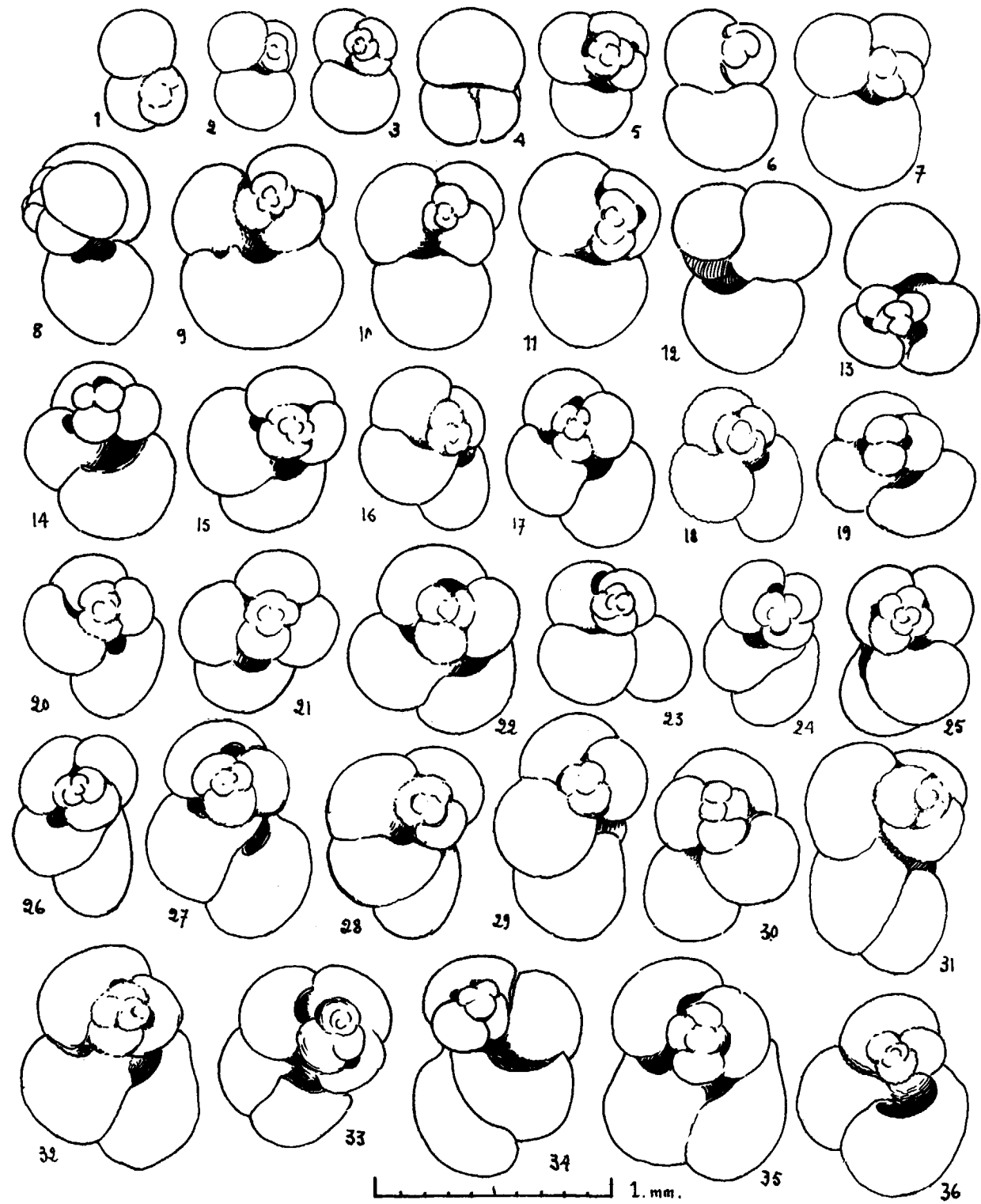


Figura 10.—Núms. 1 a 3, *Globigerinoides triloba* (REUSS). Núms. 4 y 5, *G. triloba* (REUSS) formas de paso a *G. triloba inmatura* LE ROY. Núms. 6 a 13, *G. triloba inmadura* LE ROY. Núms. 14 a 36, *G. triloba irregularis* LE ROY, del Andaluciense de Mallorca.

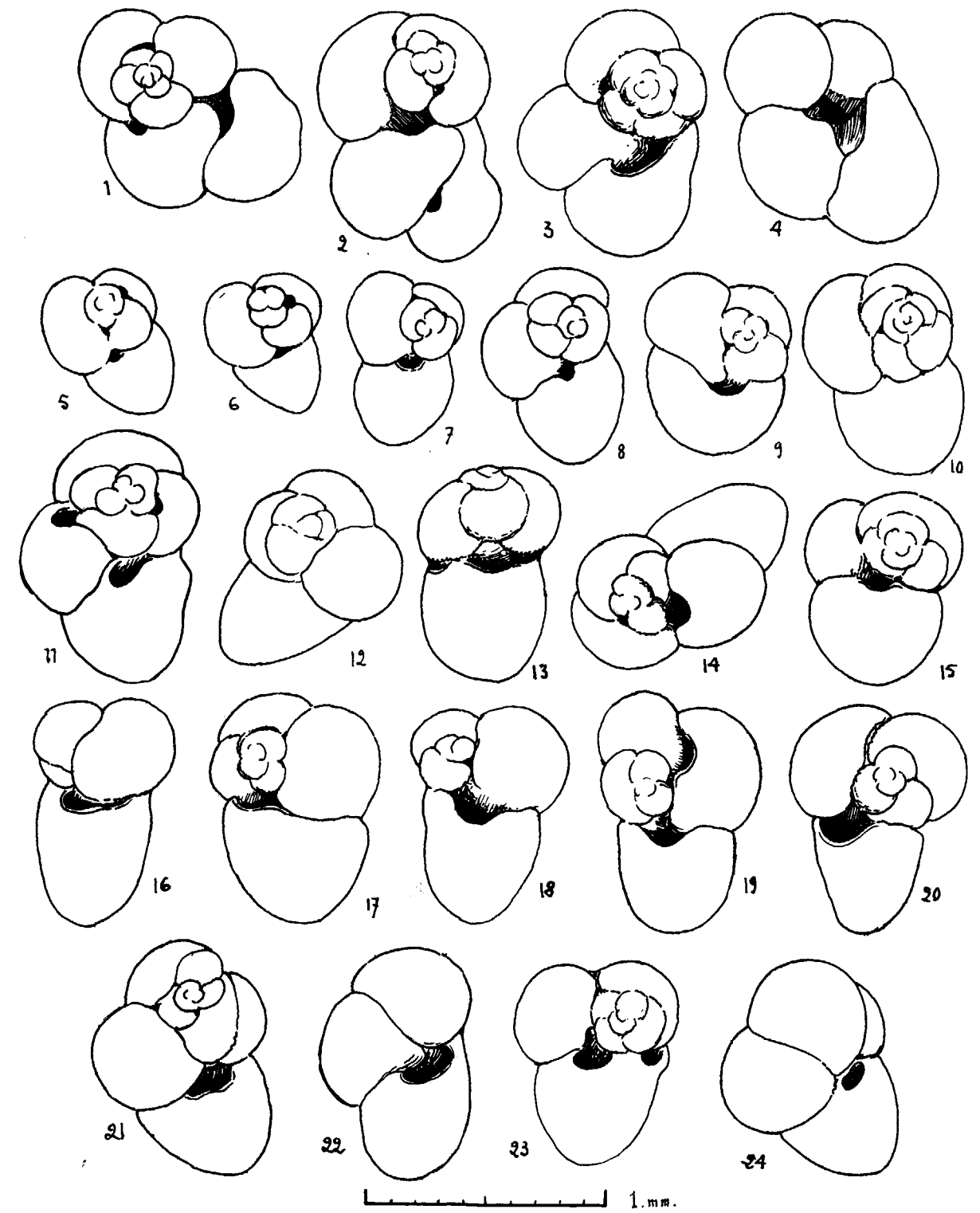


Figura 11.—Núms. 1 a 4, *Globigerinoides irregularis* LE ROY, Andaluciense de Mallorca. Núms. 5 a 24, *G. triloba sacculifera* (BREDY), Andaluciense de Mallorca.



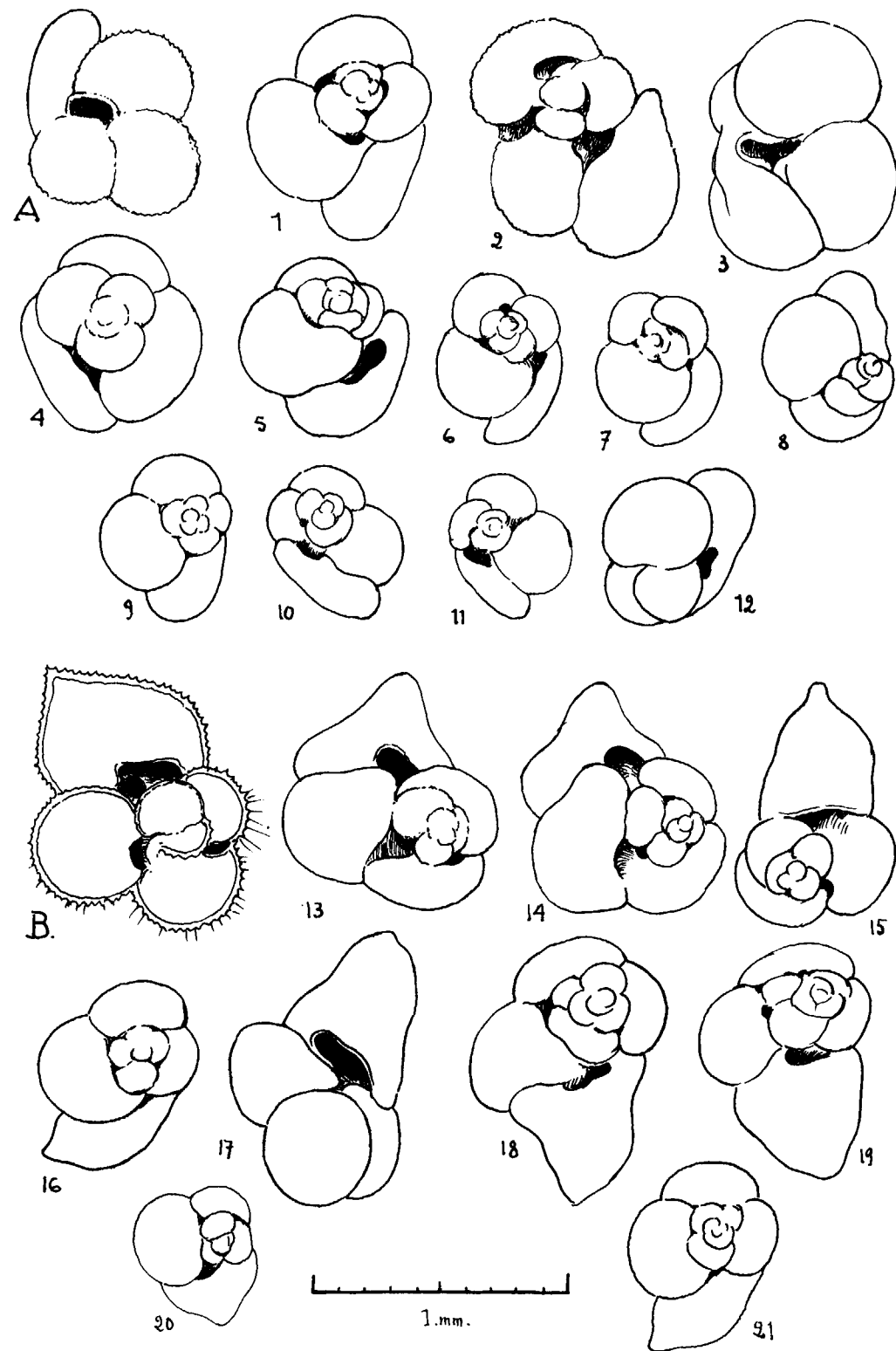


Figura 12.—A. *Globigerinoides triloba* var. *recumbens* (RHUMBLER), (fig. tipo de RHUMBLER, 1907. Núms. 1 a 12, formas de esta variedad encontradas en el Andaluciense de Mallorca. B. *Globigerinoides triloba galeata* (RHUMBLER) (figura típica de RHUMBLER) (figura típica de RHUMBLER, 1949. Núms. 13 a 21, formas del Andaluciense de Mallorca).

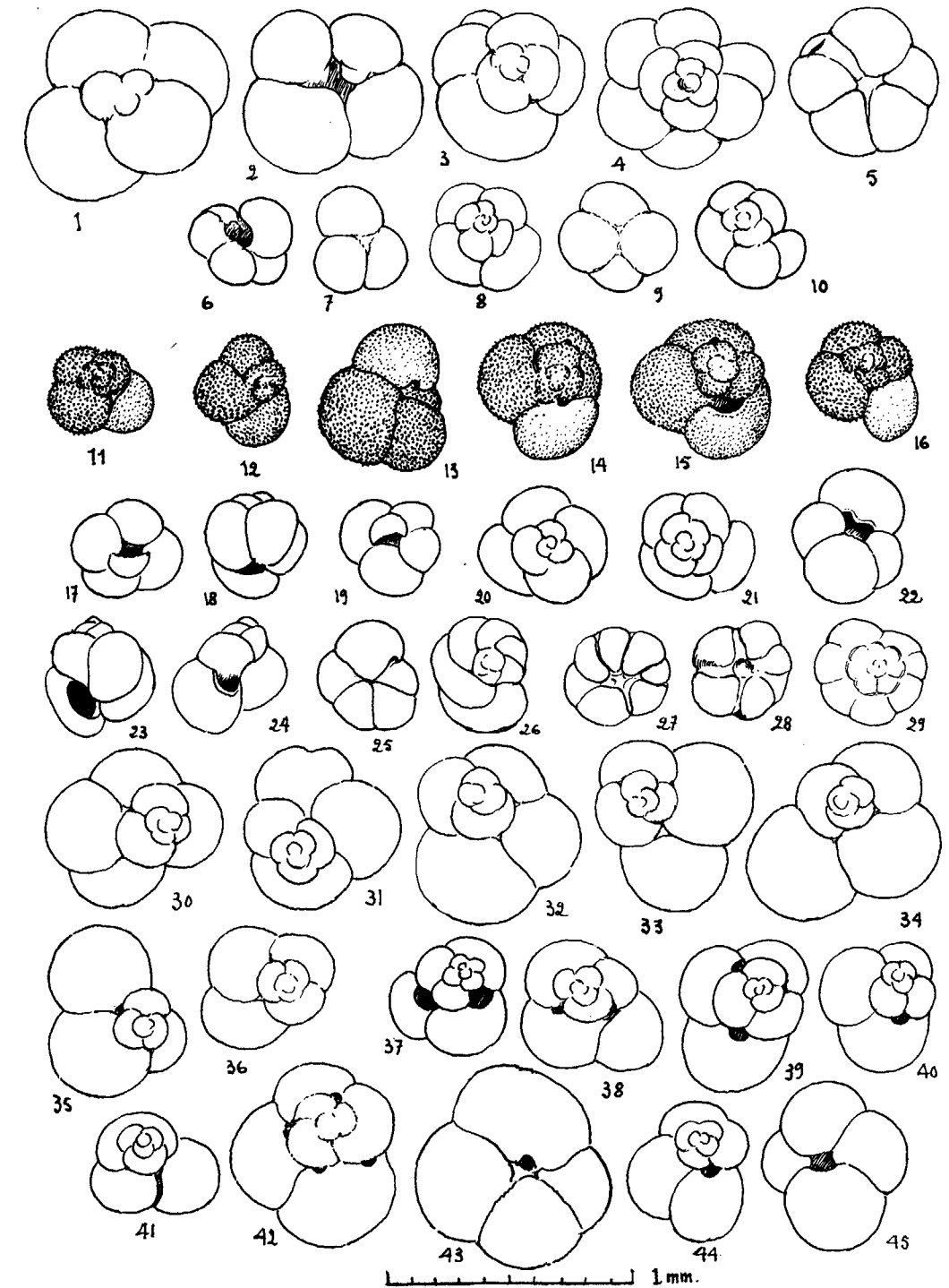


Figura 13.—Núms. 1 a 10, *Globoquadrina eggeri-dutertrei* D'ORBIGNY. Núms. 11 a 16, *Globigerinoides brachyssaculifera* CHRISTODOBOU, 1960. Núms. 17 a 22, *Globoquadrina dehiscens* BLOW-BANNER (especie frecuente en el Oligoceno y Mioceno Inferior, caracterizándose no pocos ejemplares por poseer una diminuta cámara final recubriendo la abertura umbilical. Probablemente rodada en el Plioceno. Núms. 23 y 24, *Globigerinoides elogatus* (D'ORB.). Números 25 y 26, *Globorotalia scitula* (BRADY). Núms. 27 a 29, *Cymbalopora squamosa* (D'ORB.). Núms. 30 a 36, *Globigerinoides triloba* subsp. *subsaculifera* CITÀ, SILVA, ROSSI, 1965. Núms. 37 a 45, *Globigerinoides adriatica* FORNASINI.

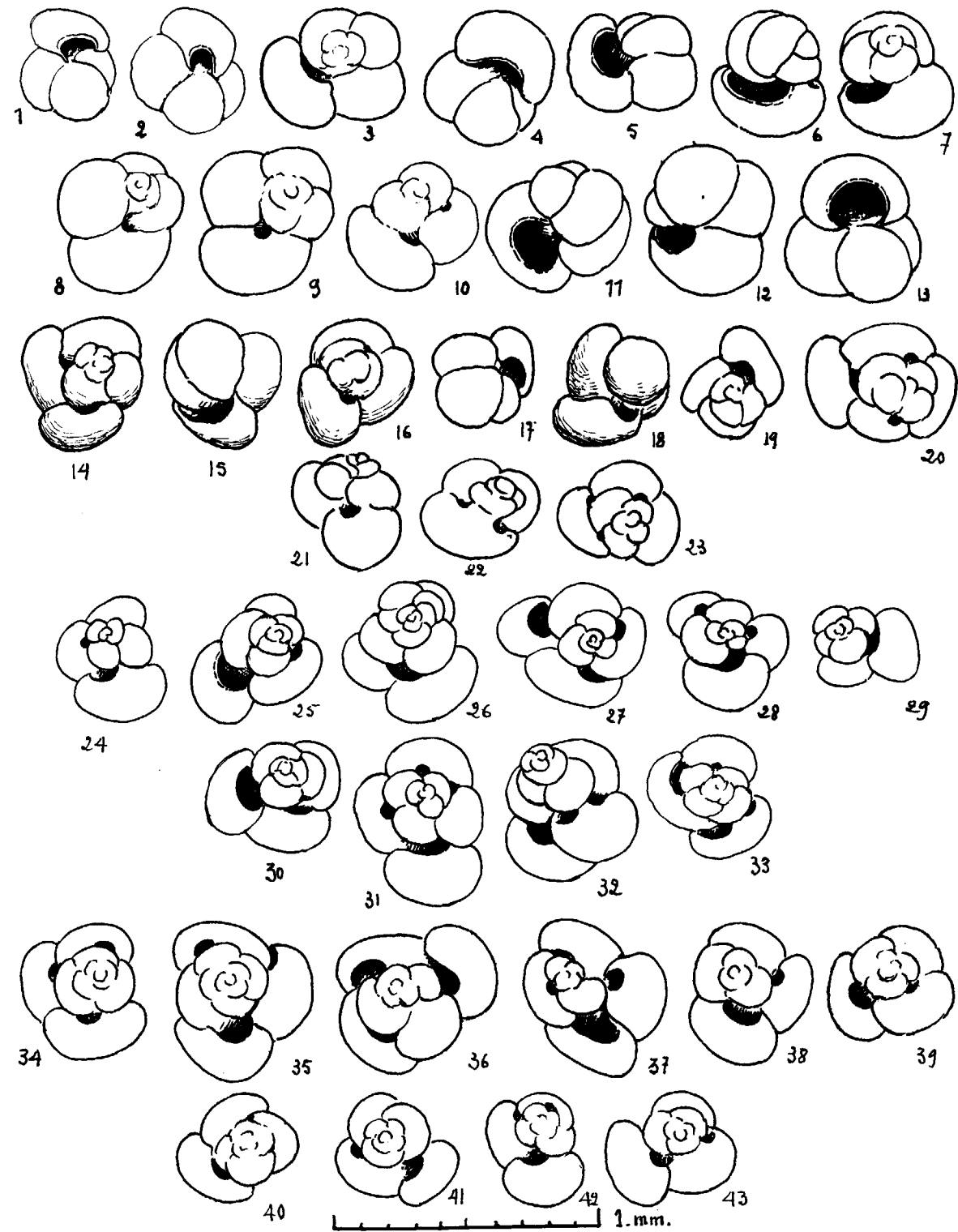


Figura 14.—Núms. 1 a 13, *Globigerinoides obliquus amplus* PERCONIG. Núms. 14 a 23, *G. obliquus* BOLLI-BERMÚDEZ. Números 24 a 33, *G. obliquus* var. *extremus* BOLLI. Núms. 34 a 43, *G. obliquus* BOLLI-BERMÚDEZ (Sondeo núm. 3, formas pasando a *G. o. extremus* BOLLI).

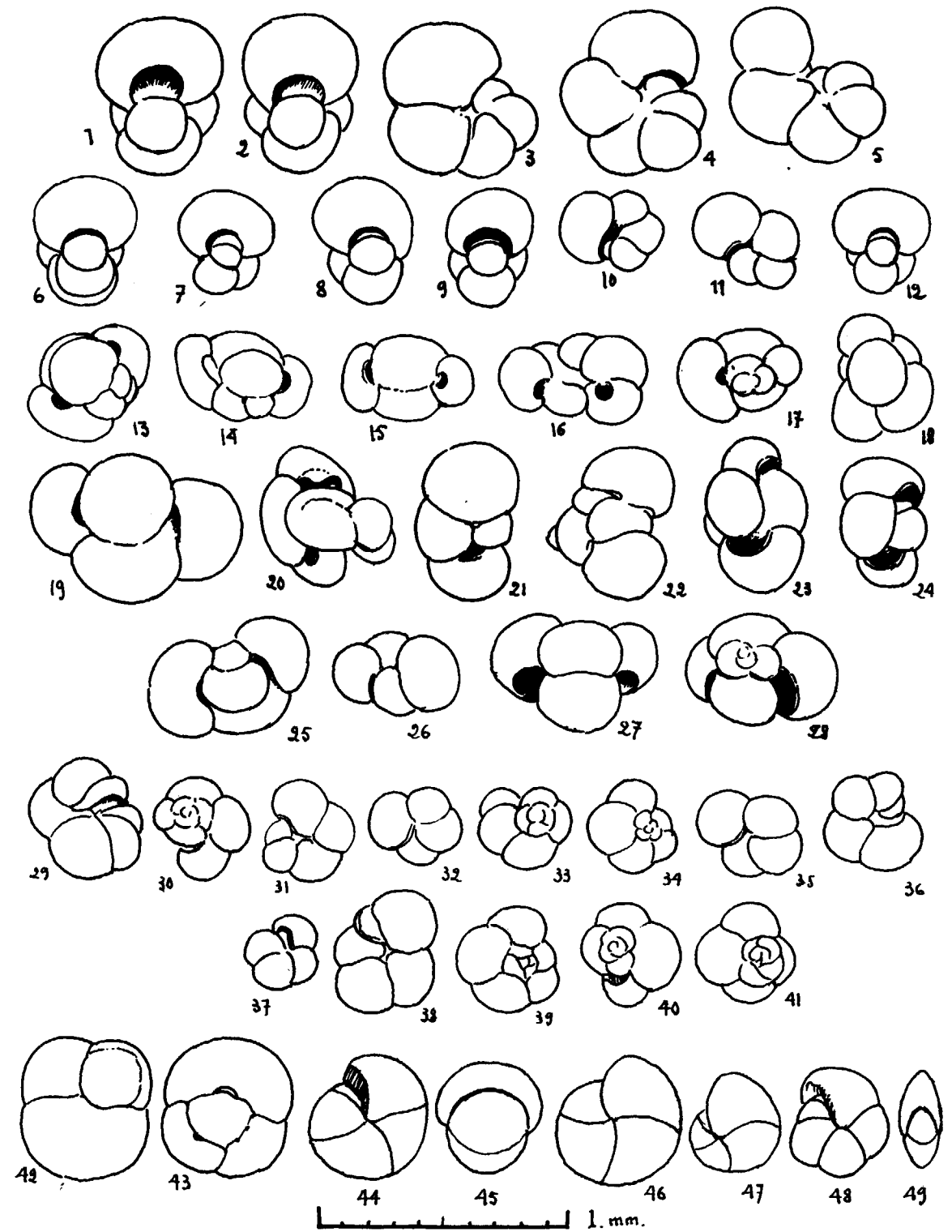


Figura 15.—Núms. 1 a 5 y 8 a 11, *Globigerinella aequilateralis* (BRADY). Núms. 6, 7 y 12, *Globigerinoides helicus* (D'ORB.). Núms. 13 a 39, *Globigerina acostaensis* BLOW. Núms. 40 y 41, *Sphaeroidina bulloides* (D'ORB.). Núms. 42 a 44, *Pullenia bulloides* (D'ORB.); *P. quinqueloba* (REUSS).

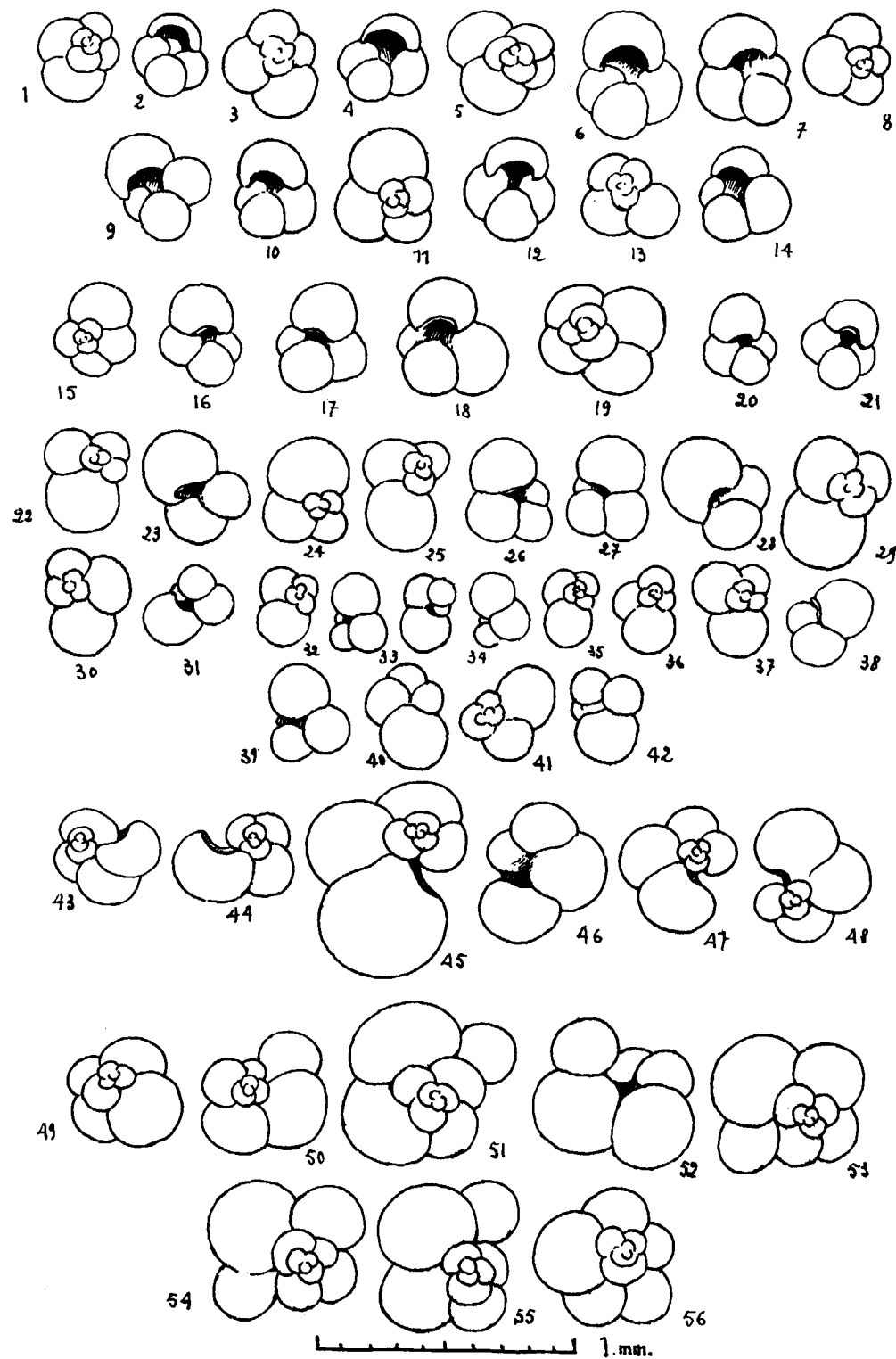


Figura 16.—Núms. 1 a 14, *Globigerina bulloides* D'ORB. Núms. 15 a 21, *G. bulloides* var. *falconensis* BLOW. Núms. 22 a 42, *G. parbulloides* BLOW. Núms. 43 a 48, *G. calida* PARKER (representada únicamente por formas geróntidas típicas). Núms. 49 a 56, *G. cf. bolli*, CITA, P. SILVA.

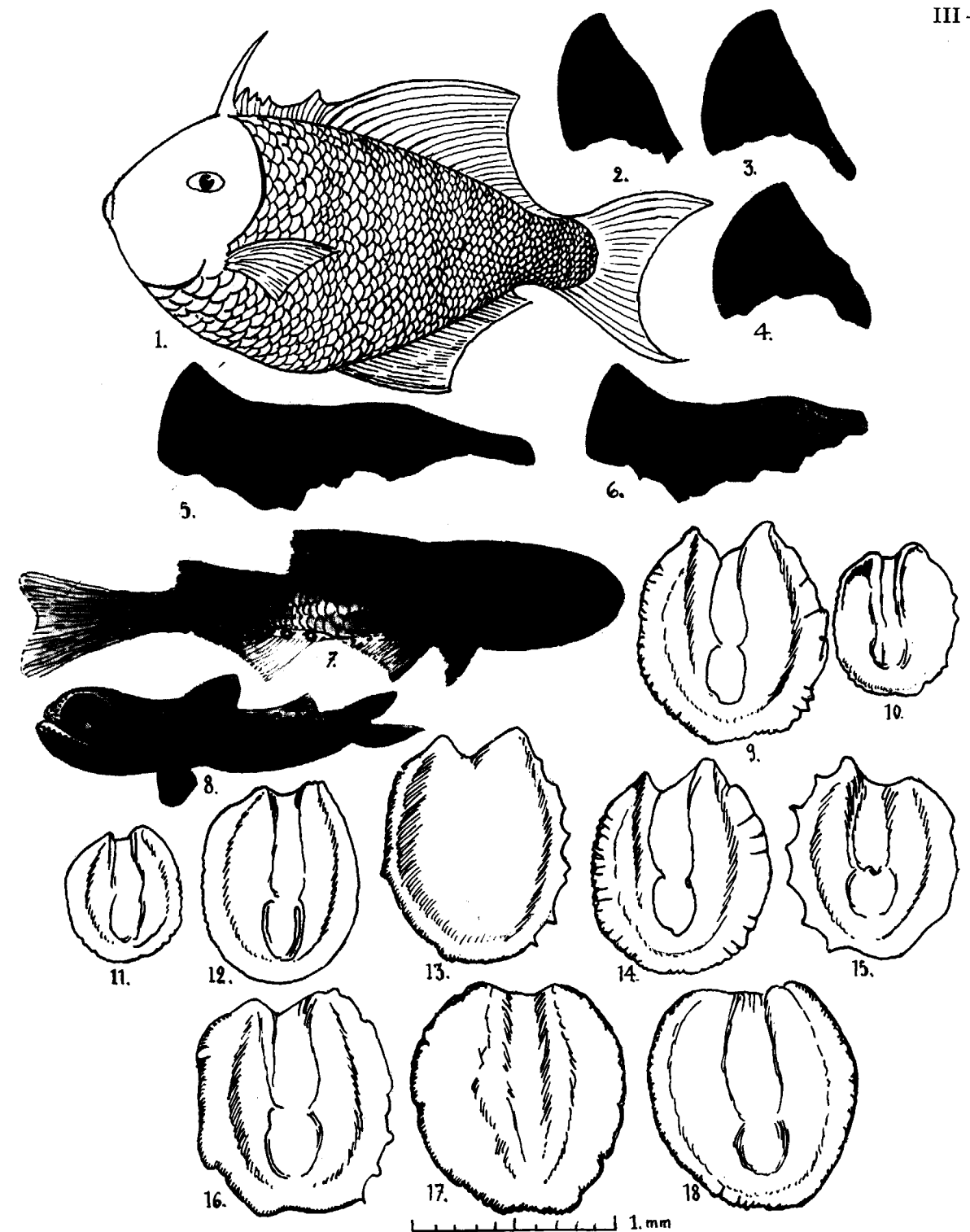


Figura 17.—Núm. 1, *Balistes* sp. (forma actual). Núms. 2 a 6, dientes de *Balistes crassidens*. Andaluciense y Plioceno de Mallorca. Núms. 7 y 8, *Myctophus* sp. (forma actual, en la que puede observarse la serie lateral de sus órganos luminosos). Núms. 9, 12 y 14, otolitos de *Myctophus pulcher* PROCHARZKA (formas más alargadas). Núms. 13, 15 y 16, otolitos de *Myctophus splendidum* PROCHASKA (forma esferoidal). Núms. 17 y 18, otolitos de *Myctophus austriacum* KOKEN. Andaluciense y Plioceno Inferior de Mallorca.

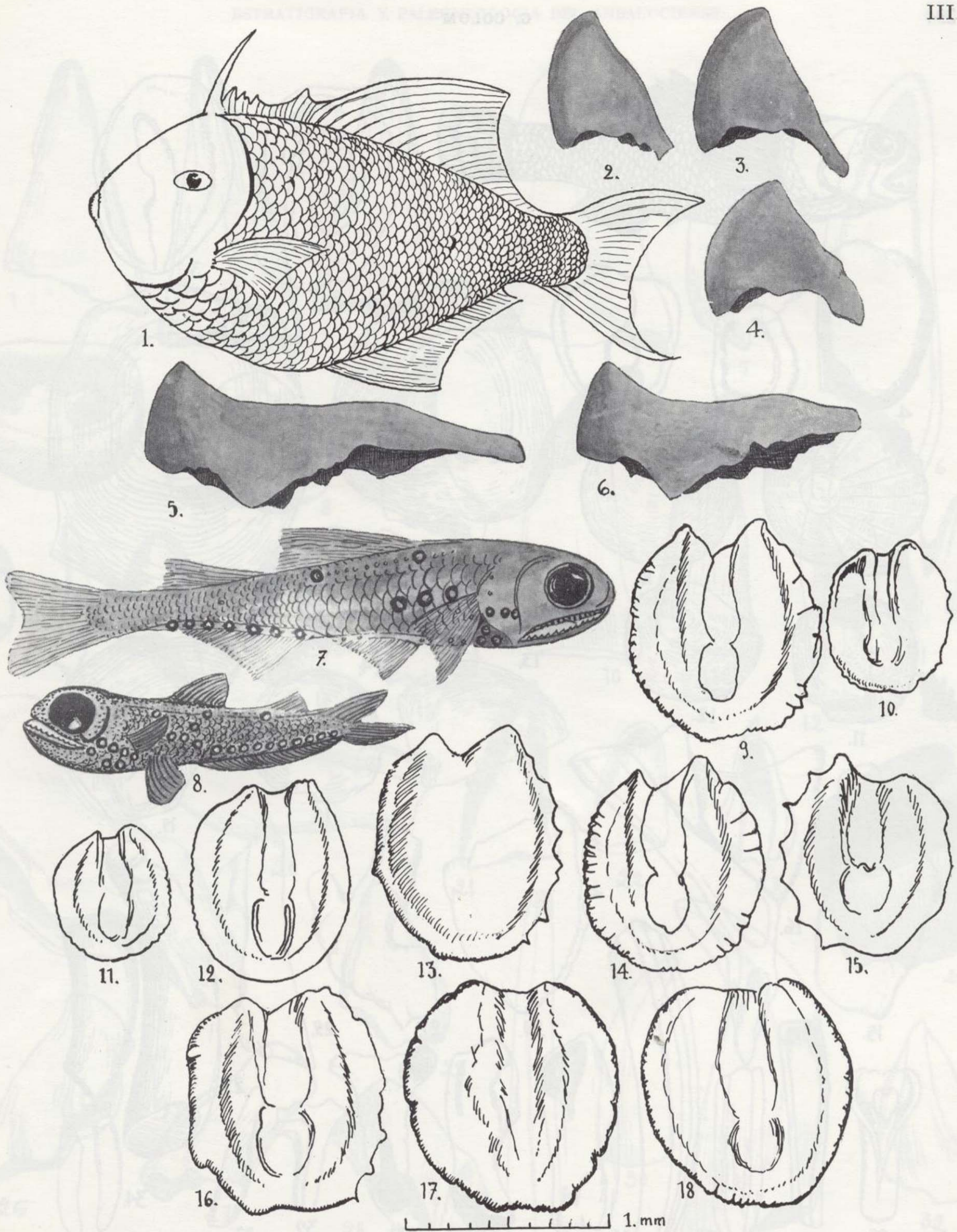


Figura 17.—Núm. 1, *Balistes* sp. (forma actual). Núms. 2 a 6, dientes de *Balistes crassidens*. Andaluciense y Plioceno de Mallorca. Núms. 7 y 8, *Myctophus* sp. (forma actual, en la que puede observarse la serie lateral de sus órganos luminosos). Núms. 9, 12 y 14, otolitos de *Myctophus pulcher* PROCHARZKA (formas más alargadas). Núms. 13, 15 y 16, otolitos de *Myctophus splendidum* PROCHASKA (forma esferoidal). Núms. 17 y 18, otolitos de *Myctophus austriacum* KÖKEN. Andaluciense y Plioceno Inferior de Mallorca.

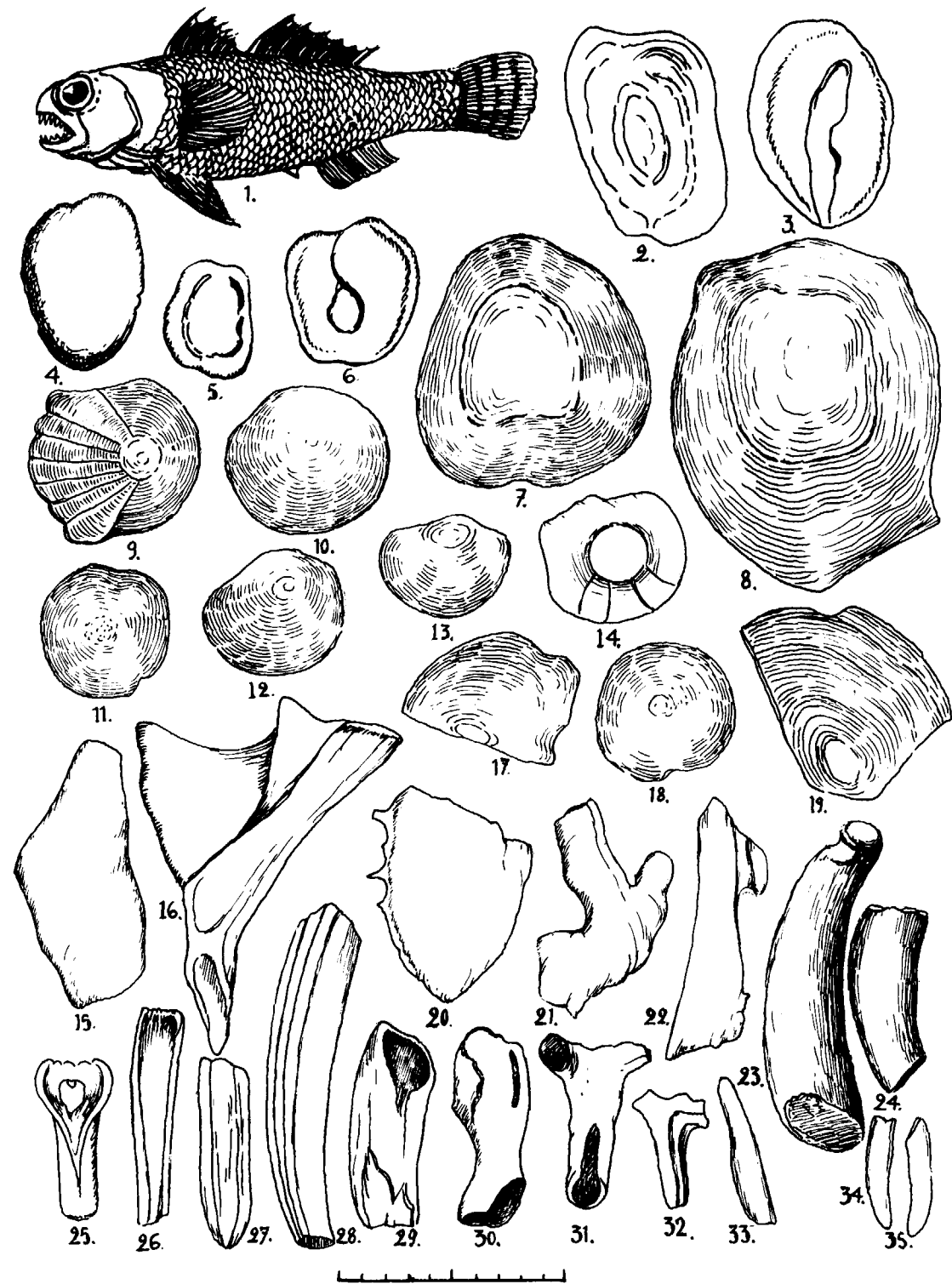


Figura 18.—Núm. 1, *Gobius niger* (actual). Núm. 3, otolito de *Gobius tankilensis*. Núms. 2 y 4 a 6, otolitos de *Gobius weilleri* BAUZÁ. Núms. 7 a 13, escamas o placas dérmicas de peces. Núms 14 y 16, restos óseos cortados en diferentes secciones. Núms. 17 a 19, escamas o placas dérmicas de peces. Núms. 15 a 35, Ictiolites, generalmente de color ambarino, gris-amarillento, frecuentes en determinados niveles.

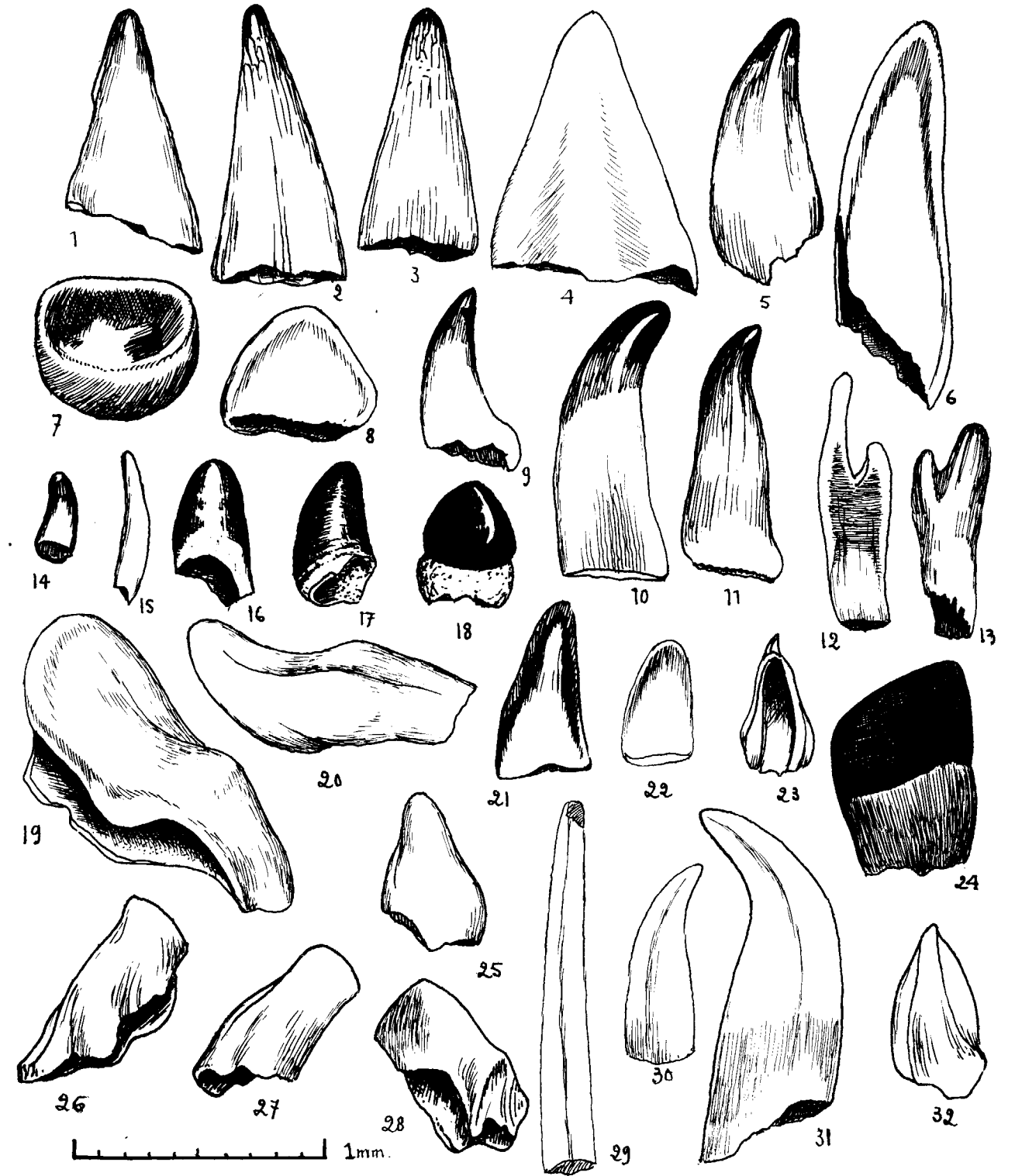


Figura 19.—Núms. 1 a 5, dientes de *Dentex* sp. Núms. 6 a 8, dientes de *Dentex* sp. Núms. 9 a 11, dientes de *Trichurus* sp. Núms. 12 a 18, dientes de *Box*. Núms. 19 y 20, posiblemente fragmentos de dientes. Núms. 21 a 23, dientes de especies desconocidas. Núm. 24, diente de *Diplodon* sp. Núm. 25, diente afín al genero *Diplodon*. Núms. 26 a 28, dientes de *Balistes* sp. Núms. 29 a 32, dientes de especies desconocidas.

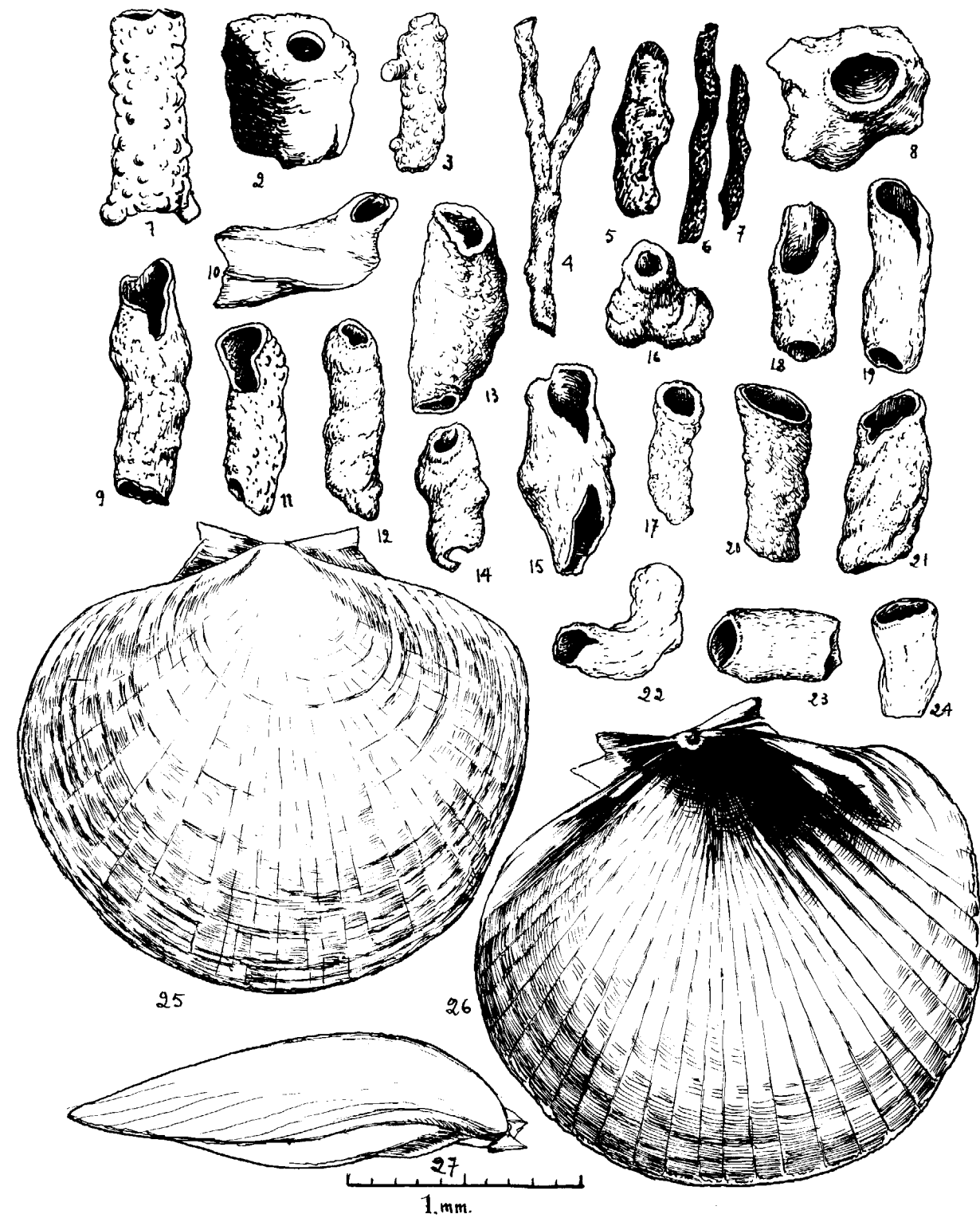


Figura 20.—Núms. 1 a 3, cápsulas de barro de larvas del género *Phryganea*. Núms. 4 a 24, fragmentos de «raíces» y restos leñosos. Núms. 25 y 26, *Amussium cristatum* (BRÖN). Niveles Tabanienses.

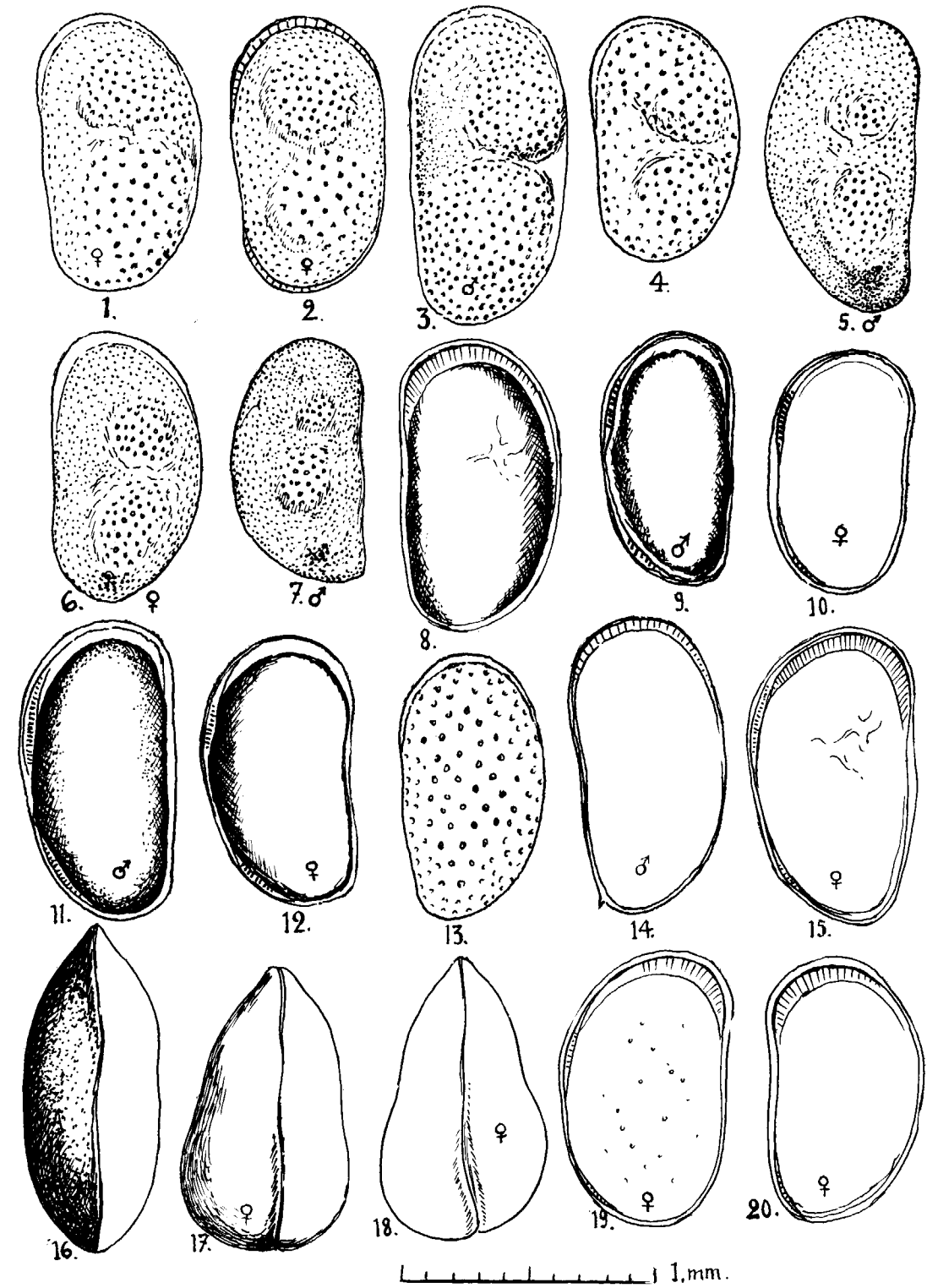


Figura 21.—Núms. 1 a 7, *Cyprideis torosa* (JONES), 1850, var. *littoralis* BRADY. Núms. 8 a 13, *C. torosa*, machos y hembras. Núm. 14, *Cyprideis cf. heterostegina sublittoralis* POKORNY. Núms. 15 a 20, *Cyprideis torosa* (JONES). Sondeo Núm. 5, Inca, nivel de los 34,80-35,12 metros.

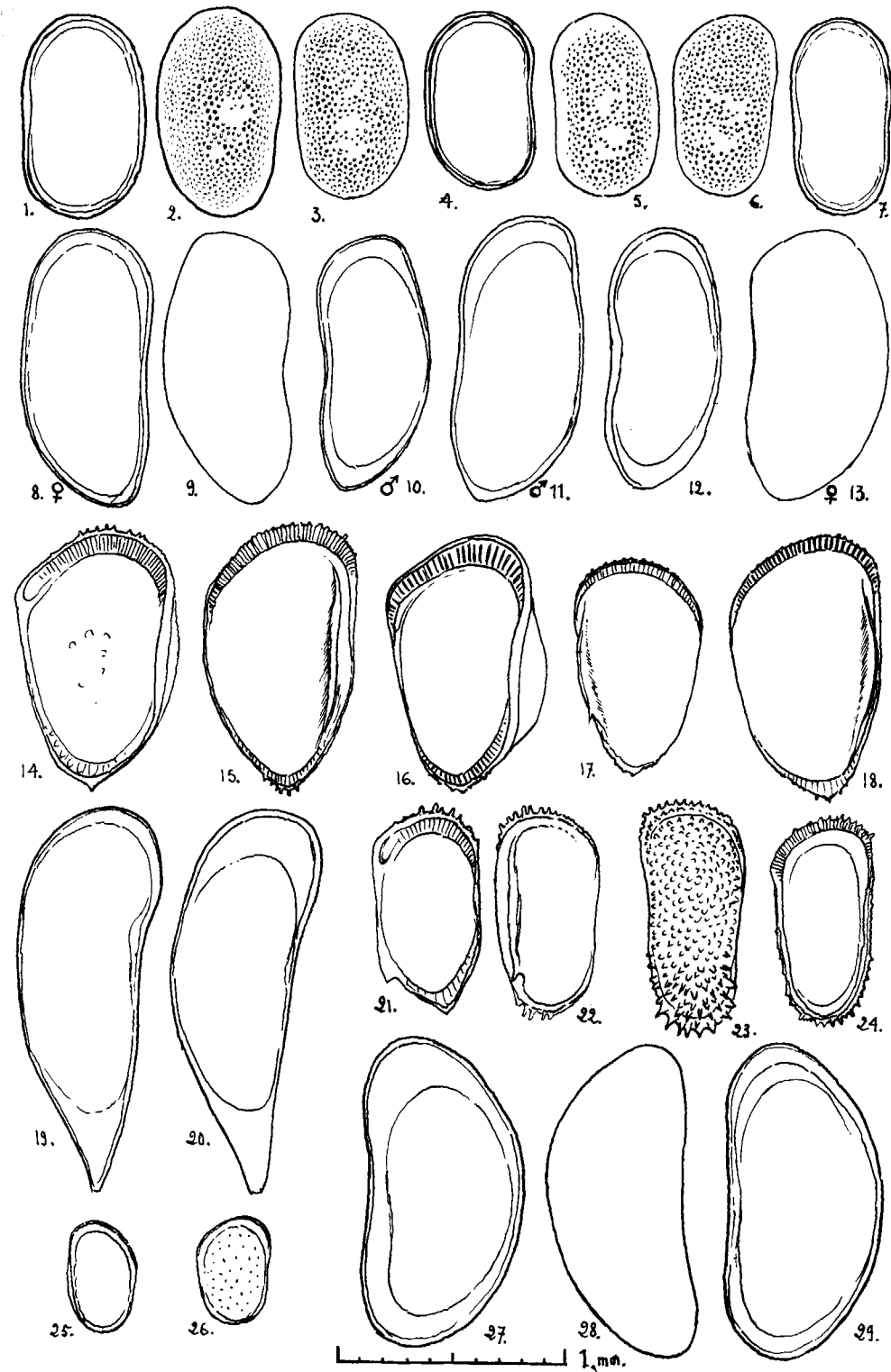


Figura 22.—Núms. 1 a 7, *Cytherella cf. pulchella* (RUGGIERI). Núms. 8 a 13, *Bythocypris lucida* (SEGUENZA). Núms. 14 a 18, *Bosquetina dentata* (MÜLLER). Núms. 19 y 20, *Paracypris polita* SARS. Núms. 21 y 22, *Ruggieri tetraptera* (SEGUENZA). Núms. 23 y 24, *Trachyleberis histris* (REUSS). Núms. 25 y 26, *Loxoconcha diademata* RUGGIERI. Núms. 27 a 29, *Phlyctenophora arcuata* (v. MUNSTER).

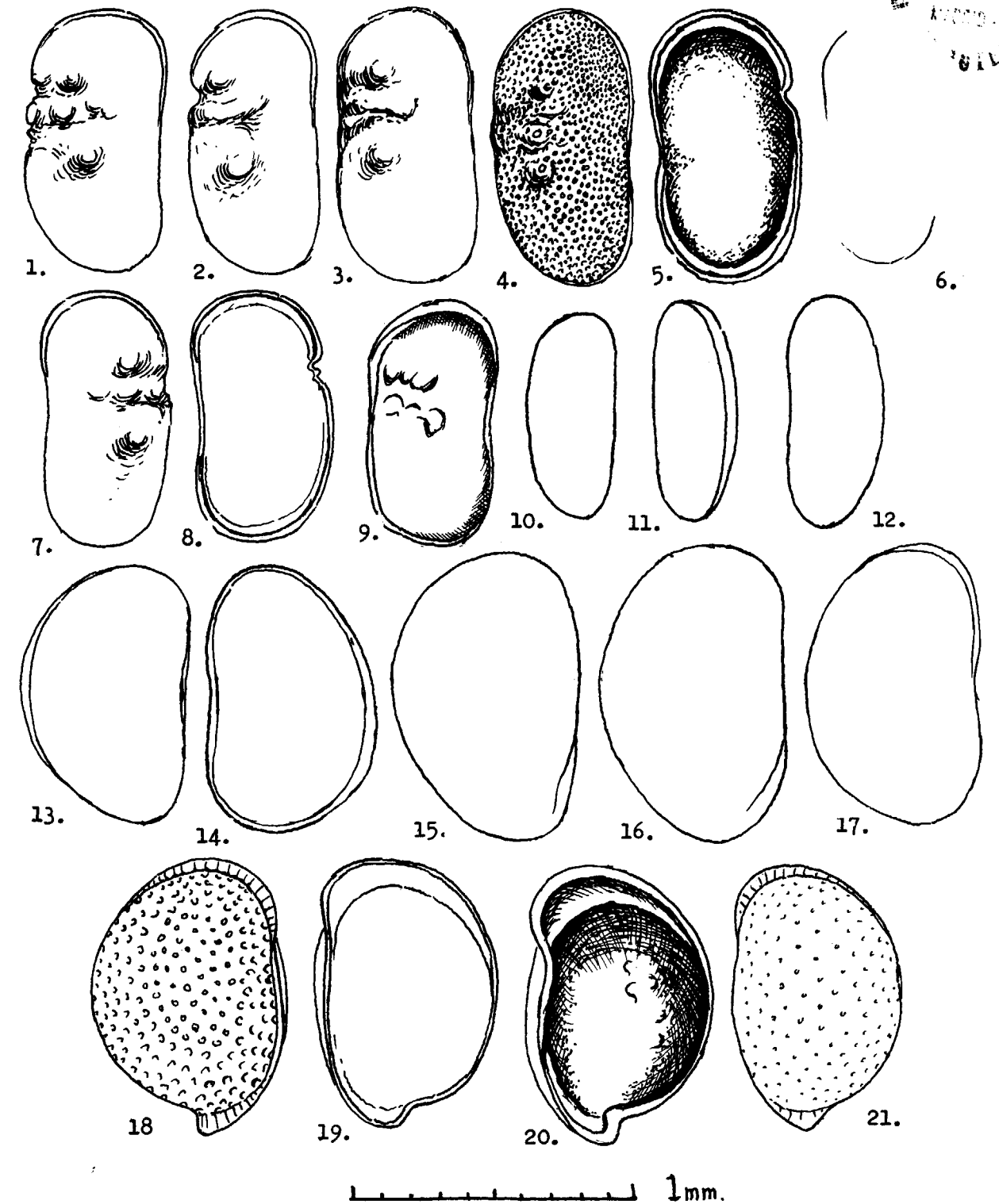


Figura 23.—Núms. 1 a 9, *Ilyocypris gibba* RAMBUR. Núms. 10 a 12, *Darwinula* sp. Núms. 13 a 17, *Candona cf. marchica*. Números 18 a 21, *Aurila punctata*.

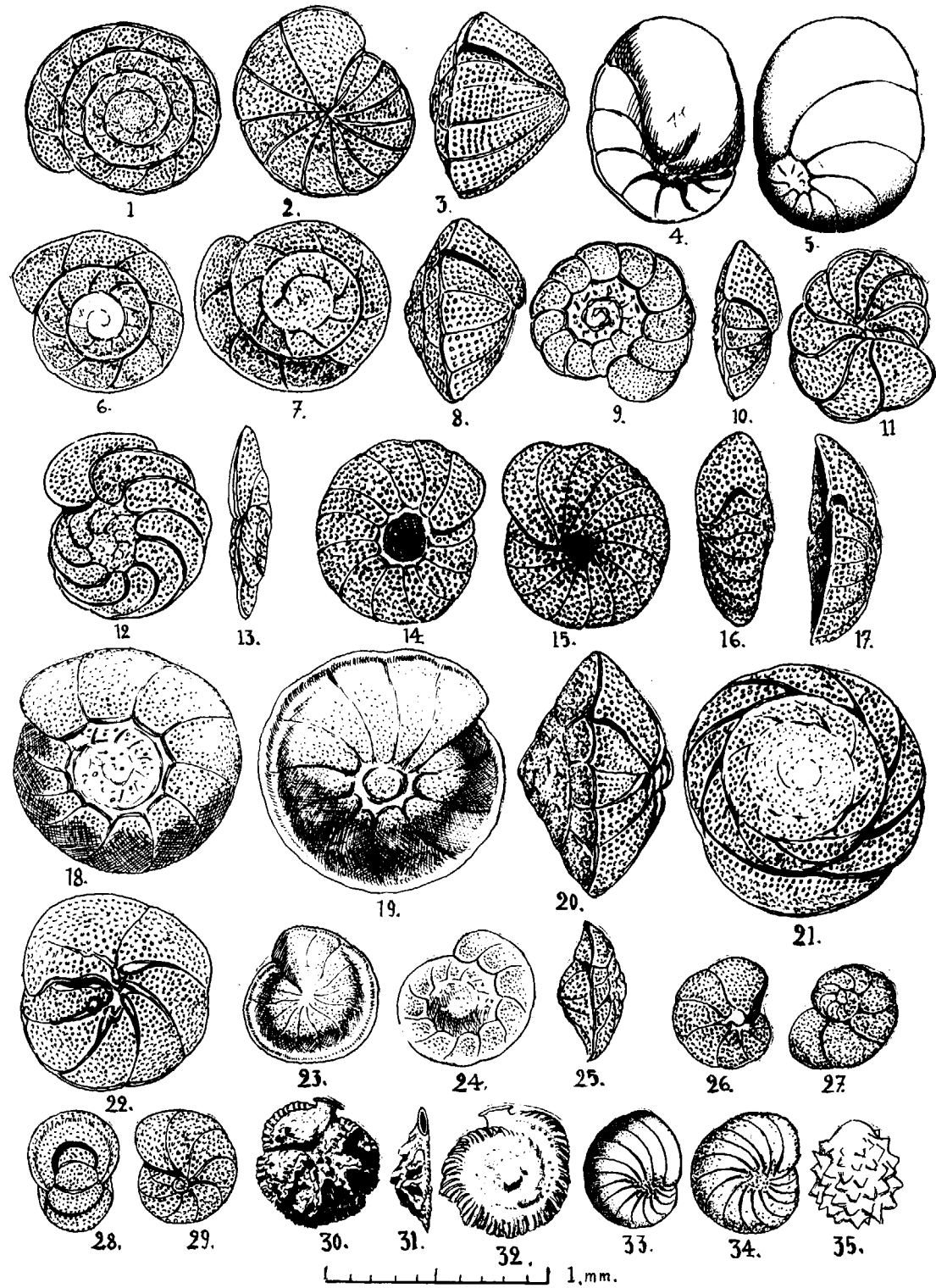


Figura 24.—Núms. 1 a 3, *Heterolepa praecincta* (KARRER), Núms. 4 y 5, *Cancris auriculata* (FICH-MÖLL). Núms. 6 a 8, *Heterolepa haidingeri* (D'ORB.). Núms. 9 a 11, *Cibicides miocenicus* (COLOM). Núms. 12 y 13, *Planulina ariminensis* (D'ORB.). Núms. 14 a 16, *Cibicides nucleatus* (SEGUENZA). Núms. 17 a 19, *C. pseudoungerianus* CUSHM. var. *inaequilateralis* FORNASSINI. Núms. 20 a 22, *Neoconoides schreibersi* (D'ORB.). Núms. 23 a 25, *Cibicides pseudoungerianus* CUSHM. Núms. 26 y 27, *Valvulineria bradvana* (FORNASSINI). Núms. 28 y 29, *Melonis pompilioides* (FICH-MÖLL). Números 30 a 32, *Siphonina planioconvexa* (SILVESTRI). Núms. 33 y 34, *Florilus boueanum* (D'ORB.). Núm. 35, *Guttulina gibba* var. *tuberculata* D'ORB.

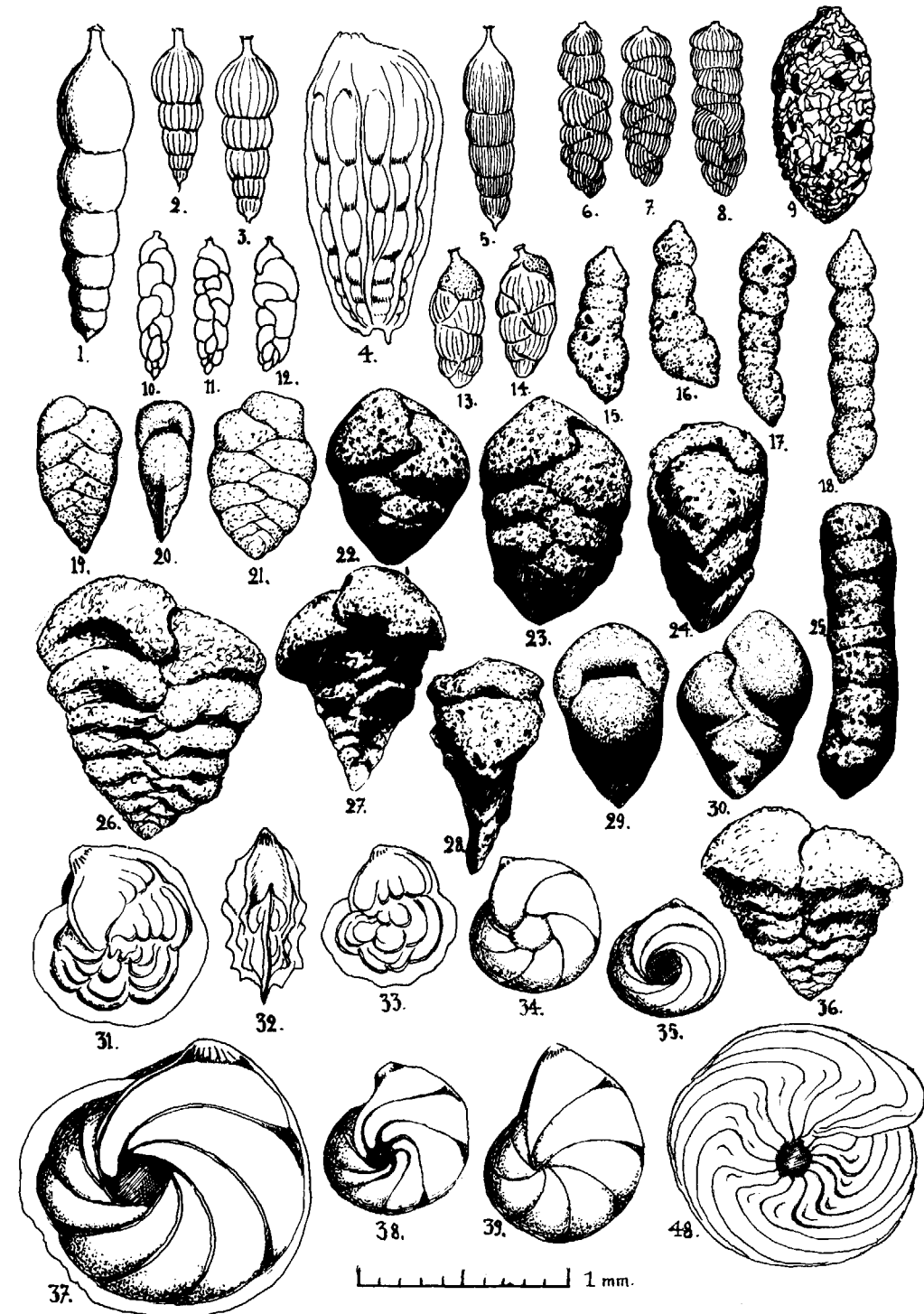


Figura 25.—Núm. 1, *Orthomorpha incertae* SILVESTRI. Núms. 2 y 3, *O. bassani* (FORNASSINI). Núm. 4, *Marginulina costata* (BATSCH). Núm. 5, *Orthomorpha tenuistriata* (COSTA). Núms. 6 y 7, *Uvigerina tenuistriata* var. *gaudryinoides* LEPP. Núm. 8, *U. tenuistriata* var. *siphogenerinoides* LEPP. Núm. 9, *Liebusella rudis* (COSTA). Núms. 10 a 12, *Hofkinsina bononiensis* (FICH-MÖLL). Núms. 13 y 14, *Uvigerina pygmaea* D'ORB. Núms. 15 y 16, *Bigenerina nodosaria* D'ORB. Números 17 y 18, *B. nodosaria* var. *textularioides* GOËS. Núms. 19 y 20, *Textularia articulata* D'ORB. Núm. 21, *T. gratum* D'ORB. Núms. 22 a 24, *T. subangulata* D'ORB. Núm. 25, *Martinottiella communis* (D'ORB.). Núms. 26 y 36, *Textularia rugosa* (REUSS). Núms. 27 y 28, *T. palmata* (COSTA). Núms. 29 y 30, *Dorothia gibbosa* (D'ORB.). Núms. 31 a 33, *Lenticulina costata* var. *gymnesica* COLOM. Núm. 34, *L. inornata* (D'ORB.). Núm. 35, *L. convexa*. Núm. 37, *L. orbicularis* (D'ORB.). Núm. 38, *L. clerici* FORNASSINI. Núm. 39, *L. gibbosa* (D'ORB.). Núm. 40, *Amphistegina lessoni* D'ORB.



SONDEO 3.- La Puebla

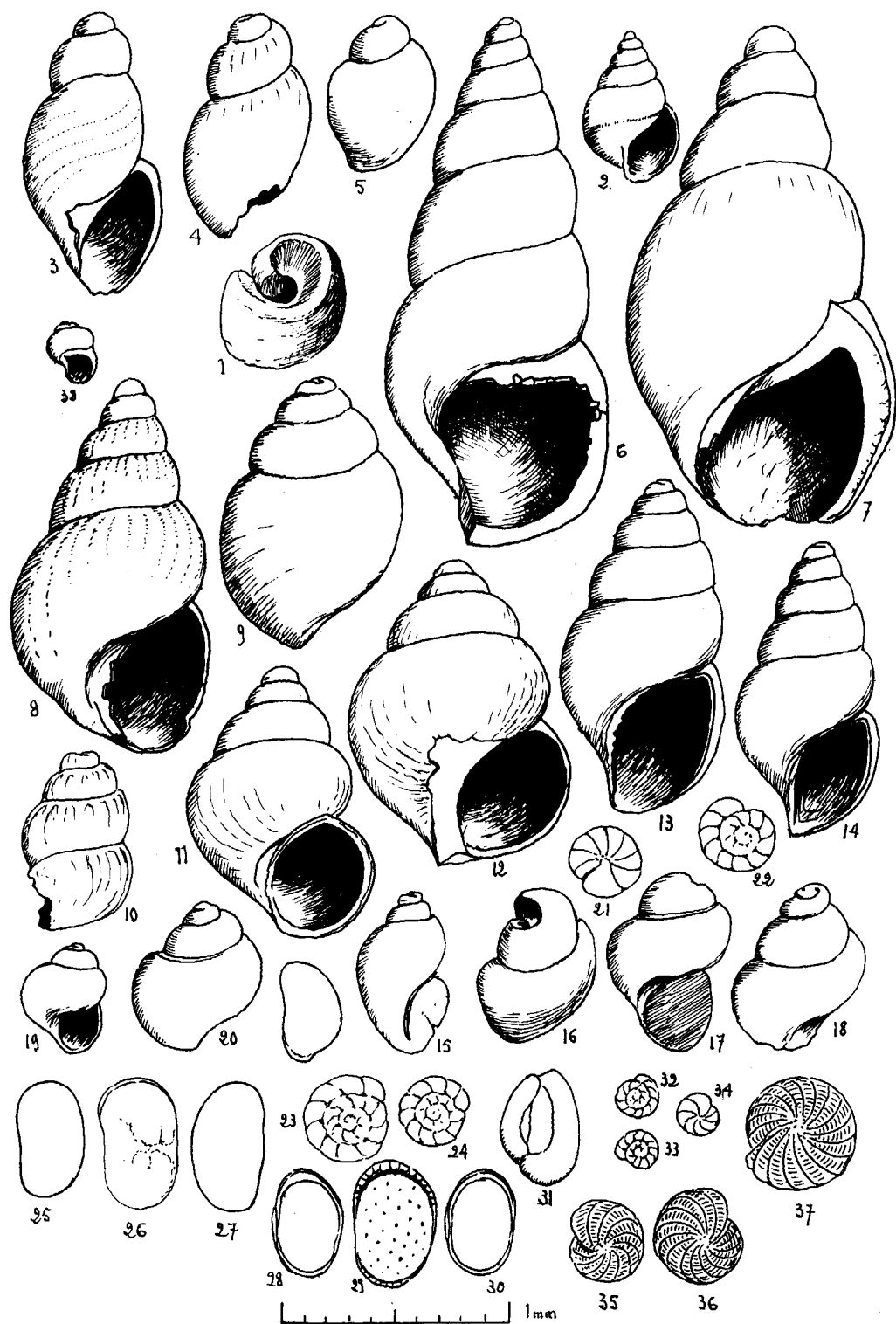
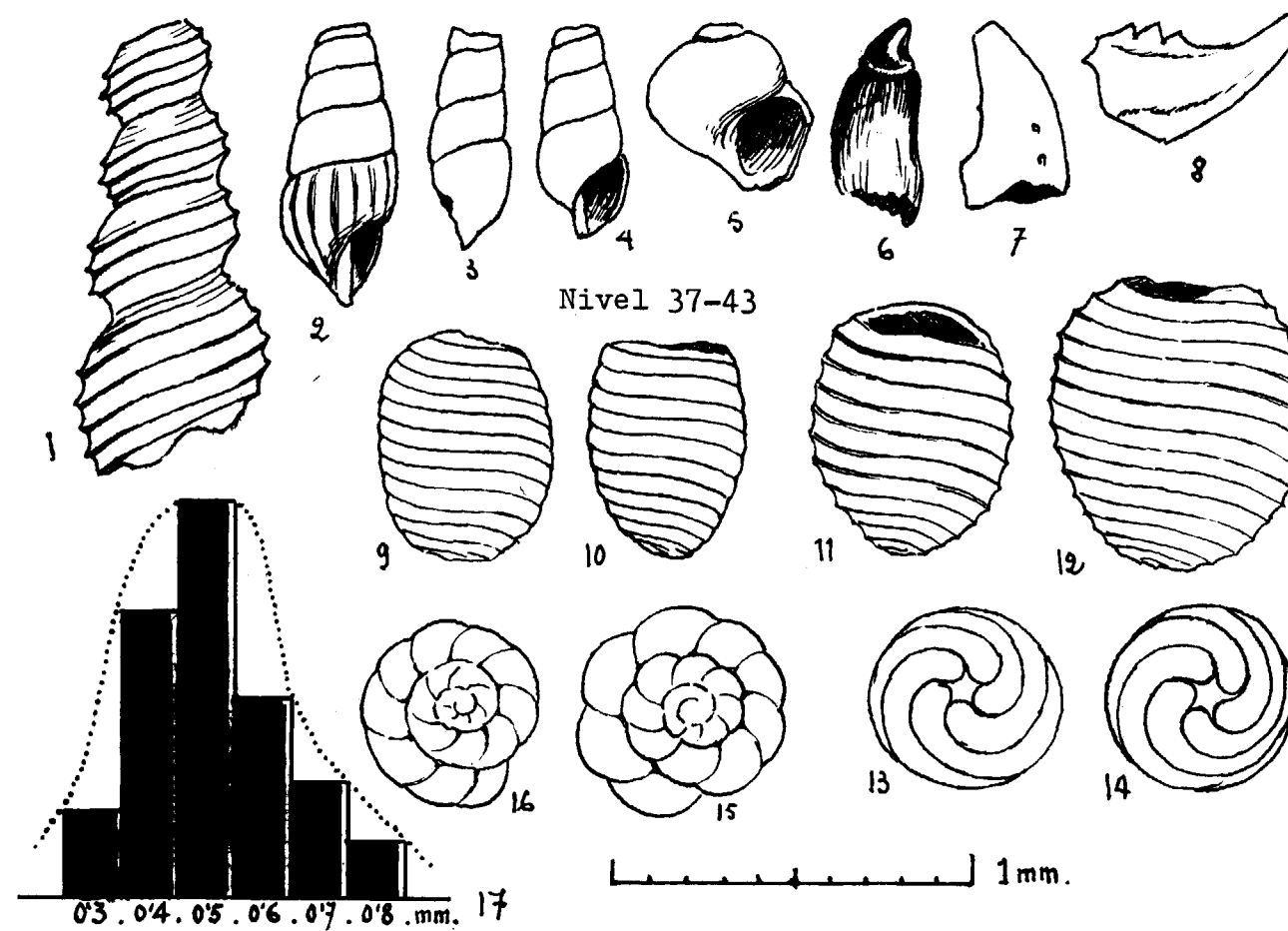


Figura 26.—Sondeo núm. 3, LA PUEBLA. Núms. 1 y 3 a 5, gasterópodos y fragmentos de los mismos, inclasificables. Núm. 2, *Alvania* sp. Núms. 6 y 7 y 12 a 14, *Chrysalidella (Parthenina) interstincta* MONTAGU. Núms. 8 y 10 y 11, *Hydrobia* gr. *syrmica* NEUMAYR, 1875. Núms. 15 a 20, pequeños gasterópodos inclasificables. Núms. 21 a 24, *Ammonia beccarii inflata*, estados de extremo enanismo. Núms. 25 a 27, *Cyprideis torosa* (JONES). Núms. 28 a 30, *Loxoconcha* sp. Núm. 31, Miliólido. Núms. 32 a 37, *Elphidium crispum*.

SONDEO 16.- La Puebla



SONDEO 3.- La Puebla

Nivel 132-150

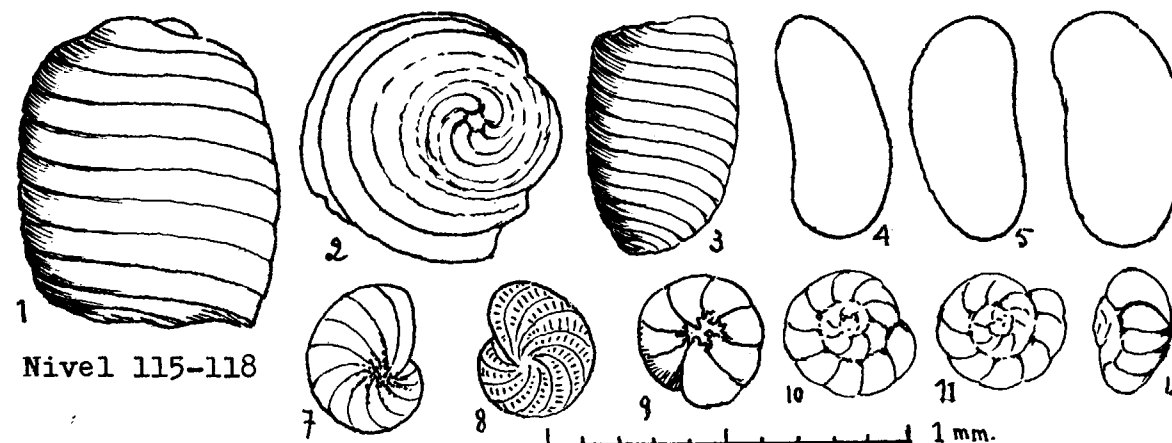


Figura 27.—Sondeo núm. 16, LA PUEBLA. Núm. 1, *Archimediella triplicata* (BROCHII). Núm. 2, gasterópodo lacustre. Núms. 3 a 5, gasterópodos lacustres. Núm. 6, diente de *Balistes lerichei* BAUZÁ. Núms. 7 y 8, pinzas y fragmentos de crustáceos. Núms. 9 a 14, oogonios de Caráceas. Núm. 15, *Ammonia beccarii inflata*, pasando a la forma *tepida* (Núm. 16). Núm. 17, curva de variabilidad de una población de *Ammonia beccarii tepida* sobre una población de más de 116 ejemplares. Sondeo núm. 3, LA PUEBLA. Núm. 1 a 3, gyronitos de Caráceas. Núms. 4 a 6, larvas (?) de Ostrácodos. Núm. 7, *Florilus boueanum*. Núm. 8, *Elphidium* sp. Núms. 9 a 12, *Ammonia beccarii inflata*.

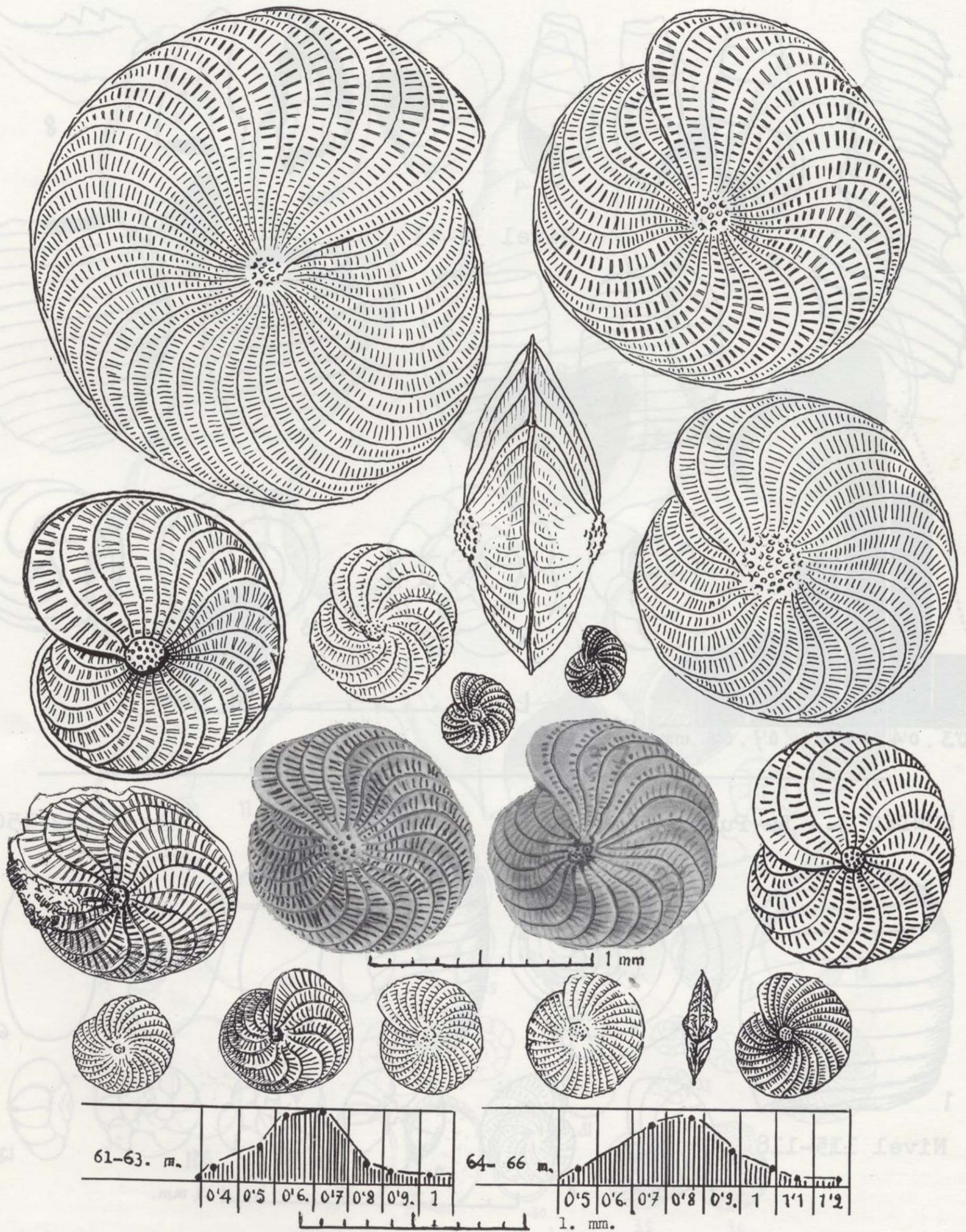


Figura 28.—Variabilidad del *Elphidium crispum* var. *biniacoensis* COLOM, al pasar del ambiente marino al medio lagunar, en el sondeo núm. 31, de la Albufera de Alcudia, en los niveles 61-63 y 64-66 metros: Niveles 61-63 y 64-65, curvas de variabilidad de los ejemplares procedentes de los citados niveles.

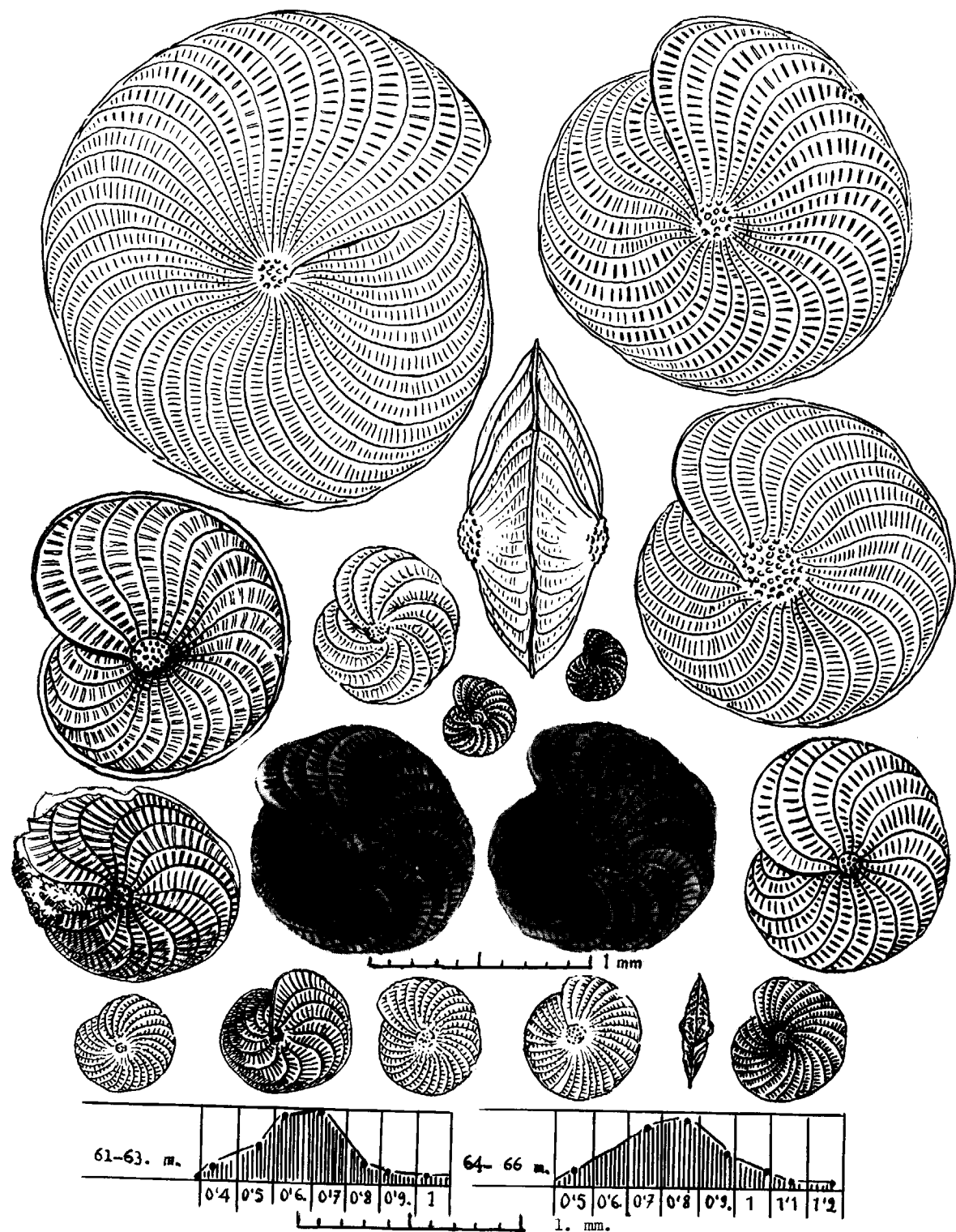


Figura 28.—Variabilidad del *Elphidium crispum* var. *biniacoensis* COL.OM, al pasar del ambiente marino al medio lagunar, en el sondeo núm. 31, de la Albufera de Alcudía, en los niveles 61-63 y 64-66 metros: Niveles 61-63 y 64-65, curvas de variabilidad de los ejemplares procedentes de los citados niveles.

SONDEO 17

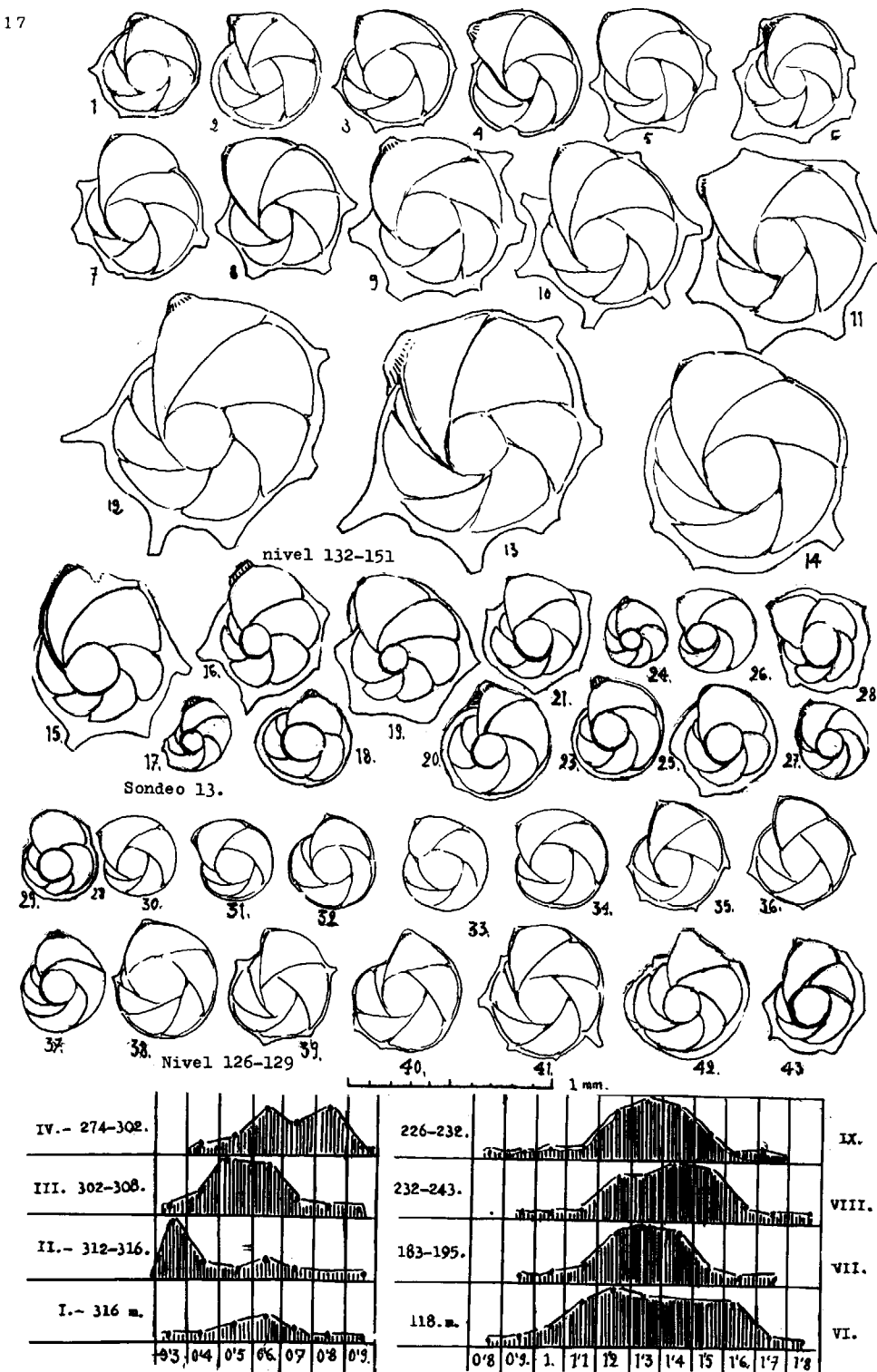


Figura 29.—Sondeo núm. 17, COLL D'EN REBASSA (Arenal-Palma). Nivel de los 132-151 m. Serie normal del desarrollo de la *Lenticulina calcar* (L.). Núms. 1 a 27. Sondeo núm. 13, Carretera de Palma-Llucmajor, al NE de Ca'n Petilla. Núms. 29 a 43, una población de *Lenticulina calcar* (L.), poco desarrollada, correspondiente al nivel 126-129. Las formas más pequeñas desprovistas de quilla lateral y en otras iniciadas débilmente, tan sólo unos pocos ejemplares poseen espinas laterales poco desarrolladas. Régimen principalmente anaerobio, dando formas anormales. Niveles I-IX m. corresponden a la curva de variabilidad del sondeo núm. 13.

SONDEO 5  
San Cristóbal  
Menorca

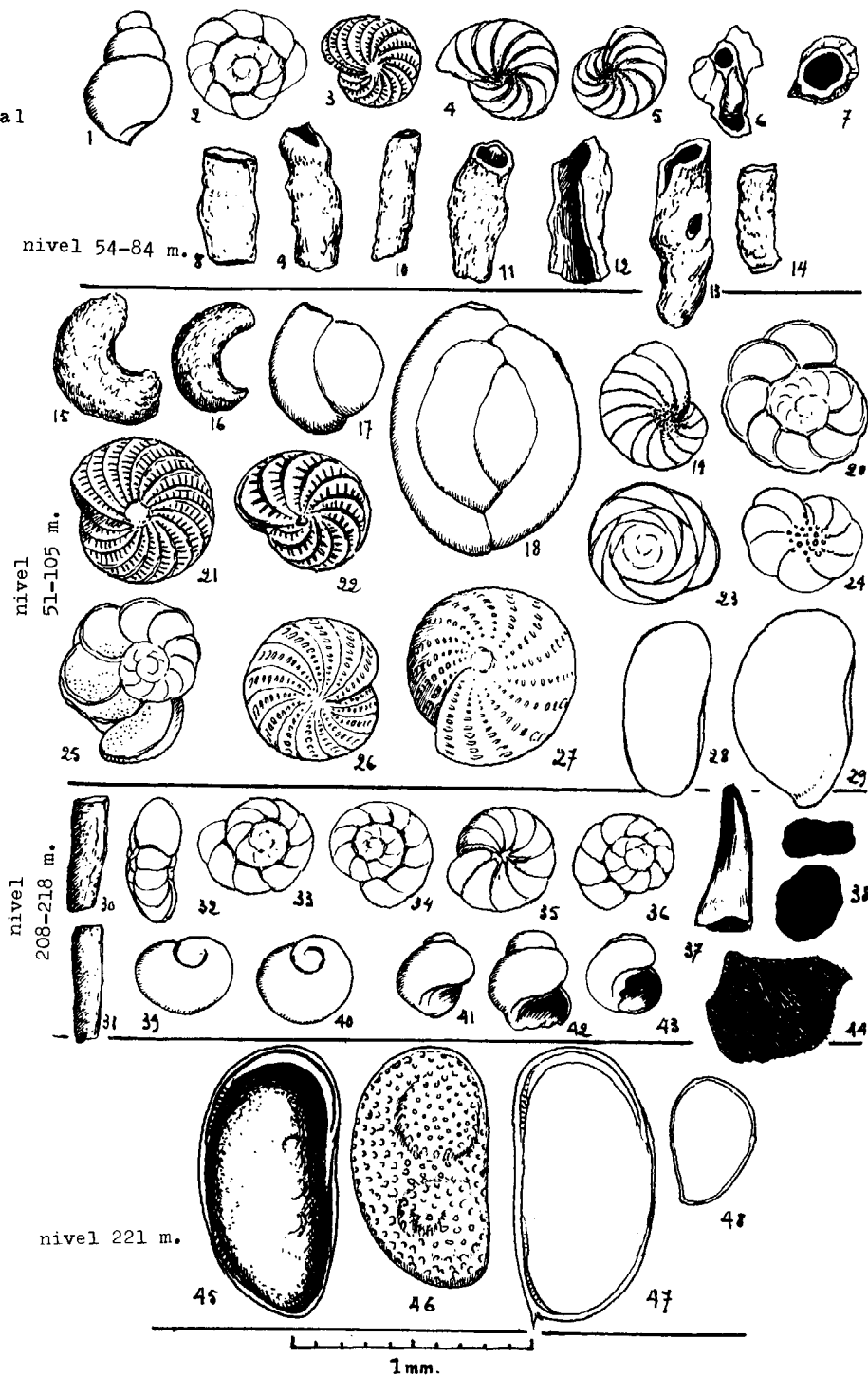


Figura 30.—Sondeo núm. 5, SAN CRISTOBAL (Menorca). Plioceno Superior. Núm. 1, gasterópodo lacustre. Núm. 2, *Ammonia beccarii tepida*. Núm. 3, *Elphidium* sp. Núm. 4, *Florilus boueanum*. Núms. 6 a 14, restos de «raíces» y de «tubos». Núms. 15 y 16, moldes de moluscos (?). Núms. 17 y 18, Miliolas. Núm. 19, *Florilus boueanum*. Núms. 20 y 25, *Cibicides lobatulus*. Núm. 21, *Elphidium crispum*. Núm. 22, *Elphidium* sp. Núm. 23, *Discorbis* sp. Núm. 24, *Noniom granosum*. Núms. 26 y 27, *Elphidium* sp. Núm. 28, ostrácodos. Núm. 29, *Auricula* sp. Núms. 30 y 31, «tubos». Núms. 32 a 36, *Ammonia beccarii ammonioides* (formas enanas). Núm. 37, diente de pez. Núm. 38, restos carbonosos. Núms. 39 y 40, gasterópodos lacustres. Núm. 44, restos de equinodermos. Núms. 45 a 47, *Cyprideis torosa*. Número 48, larva de ostrácodo.

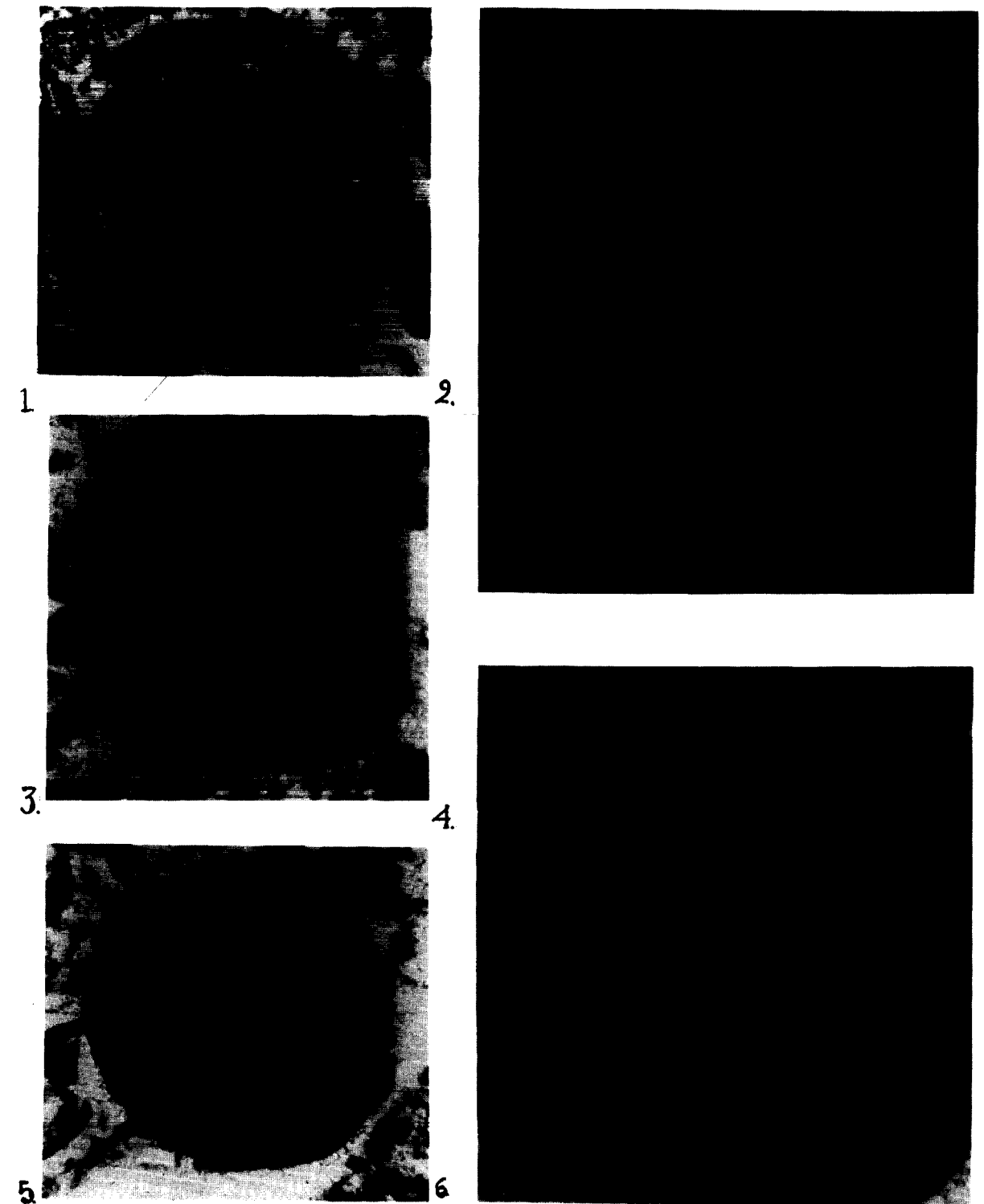
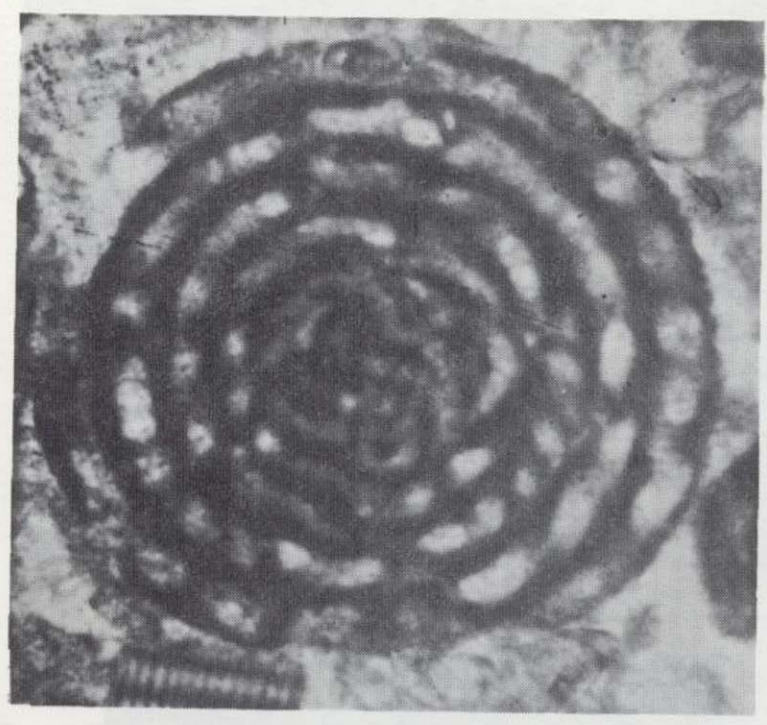
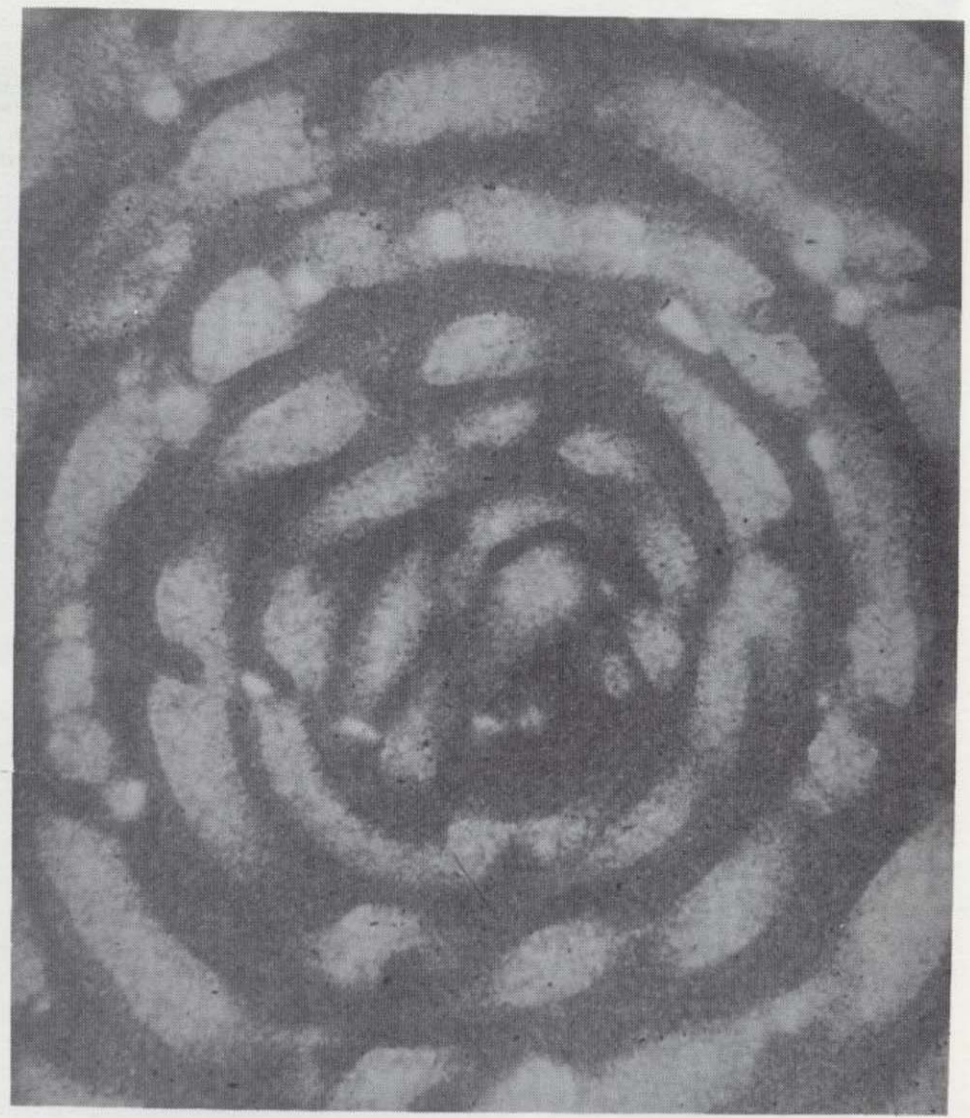


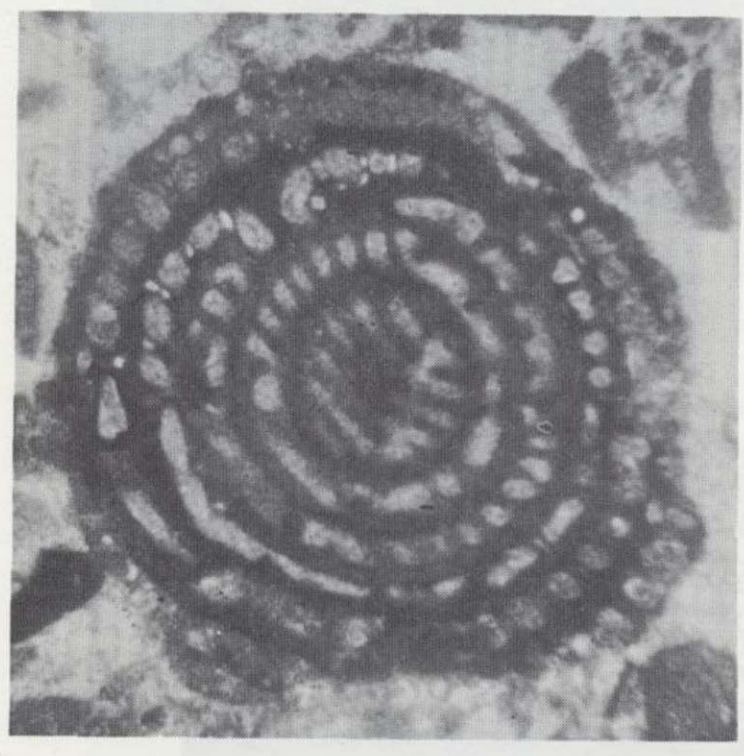
Lámina I.—Núms. 1 a 6, *Borelis melo* (FICHEL-MOLL). Molasas blancas de Muro, Tortoniense Superior. X. 100.



1



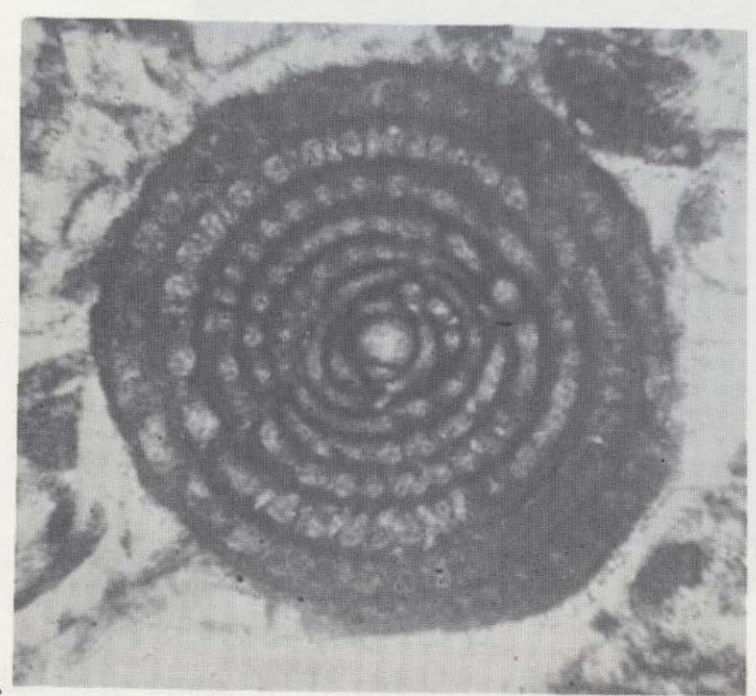
2



3



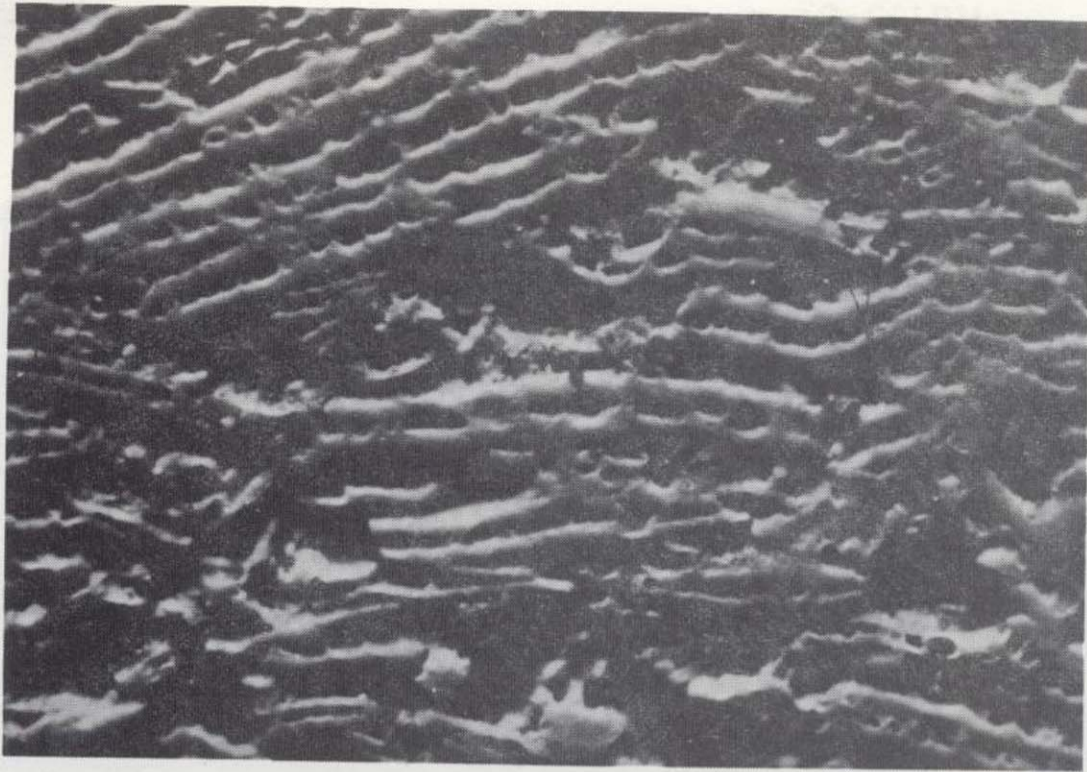
4



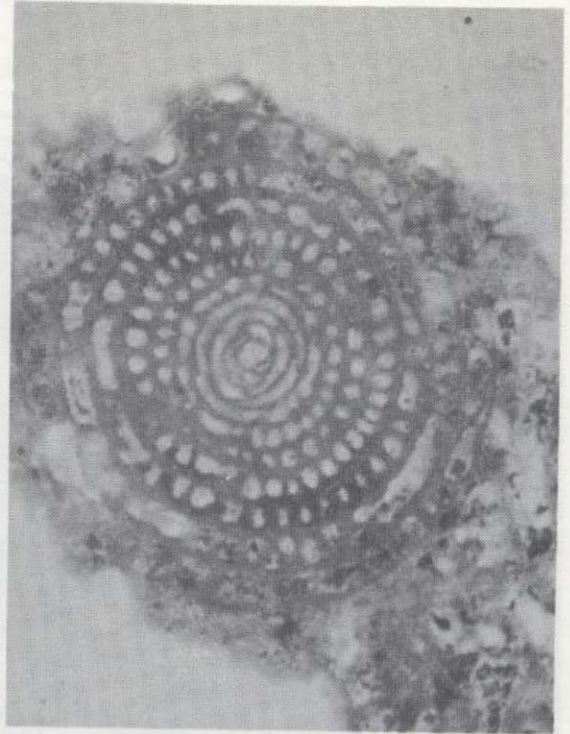
5

6

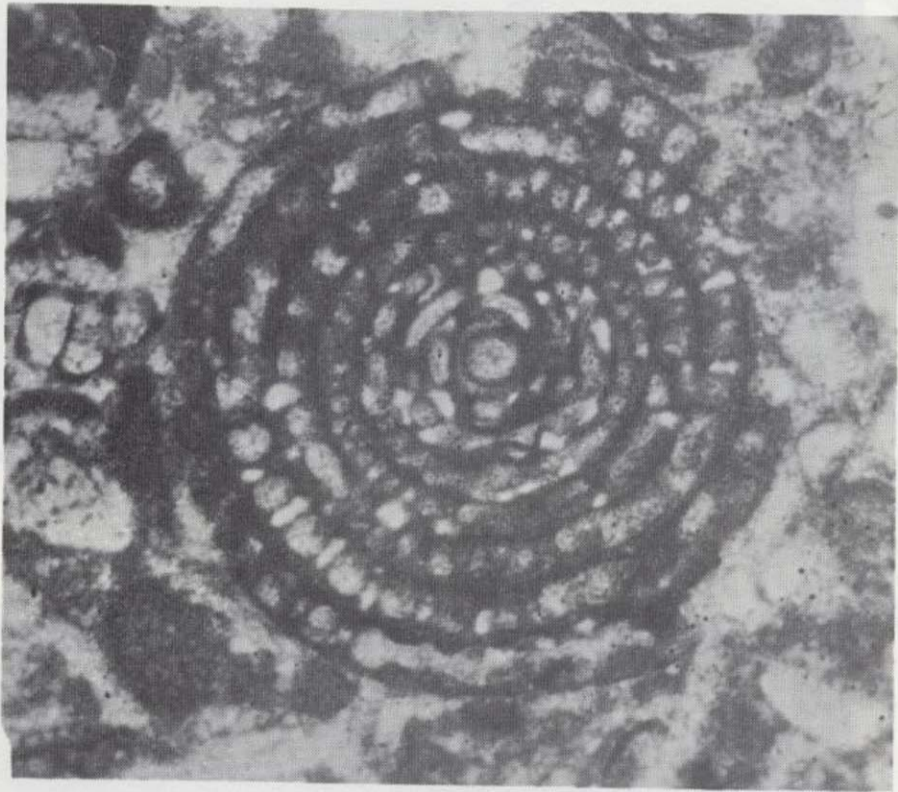
Lámina I.—Núms. 1 a 6, *Borelis melo* (FICHEL-MOLL). Molasas blancas de Muro, Tortonense Superior. X. 100.



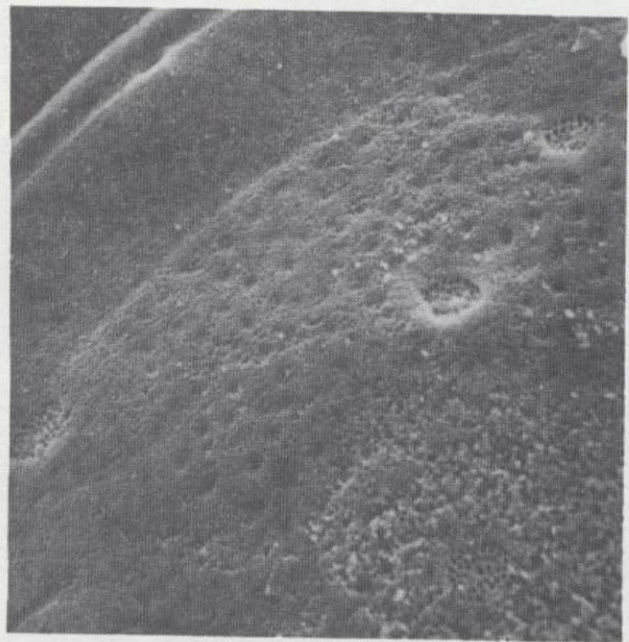
1.



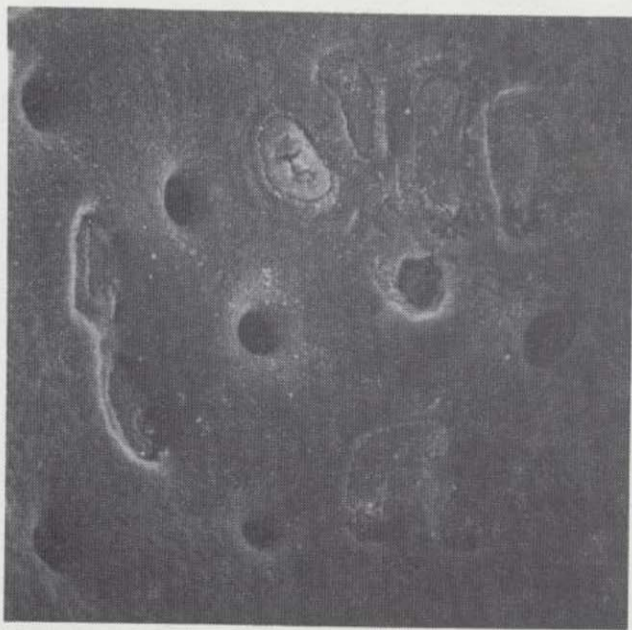
2.



3.



4.

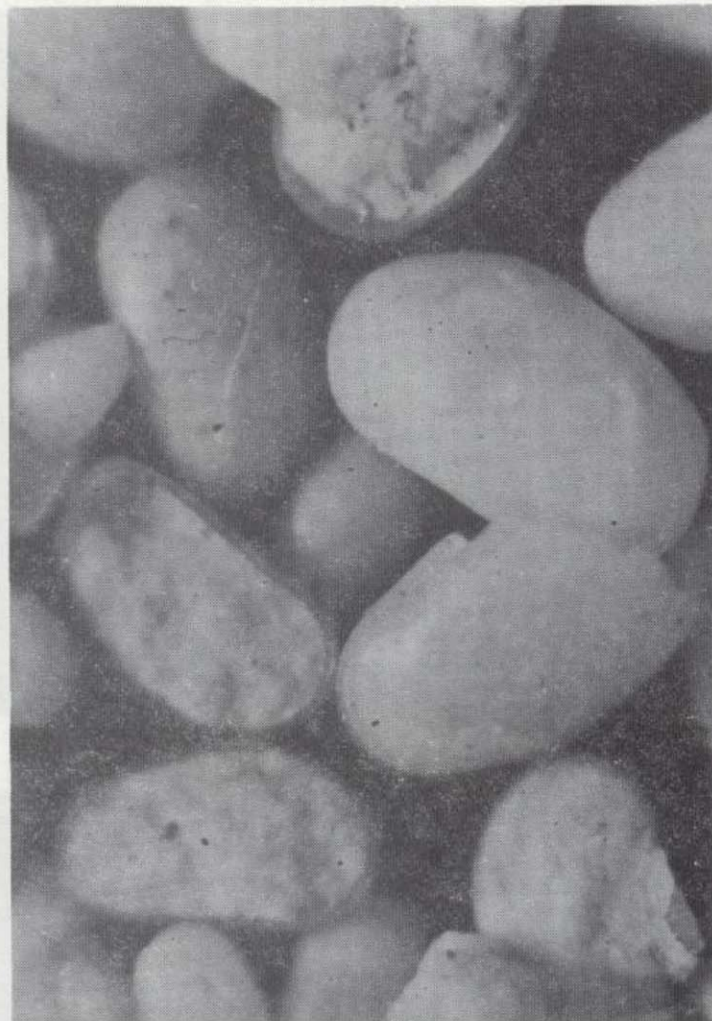
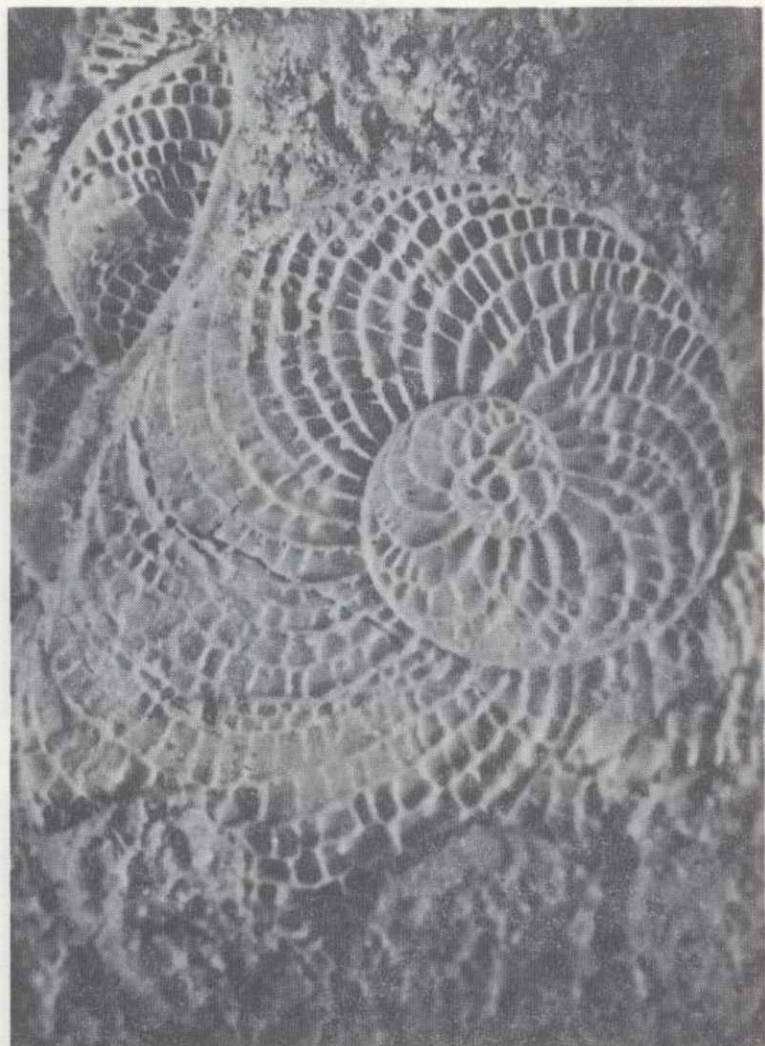


5.



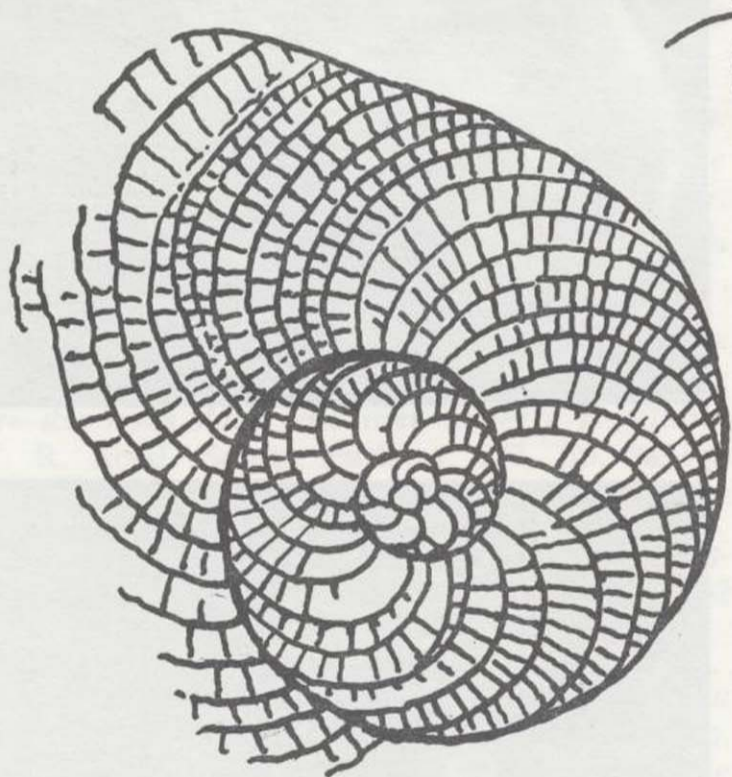
6.

Lámina II.—Núm. 1, Lumaquella de *Heterostegina gomez-angulensis* PERCONIG. Núm. 2, *Borelis melo* (FICH.-MOLL), Mioceno Superior post-orogénico de la zona de Málaga (microfotografía del Dr. HOTTINGER, X. 80. Núm. 3, *Borelis melo* (F.-M.) de las molas blancas de Muro. X. 100. Núm. 4, *Loxoconcha rhomboides* FISCHER, fragmento del lado externo de una valva con numerosos y diminutos poros, más escasos, y los mayores provistos de una valva izquierda, lado interno, mostrando las impresiones musculares. X. 520. Núm. 6, *Cyprideis torosa* (JONES), detalle externo de una valva a X. 540, provista de una fina puntuación y otra mayor provista, esta última, de una placa cribrosa. Números 4, 5 y 6, microfotos electrónicas de barrido del Dr. GUARNET, de París.

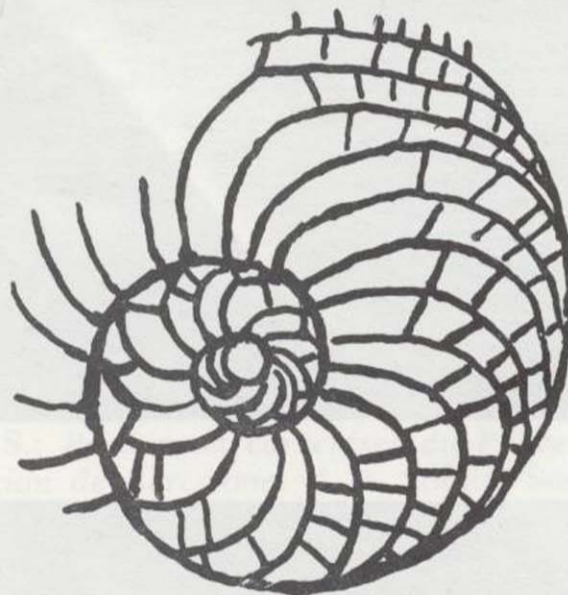


1.

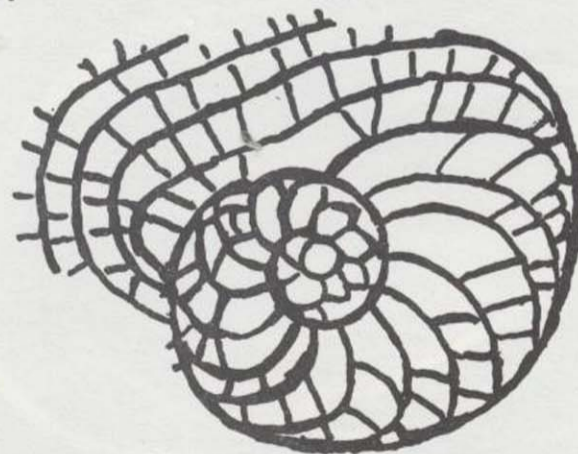
2.



3.



5.

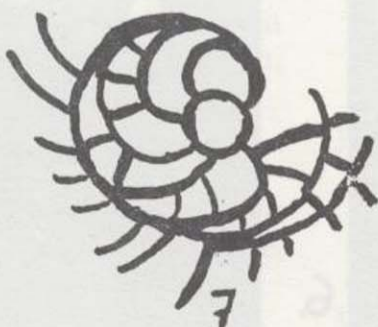


8.

4.



6.



7.

Lámina III.—Núm. 1, *Heterostegina gomez-angulensis* PERCONIG (moladas blancas de Muro). X. 15. Núm. 2, *Cyprideis torosa* (JONES), Sondeo núm. 5, cerca de Inca, muestra del nivel 34-80-35,12 metros de profundidad. X. 20. Núms. 3 a 8, primeros estados de desarrollo de *Heterostegina gomez-angulensis* PERCONIG, de las moladas blancas de la zona de La Puebla-Muro. X. 15.

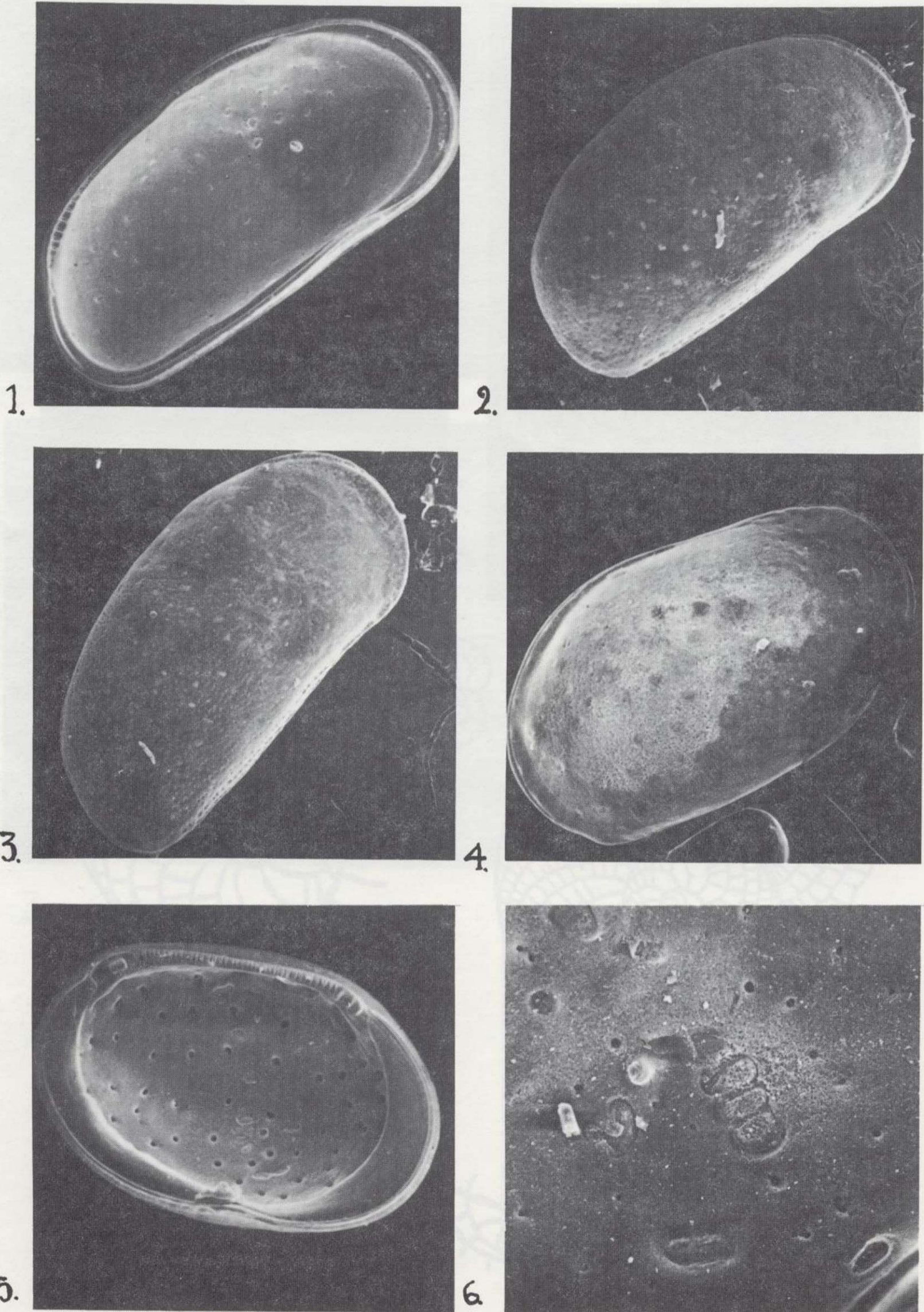


Lámina IV.—Núms. 1, 2 y 3, *Cyprideis torosa* (JONES), especie característica de los biotopos lacustres. Núms. 1 y 3, valva izquierda de un macho. X. 64. Núm. 2, valva derecha de una hembra. X. 65. Núms. 4 y 5, *Loxoconcha* cf. *rhomboides* (FISCHER), forma marina. Núm. 4, valva izquierda de una hembra, vista por su lado interno. X. 125. Número 6, *Cyprideis torosa* (JONES), valva derecha, con sus impresiones musculares, internas, de un macho. X. 182.



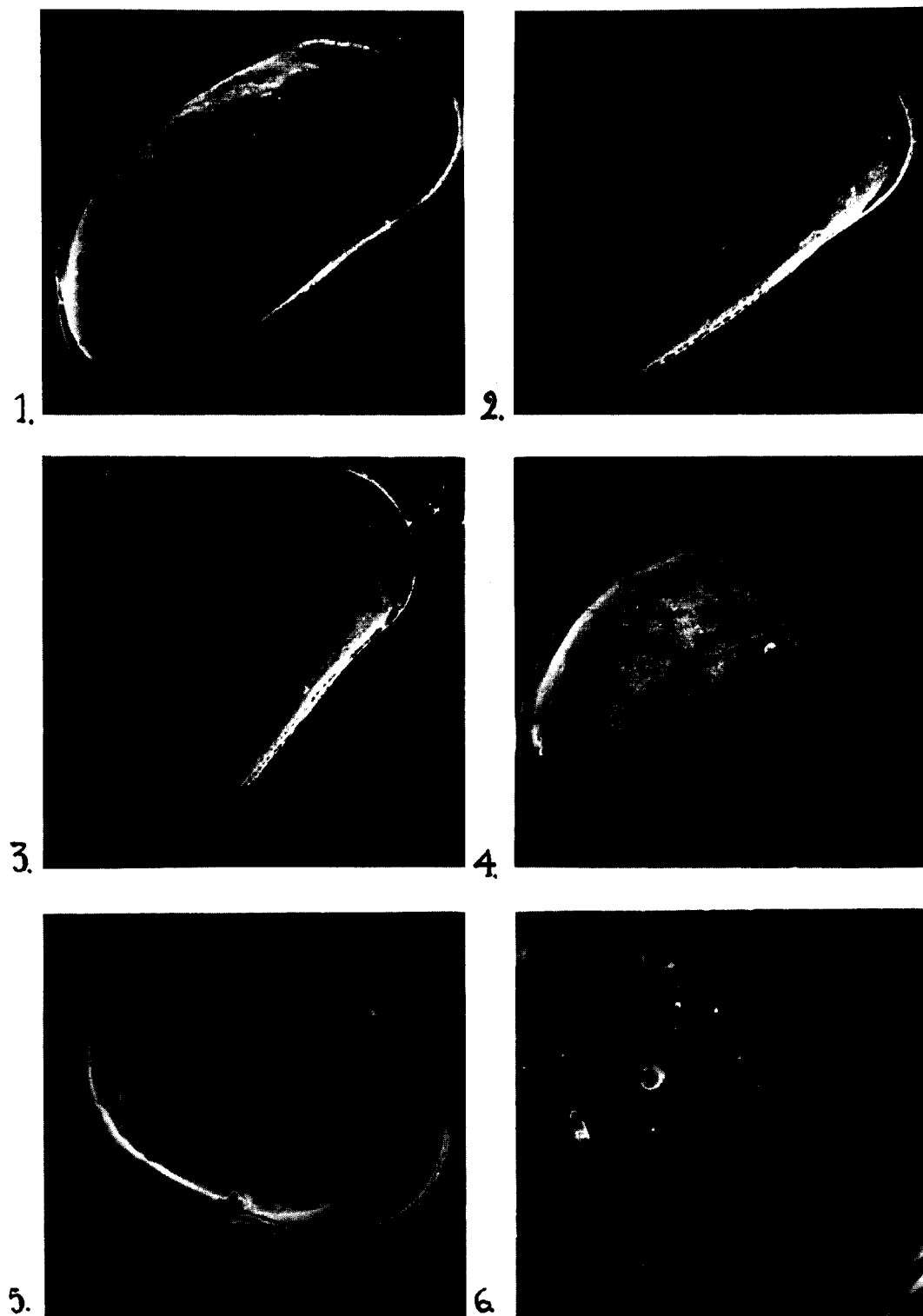


Lámina IV.—Núms. 1, 2 y 3, *Cyprideis torosa* (JONES), especie característica de los biotopos lacustres. Núms. 1 y 3, valva izquierda de un macho. X. 64. Núm. 2, valva derecha de una hembra. X. 65. Núms. 4 y 5, *Loxoconcha cf. rhomboides* (FISCHER), forma marina. Núm. 4, valva izquierda de una hembra, vista por su lado interno. X. 125. Número 6, *Cyprideis torosa* (JONES), valva derecha, con sus impresiones musculares, internas, de un macho. X. 182.

## BIBLIOGRAFIA

- AZEMA, J.; FERNEX, F.; HOTTINGER, L.; MAGNÉ, J., y PAQUET, J.: «*Borelis melo*» (Fichtel-Moll) dans le Miocène de la partie orientale des Cordillères Bétiques (Espagne). Bull. Soc. Géol. France (7), Pl. X, pp. 444-448 (1968).
- BARÓN, A.: *Estudio estratigráfico y paleontológico del Mioceno medio y superior, post-orogénico, de la Isla de Mallorca*. Premio Ciudad de Palma, 180 pp., 1975 (inédito) (1977).
- BAENA, J.; CABAÑAS, I.; CRESPO, A.; ESPEJO, J. A.; FERNÁNDEZ VARGAS, E.; GARCÍA MONZÓN, J.; GÓMEZ NOGUEROLAS, E.; GRANADOS, L.; JEREZ, F.; JEREZ, L.; LEYVA, F.; MESILLA, H.; MARTÍN, L.; MARTÍNEZ DÍAZ, C.; MARTÍNEZ FRESNEDA, F.; MARTÍNEZ DEL OLMO, W.; MORENO DE CASTRO, E.; PERCONIG, E.; PIGNATELLI, R.; QUINTERO, I., y TORRES, T.: *El Andalucense como unidad cronoestratigráfica adecuada para el área mediterránea*. Rev. Españ. Micropaleontología, Madrid, vol. IX, núm. 2, pp. 259-288 (1977).
- BAUZÁ, J.: *Fauna de las formaciones del Terciario superior de La Puebla (Mallorca)*. Estud. Geol., Madrid, vol. XX, pp. 187-220 (1964).
- BERGGREN, W. A.; BENSON, R. H.; HAG, B. V.; RIEDEL, W. R.; ANNIKA SANFILIPPO; SCHRADER, H. J., y TJALMA, R. C.: *The «El Cuervo» section (Andalucía, Spain). Micropaleontologic Anatomy of an Early late Miocene lower bathyal deposit*. Marine Micropaleont., vol. I, pp. 195-247 (1976).
- BISSON, G., y COLOM, J. J.: *Note préliminaire sur les microfossiles planctoniques du Miocène marin de l'île de Majorque (Baléares)*. Com. Méditer. Néogène Stratogr. Proc. IV Sess. Bologna, 1967, Giornale di Geol. (2), t. 35, fasc. II, pp. 331-340 (1968).
- BIZON, G., y J. J.; BOURROUILH, R., y MASSA, D.: *Présence aux îles Baléares (Méditerranée occid.) des sédiments «Messiniens» déposés dans une mer ouverte a salinité normale*. C. R. Acad. Scien., Paris, t. 277, pp. 985-988 (1973).
- BIZON, G., y J. J.: *Definition biestratigraphique du Messinien*. Acad. Scien. Paris, C. R., t. 281, pp. 359-362 (1975).
- BOLLI, H. M.: *Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic Foraminifera*. Reprin. from Bolctin Informat. of the Asociac. Venezolana de Geol. Min. y Petroleo, vol. 9, núm. 1, pp. 3-32 (1966).
- BOLLI, H. M., y BERMÚDEZ, P. J.: *A Neotype for Globorotalia margaritae Bolli-Bermúdez*. Journ. Foraminif. Research, vol. 8, núm. 2, pp. 138-142, Pl. I (1978).
- BOURROUILH, R., y MAGNÉ, J.: *A propos de dépôts du Pliocène supérieur et du Quaternaire sur la côte Nord de l'île de Menorque (Baléares)*. Bull. Soc. Géol. France, Sér., t. V, pp. 298-302 (1963).
- BOURROUILH, R.; CHEVALIER, J. P., y DENISE MONGIN, M.: *Données sédimentologiques et paléontologiques sur le Vindobonien du Nord de Minorque (Baléares)*. C. R. Acad. Scienc., Paris, t. 275, Ser. D. (1972).
- BOURROUILH, R.: *Stratigraphie, Sédimentologie et tectonique de l'île de Minorque (Baléares)*. Thèse, 2 vols., 822 pp., Cartes et Lam. (1973).
- CATTI, F.; COLALONGO, M. L.; CRESCENTI, U.; D'ONOFRIO, S.; FOLLADOR, U.; PIRINI, RADDRIZZANI, C.; POMESANO CHERCHI, A.; SALVATORINI, G.; SARTONI, S.; PREMOLI SILVA, I.; WEZEL, C. F.; BARTOLINO, V.; BIZON, G.; BOLLI, H. M.; BORSETTI CATTI, A. M.; DONDI, L.; FEINBERG, H.; JENKINS, D. G.; PERCONIG, E.; SAMPO, M., y SPROVIERI: *Biostratigrafia del Neogene mediterraneo basata sui foraminiferi planctonici*. Bull. Soc. Geol. Ital., vol. 87, pp. 491-503, 2 tabb., Roma (1968).
- CITÀ, M. B., y PREMOLI SILVA, I.: *Foraminiferi planctonici del Tortoniano-tipo*. Riv. Ital. Paleont. Stratigr., vol. 71, núm. 1, pp. 217-308, Tav. 18-31 (1965).
- CITÀ, M. B.: *Studi sul Pliocene e sugli passaggio del Miocene al Pliocene. Il significato della transgressione pliocenica alla luce della nuova scoperta del Mediterraneo*. Riv. Ital. Paleont. Stratigr., vol. 78, núm. 3, pp. 527-595 (1972).
- COLOM, G.: *Los Foraminiferos de las margas Vindobonenses de Mallorca*. Estud. Geol., Madrid, núm. 3, pp. 113-176, láms. I-XIV (1946).
- COLOM, G.: *Sobre la existencia de una zona de hundimientos plioceno-cuaternarios, situada al pie meridional de la Sierra Norte de Mallorca*. Acta Geol. Hispánica. Barcelona, año II, núm. 3, pp. 60-64, figs. texto (1967).
- CUERDA, J.; SACARÉS, J., y COLOM, G.: *Hallazgo de terrenos pliocenos, marinos, en la región de Llucmayor (Mallorca)*. Acta Geol. Hispánica. Barcelona, t. IV, núm. 2, pp. 35-37 (1967).
- FISHER, R. A.; CORBETT, A. S., y WILLIAM, C. B.: *The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population*. Journ. Animal Ecol., vol. 12, pp. 42-58 (1943).
- GILLET, S.: *Principaux caractères du Pliocene saumatre de la région de Barcelona*. C. R. Somm. Soc. Géol. France, núm. 4, pp. 287-289 (1957).
- HSU, K. J.: *When the Mediterranean driep up*. Scient. Americ., vol. 227, pp. 27-36 (1972).
- HSU, K. J.; RYAN, W. B. F., y CITÀ, M. B.: *Late Miocene dessication of the Mediterranean*. Nature, Lond., vol. 242, pp. 240-244 (1973).
- HSU, K. J.; CITÀ, M. B., y RYAN, W. B. F.: *The origin of the Mediterranean evaporites. Initial reppots of the Deep-Sea Drilling Project*. Nat. Scien. Found., vol. 13, núm. 11, pp. 1203-1231 (1973).
- JIRICIK, R.: *Paratethys and Tethys Neogene correlation according to Ostracocode*. Vith Congr. Region. Committees on Mediterranean Neogene Stratigraphy, Proc., Bratislava, pp. 331-335 (1975).
- MONTENAT, C., y BIZON, G.: *A propos de l'évolution géodynamique Mio-Pliocene en Méditerranée occidentale: L'exemple du Bassin de Vera (Cordillères bétiques, Espagne méridionale)*. C. R. Somm. Soc. Géol. France, pp. 15-16 (1976).

- OBRADOR, A.: *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca*. Acta Geológ. Hispánica. Barcelona, t. 5, núm. 1, pp. 19-23 (1970).
- OBRADOR, A.: *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca*. Rev. de Menorca. II Semestre, 183, Mahón (1972-73).
- OLIVEROS, J. M.; ESCANDELL, B., y COLOM, G.: *Estudio sobre la formación de los depósitos lacustres con lignitos del Ludiense-Estampiense inferior de Mallorca. Temas geológicos de Mallorca*. Mem. Inst. Geológ. Min. de España, t. LXI, pp. 1-152, láms. I-IX (1960).
- OLIVEROS, J. M.; ESCANDELL, B., y COLOM, G.: *Estudio de los terrenos post-burdigalienses en el llano central de la Isla de Mallorca*. Mem. Inst. Geológ. Min. de España, pp. 162-394, láms. I-III, figs. 1-7 (1960).
- PERCONIG, E.: *Sur la constitution géologique de l'Andalucía occidentale en particulier du bassin du Guadalquivir (Espagne méridionale)*. Livre a la Mem. du Prof. P. Fallot, vol. 1, Soc. Géol. Fr., pp. 229-256 (1962).
- PERCONIG, E.: *La estratigrafía del Mioceno en Andalucía occidental (España). El límite Oligoceno-Mioceno y la fase terminal marina del Mioceno*. Inst. «Lucas Mallada», Curs. y Conf., núm. 9, pp. 219-228 (1964).
- PERCONIG, E.: *Sull'esistenza del Miocene superiore in facies marina nella Spagna meridionale*. Comm. Mediter. Néog. Stratigr., III Ser., Berne 1964, Proc. E. J. Brill. Leiden, pp. 288-302 (1966).
- PERCONIG, E.: *Sobre la proposición del nuevo término estratigráfico «Andalucense» para indicar la fase terminal del Mioceno de facies marina*. Not. y Comun. Inst. Geológ. Min. de España, vol. 91, pp. 13-40 (1966).
- PERCONIG, E., y GRANADOS, E.: *Formación de Albarizas o moronitas, sección de «El Cuervo»*. In Guidebook to XIII, Coloq. Europeo de Micropaleontología, España, 1973, C.N.G. Enadimsa, Madrid, pp. 257-258 (1973).
- PERCONIG, E.: *Etat actuel de nos connaissances sur l'étage Andalucien*. Bour. Géol. Minières. Mém. 78, pp. 663-673 (1974).
- RANGHEARD, Y.: *Etude géologique des îles d'Ibiza et de Formentera (Baléares)*. Mem. Inst. Geológ. Min. Madrid, 1 vol., 328 pp., láms., figs. y mapas (1971).
- ROUX, M., y MONTENANT, C.: *Site à Crinoides pédoncules et bathymétrie des bassins messiniens dans les Cordillères Bétiques orientales (Espagne méridionale)*. Bull. Soc. Géol. France, 7me. Sér., t. 19, núm. 2, pp. 405-414 (1977).

Recibido: Enero de 1984.

## Utilización de un modelo de flujo complejo en microordenador

Por F. JAVIER SANCHEZ SAN ROMAN (\*)

### RESUMEN

Se presenta el conocido modelo de Prickett-Lonnquist en lenguaje BASIC para su ejecución en microordenador. Se expone con detalle su utilización con salidas numéricas y gráficas. Se consideran las ventajas y limitaciones de los microordenadores en este tipo de modelos.

### RESUME

Dans ce travail, le modèle de Prickett-Lonnquist est présenté pour son exécution en microordinateur. Son utilisation avec des sorties numériques et graphiques est exposée en détail. Les avantages et les limitations des microordinateurs dans ce genre de modèles y sont aussi considérés.

### 1. INTRODUCCION. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS MICROORDENADORES

La vertiginosa evolución actual de la informática ha convertido al microordenador en una herramienta de trabajo tan asequible como lo era la calculadora hace muy pocos años. Numerosos autores han puesto de manifiesto las amplias posibilidades de estos aparatos en Hidrogeología (MIDO, 1980; RISNER, 1980), y publicado programas con distintas utilidades: interpretación de bombeo de ensayo (RATHOD y RUSHTON, 1984) o modelos de flujo relativamente sencillos (KING, 1984).

Por otra parte, la proliferación de los grandes ordenadores en Universidades y empresas ponen a disposición del hidrogeólogo computadores con posibilidades de cálculo muy superiores a las de los microordenadores. No obstante, éstos presentan una serie de ventajas que los convierten en una herramienta indispensable. El microordenador siempre está disponible, sin las esperas ni el apremio de tiempo de un Centro de Cálculo. Su aplicación en la docencia es otra ventaja importante, por la posibilidad de ser utilizado por los propios alumnos en las clases prácticas. Finalmente, la facilidad para realizar gráficos de alta resolución es otra de las facetas a destacar de los pequeños ordenadores.

Por el contrario, la limitación de la memoria

(\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Universidad de Salamanca.

y la lentitud de cálculo son sus principales inconvenientes. La salida de grandes tablas numéricas no es posible en pantallas de 40 columnas, y generalmente la programación de este tipo de salidas es engorrosa si el ordenador no puede utilizar sentencias de formato.

### 2. MODELO DE PRICKETT. GENERALIDADES

En línea con lo expuesto anteriormente, se ha elegido el modelo de flujo más conocido (PRICKETT y LONNQUIST, 1971) y se ha adaptado para su ejecución en un microordenador APPLE-II, probablemente el modelo de aplicaciones científicas más difundido (POOLE et al., 1983).

El modelo básico de Prickett (acuifero confinado), escrito en Fortran, se ha traducido al lenguaje Basic, conservando en lo posible los nombres de las variables del programa original (\*1). Las variables dimensionadas correspondientes a las transmisividades y a los caudales se han hecho enteras para ocupar menos memoria. En la figura 1 se presenta el diagrama de flujo simplificado, y como Apéndice el listado completo listo para su ejecución.

Después de leer los datos, y hasta la sentencia 1360, el programa calcula los niveles al final del incremento de tiempo considerado. El resto del programa ofrece tres salidas: numérica, semi-gráfica (símbolos correspondientes a intervalos

(\*1) Por ejemplo, DELTA ha de ser DETA, y STEP es PASO, porque DEL y STEP son «palabras reservadas».

de descensos) y un gráfico de un perfil elegido por el usuario (una fila o columna cualesquiera del modelo). Después de esto, pulsando cualquier letra, el programa vuelve al comienzo de la simulación, calculando los niveles para el siguiente incremento de tiempo.

Las dimensiones máximas del acuífero con una memoria RAM de 48 Kb son de 31x31 nudos o

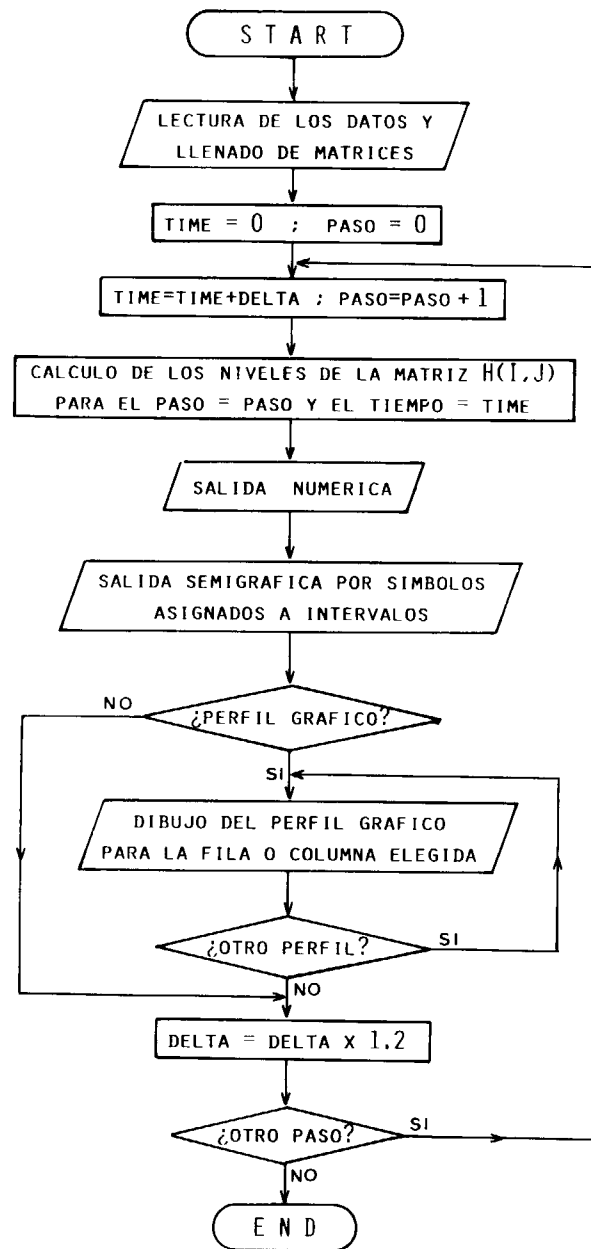


Figura núm. 1.—Diagrama de flujo simplificado.

superficie equivalente sin utilizar el gráfico (\*2), y de 26x26 o equivalente con el perfil gráfico. El tiempo que invierte en el cálculo es muy variable, dependiendo del tamaño del modelo y del ERROR establecido; para cada incremento de tiempo oscila de un minuto a más de 30.

3. UTILIZACION DEL MODELO.  
INTRODUCCION DE LOS DATOS

El listado que se acompaña está listo para su ejecución en un Apple-II, después de introducir en las sentencias 3010 y siguientes los datos del problema concreto del siguiente modo:

- Tamaño del modelo:  
3010 DATA número de columnas, núm. filas.
- Parámetros y valores comunes:  
3020 DATA delta, error, transmisividad, coeficiente almacenamiento, nivel inicial, caudal.
- Nudos singulares, con algún dato distinto a los valores comunes anteriores:  
3030 DATA núm. nudos singulares.  
3040 DATA columna, fila, transmisividad T<sub>1</sub>, transmisividad T<sub>2</sub>, coef. almacenamiento, nivel, caudal.  
3050 DATA columna, fila, etc...  
3060 DATA columna, fila, etc...  
...
- Para la salida gráfica por símbolos:  
4000 DATA núm. de intervalos.  
4010 DATA símbolo 1, límite 1, símb. 2, límite 2, ..., símb. n., lím. n.

La elección de DELTA y ERROR se realiza según los criterios expuestos por PRICKETT y LONNQUIST (op. cit., pp. 14-15). Los datos de caudales y transmisividades han de ser números enteros menores de 32767. En las sentencias 3040 y siguientes se especifican los nudos singulares, indicando primero sus coordenadas (columna y fila) y luego sus valores, por el orden indicado y sin omitir ninguno.

En las sentencias 4010 se escriben alternadamente los símbolos y límites de cada intervalo. Por ejemplo, la siguiente sentencia:

4010 DATA +, -.5, A, - 3, \$, - 1000

(\*2) Se pueden omitir las sentencias correspondientes al perfil gráfico (núms. 90 y 1680 a 2130), y el programa funciona con las salidas numérica y por símbolos.

asignaría el símbolo + a los niveles superiores a -0.5, el símbolo A a los comprendidos entre -0.5 y 3.0, y el símbolo \$ a los inferiores a -3.0. Al último límite se le asigna un valor muy grande para que queden incluidos todos los niveles inferiores a -3.0.

4. SALIDAS DE LOS RESULTADOS

Desde que comienza la simulación, se muestran en pantalla las iteraciones que se van realizando, y el ERROR en cada una de ellas, que va disminuyendo progresivamente hasta alcanzar el valor estipulado por el usuario en la sentencia 3020. Cuando esto sucede, se producen las salidas numérica, simbólica y gráfica que se describen a continuación.

a) Salidas numérica y por símbolos.

La salida numérica muestra los niveles alcanzados en todos los nudos tras el incremento de tiempo considerado. Sin impresora, esta salida no es operativa, pues en los 40 espacios de la pantalla no se puede confeccionar una tabla de más de 4 ó 5 columnas (\*3).

Tras la salida numérica, aparece la salida por símbolos asignados a intervalos de descensos (figura 2), según lo especificado en las sentencias de datos 4000 y 4010 (\*4).

b) Salida de perfil gráfico.

La salida gráfica es opcional a partir del segundo paso de la simulación. Por ejemplo, en la figura 3 se muestra la evolución del perfil de la superficie piezométrica en los pasos impares. El programa pregunta la fila o columna a lo largo de la que se desea representar el perfil, y (si no es el primer perfil que se dibuja) pregunta si debe dibujar sobre lo anterior o borrarlo. En el primer gráfico, o siempre que se borre lo anterior, pide la unidad para dibujar los trazos en la escala vertical.

(\*3) Para salida por impresora, incluir la sentencia 1395 PR = || = 1 (o la equivalente).

(\*4) Para impresora, incluir 1575 PR = || = 1 (o equivalente). Para dejar un espacio en blanco entre símbolos, añadir ;" " a la sentencia 1640 y " " ; a la sentencia 1650.

El programa ajusta la anchura del gráfico a la dimensión mayor del acuífero (número de filas o de columnas). Para la elección de la escala vertical, se calcula en el PASO 1 la máxima diferencia entre los niveles iniciales y al final del primer incremento de tiempo, y la altura del gráfico se hace igual a cinco veces esa magnitud; si a lo largo de la simulación se rebasan los límites del gráfico, cambiar la cifra 5 de la sentencia 1800

PASO 5 ; TIEMPO: 2.23248

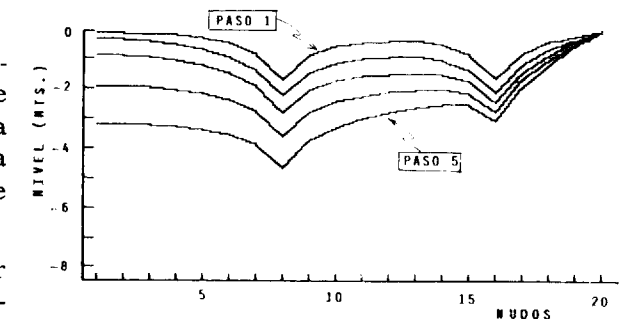
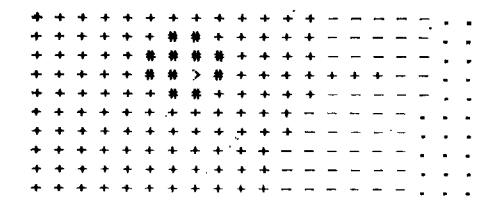


Figura núm. 2.—Salida de símbolos asignados a intervalos de descenso y del perfil gráfico, al final del paso 5 en el caso referido en el ejemplo núm. 2. El gráfico representa la evolución de la superficie piezométrica en los cinco primeros pasos de la simulación para la fila 4 (la rotulación es manual).

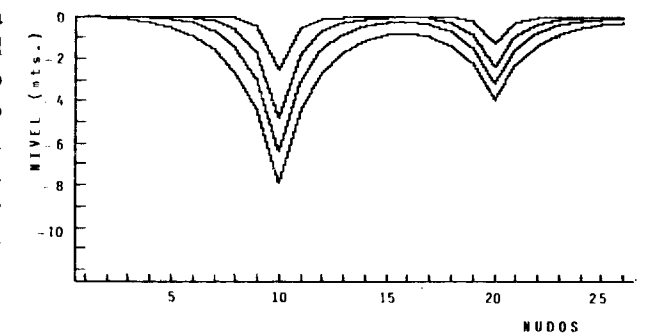


Figura núm. 3.—Salida gráfica al final del paso 7 en el caso presentado en el ejemplo núm. 1. Corresponde a la fila 2, y para mayor claridad se ha dibujado el perfil solamente en los pasos impares.

por otra mayor. Si, por el contrario, se desea realzar la escala vertical, sustituir dicha cifra por otra inferior a 5 (\*5).

En cada PASO de la simulación se pueden dibujar varios perfiles distintos de filas o columnas, superpuestos o no (fig. 4).

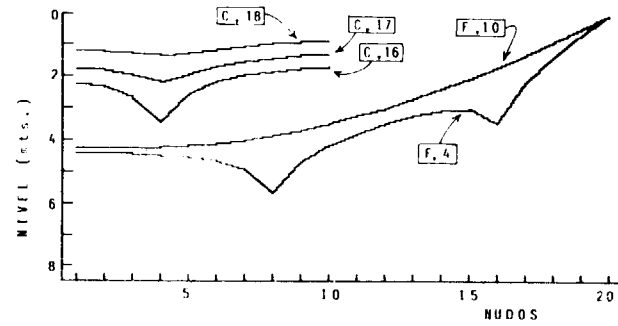


Figura núm. 4.—Salida gráfica al final del paso 6 en el ejemplo núm. 2. Borrando cualquier perfil realizado en pasos anteriores, pueden representarse varios perfiles (en este caso, las filas 4 y 10 y las columnas 16, 17 y 18) correspondientes a un mismo momento de la simulación.

5. EJEMPLOS DE APLICACION

Para una comprobación rápida del modelo, puede utilizarse el ejemplo núm. 1, cuyos datos aparecen incluidos en el listado del programa. El ejemplo núm. 2 representa un caso un poco más complejo de 20x10 nudos y un límite de nivel constante. En las figuras ya citadas aparecen varias salidas de ambos ejemplos.

Ejemplo núm. 1

Acuífero de 26 columnasx3 filas.  
Dimensiones de las celdillas=400x500 metros.  
Transmisividad=150 m<sup>2</sup>/día. Coef. almacenamiento=10<sup>-3</sup>.  
Factor de almacenamiento=400x400x10<sup>-3</sup>=160 m<sup>3</sup>/m.  
Bombeo en el nudo (10,2)=2.000 m<sup>3</sup>/día, y en el nudo (20,2)=1.000 m<sup>3</sup>/día.  
Incremento de tiempo (DELTA)=0.5 días.  
ERROR=0.94.  
Niveles iniciales en todos los nudos=0.0.

(\*5) Para impresora, incluir 2115 PR =||= 1 y 2125 PRINT CHR\$(9); "G" (para imprimir el gráfico con la impresora Star), o sentencias equivalentes.

Ejemplo núm. 2

Acuífero de 20 columnasx10 filas.  
Dimensiones de las celdillas=250x250 metros.  
Transmisividad=350 m<sup>2</sup>/día. Coef. almacenamiento=10<sup>-4</sup>.  
Factor de almacenamiento=250x250x10<sup>-4</sup>=6.25 m<sup>3</sup>/m.  
Bombeo en los nudos (8,4) y (16,4)=1.200 m<sup>3</sup>/día (en cada uno).  
Incremento de tiempo (DELTA)=0.3 días.  
ERROR=5.  
Niveles iniciales en todos los nudos=0.0.

Borde de recarga a lo largo de la columna 20. Para asegurar un nivel constante a lo largo de esta línea, a todos sus nudos se les ha asignado un coeficiente de almacenamiento muy alto (10<sup>20</sup>).

Las sentencias de datos serían así:

```
3010 DATA 20, 10
3020 DATA .3, 5, 350, 6.25, 0, 0
3030 DATA 12
3040 DATA 20, 1, 350 350, 1E20, 0, 0
(análogamente para todos los nudos de la columna 20)
3040 DATA 20, 1, 350, 350, 1E20, 0, 0
3140 DATA 8, 4, 350, 350, 6.25, 0, 1200
3150 DATA 16, 4, 350, 350, 6.25, 0, 1200
4000 DATA 6
4010 DATA, -1, -, -2.5, +, -3.5, =||=, -4.5, >, -100
```

6. CONCLUSIONES

A pesar de sus reducidas prestaciones, los microordenadores pueden utilizarse para simular la evolución de los niveles en un acuífero en condiciones complejas. Para ello, es posible adaptar programas diseñados para grandes ordenadores, que funcionan correctamente, dentro de las limitaciones propias de los microordenadores, pero beneficiándose de la facilidad de éstos para realizar representaciones gráficas.

La aplicación a casos reales requiere el empleo de grandes computadoras, mientras que los microordenadores serán de gran utilidad para iniciar al usuario en el trabajo con modelos digitales, así como para su aplicación en la docencia.

APENDICE A: Listado del Programa

```
10 HOME
20 PRINT "*****"
30 PRINT "MODELO DE PRICKETT"
40 PRINT "LONQUIST PARA"
50 PRINT "APPLE-II"
60 PRINT "*****"
70 PRINT
80 PRINT
90 LOMEM: 16384: REM LIMITE INFERIOR DE LA MEMORIA
100 REM *****
110 REM ** LECTURA DE DATOS **
120 REM *****
130 PRINT "LECTURA DE LOS DATOS Y LLENADO DE LAS MATRICES": PRINT
140 READ NC, NR
150 IF NC >= NR THEN NN = NC
160 IF NR > NC THEN NN = NR
170 DIM H(NC, NR), HO(NC, NR), SF1(NC, NR), QZ(NC, NR), TX(NC, NR, 2), B(NN), G(NN), DL(NC, NR)
180 REM LECTURA DE LOS VALORES COMUNES
190 READ DELTA, ERR, TT, S1, HH, QQ
200 REM LLENADO DE LAS MATRICES CON LOS VALORES COMUNES
210 FOR I = 1 TO NC
220 FOR J = 1 TO NR
230 TX(I, J, 1) = TT
240 TX(I, J, 2) = TT
250 SF1(I, J) = S1
260 H(I, J) = HH
270 HO(I, J) = HH
280 QZ(I, J) = QQ
290 NEXT J
300 NEXT I
310 REM LECTURA DE LOS VALORES DE NUDOS
320 READ N
330 FOR X = 1 TO N
340 READ I, J, TX(I, J, 1), TX(I, J, 2), SF1(I, J), H(I, J), QZ(I, J)
350 NEXT X
360 REM *****
370 REM ** SIMULACION **
380 REM *****
390 PRINT "COMIENZA LA SIMULACION": PRINT
400 TIME = 0
410 PASO = 0
420 TIME = TIME + DELTA
430 PASO = PASO + 1
440 PRINT "PASO NUM. "; PASO; " PASO UN TIEMPO "; TIME: PRINT
450 REM PREDICCION DE NIVELES PARA EL PROXIMO INCREMENTO DE TIEMPO
460 FOR I = 1 TO NC
470 FOR J = 1 TO NR
480 D = H(I, J) - HO(I, J)
490 HO(I, J) = H(I, J)
500 F = 1.0
510 IF DL(I, J) = 0 THEN GOTO 550
520 IF PASO > 2 THEN F = D / DL(I, J)
530 IF F > 5 THEN F = 5
540 IF F < 0 THEN F = 0
550 DL(I, J) = D
560 H(I, J) = H(I, J) + D * F
570 NEXT J
580 NEXT I
590 REM REFINAMIENTO DE LAS ESTIMACIONES
600 ITER = 0
610 E = 0
620 ITER = ITER + 1
630 PRINT "ITERACION NUM. "; ITER:
640 REM CALCULO POR COLUMNAS
650 FOR II = 1 TO NC
660 I = II
670 IF INT(ITER / 2) * 2 = ITER THEN I = NC - I + 1
680 FOR J = 1 TO NR
690 REM CALCULO DE LOS VECTORES B Y G
700 BB = SF1(I, J) / DELTA
710 DD = HO(I, J) * SF1(I, J) / DELTA - QZ(I, J)
720 AA = 0
730 CC = 0
740 IF J = 1 THEN GOTO 770
750 AA = -TX(I, J - 1, 1)
760 BB = BB + TX(I, J - 1, 1)
770 IF J = NR THEN GOTO 800
780 CC = -TX(I, J, 1)
790 BB = BB + TX(I, J, 1)
800 IF I = 1 THEN GOTO 830
810 BB = BB + TX(I - 1, J, 2)
820 DD = DD + H(I - 1, J) * TX(I - 1, J, 2)
830 IF I = NC THEN GOTO 860
840 BB = BB + TX(I, J, 2)
850 DD = DD + H(I + 1, J) * TX(I, J, 2)
860 W = BB - AA * B(J - 1)
870 B(J) = CC / W
880 G(J) = (DD - AA * G(J - 1)) / W
890 NEXT J
900 REM REESTIMACION DE NIVELES
910 E = E + ABS(H(I, NR) - G(NR))
920 H(I, NR) = G(NR)
930 N = NR - 1
940 HA = G(N) - B(N) * H(I, N + 1)
950 E = E + ABS(HA - H(I, N))
960 H(I, N) = HA
970 N = N - 1
980 IF N > 0 THEN GOTO 940
990 NEXT II
1000 REM CALCULOS POR FILAS
1010 FOR JJ = 1 TO NR
1020 J = JJ
1030 IF INT(ITER / 2) * 2 = ITER THEN J = NR - J + 1
1040 FOR I = 1 TO NC
1050 BB = SF1(I, J) / DELTA
1060 DD = HO(I, J) * SF1(I, J) / DELTA - QZ(I, J)
1070 AA = 0
1080 CC = 0
1090 IF J = 1 THEN GOTO 1120
1100 BB = BB + TX(I, J - 1, 1)
1110 DD = DD + H(I, J - 1) * TX(I, J - 1, 1)
1120 IF J = NR THEN GOTO 1150
1130 DD = DD + H(I, J + 1) * TX(I, J + 1, 1)
1140 BB = BB + TX(I, J + 1, 1)
1150 IF I = 1 THEN GOTO 1180
1160 BB = BB + TX(I - 1, J, 2)
1170 AA = -TX(I - 1, J, 2)
1180 IF I = NC THEN GOTO 1210
1190 BB = BB + TX(I, J, 2)
1200 CC = -TX(I, J, 2)
1210 W = BB - AA * B(I - 1)
1220 B(I) = CC / W
1230 G(I) = (DD - AA * G(I - 1)) / W
1240 NEXT I
```

```

1250 REM REESTIMACION DE NIVELE
S
1260 E = E + ABS (H(NC,J) - G(NC
))
1270 H(NC,J) = G(NC)
1280 N = NC - 1
1290 HA = G(N) - B(N) * H(N + 1,J
)
1300 E = E + ABS (H(N,J) - HA)
1310 H(N,J) = HA
1320 N = N - 1
1330 IF N > 0 THEN GOTO 1290
1340 NEXT JJ
1350 PRINT " ERROR= ";E
1360 IF E > ERR THEN GOTO 610
1370 REM *****
1380 REM ** SALIDA NUMERICA **
1390 REM *****

1400 PRINT "PASO ";PASO;" ;TIEMP
O: ";TIME: PRINT : PRINT
1410 DEF FN D2(X) = INT (X * 1
00 + .5) / 100
1420 FOR I = 1 TO NR
1430 PRINT "FILA ";I;" : "
1440 FOR J = 1 TO NC
1450 PRINT FN D2(H(J,I)); SPC(
2);
1460 NEXT J
1470 PRINT
1480 NEXT I
1490 PRINT : PRINT "Para continu
ar, pulsar una cualquier let
ra: ": GET A$
1500 REM *****
1510 REM *SALIDA DE SIMBOLOS *
1520 REM *****

1530 HOME
1540 IF PASO > 1 THEN GOTO 1580

1550 READ NT: REM NUMERO DE CAT
EGORIAS
1560 DIM SIM$(NT),SUP(NT)
1570 FOR I = 1 TO NT: READ SIM$(
I),SUP(I): NEXT I
1580 PRINT "PASO ";PASO;" ;TIEMP
O: ";TIME: PRINT : PRINT
1590 FOR I = 1 TO NR
1600 FOR J = 1 TO NC
1610 FOR K = 1 TO NT
1620 IF H(J,I) > SUP(K) THEN Q$ =
SIM$(K): GOTO 1640
1630 NEXT K
1640 IF J = NC THEN PRINT Q$
1650 IF J < NC THEN PRINT Q$;
1660 NEXT J
1670 NEXT I
1680 REM *****
1690 REM ** PERFIL GRAFICO **
1700 REM *****

1710 IF PASO > 1 THEN 1840
1720 PRINT
1730 REM CALCULO DE LA AMPLITUD
VERTICAL DEL PERFIL
1740 FOR I = 1 TO NR
1750 FOR J = 1 TO NC
1760 IF H(J,I) < MH THEN MH = H(
J,I)
1770 IF HO(H(J,I) > MO THEN MO = H
O(J,I)
1780 NEXT J
1790 NEXT I
1800 VERT = ABS (MH - MO) * 5
1810 REM NN=MAX.DE NC Y NR
1820 KX = 280 / NN:KY = 160 / VER
T
1830 IF PASO = 1 THEN 1850
1840 PRINT : PRINT "?Perfil graf
ico en este PASO? (S/N)": GET
PG$: IF PG$ = "N" THEN 2140
1850 INPUT "Columna o fila para
perfil grafico (ej.:F,5 ; C,
12): ";R$,RR
1860 IF TESTIGO = 0 THEN 1880
1870 PRINT "Superpuesto sobre lo
s perfiles anteriores?? (S/N
)": GET SU$: IF SU$ = "S" THEN
1960
1880 REM DIBUJO ESCALA VERTICAL

1890 INPUT "Intervalo entre traz
os: ";YY
1900 HGR : HCOLOR= 3
1910 HPLLOT 0,0 TO 0,159
1920 VY = YY * KY
1930 FOR V = 0 TO 159 STEP VY
1940 FOR Z = 0 TO 5: HPLLOT Z,V: NEXT
Z
1950 NEXT V

```

APENDICE B

INDICACIONES PARA ADAPTAR EL PROGRAMA A ORDENADORES DISTINTOS DE APPLE-II

Las sentencias exclusivas de Apple-II, o que pueden ser distintas en otros microordenadores son las siguientes:

- HGR: HCOLOR=3 Establecimiento del modo gráfico (de 0 a 279 puntos en horizontal, y de 0 a 159 en vertical, de arriba a abajo). Todos los 279, 280, 159, 160 del programa deberán cambiarse por los equivalentes.
- POKE — 16304,0 Entra en el gráfico sin borrar lo anterior, al contrario que HGR.
- POKE — 16297,0
- HPLLOT X, Y Dibuja el punto X, Y en el sistema de coordenadas descrito.
- HPLLOT TO X, Y Dibuja un trazo desde el último punto hasta X, Y.
- GET A\$ Detiene el programa hasta que se introduce la variable A\$, de un solo carácter, que no se refleja en pantalla.
- TAB (16) Tabula a la columna 16. La confección de tablas es más cómoda en aparatos que utilizan sentencias FORMAT, IMAGE, etc...
- : Los dos puntos separan dos sentencias contiguas.
- INPUT «Literal»; A Si la sentencia INPUT no admite literales, la anterior deberá sustituirse por PRINT «Literal»: INPUT A.
- 1960 IF R\$ = "F" THEN NW = NC
- 1970 IF R\$ = "C" THEN NW = NR
- 1980 POKE - 16304,0: POKE - 16297,0: REM PARA ENTRAR EN EL GRAFICO SIN BORRARLO
- 1990 REM TRAZADO DEL GRAFICO
- 2000 FOR L = 1 TO NW
- 2010 X = KX / 2 + (L - 1) \* KX
- 2020 IF R\$ = "C" THEN Y = ABS (H(RR,L) - MO) \* KY
- 2030 IF R\$ = "F" THEN Y = ABS (H(L,RR) - MO) \* KY
- 2040 IF L = 1 THEN HPLLOT X,Y
- 2050 IF L > 1 THEN HPLLOT X1,Y1 TO X,Y
- 2060 X1 = X:Y1 = Y
- 2070 FOR S = 155 TO 159: HPLLOT X,S: NEXT S: HPLLOT 0,159 TO (NW \* KX - 1),159: REM DIBUJO ESCALA HORIZONTAL
- 2080 NEXT L
- 2090 TESTIGO = 1
- 2100 IF R\$ = "F" THEN A\$ = "FILA "
- 2110 IF R\$ = "C" THEN A\$ = "COLU MNA "
- 2120 PRINT : PRINT : VTAB 21: PRINT A\$:RR: PRINT " UNIDAD EN LA ESCALA VERTICAL: ";YY;" METROS"
- 2130 PRINT "?Otro perfil en este mismo PASO? (S/N)": GET O P\$: IF OP\$ = "S" THEN 1850
- 2140 DETA = DETA \* 1.2
- 2150 PRINT "PARA EL SIGUIENTE PASO, PULSAR UNA LETRA": GET W \$
- 2160 TEXT : HOME : GOTO 420
- 3000 REM \*\*\*\*\*
- 3001 REM \*\* D A T O S \*\*
- 3002 REM \*\*\*\*\*
- 3010 DATA 26,3
- 3020 DATA .5,.94,150,160,0,0
- 3030 DATA 2
- 3040 DATA 10,2,150,150,160,0,2000
- 3050 DATA 20,2,150,150,160,0,1000
- 4000 DATA 6
- 4010 DATA .,-.1,+,-.33,0,-1,A,-3.3,B,-10,C,-1000

BIBLIOGRAFIA

KING, J. M.: *Computing drawdown distributions using microcomputers*. Groundwater, 22, 6, pp. 780-785 (1984).

MIDO, K. W.: *Use of microcomputers in Ground-Water Basin Modelling*. Groundwater, 18, 3, pp. 230-235 (1980).

POOLE, L.; McNIFF, M., y COOK, S.: *Apple-II. Guía del usuario*. McGraw-Hill, Madrid, 395 pp. (1983).

PRICKETT, T. A. y LONNQUIST, C. G.: *Selected digital techniques for groundwater resource Evaluation*. Illinois State Water Survey, Bulletin 55, 65 pp. (traducción española: S. G. O. P., Bol. núm. 41, 1976) (1971).

RATHOD, K. S., y RUSHTON, K. R.: *Numerical method of pumping analysis using microcomputers*. Groundwater, 22, 5, pp. 602-608 (1984).

RISNIER, J. K.: *A note on possible use of microcomputers for acuífer studies*. Groundwater, 18, 3, pp. 291-293 (1980).

Recibido: enero de 1985.

## GEOTECNIA

## Contracción lineal térmica de rocas plutónicas

Por A. RODRIGUEZ-REY (\*), L. CALLEJA ESCUDERO (\*), V. G. RUIZ ARGANDOÑA (\*)  
y L. M. SUAREZ DEL RIO (\*)

## RESUMEN

Se ha determinado el coeficiente de contracción térmica lineal y la velocidad de contracción relativa, correspondientes al intervalo entre 100° C y 20° C, de diez rocas ígneas utilizadas frecuentemente como material de revestimiento de fachadas de edificios y otras construcciones. Ambos parámetros se han relacionado con características mineralógico-texturales de las rocas: composición mineralógica y porosidad abierta, teniendo en cuenta sus coeficientes teóricos de expansión térmica. Se ha podido establecer que la mayor influencia sobre las características de contracción térmica de las rocas corresponde a su composición mineralógica, y que para rocas de escasa porosidad abierta, el papel que ésta ejerce sobre la contracción es mucho menos importante.

## ABSTRACT

Linear thermal contraction coefficient and contraction rate (both in the range from 100° to 20° C) for ten ornamental igneous rocks have been measured. Both parameters have been related to mineralogical and textural characteristics of these rocks, taking into account their theoretical expansion coefficient. The main influence is exerted by the mineralogical composition. For low porosity rocks, the porosity seems hardly to affect thermal behaviour.

## INTRODUCCION

Las modificaciones volumétricas de las rocas debidas a variaciones térmicas pueden estudiarse, tanto frente a incrementos como a disminuciones de temperatura. A pesar de que varios autores han determinado los coeficientes de expansión térmica de distintos materiales rocosos, (HOCKMAN y KESSLER, 1950; THIRUMALAY y DEMOU, 1970; TODD et al., 1973; BALDRIDGE et al., 1974; GASCÓN y BALBAS, 1983; entre otros muchos), casi no existen referencias directas sobre datos de contracción, y especialmente, sobre velocidades de contracción.

El conocimiento del comportamiento de las rocas durante periodos de enfriamiento puede ser importante. Por ejemplo, el almacenamiento en rocas de materiales calientes o capaces de generar calor (agua, gas, residuos radiactivos, etc.) no sólo comporta el estudio de las rocas almacenadas ante incrementos positivos de temperatura, sino

que es preciso, además, conocer la respuesta del almacén en el caso de que se produzcan descensos de temperatura, bien por vaciado del mismo, bien por accidente.

Todos los minerales, excepto los que cristalizan en el sistema cúbico y los amorfos, poseen una expansión y una contracción térmicas anisótropas. Como los principales minerales petrográficos son anisótropos, el estudio de la contracción térmica de las rocas tropieza con inconvenientes desde el principio, sobre todo en el caso de rocas que presentan orientaciones minerales, como es el caso de la mayoría de las metamórficas y algunas sedimentarias.

Pero en general, en rocas ígneas y en sedimentarias de origen químico, la desorientación estadística de los minerales constituyentes anula este efecto de anisotropía, de forma que el agregado presenta realmente una contracción equivalente en todas direcciones. En este caso sólo se precisa la medida de la contracción lineal a lo largo de

una dirección cualquiera para cuantificar dicha contracción.

## MATERIAL ESTUDIADO

Se han determinado las dos propiedades térmicas antes mencionadas (coeficiente de contracción lineal y velocidad de contracción relativa), de diez rocas ígneas frecuentemente utilizadas en España como rocas ornamentales en revestimientos de fachadas de edificios y otras construcciones. Sus nombres comerciales, su composición mineralógica, y tamaño medio de grano, se recogen en la tabla I. Cinco de ellas son gallegas (Verde Santiago, Rosa Porriño, Mondariz, Gondomar y Gris Perla); el resto pertenece a diversas partes del mundo. Su descripción petrográfica puede encontrarse en RODRÍGUEZ-REY, 1978.

teriormente se desbastaron las dos caras de 9×2 centímetros cuadrados con CSi 600.

El proceso experimental se iniciaba con la introducción de las muestras en la estufa y su calentamiento hasta 100° C a una velocidad inferior a 2°C/min., con objeto de no provocar microfisuración térmica en las rocas, TODD (1973), RICHTER y SIMMONS (1974) (posteriormente a la realización de este trabajo se ha observado que, aun a esta baja velocidad de calentamiento, se produce una ligerísima microfisuración en las rocas, RUIZ DE ARGANDOÑA et al., 1985). Dada la baja conductividad térmica de las rocas (ver, por ejemplo, CALLEJA et al., 1984), las muestras se mantuvieron durante veinticuatro horas a temperatura constante de 100°C para garantizar la uniformidad térmica de toda su masa.

TABLA I

Análisis modal de las rocas estudiadas (error máx., 1,41 por 100). Ø md, representa el tamaño medio de grano (mm.).

ROCA	Q	Ftok	Plag.	Biot.	Mosc.	Anf.	Pxno.	Oliv.	Accs.	Ø md
LC - Labrador Claro			84.7	3.7		1.6	4.3	1.5	4.3	1.2
NP - Negro Polar			68.2				31.8			0.7
VS - Verde Santiago			61.1	7.8		1.7	12.5		16.9	0.4
RP - Rosa Porriño	37.2	40.1	19.2	3.5						2.0
BP - Blanco Plata	36.3		49.1	2.1	6.6				5.6	0.6
SC - Sierra Chica	45.8	32.1	18.5	3.1					0.6	1.2
M - Mondariz	25.8	32.7	34.4	6.0					1.1	1.6
G - Gondomar	31.6	14.0	41.1	9.7	3.4				0.3	1.0
GP - Gris Perla	18.9	48.3	24.7	6.2		1.8				3.7
RI - Rojo Imperial	34.0	42.0	20.1	2.6					1.3	1.2

## EQUIPO EXPERIMENTAL Y METODO DE MEDIDA

El equipo experimental consta de una mufla de baja velocidad de calentamiento y de un comparador que permite realizar medidas con una precisión de  $\pm 1 \mu\text{m}$ .

Las medidas se realizaron sobre probetas prismáticas de base rectangular de 13×9×2 cm<sup>3</sup>. Su preparación se realizó cuidadosamente para evitar modificaciones microestructurales («artifacts») fundamentalmente las de tipo microfractográfico. Primero se cortaron con una sierra de disco delgado y de borde continuo diamantado, y pos-

Pasado ese tiempo, se extraían las muestras y, en condiciones de temperatura y presión ambientales, se colocaban en el aparato de medida. Se fue registrando a intervalos de tiempo regulares la contracción experimentada por cada una de las muestras para obtener la gráfica de velocidad de contracción relativa. Finalmente se anotó el valor de la contracción  $\Delta L$ , y el valor de la temperatura ambiente del laboratorio que se había mantenido constante durante todo el experimento.

RICHTER y SIMMONS (1974), observaron un pequeño bucle de histéresis durante el primer ciclo de calentamiento aun en las condiciones más idóneas, tanto de trabajo como de preparación de

(\*) Departamento de Petrología. Universidad de Oviedo.

las muestras, aunque sin que apareciese deformación permanente a temperatura ambiente. En su opinión se debía a los efectos de los esfuerzos residuales y a la humedad natural de la muestra, que originaban pequeñas irregularidades en el comportamiento expansión-tiempo. Consecuentemente, en el presente trabajo, todas las muestras fueron sometidas a un ciclo previo antes de proceder a la determinación de los coeficientes de contracción.

La longitud de la muestra fue determinada antes y después de los ensayos con una precisión de  $\pm 50 \mu\text{m}$ . Ambas medidas arrojaban los mismos resultados, a pesar de que la contracción total fue superior a  $50 \mu\text{m}$ . en todos los casos. Es posible, pues, que bajo estas condiciones de ensayo, no se induzcan deformaciones residuales permanentes, de acuerdo con RICHTER y SIMMONS, 1974.

**COEFICIENTE DE CONTRACCION TERMICA LINEAL**

Por similitud con el proceso de expansión, se utiliza la misma fórmula para determinar el coeficiente de contracción térmica.

Siendo  $\Delta L$  la contracción experimentada por una muestra,  $\Delta T$  la diferencia de temperaturas entre la inicial  $T_0$  y la final  $T$ , se determina  $\alpha_c$  (coeficiente de contracción térmica lineal) mediante la fórmula:

$$\alpha_c = \Delta L / L_0 \cdot \Delta T$$

Puesto que los dos incrementos son negativos, el coeficiente tendrá un valor positivo. Las unidades de  $\alpha_c$  son  $^{\circ}\text{K}^{-1}$ . El coeficiente de contracción no es constante, sino que varía con la temperatura. En este trabajo se dan los valores medios correspondientes al intervalo de temperatura comprendido entre 100 y 20  $^{\circ}\text{C}$ .

En la tabla II se recogen los valores de los coeficientes de contracción determinados experimentalmente de todas las rocas estudiadas en el presente trabajo.

Puede observarse la diferencia existente entre el grupo de rocas ácidas, ricas en cuarzo, y el de rocas básicas, en lo que se refiere a sus coeficientes de contracción. El de las primeras es superior al de las segundas debido a que aquéllas contie-

**TABLA II**

**Coefficientes experimentales de contracción ( $\alpha_c$ ), y teóricos de expansión ( $\alpha_{et}$ ), de las rocas estudiadas; (unidades  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).  $n_0$  representa la porosidad abierta en porcentaje.**

ROCA	$\alpha_c (10^{-6})$	$\alpha_{et} (10^{-6})$	$n_0$
Negro Polar (NP) ... ..	5.3	5.1	0.5
Labrador Claro (LC) ... ..	5.5	4.5	0.2
Verde Santiago (VS) ... ..	6.2	5.1	0.5
Blanco Plata (BP) ... ..	7.6	8.5	0.9
Rosa Porriño (RP) ... ..	7.8	8.7	1.1
Gris Perla (GP) ... ..	8.0	7.0	1.1
Gondomar (G) ... ..	8.1	7.6	0.8
Rojo Imperial (RI) ... ..	8.1	8.4	0.5
Mondariz (M) ... ..	8.6	7.4	1.1
Sierra Chica (SC) ... ..	8.8	8.5	0.4

nen cuarzo, y ser éste el mineral de mayor coeficiente de expansión térmica de todos los minerales petrográficos presentes en las rocas estudiadas.

Según RICHTER y SIMMONS, 1974, los valores de los coeficientes obtenidos experimentalmente con velocidades de calentamiento bajas y a temperaturas inferiores a 250 $^{\circ}\text{C}$ , son muy similares a los calculados teóricamente partiendo de los valores de los análisis modales y de los coeficientes de expansión de cada una de las especies minerales que constituyen la roca.

Por nuestra parte, y con el fin de compararlos con los coeficientes de contracción experimentales, se han calculado los coeficientes teóricos de expansión lineal, a partir de datos extraídos de CLARK, 1966. Los valores se presentan en la tabla II.

Un factor que hay que tener en cuenta a la hora de evaluar los resultados, tanto de expansión como de contracción térmica, es el valor de la porosidad abierta, ya que ésta puede influir de manera importante al permitir una dilatación libre de minerales que no contribuye a la expansión del conjunto de la roca. Por esta razón se ha determinado la porosidad abierta de todas las rocas estudiadas, cuyos valores se relacionan en la tabla II.

En nuestro caso, dada la baja porosidad de todas las rocas, hay una gran similitud entre los coeficientes experimentales y los teóricos, aun cuando se aprecia alguna discrepancia.

También puede observarse que los valores experimentales difieren tanto por exceso como por defecto con respecto al valor teórico. En la figura 1 se han representado los valores absolutos de la diferencia entre ambos coeficientes frente a la porosidad abierta, para el grupo de rocas ácidas; las rocas representadas por cruces poseen un coeficiente experimental inferior al correspondiente coeficiente de expansión teórico, mientras que en las rocas representadas por puntos, sucede lo contrario.

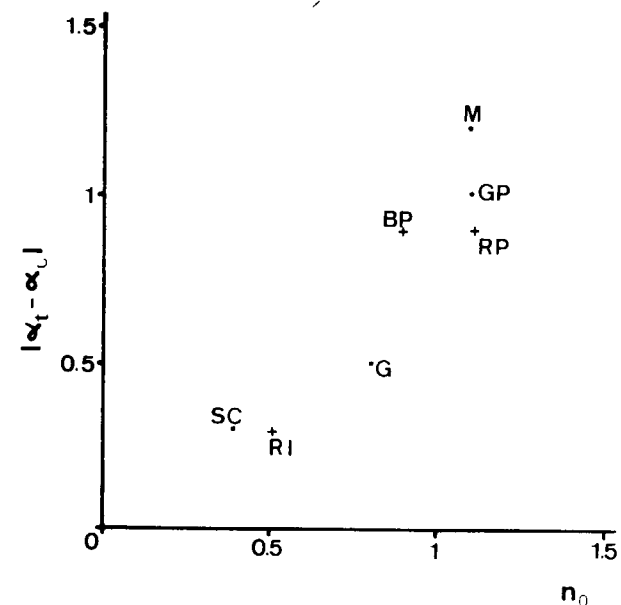


Figura 1.—Relación entre el valor absoluto de la diferencia entre  $\alpha_c$  y  $\alpha_{et}$ , y la porosidad abierta para el grupo de rocas ácidas. En las rocas representadas por cruces,  $\alpha_{et} > \alpha_c$ , y en las representadas por puntos,  $\alpha_{et} < \alpha_c$ . (RP, Rosa Porriño; BP, Blanco Plata; SC, Sierra Chica; M, Mondariz; G, Gondomar; GP, Gris Perla; RI, Rojo Imperial).

Las contracciones relativas de las rocas ácidas son similares entre sí y la última columna de la tabla III corresponde a la contracción relativa media de todo el grupo. Lo mismo sucede en el otro grupo de rocas. La media que aparece en la tabla IV representa al conjunto de las rocas del grupo. Se observa que las contracciones relativas de las rocas ácidas son, en todos los casos, superiores a cualquiera de las correspondientes a las rocas del otro grupo. Esta característica se pone más de manifiesto en la figura 2, donde se representan las contracciones relativas medias correspondientes a los dos grupos de rocas.

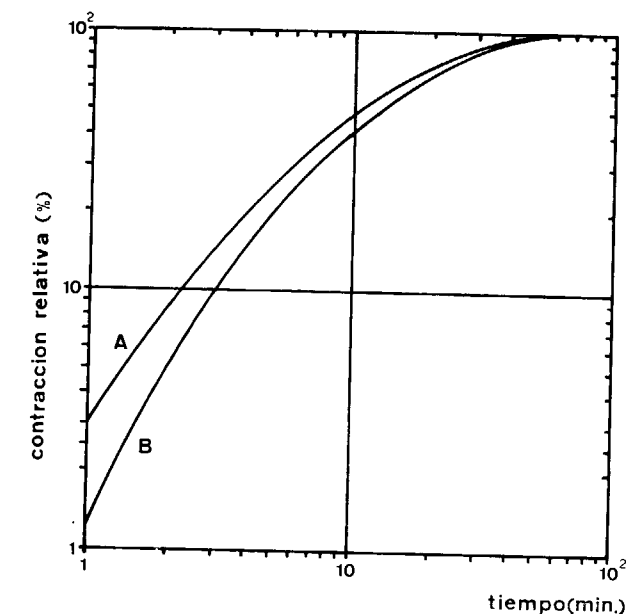


Figura 2.—Contracción relativa (expresada como % de la contracción total) en función del tiempo. A, media de las rocas ácidas; B, media de las rocas básicas.

**VELOCIDAD DE CONTRACCION TERMICA DE LAS ROCAS**

En las tablas III y IV se relacionan las contracciones experimentadas por las rocas estudiadas a lo largo de la primera hora de enfriamiento, expresadas como porcentaje con respecto a su contracción total. La tabla III corresponde al grupo de rocas ácidas, y la tabla IV al de rocas intermedias y básicas. Debido a las dimensiones de las probetas, este tiempo es suficiente para que todas las rocas alcancen más de un 98 por 100 de su contracción total.

La primera conclusión que puede formularse a la vista de la figura 2, es que la mineralogía influye en la velocidad de contracción, ya que las rocas ácidas se contraen más rápidamente que las básicas, un 5 por 100 de la contracción total/min. para las ácidas, frente a un 4 por 100/min. de las otras, en los primeros momentos de la contracción.

Por otra parte, la influencia de las características texturales, especialmente el tamaño de grano, es mucho menos importante, ya que los datos co-

**TABLA III**

Contracción relativa de las rocas ácidas en función del tiempo, expresada como porcentaje de la contracción total. La última columna representa la media de todas ellas. (RP, Rosa Porriño; BP, Blanco Plata; SC, Sierra Chica; M, Mondariz; G, Gondomar; GP, Gris Perla; RI, Rojo Imperial).

Min.	RP	BP	SC	M	G	GP	RI	Media
1	2.4	2.5	3.3	2.2	3.2	4.4	3.6	3.1
2	7.3	7.6	8.7	8.8	8.6	9.9	9.5	8.6
3	12.2	13.9	14.1	14.3	14.0	16.5	16.7	14.5
4	18.3	19.0	19.6	20.9	20.4	23.1	23.8	20.7
5	23.2	24.1	25.0	25.3	26.9	28.6	29.8	26.1
6	29.3	30.4	29.4	30.8	32.3	34.1	35.7	31.7
7	34.2	35.4	33.7	35.2	35.5	39.6	41.7	36.5
8	37.8	40.5	38.0	39.6		44.0	45.2	40.8
9	42.7	44.3	42.4	44.0	44.1	48.4	48.8	45.0
10	46.3	48.1	45.6	46.2	48.4	52.8	53.6	48.7
11	50.0	51.9	48.9	49.4	51.6	55.0	57.1	52.0
12	53.7	54.4	51.1	52.8	54.8	58.2	59.5	55.0
13	57.3	58.2	54.3	56.0	57.0	61.5	63.1	58.2
14	63.4	60.8	57.6	59.3	60.2	63.7	65.5	61.5
15		63.3	68.5	61.5	62.4	67.0	67.9	65.1
16				63.7		69.2	69.0	67.3
18				68.1		72.5	72.6	71.1
20	75.6	75.9	76.1	72.5	73.1	76.9	77.4	75.4
25	82.9	82.3	83.7	80.2	80.6	83.5	83.3	82.3
30	87.8	87.3	88.0	84.6	87.1	89.0	88.1	87.4
35	92.7	92.4	91.3	87.9	90.3	91.2	91.7	91.1
40	93.9	93.7	93.5	91.2	92.5	96.7	92.9	93.5
45	96.3	96.2	95.6	93.4	94.6		94.0	95.0
50	98.8	98.7	96.7	95.6	95.7	97.8	95.2	96.9
55	98.8	98.7	97.8	96.7	96.8		96.4	97.5
60	98.8	98.7	98.9	97.8	97.8	100.0	97.6	98.5

rrespondientes al conjunto de rocas ácidas son todos ellos similares a pesar de que existen importantes diferencias texturales entre ellas.

**CONCLUSIONES**

De las observaciones realizadas, y a partir de los datos obtenidos, pueden deducirse ciertas conclusiones:

— Los coeficientes de contracción térmica para el intervalo de temperatura comprendido entre 20 y 105°C, aproximadamente, determinados experimentalmente, se asemejan bastante a los coeficientes teóricos de expansión. Las pequeñas discrepancias entre ellos no se pueden explicar en

función de los valores de porosidad abierta de las rocas, debido, probablemente, tanto a la poca entidad de ésta, como a la semejanza que, en este aspecto, presentan las rocas estudiadas.

— La velocidad de contracción depende fundamentalmente de la mineralogía de la roca. Las rocas ácidas, con cuarzo, se contraen más velozmente que las de naturaleza intermedia y básica, sin cuarzo (5 por 100 ΔL/min. frente a 4 por 100 ΔL/min., respectivamente, durante el período inicial de enfriamiento).

— La textura parece influir escasamente en la velocidad de contracción: todas las rocas de un mismo grupo, especialmente las ácidas, se contraen a velocidades semejantes, a pesar de que hay marcadas diferencias texturales entre ellas.

**TABLA IV**

Contracciones relativas en función del tiempo, expresadas como porcentaje de la contracción total de las rocas sin cuarzo. La última columna representa el valor medio. (LC, Labrador Claro; NP, Negro Polar; VS, Verde Santiago).

Min.	LC	NP	VS	Media
1	—	—	2.9	2.9
2	3.2	5.0	5.9	4.7
3	9.7	10.0	11.8	10.5
4	14.5	15.0	16.0	15.2
5	19.4	20.0	22.1	20.5
6	24.2	25.0	26.5	25.2
7	29.0	—	29.4	29.2
8	32.3	33.3	33.8	33.1
9	37.1	—	36.8	37.0
10	40.3	41.7	41.2	41.0
11	43.6	45.0	44.1	44.2
12	48.4	48.0	47.1	47.8
13	51.6	51.7	50.0	51.1
14	53.2	55.0	52.9	53.7
15	56.4	56.7	—	56.6
16	—	60.0	—	60.0
18	—	63.3	64.7	64.0
20	66.1	68.3	73.5	69.3
25	75.8	78.3	80.9	78.3
30	83.9	83.3	85.3	84.2
35	88.7	88.3	88.2	88.4
40	91.9	93.3	92.6	92.6
45	95.2	93.3	94.1	94.2
50	96.8	95.0	95.6	95.8
55	96.8	96.7	97.1	96.9
60	98.4	98.3	98.5	98.4

**BIBLIOGRAFIA**

BALDRIDGE, W. S.; MILLER, F.; WANG, H., y SIMMONS, G.: *Thermal expansion of Apollo lunar samples and Fairfax diabase*. Proc. Third Lunar Sci. Conf., Mass. Inst. Technol., 3, 2599 (1972).

CALLEJA, L.; RUIZ DE ARGANDOÑA, V. G.; SUAREZ DEL RÍO, L. M., y RODRÍGUEZ-REY, A.: *Conductividad térmica en rocas ornamentales de Galicia*. Com. I Congreso Español de Geología, t. III, 401-411 (1984).

CLARK, S. P., Jr.: *Handbook of Physical Constants*. Geol. Soc. Am., Mem. 97 (1966).

GASCÓN, F., y BALBAS, M.: *Dilatación lineal térmica del granito*. Bol. Geol. Min., XCIV-V, 441-447 (1983).

HOCKMAN, A., y KESSLER, D. W.: *Thermal and moisture expansion of some domestic granites*. U. S. Nat. Bur. of Standards, RP 2087, 395 (1950).

RICHTER, D., y SIMMONS, G.: *Thermal expansion behaviour of igneous rocks*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abs., 11, 403-411 (1974).

RODRÍGUEZ-REY, A.: *Meteorización por insolación de rocas ornamentales: durabilidad e interpretación petrofísica*. Tesis de Licenciatura, Dpto. de Petrología. Universidad de Oviedo (1978).

RUIZ DE ARGANDOÑA, V. G.; CALLEJA, L., y MONTOTO, M.: *Determinación del umbral de microfisuración térmica de la «roca matriz» o «intact rock»*. Trabajos de Geología. Universidad de Oviedo. Vol. 15 (en prensa) (1985).

THIRUMALAY, K., y DEMOU, S. G.: *Effect of reduced pressure on thermal expansion behaviour of rocks and its significance to thermal fragmentation*. J. Appl. Phys., 41, 5147 (1970).

TODD, T.: *Effect of cracks on elastic properties of low porosity rocks*. Ph. D. Thesis, Mass. Inst. Technol., 320 (1973).

TODD, T.; RICHTER, D.; SIMMONS, G., y WANG, H.: *Unique characterization of lunar rocks by physical properties*. Proc. Fourth Lunar Sci. Conf., 3, 2663 (1973).

Recibido: Enero 1985.



# La prospección geofísica de las mineralizaciones del Macizo de Aracena. Aplicación al sector de Fuenteheridos (Huelva)

Por A. GRANDA SANZ (\*) y A. PEREZ TEREÑES (\*)

## RESUMEN

En el Macizo de Aracena, asociadas con unidades litológicas ya definidas por estudios previos, se dan mineralizaciones de Pb y Ag constituidas por diseminaciones y venillas de orden milimétrico. Los cuerpos mineralizados tienen aspecto lenticular con potencias de algunos metros y aparentes engrosamientos en las charnelas de los pliegues.

Parecen evidentes las posibilidades de la prospección geofísica mediante Polarización Inducida en la detección de este tipo de mineralizaciones. Se han llevado a cabo en el sector de Fuenteheridos ensayos exhaustivos sobre zonas donde existen varios sondeos mecánicos recientes y los resultados confirman las grandes posibilidades de la PI al mismo tiempo que ponen de manifiesto la trascendencia del dispositivo de medida empleado. Los resultados más útiles se han obtenido con dispositivo dipolo-dipolo, mientras que los obtenidos con dispositivos polo-dipolo resultan poco claros y afectados por ruido de diversa naturaleza.

En una fase previa de tipo cualitativo, los datos de cargabilidad obtenidos por el sistema de gradientes han permitido la delimitación precisa de anomalías de interés.

Complementariamente, el método de Puesta a masa ha resultado positivo en el sondeo donde se ha empleado, pero existen razones que aconsejan la adopción de una posición crítica respecto a su posible aplicación indiscriminada en otros casos.

## 1. ANTECEDENTES Y ESQUEMA GEOLOGICO

Se define como macizo de Aracena la unidad estructural que forma el sector más meridional de la zona de Ossa Morena. Tradicionalmente se ha considerado al macizo dividido en tres dominios, separados por fallas de carácter regional y rumbo ONO-ESE. En el dominio central, dentro del subdominio con menor grado de metamorfismo, constituido por series carbonatadas y volcanosedimentarias, se sitúa la zona de estudio a que se refiere el presente trabajo (véase fig. 1).

La formación volcanosedimentaria es de carácter ácido principalmente y está formada por rocas piroclásticas con algunos episodios sedimentarios y lentejones calcáreos. Por su parte, la formación carbonatada la constituyen mayoritariamente dolomías gris-crema y en menor proporción mármoles dolomíticos y dolomías negras. Los límites

entre estos términos son graduales por posibles cambios de facies.

Tectónicamente el conjunto descrito buza entre 25-40° N, formando parte del flanco N de la antiforma Fuenteheridos-La Umbría. A escala local es notable la presencia de repliegues muy apretados que, manteniendo el sentido y magnitud del buzamiento general, pueden provocar inversiones en la posición relativa de los términos litológicos más representativos.

El interés minero de la zona se centra fundamentalmente en las mineralizaciones de galena argentífera, a la que acompañan en proporción variable pirita, esfalerita y raramente pirrotina. Esta mineralización se localiza en la formación carbonatada y mayoritariamente asociada con las dolomías gris-crema. Su disposición es en forma de finos nivelillos lenticulares con espesor máximo de orden centimétrico y diseminaciones que conforman zonas de interés capaces de alcanzar varios metros de potencia.

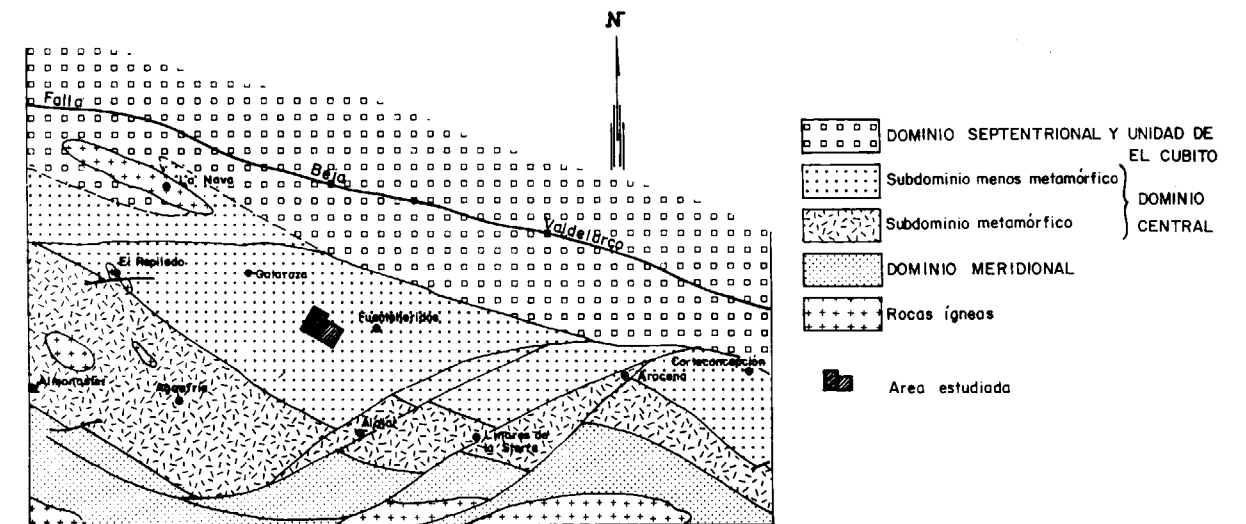


Figura 1.—Situación de la zona de ensayos geofísicos y su contexto geológico (según IGME).

Tales zonas mineralizadas parecen presentar una distribución espacial irregular con notables cambios de espesor y aparentes engrosamientos en las charnelas de los repliegues, constituyendo objetivos de entidad variable.

## 2. METODOLOGIA DE PROSPECCION

En diversas áreas del macizo de Aracena han desarrollado labores exploratorias tanto el IGME como algunas compañías nacionales y extranjeras. Mayoritariamente los trabajos realizados se han limitado a cartografía geológica —de gran detalle en algunos casos— geoquímica de suelos y reconocimiento por sondeos.

Son generalmente escasas las referencias a aplicación de métodos geofísicos de forma sistemática sobre zonas de cierta extensión y soportados por ensayos previos que hayan permitido el establecimiento objetivo de la mejor metodología de trabajo.

Por la irregularidad en la distribución espacial de los cuerpos mineralizados y dado que no parece existir un control litológico suficiente de los mismos, y a su vez la complejidad tectónica incide negativamente al respecto, puede decirse que la cartografía geológica no resuelve por sí misma la problemática de implantación de sondeos de reconocimiento.

Además, es característica de la zona la existencia de intensas anomalías geoquímicas de Pb y Ag en suelos. Su representatividad es en cierto modo limitada e incluso pueden inducir a falsas expectativas dado que en gran cantidad de ocasiones van asociadas a suelos residuales resultantes de procesos de descalcificación.

Todos estos hechos se traducen en un notable grado de incertidumbre en el planteamiento de los sondeos de reconocimiento y en la conveniencia de reducir el mismo mediante la aplicación de los métodos geofísicos adecuados y en su variante prospectiva más resolutoria.

## 3. GEOFISICA

Esquematisando el problema, se trata de localizar cuerpos mineralizados de sulfuros metálicos diseminados con potencia de algunos metros, involucrando un rango de profundidades de algunas decenas de metros y dentro de un ambiente litológico de elevada resistividad. Parece obvio que el método geofísico básico para esta situación ha de ser la Polarización Inducida. Ahora bien, la modalidad óptima de aplicación del método es otra cuestión de especial trascendencia y a su resolución dedicamos una parte importante de este trabajo.

(\*) Ingenieros de Minas.

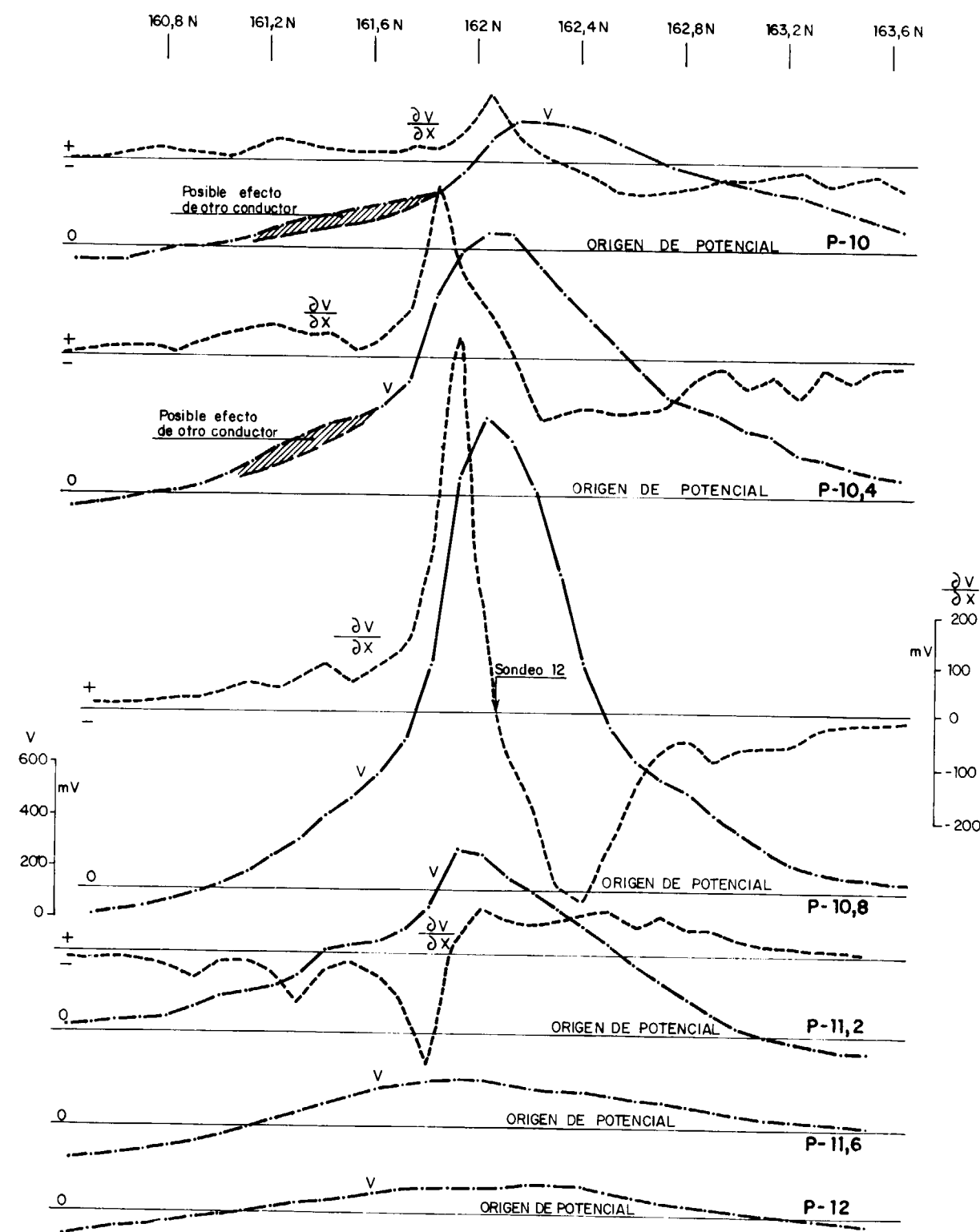


Figura 2.—Puesta a masa. Perfiles de potencial.

Comentamos los trabajos realizados en el sector de Fuenteheridos, según la secuencia de operaciones en que estos se estructuraron.

### 3.1. Puesta a masa

El sondeo núm. 12 atravesó una zona mineralizada entre 10 y 20 m. de profundidad, con elevados contenidos en Pb y Ag. Se trató de conocer tanto la continuidad de la mineralización como la posible presencia en otros cuerpos de características similares en su entorno.

Dado que no se trata de una mineralización de sulfuros masivos se estimó que el plano de equipotenciales no reflejaría toda la riqueza de información que el método es capaz de aportar y que en consecuencia sería más adecuado trabajar por el sistema de gradientes para obtener perfiles de potencial y gradientes de potencial una vez establecido el adecuado convenio de signos en emisor y receptor.

Los datos más significativos en la ejecución de este trabajo fueron: Intensidad de emisión 2,4 A, MN=10 m. transmisor GE-400 alimentado por un generador, receptor digital INTERSIL con 200 Mohm de impedancia de entrada.

Observando los perfiles agrupados en la figura 2, junto con el plano de equipotenciales de la figura 3, se deducen las siguientes conclusiones:

a) El carácter «conductor» de la mineralización es poco intenso y únicamente se pueden atribuir los buenos resultados obtenidos al hecho de que ésta es muy superficial. Obsérvese al respecto la notable caída de potencial entre perfiles adyacentes.

b) Se trata de una mineralización buzante al N con continuidad en los perfiles 10, 10,4 y 11,2. Parece probable que incluso continúe hacia el oeste más allá del perfil 10, que es el último medido. El límite sur del lentejón mineralizado puede definirse claramente como eje del «conductor», que se manifiesta en los puntos de gradiente de potencial nulo.

La continuidad hacia el norte es más problemática de precisar, aunque a grosso modo corresponde con el límite señalado en la figura 3.

c) En los perfiles 10 y 10,4, aparte de la mineralización intersectada por el sondeo núm. 12,

se detecta otro «conductor» en la zona de las estaciones 161,6 N, es decir, a muro posicional de la primera.

Esta segunda mineralización no está conectada con la del sondeo núm. 12 y su manifestación es nula en el plano de equipotenciales, y débil, pero suficiente, en los perfiles de potencial.

### 3.2. Polarización inducida

El planteamiento de su aplicación se ha establecido en dos fases: La primera, de tipo cualitativo, destinada a localizar de una forma rápida y efectiva la presencia de anomalías de elevada cargabilidad mediante el reconocimiento general de zonas por el sistema de gradientes. La segunda fase a realizar sobre las zonas anómalas resultantes de la primera se orientó al empleo de dispositivos de medida que pudieran resolver aspectos geométricos de las mineralizaciones: posición de la cabecera, extensión en profundidad, buzamiento, resolución de anomalías complejas, etc.

Pese a que la zona finalmente estudiada es sensiblemente más extensa, presentamos en el plano número 4 únicamente uno de los bloques medidos por el sistema de gradientes. Este bloque coincide básicamente con la zona de aplicación de Puesta a Masa lo que nos permitirá la correlación de resultados.

#### 3.2.1. Bloques de cargabilidad

El carácter altamente resistivo de las rocas en que encaja la mineralización es un factor condicionante en el sentido de hacer obligado el empleo de un transmisor de gran potencia para conseguir señales medibles con fiabilidad en toda la zona de muestreo.

Los datos técnicos de las operaciones en campo fueron los siguientes:

Dominio de tiempos con Transmisor SCINTREX TSQ-3 (3 KVA).

Receptor IPR-8, T=2 seg., t=2 seg. lecturas  $M_{2231}$ ,  $M_{2232}$ ,  $M_{2233}$

representándose únicamente  $M_{2232}$  AB=900 m., MN=20 m.

Sobre la figura 4 quedan recogidos los resulta-

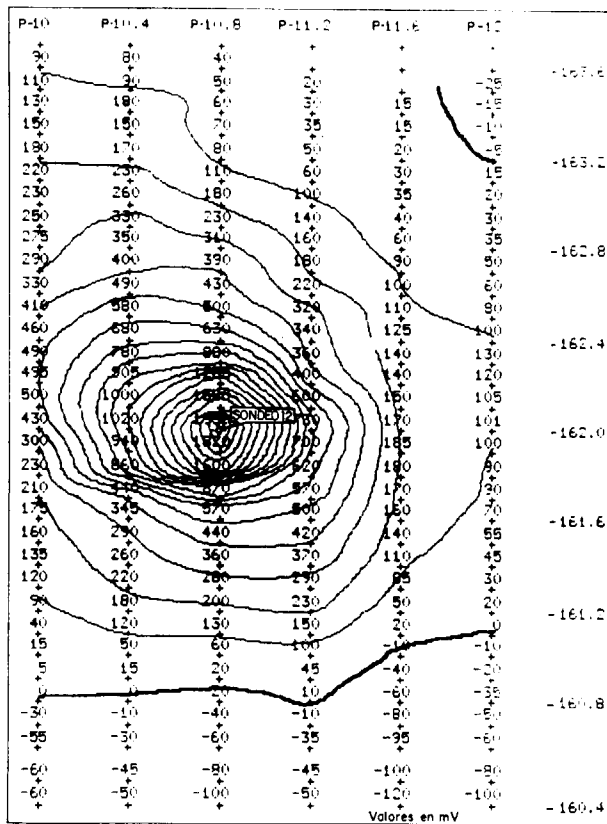


Figura 3.—Puesta a masa. Plano de equipotenciales.

dos del bloque y de ellos se pueden deducir las conclusiones siguientes:

a) Los valores de cargabilidad correspondientes a zonas estériles oscilan entre 20 y 30 ms, mientras que las anomalías significativas se inician con valores mayores de 35 ms y superan normalmente los 60 ms. Diferencias, pues, suficientemente intensas como para considerar positivo el ensayo del método de PI.

b) En este sector existen tres anomalías perfectamente definidas, de las cuales una, situada en la esquina NO, queda abierta en este bloque y se ha cerrado con los adyacentes.

c) La anomalía principal corresponde exactamente con los límites definidos mediante la Puesta a masa realizada algunas semanas antes para la mineralización intersectada en el sondeo 12.

d) Se confirma la presencia del segundo «conductor» localizado con la Puesta a masa en los perfiles 10 y 10.4. Es la anomalía de cargabilidad

situada hacia el SO de la descrita en el párrafo anterior.

e) Con ciertas variaciones, el estilo general en la distribución de isocargas refleja la presencia de anomalías aisladas entre sí con una extensión similar o mayor a las del bloque comentado. Refiriéndonos a un ámbito mayor que el de un simple bloque, el conjunto de anomalías parece distribuirse a lo largo de dos bandas paralelas de rumbo ONO-ESE con límites bien definidos. Queda abierta a la interpretación geológica la posible explicación de este hecho.

3.2.2. Perfiles polo-dipolo y dipolo-dipolo

Con el mismo equipo y parámetros de medida que en el sistema de gradientes, se chequearon los dispositivos polo-dipolo combinado:

$$A_{80} M_{20} N (B_{\infty})$$

$$A_{140} M_{20} N (B_{\infty})$$

$$\text{y } M_{20} N_{80} A (B_{\infty})$$

y dipolo-dipolo con  $AB=MN=20$  m y  $n=7$ .

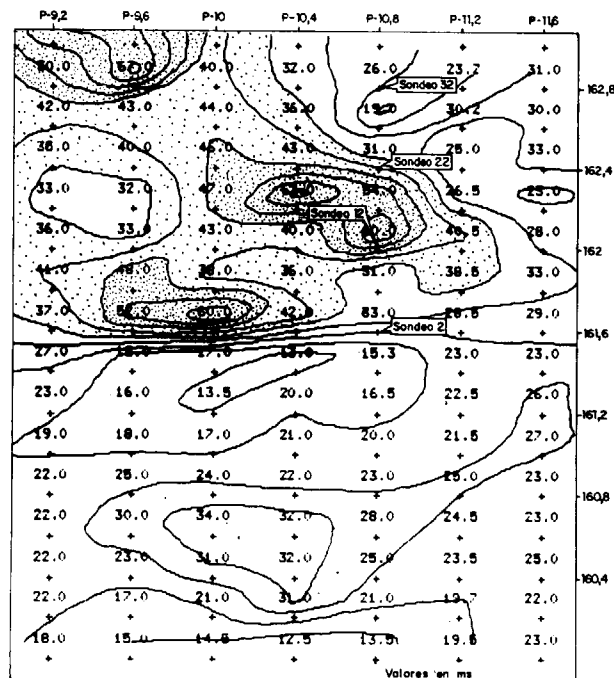


Figura 4.—Distribución de cargabilidades por el sistema de gradientes.

Como perfil de ensayo se eligió el núm. 10,8, porque sobre él existe un buen control por sondeos mecánicos y atraviesa la principal anomalía detectada mediante el dispositivo de gradientes. La toma de datos se prolongó hacia el N, cubriendo una longitud total superior a 500 m. y los resultados obtenidos permiten establecer las conclusiones que se indican a continuación (ver figura 5):

a) Los dispositivos polo-dipolo reflejan cualitativamente la presencia de anomalías positivas de cargabilidad, pero con el inconveniente de que el sistema de atribución de valores provoca desplazamientos laterales importantes de las mismas. Este hecho se agrava notablemente en presencia de más de un cuerpo mineralizado, en cuyo caso puede resultar prácticamente imposible localizar la verdadera posición de los cuerpos anómalos y la definición de buzamientos o límites de los mismos. En consecuencia, los errores potenciales en la futura ubicación de sondeos pueden ser muy importantes.

b) Para los dispositivos polo-dipolo con distintas aperturas entre electrodos —diferentes penetraciones teóricas— no se aprecian variaciones notables en las curvas de cargabilidad que hemos obtenido. En consecuencia, el control de la extensión en profundidad de una potencial mineralización a través del empleo de varios dispositivos polo-dipolo con distintos espaciados parece contar con pocas probabilidades de éxito.

c) El nivel de «ruido» producido por la presencia de contactos litológicos, diseminaciones superficiales sin interés, etc., enmascara en cierto modo las curvas de cargabilidad añadiendo argumentos para considerar este tipo de dispositivos como de muy escasa utilidad en el caso presente.

d) Con el dispositivo dipolo-dipolo se combinan dos aspectos importantes para el estudio de las mineralizaciones consideradas: Mayor focalización y mayor control de la evolución de las anomalías en profundidad.

e) Es de la mayor importancia alcanzar el nú-

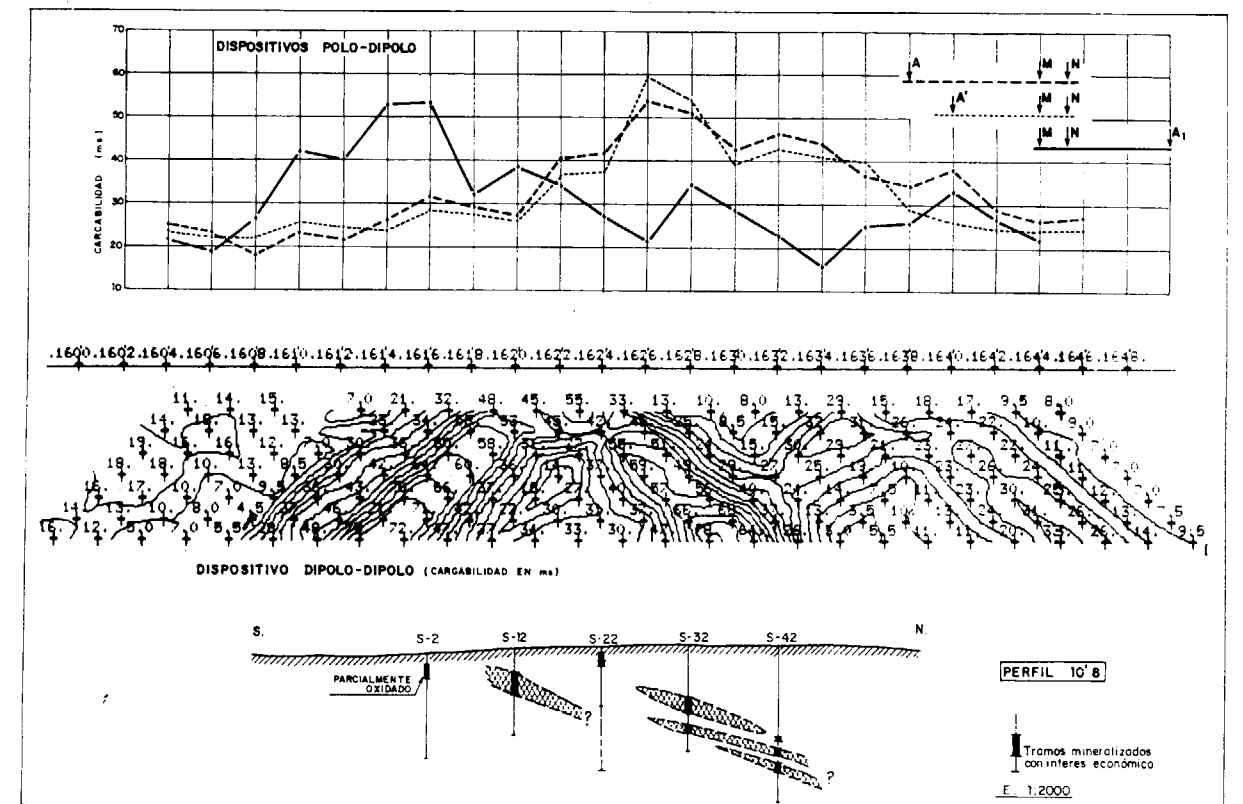


Figura 5.—Comparación de resultados para dispositivos polo-dipolo y dipolo-dipolo.

mero de posiciones del receptor, para cada posición del emisor, más elevado posible. Con ello se ayuda notablemente a la posible discriminación de anomalías complejas y más cuando alguno de los cuerpos anómalos se sitúa a cierta profundidad. Al respecto, si se analizan los resultados del perfil (fig. 5) de nuestro caso se puede apreciar como, si  $n$  hubiera sido igual a 5 (eliminar las dos últimas filas de valores) habría resultado más dudosa la afirmación de la existencia de dos zonas mineralizadas en este perfil.

f) La anomalía correspondiente a la mineralización principal, que es la intersectada por el sondeo núm. 12, es espectacular tanto en su morfología como en su intensidad. Conjuntamente con la situada más al N puede interpretarse identificando la posición y buzamiento de los cuerpos mineralizados; expresándose los parámetros geométricos en unidades o fracción de la distancia MN entre electrodos de recepción. Así se ha realizado y los resultados son los expresados en la figura 6.

g) Consecuencias prácticas de la interpretación

del perfil 10,8: En primer término parece evidente la conveniencia de reprofundizar el sondeo 22 para tratar de intersectar la presumible prolongación del nivel mineralizado cortado por el sondeo 21. De todos modos, por las características de estas mineralizaciones pueden esperarse variaciones importantes en la potencia del tramo de interés. Dicho en otras palabras, el cuerpo anómalo desde el punto de vista geofísico no tiene necesariamente por qué ser homogéneo en lo que respecta a la mineralización, sino que puede considerarse como un conjunto de niveles o lentejones con mineralización de diversa entidad englobados dentro de una zona o una banda asimilable al modelo geofísico utilizado en la interpretación.

El hecho de que los sondeos 32 y 42 hayan intersectado niveles mineralizados de interés variable apoyan las ideas expuestas.

La anomalía B, situada más al N, no ha sido atravesada por ningún sondeo y aunque parece de menor interés cualitativo que la A se propone su reconocimiento mediante un sondeo vertical de 35 metros situado en la estaca 163,6.

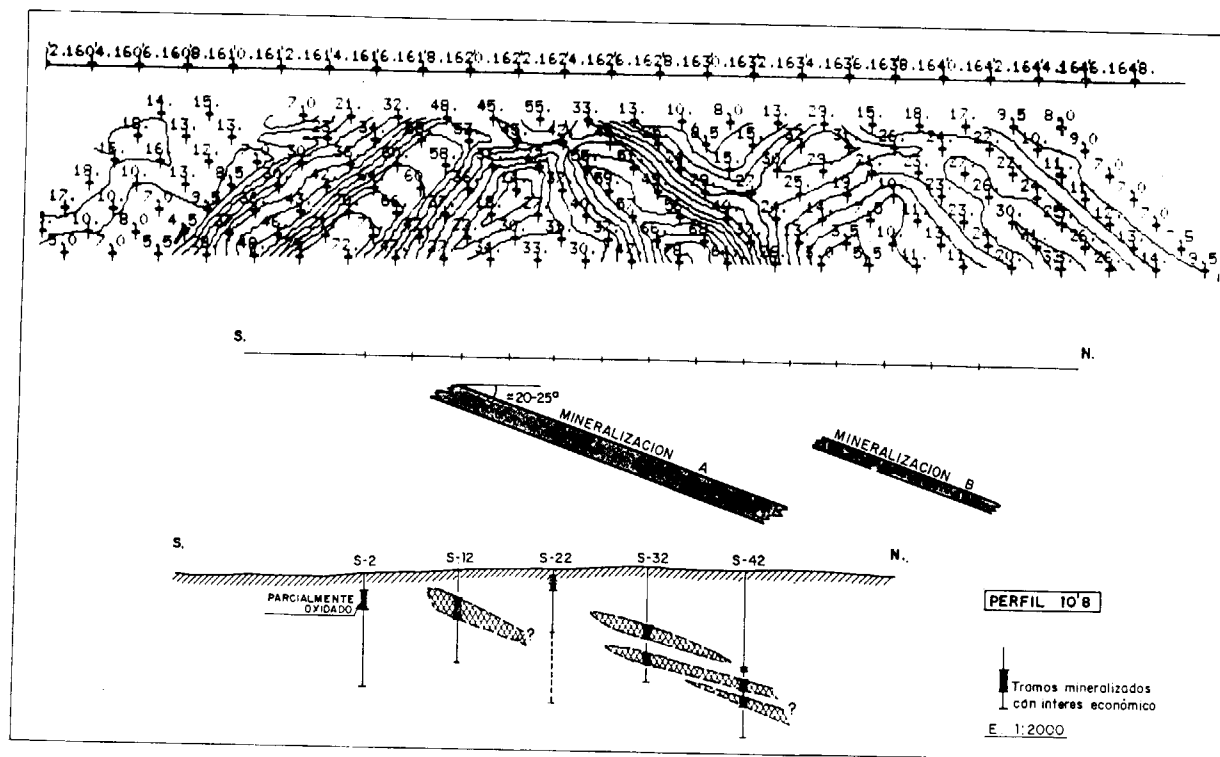


Figura 6.—Interpretación geofísica del perfil dipolo-dipolo y resultados de los sondeos mecánicos.

Por último, respecto al sondeo 2 se puede ver que se sitúa en el límite de los valores bajos de anomalía del plano núm. 4. El tramo superficial de mineralización intersectada está sensiblemente oxidado y ello justifica su pobre respuesta de cargabilidad.

h) Los datos obtenidos y la interpretación realizada en otros perfiles similares dentro del área de estudio confirman la gran utilidad del dispositivo dipolo-dipolo. Y ello por la resolución de aspectos semicuantitativos respecto a la geometría de los cuerpos anómalos como cualitativamente, reflejando en función de los valores de cargabilidad el mayor o menor contenido de sulfuros metálicos de los mismos.

### 3.3. Magnetometría

Midiendo con un magnetómetro de protones con precisión de  $\pm 1$  gamma, se recorrieron cuatro perfiles con anomalías significativas de PI obteniendo valores prácticamente invariables en todos ellos. Parece evidente la inutilidad del método en el sector estudiado.

### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con el trabajo realizado, que estimamos no involucra más allá de 50-60 m. de profundidad, y el control que los sondeos mecánicos han permitido ejercer sobre el mismo, queda demostrada claramente la utilidad de la Polarización Inducida en la prospección de las mineralizaciones de sulfuros del área de Aracena. Aparte de los datos presentados en este trabajo, el estudio se ha extendido a un área unas seis veces mayor y se han utilizado los datos de 10 sondeos de reconocimiento existentes en la misma.

Ahora bien, hay otros factores de gran trascendencia que deben ser tenidos en consideración. El análisis químico de las mineralizaciones sugiere la existencia de diversos tipos de asociaciones minerales con respuesta geofísica diferenciada. No disponemos de datos suficientes en este momento para profundizar en este tema, pero constituye un aspecto sustancial de cara a la mejor valoración de anomalías.

Es importante el hecho de que en ciertos casos los mayores contenidos de Ag van directa-

mente asociados con los mayores contenidos de Zn sin aparente relación con el Pb. En otros la relación directa es Pb-Ag. La respuesta de la galena es muy diferente de la de la blenda en el método de PI. Añádase a este hecho las posibles variaciones en el contenido de pirita asociada y la consecuencia no puede ser otra sino que se necesita un control riguroso de los resultados geofísicos.

Los valores de resistividad obtenidos simultáneamente con los de cargabilidad no han aportado ningún tipo de utilidad, lo cual era previsible en cierto modo dado el carácter de las mineralizaciones estudiadas. Únicamente en el caso de que estas fueran muy ricas, la aplicación del método de Puesta a masa ofrece algunas posibilidades serias de empleo de los métodos por cc.

Teniendo en cuenta tanto el potencial de la zona como la historia de su exploración más reciente, consideramos que la Geofísica no puede continuar siendo ignorada en futuras actuaciones, siempre que estas se planteen de una forma técnica y racional.

Nuestro planteamiento para una futura aplicación de métodos geofísicos en la zona sería la siguiente:

#### 1.ª Fase

Reconocimiento general del área a estudiar mediante Polarización Inducida en dominio de tiempos aplicada según el sistema de gradientes. Este método es rápido y permite realizar un reconocimiento bastante exhaustivo a bajo coste. Factores a considerar en su ejecución: Amplitud de la línea de emisión y necesidad de una gran intensidad en la misma. De esta fase se pretende únicamente la identificación y selección de áreas de interés con independencia de la presencia o no de indicios superficiales o anomalías geoquímicas.

#### 2.ª Fase

Estudio detallado de las anomalías más significativas definidas en la fase anterior. Aplicando también el método de PI en dominio de tiempos con dispositivo dipolo-dipolo y procurando que como mínimo se lean siete posiciones del receptor para cada posición del dipolo emisor. La utilidad de esta fase estará no tanto en la ubicación de

los sondeos de reconocimiento —que podría establecerse a partir de la primera— sino en la optimización de su desarrollo al permitir estimar objetivamente las profundidades que deben alcanzarse y las que no conviene sobrepasar.

### 3.ª Fase

De aplicación exclusivamente en el entorno de los sondeos que atraviesen mineralizaciones consideradas muy ricas se realizaría mediante el método de Puesta a masa para definir la continuidad lateral en detalle de la citada mineralización. En cualquier caso no debe dejarse de considerarse el hecho de que hablamos de disseminaciones, aunque sean ricas, y no de mineralizaciones masivas. El hecho de que nuestra experiencia en el caso presentado haya sido positiva al respecto, no significa necesariamente que en otros casos el método pueda ser igualmente resolutivo. Cada situación requerirá tener en consideración todos sus factores condicionantes. Los estudios geofísicos han de realizarse tras un análisis serio del problema

planteado y hoy más que nunca la técnica ofrece medios y el profesional geofísico ha de tener recursos que permitan desterrar para siempre la aplicación de recetas de incierta justificación. Nos movemos en temas de indudable trascendencia económica y cualquier propuesta o recomendación debe ser soportada por un trabajo concienzudo y no por la intuición más o menos afortunada.

### 5. AGRADECIMIENTOS

Queremos manifestar nuestro reconocimiento a CHARTER EXPLORACIONES, S. A., y muy especialmente al Sr. Jaques, tanto por darnos la oportunidad de llevar adelante los ensayos propuestos, como por permitirnos esta publicación de síntesis de resultados. Resultados en los que Pepe y Paco Cedillo y Antonio Alvaro tienen por lo menos el 50 por 100 de responsabilidad. A ellos por su dedicación y buen hacer en la toma de datos de campo nuestro agradecimiento.

Recibido: enero de 1985.

## Modelos de silicificación en los carbonatos lacustres-palustres del Paleógeno del borde NE de la Cuenca del Tajo

Por MARIA ARRIBAS (\*) y MARIA A. BUSTILLO (\*\*)

### R E S U M E N

En los sedimentos paleógenos del NE de la Cuenca del Tajo, existen episodios de sílex que aparecen repetidamente en secuencias de sedimentación carbonática lacustre-palustre, dentro de las secciones de Torremocha de Jadraque y Huérmeces del Cerro.

Los materiales que constituyen las secuencias han sido clasificados en cuatro tipos: *carbonatos coherentes* (calizas homogéneas, dolomías, brechas calcáreas, calizas oquerosas y calizas nodulosas); *carbonatos deleznales* (chalks, chalks dolomíticos, margas, margas dolomíticas); *facies detriticas* y *facies arcillosas*. De todo este conjunto de facies el sílex se localiza preferentemente en las calizas homogéneas y en los tramos de arcillas sepiolíticas. Los sílex están formados fundamentalmente por cuarzo  $\alpha$ . El ópalo C-T aparece sólo en la corteza que rodea a los nódulos más modernos y en aquellos nódulos incluidos en las arcillas sepiolíticas, porque las arcillas retardan la transformación ópalo C-T  $\rightarrow$  cuarzo. Los tipos principales de sílex definidos: cristalino y mate, son explicados por la diferente disponibilidad de sílice intersticial en el medio, apareciendo formas compuestas de ambos, cuando la silicificación se realiza en etapas sucesivas en las que varía esta disponibilidad de sílice.

Las silicificaciones son diagenéticas tempranas y se originan en épocas de retracción del lago según dos modelos: A) En ambiente vadoso, a techo del nivel freático. B) Bajo lámina de agua cuando el espesor de la lámina de agua es pequeña. En este segundo caso previamente tienen lugar procesos de dolomitización y neoformación de arcillas magnesianas. La silicificación sería el último proceso que afecta sólo a las facies calcáreas más someras, no coexistiendo nunca con la dolomitización.

### A B S T R A C T

In the sections of Torremocha de Jadraque and Huérmeces del Cerro of the NE sector of the Tertiary basin, cherts in the palustrine-lacustrine Paleogene carbonate rock are included.

The following lithological facies have been distinguished: *Hard Carbonates* (homogeneous limestones, dolomitic limestones, calcareous breccias, holey limestones, and nodular limestones), *Powdery Carbonates* (chalks, dolomitic chalks, marls, and dolomitic marls), *conglomerates*, *sandstones* and *lutites*. The nodules and nodular layers of chert are included preferentially in homogeneous limestones and sepiolitic clays.

The chert is composed of  $\alpha$ -quartz. The opal-CT appears only in the rims of the youngest cherts and in the nodules included in sepiolitic clays. The latter is due to the fact that the clay delays the opal CT  $\rightarrow$  quartz transformation.

Two main kinds of chert are defined: crystalline and matt chert. The crystalline chert is formed by a very intense silicification and has no remains of the host-rock. In the matt chert the silicification is weak and prevails many remains of the host-rock. The amount of interstitial silica in the pore fluid of the carbonate sediment is responsible for these two kinds. Cherts composed of both kinds appear when two successive silicification processes, involving different silica amounts, take place.

The early silicification is produced during the retraction of the lake according to two models: A) Vadose environment. The silicification was possibly caused by the evaporation at the top of the water table or by the mixture of siliceous ground water with more acidic infiltrating rain water. B) Under lake water, when the lake is near desiccation. In this second case the early silicification took place only in littoral limestones, without the dolomitization and neoformation of Mg-clays that affect the more profundal carbonates.

(\*) Departamento de Petrología. Facultad de Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.

(\*\*) Departamento de Geología, José Gutiérrez Abascal, 2, CSIC. Madrid.

1. INTRODUCCION

En los sedimentos paleógenos que forman parte del relleno de la Cuenca Terciaria del Tajo en su borde septentrional, destacan numerosos niveles nodulares y nódulos de sílex en las localidades de Torremocha de Jadraque y Huérmeces del Cerro (Guadalajara). Los niveles silíceos aparecen repetidamente dentro de rocas calcáreas o arcillosas presentando estructuras complejas y posiciones determinadas dentro de los episodios carbonatados.

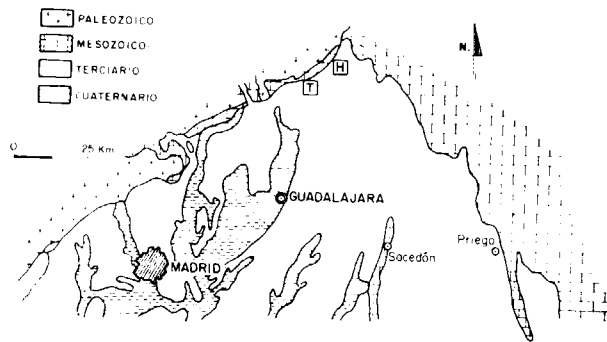


Figura 1.—Mapa de situación de las secciones estratigráficas.

En general, los episodios de sílex formados por silicificación pueden ser independientes de la sedimentación, con lo cual el medio sedimentario no influye directamente, o pueden estar muy relacionados con ella, a pesar de constituirse postsedimentariamente.

El estudio conjunto de las características petrológicas de los episodios silíceos y de las rocas asociadas, tal y como se plantea en este trabajo, permite determinar las condiciones de formación generales que originan la coexistencia de las rocas silíceas con el resto de los sedimentos. El estudio del sílex puede desvelar a su vez ciertas características de la sedimentación que no quedan bien reflejadas en la actualidad en los sedimentos asociados (procesos de bioturbación, presencia de minerales evaporíticos, existencia de materia orgánica, ..., etc.).

2. ENMARQUE ESTRATIGRAFICO

La sucesión paleógena en la que se centra este estudio se apoya discordantemente sobre los ma-

teriales margoso-yesíferos, que en parte constituyen el tránsito con el Cretácico Superior marino (Unidad basal, DÍAZ MOLINA y LÓPEZ MARTÍNEZ, 1979; Unidad de Jadraque-Cogolludo, PORTERO, 1984). Su techo se encuentra parcialmente cubierto y erosionado, y la potencia máxima medida es de 880 m. en el sector de Torremocha de Jadraque y la mínima de 400 m. en el sector de Huérmeces del Cerro. La sucesión paleógena está constituida por dos unidades: Unidad Carbonatada y Unidad Detrítica (fig. 2).

La *Unidad Carbonatada* queda situada en la mitad inferior de la sucesión paleógena, y se caracteriza por presentar una alternancia de litologías carbonatadas (margas, margas dolomíticas, calizas, calizas con sílex y dolomías) con algunas intercalaciones de materiales detríticos (areniscas y conglomerados) y arcillosos. La potencia de la unidad carbonatada varía desde 400 m. en los sectores de Beleña de Sorbe y Huérmeces del Cerro, hasta 500 m. en el sector de Torremocha de Jadraque.

La *Unidad Detrítica* se sitúa encima de la anterior, siendo el tránsito entre ambas unidades gradual. Esta unidad está formada por una sucesión de litologías detríticas (limos, areniscas y conglomerados) y en ocasiones puede presentar alguna intercalación de sedimentos carbonáticos. Su potencia es variable, alcanzando un valor máximo de 350 m. en el sector de Beleña de Sorbe y un valor mínimo de 200 m. en el sector de Huérmeces del Cerro.

Los sedimentos paleógenos presentan tipos de facies similares en todos los afloramientos encontrados. La evolución de las facies en sentido vertical se caracteriza por la presencia de facies carbonatadas lacustres en la base (ARRIBAS, 1984), y facies detríticas de abanicos aluviales a techo (ARRIBAS et al., 1983), correspondiendo a las unidades carbonatada y detrítica, respectivamente.

En esta sucesión paleógena existen varios yacimientos de fósiles, en las localidades de Torrebeleña, Torremocha de Jadraque, Espinosa de Henares, Viana de Jadraque y Huérmeces del Cerro. Los fósiles corresponden tanto a fauna y flora lacustre (gasterópodos, caráceas, anfibios, cocodrilos, peces, etc.) como a fauna terrestre (micromamíferos), dando esta asociación faunística una edad para la base de la sucesión paleógena de al menos Headoniense (ARRIBAS et al., 1983).

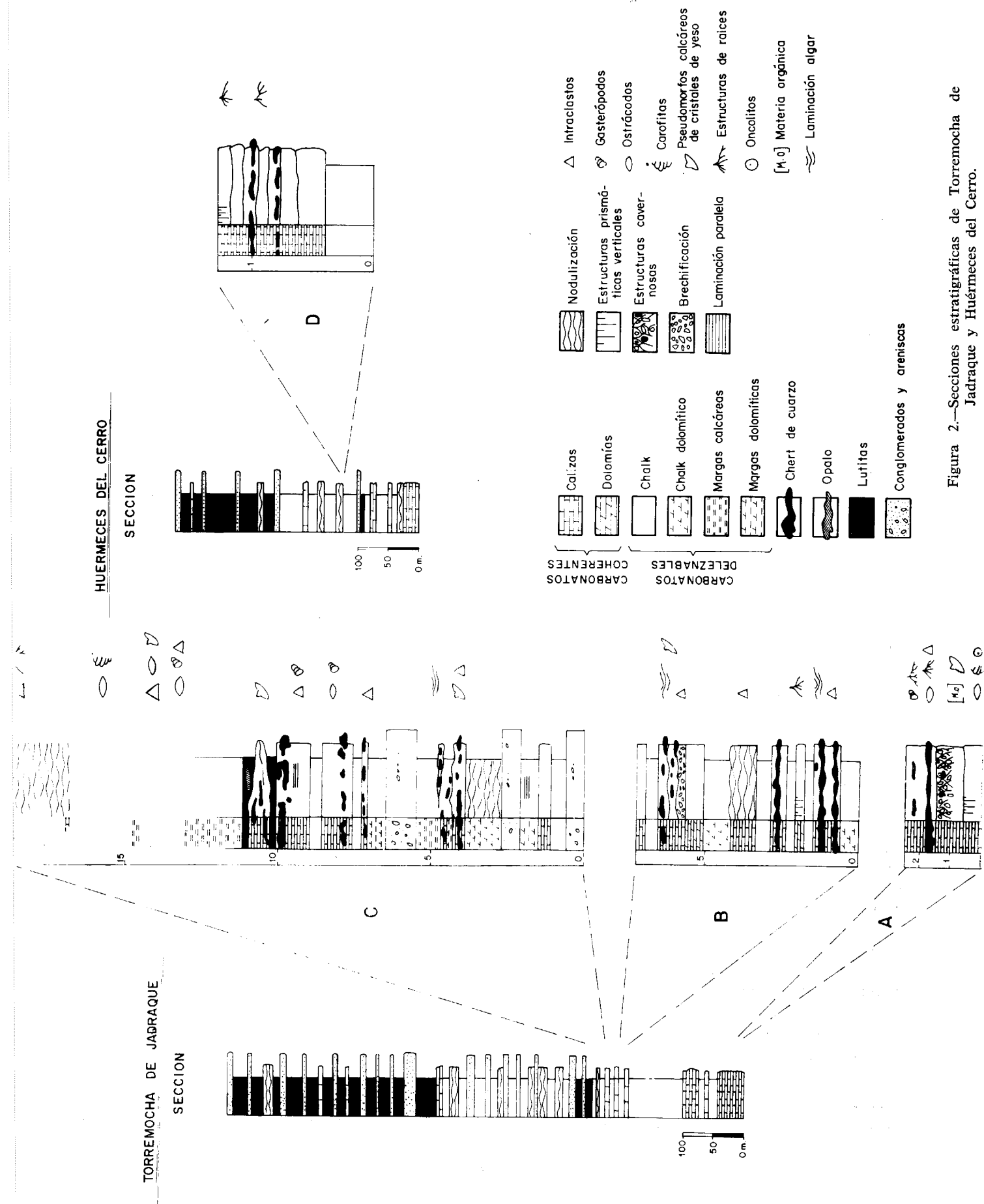


Figura 2.—Secciones estratigráficas de Torremocha de Jadraque y Huérmeces del Cerro.

### 3. DESCRIPCIÓN DE FACIES

En las secciones estratigráficas de Torremocha de Jadraque y Huérmeces del Cerro (fig. 2), y dentro de los tramos con nódulos y niveles nodulares de sílex de la Unidad Carbonatada, se diferencian distintos tipos de facies carbonatadas, detríticas y arcillosas.

#### 3.1. FACIES CARBONATADAS

El estudio en detalle de las facies carbonatadas reveló una gran diversidad de tipos de sedimentos. En un primer intento de clasificación se diferenciaron dos grupos de carbonatos en función de la dureza y competencia observables en el campo: carbonatos coherentes y carbonatos deleznales. Asimismo, dentro de estos dos grupos se distinguieron tipos de facies, que a continuación describimos.

##### 3.1.1. Carbonatos coherentes

Es un grupo de facies que se caracteriza por formar niveles o capas continuas, duras, y bien estratificadas. Generalmente, presentan colores blancos y beige. Se distinguen los siguientes tipos:

###### a) Calizas homogéneas

Son cuerpos bien estratificados, no observándose procesos de alteración pedogenética. La potencia oscila entre valores de 0,1 y 2 m. Petrográficamente son: micritas bioturbadas, micritas con pseudomorfo de yeso, micritas con fósiles (gasterópodos, ostrácodos y caráceas), micritas intraclásticas y micritas con laminación algar y a veces oncolitos. Pueden tener una cierta cantidad de residuo insoluble, pero no sobrepasa el 9 por 100. Asimismo, se han detectado en algunas muestras indicios de dolomita. Algunos de estos estratos presentan procesos de silicificación. Se asocian a diferentes tipos de facies carbonatadas tanto coherentes como deleznales.

###### b) Dolomías con o sin estructuras prismáticas verticales

Son poco frecuentes, y pueden presentar una disyunción columnar a techo de los estratos formando estructuras prismáticas verticales, debido

a procesos de tipo edáfico. La potencia oscila entre valores de 0,30 y 0,60 m. Petrográficamente son dolomicritas. La matriz de estas microfacies presentan procesos de fracturación y cementación esparítica en grietas y canales perpendiculares a la estratificación, debido probablemente al proceso de bioturbación observado a la macroescala (penetración de raíces). Se asocian a facies de chalk dolomítico.

###### c) Brecha calcárea

Es un tipo de facies muy rara, localizándose en los tramos A y B de la Sección de Torremocha de Jadraque. Esta brecha calcárea está formada por fragmentos o clastos de calizas margosas englobados por una matriz margosa suelta o bien por un cemento esparítico. Petrográficamente, los clastos corresponden a micritas con procesos de cementación. El cemento esparítico rellena vugs, canales y halos alrededor de intraclastos que se diferencian dentro de la micrita. Se asocian a facies de calizas homogéneas con procesos de silicificación y dolomías.

###### d) Calizas oquerosas

Son un tipo de facies que se presentan en las bases de las Secciones de Torremocha de Jadraque y de Huérmeces del Cerro, aunque en esta última sección no se observó con silicificaciones. La potencia de estas facies oscila entre 0,4 y 1,2 m. Son masivas y presentan un aspecto acarniolado, con una gran porosidad debida a procesos de disolución. Los poros son de tipo caverna y suelen encontrarse revestidos por sílice y arcillas. Petrográficamente, son pseudoesparitas e intrapseudoesparitas con fuertes procesos de recristalización. Sin embargo, de manera puntual el proceso de recristalización no llega a ser tan intenso y se pueden diferenciar restos de un primitivo sedimento micrítico con apariencia estromatolítica. Se asocian a facies de calizas homogéneas con o sin procesos de silicificación.

###### e) Calizas nodulosas

Son masivas y no se diferencian bien los planos de estratificación debido a los fuertes procesos de nodulización. Van acompañadas a procesos de marmorización. La potencia oscila entre valores de 0,80 y 2 m. Dentro de estas facies se han observado intraclastos y bioturbación debida a raíces.

Petrográficamente, son micritas con escasa fauna, pero con una cementación esparítica en poros de tipo: canal, «vugs», halos, etc., debida posiblemente a raíces. Se asocian a facies de calizas homogéneas y margas.

#### 3.1.2. Carbonatos deleznales

Es un grupo de facies que se caracterizan por que no tienen cohesión, formando sedimentos sueltos, sin cementar y con colores blancos o beige, en general. La determinación de los diferentes tipos se ha realizado en base a la proporción de residuo insoluble y a la cantidad de dolomita en el carbonato. Aquellas muestras con más del 20 por 100 de residuo insoluble se han clasificado como margas, y aquellas con más del 20 por 100 en dolomita han sido consideradas de carácter dolomítico. Los estudios de mineralogía de arcillas realizados sobre los residuos insolubles determinaron la presencia frecuente de la asociación smectita-paligorskita-mica. Los diferentes tipos petrológicos definidos son:

###### a) Chalks

La proporción de calcita oscila entre el 80-95 por 100, siendo el resto arcillas y terrígenos de cuarzo. La potencia varía entre 0,25 y 2 m. Se asocian a tipos diferentes de facies carbonatadas coherentes.

###### b) Chalks dolomíticos

También forma un tipo de facies pulverulenta cuya composición mineralógica varía entre un 80 y un 95 por 100 en carbonato, teniendo este carbonato entre un 25 y un 65 por 100 de dolomita. El residuo insoluble es arcilloso y contiene terrígenos de cuarzo. La potencia de estos niveles oscila entre 0,6 y 1,2 m. Se asocian a dolomías y a calizas homogéneas con nódulos de sílex.

###### c) Margas

Son muy escasas, localizándose unos pocos niveles. El aspecto es semejante al resto de las facies anteriormente vistas, pero con un incremento importante en la cantidad de residuo insoluble (20-50 por 100). El carbonato que forma esta facies es calcita, pudiendo llegar a tener indicios de dolomita. La potencia de estos niveles fluctúa entre 0,3 y 2 m. Se asocian a facies de calizas homogéneas.

###### d) Margas dolomíticas

Estos sedimentos carbonatados se caracterizan por tener frecuentemente un residuo insoluble entre el 45 y un 55 por 100. La proporción de dolomita oscila entre el 20-100 por 100 del total de carbonatos. El residuo insoluble es de arcillas fundamentalmente. Este sedimento suele tener colores verdosos y presentar una marcada laminación milimétrica. La potencia de estos niveles varía entre 0,5 y 0,8 m. Van asociados a facies de calizas homogéneas con nódulos de sílex y a cuerpos de areniscas carbonáticas.

#### 3.2. FACIES DETRÍTICAS: ARENISCAS Y MICROCONGLOMERADOS

Son cuerpos de base y techo planoparalelos («sheets»). La estructura interna de estos cuerpos es, por lo general, masiva, aunque suelen presentar también laminación paralela. A veces en su interior se ha observado alineación de cantos en hileras paralelas a la estratificación, y se encuentran tanto a techo como en la base de estos cuerpos. Se han localizado también cantos blandos arcillosos. El tamaño de los granos que se encuentran en su interior está comprendido entre el microconglomerado y la arena fina. Los terrígenos son de cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas carbonatadas, observándose sustituciones de feldespatos por calcita. Los tamaños de los cantos no superan el centímetro. La potencia de estos cuerpos terrígenos oscila entre valores de 0,4 y 1 m. Van asociados a facies de margas calcíticas y dolomíticas laminadas.

#### 3.3. FACIES ARCILLOSAS (ARCILLAS SEPIOLÍTICAS)

Se encuentran formando un nivel dentro del tramo C en la Sección de Torremocha de Jadraque. Tienen un color oscuro marrón, siendo su aspecto acorchado. Los límites de este nivel no son muy precisos, encerrando en su interior facies de calizas homogéneas con nódulos de sílex y nódulos de opalo. La potencia varía entre valores de 1 y 3 metros.

Vemos, por tanto, que de todo el conjunto de facies estudiadas, los nódulos y niveles nodulares de sílex se localizan preferentemente en las ca-

lizas homogéneas y en los tramos de arcillas sepiolíticas, aunque localmente pueden afectar a alguna brecha calcárea palustre.

#### 4. EPISODIOS SILICEOS

Se ha denominado episodio silíceo a un conjunto de nódulos y niveles nodulares de sílex que aparecen incluidos en capas sucesivas de carbonatos y que tienen continuidad lateral.

De acuerdo con este concepto, el análisis de las columnas permite hablar en Huérmeces del Cerro de un solo episodio silíceo y en Torremocha de Jadraque de dos episodios. El inferior de Torremocha es reducido en cuanto a volumen, ya que está formado sólo por tres niveles, sin embargo es complejo en cuanto a los diferentes tipos de manifestaciones silíceas.

Por su aspecto de campo se diferencian tres tipos de niveles o nódulos de sílex: homogéneo de aspecto cristalino, homogéneo de aspecto mate y mixto o compuesto, que está formado por la coexistencia de los dos anteriores en una misma forma nodular o nivel (fig. 3).

##### 4.1. HUERMECES DEL CERRO

Los nódulos y niveles nodulares de sílex se localizan en micritas con fósiles (gasterópodos, ostrácodos y caráceas), a veces con láminas de calcita en empalizadas de origen incierto (fig. 4.1) similares a las que han sido descritas en ambiente kárstico (POMAR et al., 1976). En ocasiones están ligeramente bioturbadas. Estas micritas con fósiles son seguidas por otras con fuerte bioturbación edáfica y mayor proporción de los componentes anteriormente referidos. De esta manera los nódulos se localizan dentro de las capas con menos bioturbación edáfica (asociación de facies número 1, fig. 5).

Los sílex son de tipo homogéneo cristalino. Están constituidos solamente por cuarzo, existiendo pocos restos de la roca caja. Las texturas de silificación más frecuentes son: megacuarzo (mayores de 75  $\mu$ ), con contornos irregulares (puzzle) y extinción ondulosa o flameada, cuarzo micro y criptocristalino, y más minoritariamente quartzine, encontrándose lutecite en casos excepcionales.

Sustituyendo el caparazón de los gasterópodos aparecen cuarzoes elongados debido a la estructura del caparazón.

Dentro de los gasterópodos y en los canales formados por la bioturbación se observan secuencias en las texturas del cuarzo que son interpretadas como secuencias de cementación (figs. 4.2, 4.3 y 4.4). En estas secuencias de cementación, inicialmente, se producen tapizados alternantes de quartzine parda y calcedonita incolora y después son seguidas por mosaicos de cristales de megacuarzo con contornos rectos (figs. 4.2, 4.3 y 4.4). En algunos casos, las texturas fibrosas, que son las primeras texturas de cementación, aparecen ocupando el centro de las cavidades de los gasterópodos, estando el espacio restante próximo a las paredes del caparazón cementado por megacuarzo (fig. 4.2). Esta última secuencia de cementación es anómala, interpretándose como una sección transversal de un cemento silíceo estalactítico que se forma en ambiente vadoso (BUSTILLO y SORIANO, 1980).

Como hipótesis no se puede descartar que las secuencias anteriormente descritas se formen por reemplazamiento de un cemento de esparita anterior que rellenaría la porosidad primaria de los canales de bioturbación y de los fósiles. Sin embargo, el hecho de que no se hayan encontrado vestigios de esta esparita dentro de los gasterópodos silíceos hace más probable la existencia de una cementación primaria por sílice en ambiente vadoso. En algunas cavidades de gasterópodos se advierten primero fenómenos de reemplazamiento sobre rellenos internos micríticos, que ocupaban parte de la cámara, y luego cementación sobre el resto de la cámara, que estaría hueco (fig. 4.5).

Entonces, en la constitución del nódulo hay que hablar de fenómenos de reemplazamiento y fenómenos de cementación, que se originarían en la diagénesis temprana del sedimento.

Por otra parte, la presencia de quartzine es indicativa de ambiente sulfatado o rico en Mg (KASTNER, 1980), condiciones que no quedan reflejadas en los sedimentos de esta serie. Ello puede ser explicado si consideramos que esta textura también está relacionada con ambientes continentales subaéreos y palustres (GEVIN et al., 1975; WATTS, 1980; SUMMERFIELD, 1983; entre otros).

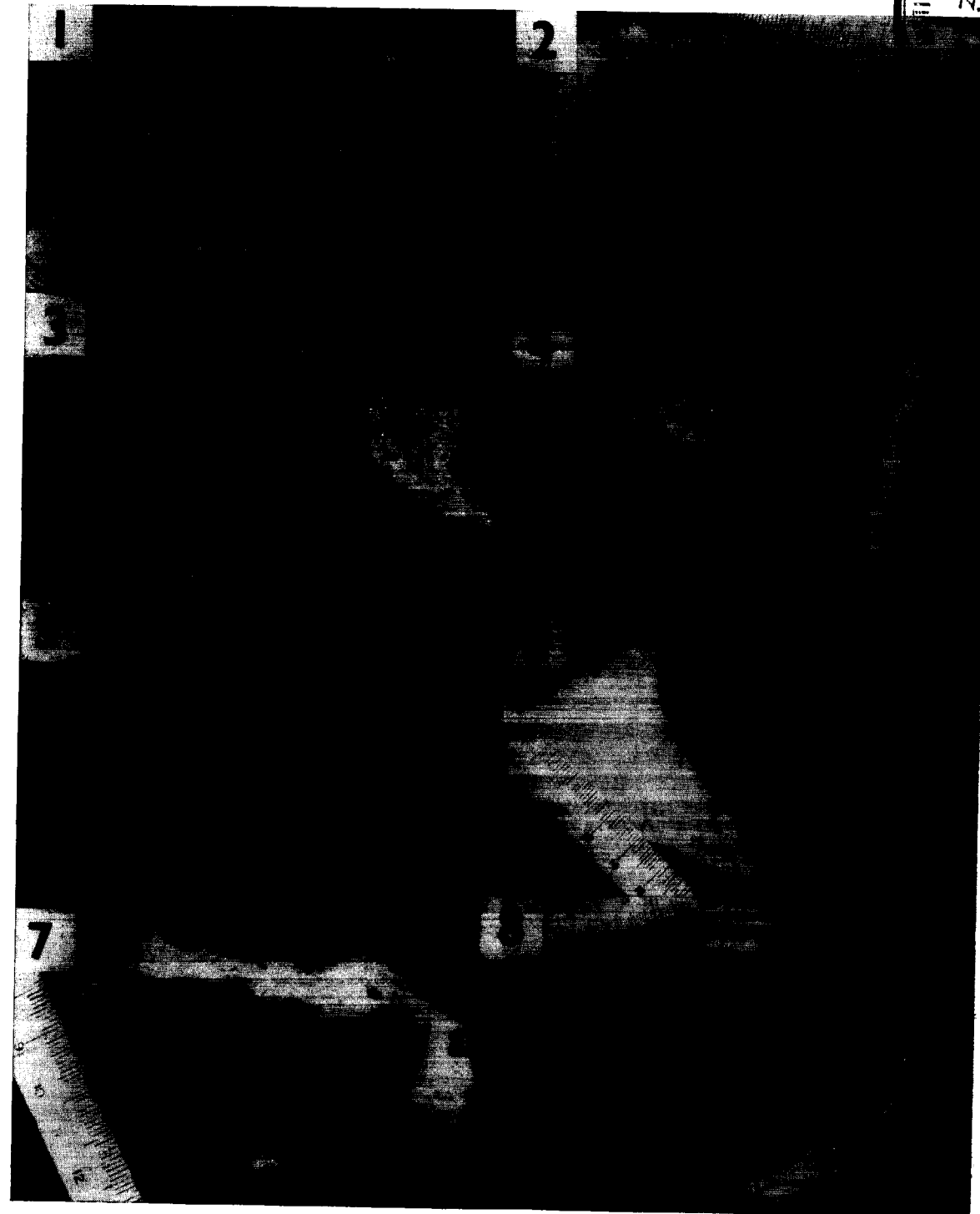


Figura 3.—Secciones pulidas de distintos tipos de sílex. Torremocha de Jadraque.

- 3.1. Nódulo con morfología «en coliflor» en facies de caliza oquerosa. Tramo A.
- 3.2. Nódulo cristalino homogéneo en brecha calcárea palustre. Tramo A.
- 3.3. Nódulo compuesto de sílex mate (a) y sílex cristalino (b). Tramo A.

- 3.4. Nódulo compuesto. Se observa que el sílex mate (a), penetra en el sílex cristalino (b). Tramo A.
- 3.5. Nódulo mate homogéneo en el que se advierten restos de la roca caja carbonática. Tramo C.
- 3.6. Nódulo compuesto de sílex mate (a) y sílex cristalino (b) adaptándose este último al mate. Tramo C.
- 3.7. Nódulo compuesto de aspecto intraclástico: (a): sílex mate; (b): sílex cristalino. Tramo B.
- 3.8. Aureolas alrededor del sílex mate (a). Tramo C.



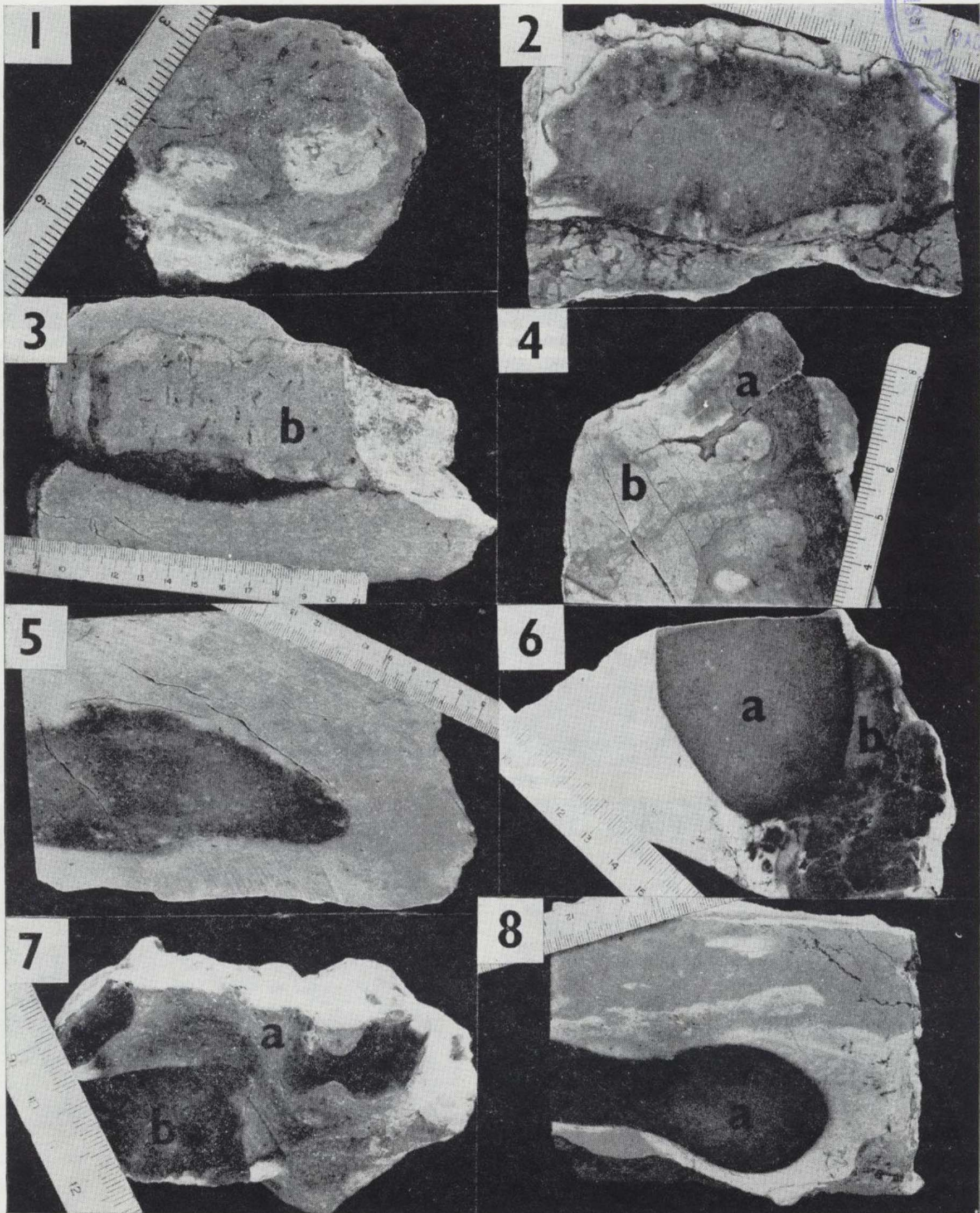


Figura 3.—Secciones pulidas de distintos tipos de sílex. Torremocha de Jadraque.

- 3.1. Nódulo con morfología «en coliflor» en facies de caliza oquerosa. Tramo A.
- 3.2. Nódulo cristalino homogéneo en brecha calcárea palustre. Tramo A.
- 3.3. Nódulo compuesto de sílex mate (a) y sílex cristalino (b). Tramo A.

- 3.4. Nódulo compuesto. Se observa que el sílex mate (a), penetra en el sílex cristalino (b). Tramo A.
- 3.5. Nódulo mate homogéneo en el que se advierten restos de la roca caja carbonática. Tramo C.
- 3.6. Nódulo compuesto de sílex mate (a) y sílex cristalino (b) adaptándose este último al mate. Tramo C.
- 3.7. Nódulo compuesto de aspecto intraclástico: (a): sílex mate; (b): sílex cristalino. Tramo B.
- 3.8. Aureolas alrededor del sílex mate (a). Tramo C.

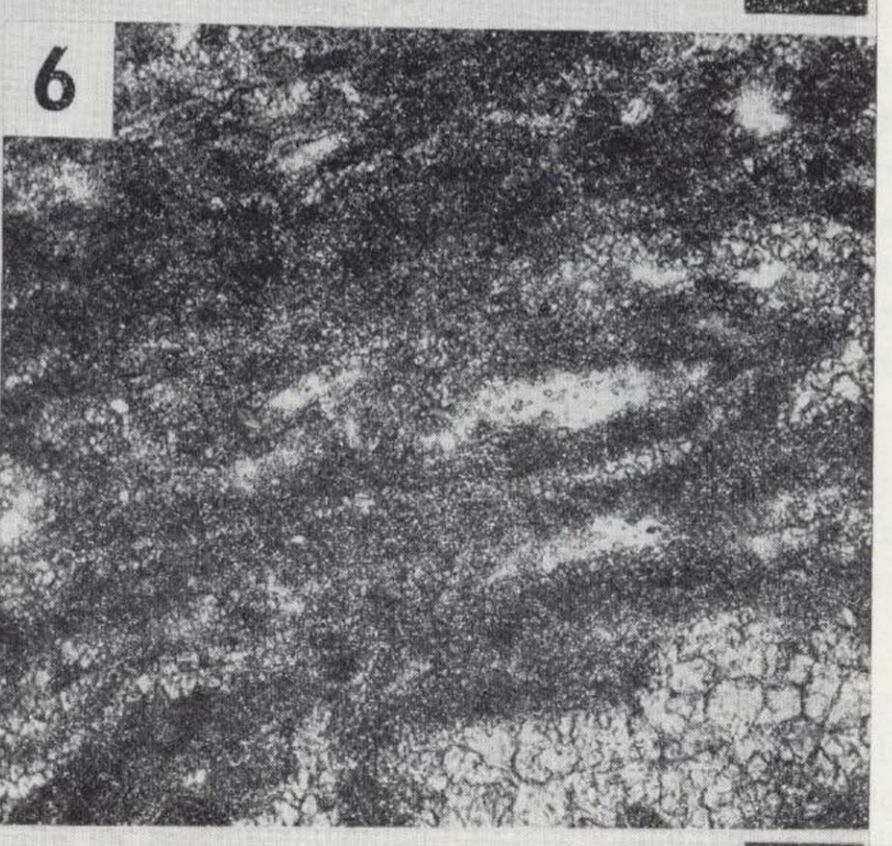
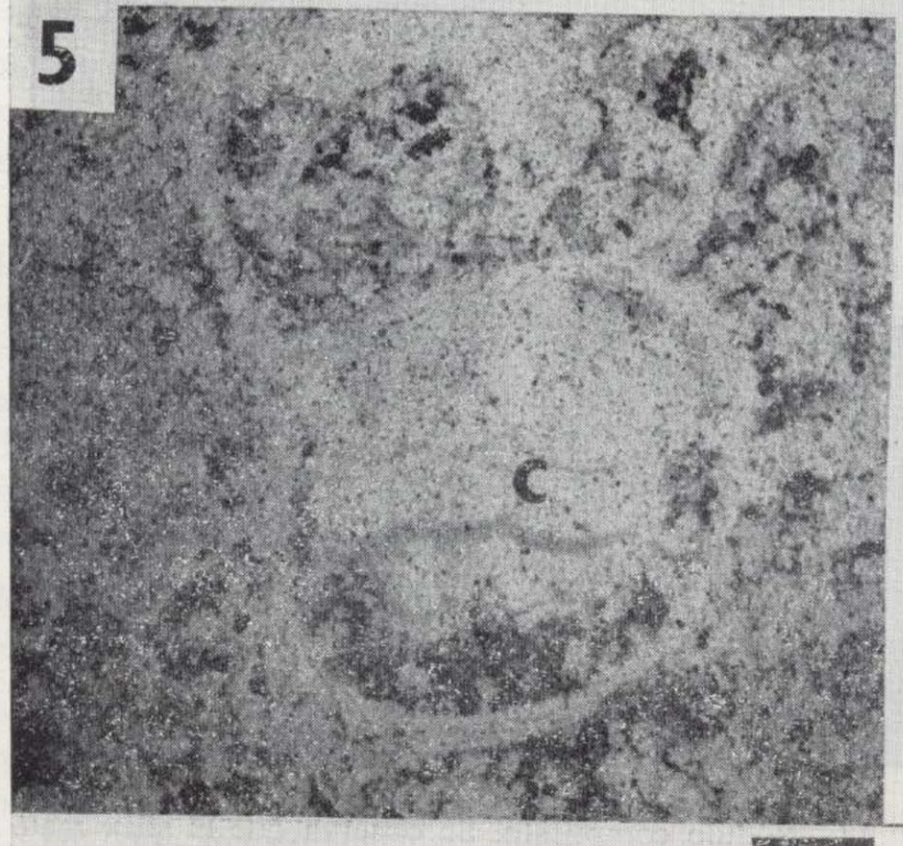
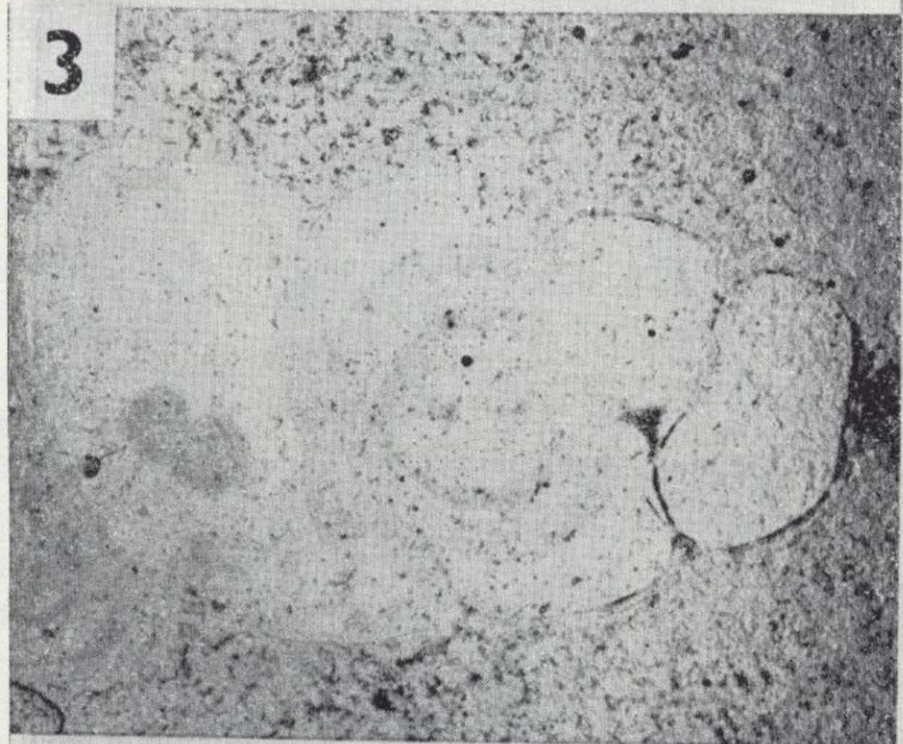
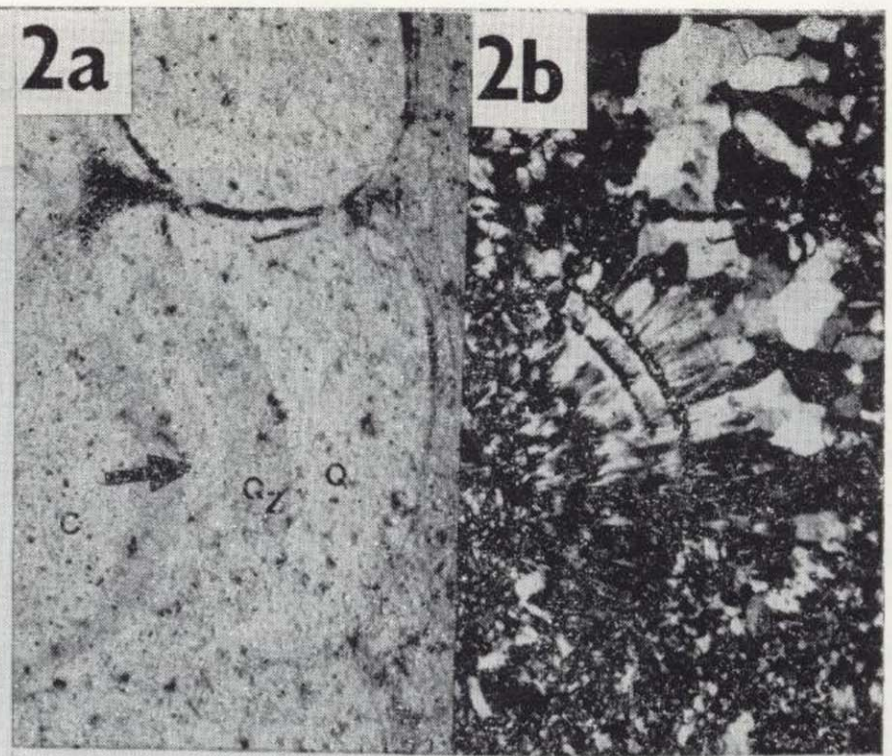


Figura 4.1. Micrita con fósiles y láminas de calcita en empalizada. Escala 250  $\mu$ . N //.

Figuras 4.2, 4.3 y 4.4. Gasterópodo cementado por cuarzo. Algunas de sus cámaras presentan las primeras etapas de la cementación en el centro del hueco, como consecuencia de ser secciones transversales de un cemento estalactítico. La flecha indica el sentido en el que progresa la cementación: Q=megacuarzo; c=calcedonita; Qz=quartz-

zine. 4.2a N //; 4.2b N X; escala=250  $\mu$ ; 4.3 N //; 4.4 N X, escala=500  $\mu$ .

Figura 4.5. Sección de gasterópodo en la que se observa la silicificación de un sedimento interno en la base de la cavidad y cementación del cuarzo en el resto del hueco (c). Escala=250  $\mu$ . N //.

Figura 4.6. Estructura laminada festoneada. Escala=100  $\mu$ . N //.

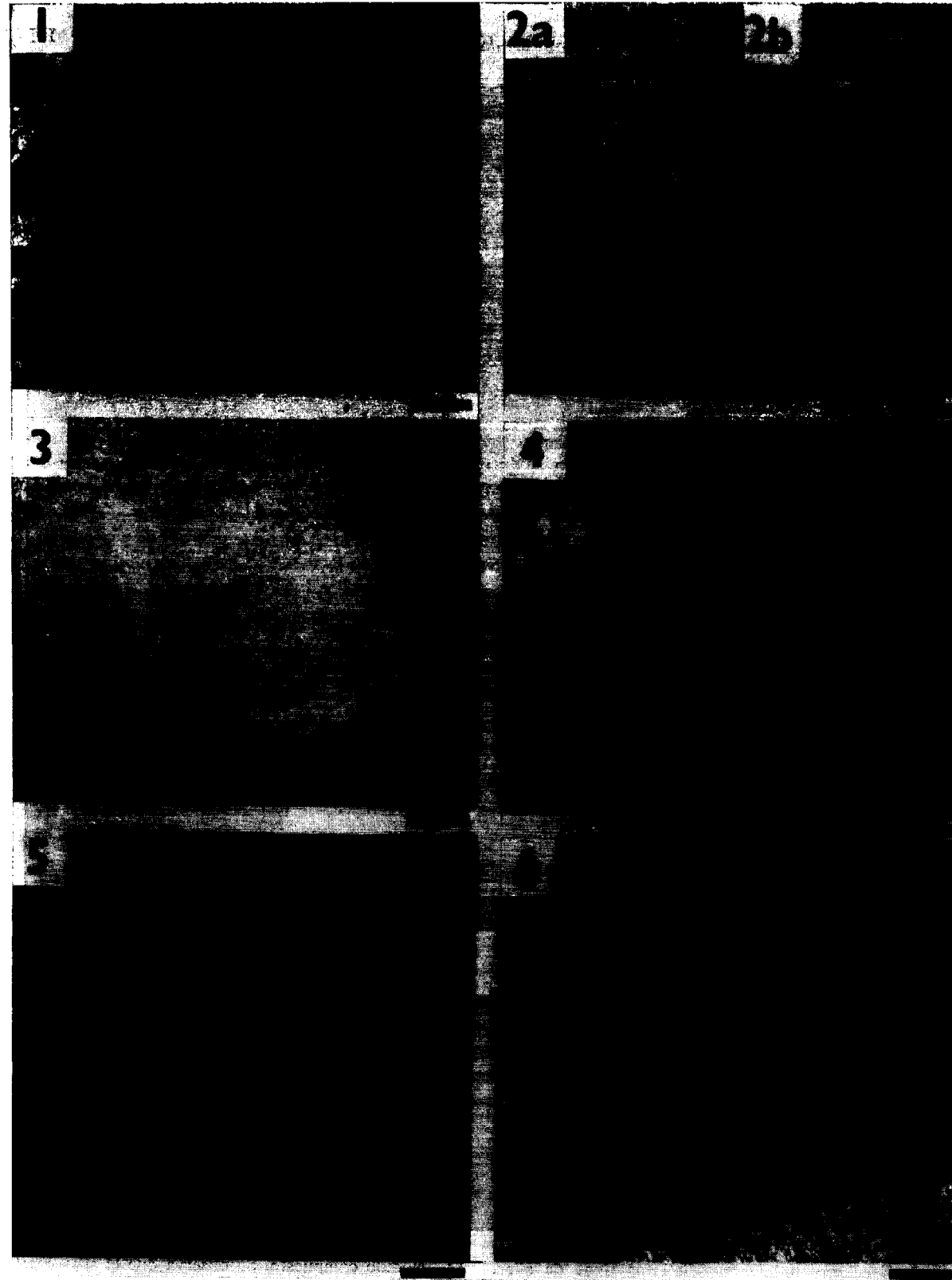


Figura 4.1. Micrita con fósiles y láminas de calcita en empalizada. Escala 250  $\mu$ . N //.  
Figuras 4.2, 4.3 y 4.4. Gasterópodo cementado por cuarzo. Algunas de sus cámaras presentan las primeras etapas de la cementación en el centro del hueco, como consecuencia de ser secciones transversales de un cemento estalactítico. La flecha indica el sentido en el que progresa la cementación: Q=megacuarzo; c=calcedonita; Qz=quartzine.

4.2a N //; 4.2b N X; escala=250  $\mu$ ; 4.3 N //; 4.4 N X, escala=500  $\mu$ .  
Figura 4.5. Sección de gasterópodo en la que se observa la silicificación de un sedimento interno en la base de la cavidad y cementación del cuarzo en el resto del hueco (c). Escala=250  $\mu$ . N //.  
Figura 4.6. Estructura laminada festoneada. Escala=100  $\mu$ . N //.

Asimismo, la presencia de quartzine puede ser el resultado del envejecimiento de una lussatita previa (UPCHRUCH et al., 1982; BUSTILLO, 1983). Si tenemos en cuenta que precisamente las formas de quartzine son las que muestran la coloración parda por presentar impurezas, podría ser factible que la quartzine proviniese de lussatita habiendo heredado de ella sus impurezas.

## 4.2. TORREMOCHA DE JADRAQUE

### 4.2.1. Episodio inferior

Presenta dos manifestaciones silíceas muy diferentes:

- a) Pequeños nódulos blancos de 5 cm. de diámetro máximo, con formas alabeadas («en coliflor», CHOWNS and ELKINS, 1974) (figura 3.1).
- b) Nódulos y capas nodulares de sílex homogéneos o compuestos (figs. 3.2, 3.3 y 3.4).

El único carácter común de estas dos manifestaciones silíceas es su proximidad, por lo que pensamos que tienen la misma fuente de sílice.

### a) Nódulos «coliflor»

Se localizan sólo en facies de caliza oquerosa, asociación de facies núm. 2 (fig. 5). Aunque en general la roca caja es una pseudoesparita, en ocasiones presenta una microfacies brechoide, donde los clastos tienen una estructura laminada de apariencia estromatolítica o de encostramiento (fig. 4.6) y el cemento (sentido lato) es de esparita. Es una silicificación posterior a la génesis de la brecha porque afecta tanto al cemento como a los clastos (figs. 6.1 y 6.2). Los puntos iniciales de la silicificación son grandes megacuarzos, siendo mayores de 300  $\mu$  cuando están completamente formados. Encierran inclusiones desordenadas de anhidrita (figs. 6.1 y 6.2).

Sobre ellos crecen texturas fibrosas de elongación positiva que no suelen presentar inclusiones de anhidrita. En otras ocasiones crecen megacuarzos elongados más pequeños, con extinción flameante, los cuales a veces pueden encerrar las inclusiones de anhidrita. Puntualmente, y de una manera local, pueden existir pequeñas cementaciones silíceas o sustituciones de cementos calcíticos, donde se pueden advertir texturas diferentes, como son calcedonita y mosaicos de cuarzo de tamaño más pequeño (menores de 50  $\mu$ ).

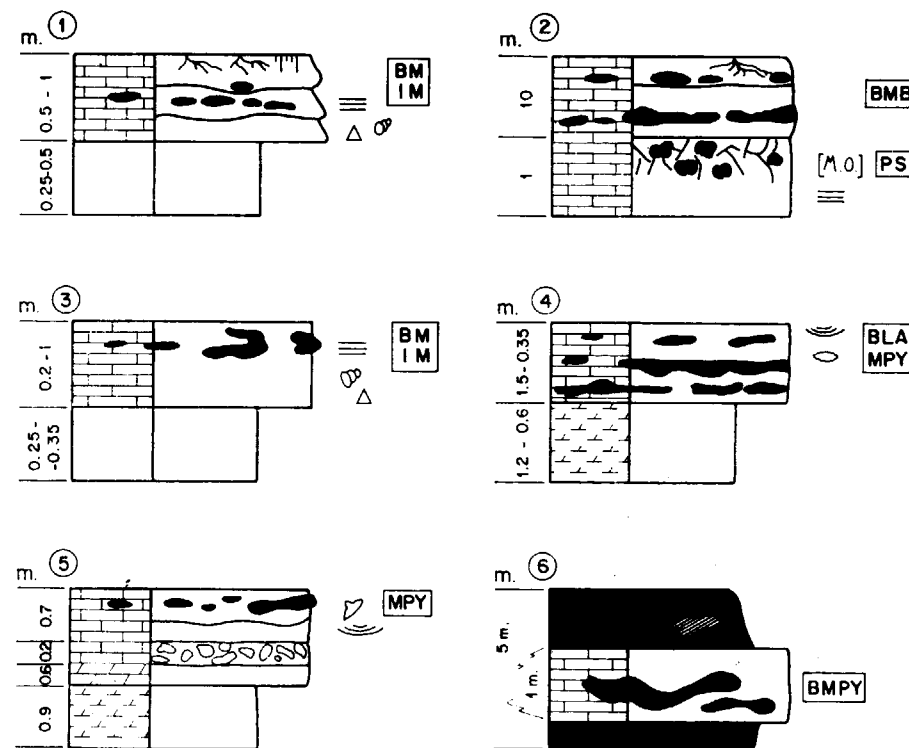


Figura 5. Principales tipos de asociaciones de facies: BM=Micrita con fósiles. BMB=Micritas con fósiles, bioturbadas. IM=Micritas con intraclastos. PS=Pseudoesparita. BLA=Micritas con fósiles y laminación algal. MPY=Micritas con pseudomorfos de yeso. BMPY=Micritas con fósiles y pseudomorfos de yeso. Ver también leyenda de figura 2.

La asociación megacuarzo con inclusiones de anhidrita, cuarzos elongados con extinción flameante y quartzine, se forman en la sustitución de nódulos evaporíticos (MILLIKEN, 1979).

La forma y color de estos nódulos, y la asociación de texturas de cuarzo anteriormente descrita, no aparece en ninguna otra manifestación silíceo de las columnas. Hay que pensar entonces en un fenómeno local de sustitución de nódulos de anhidrita. Estos nódulos estarían incluidos en unas calizas que actualmente están muy recristalizadas, pero que por su estructura pueden ser interpretadas como una facies laminar estromatolítica o de calcreta.

#### b) Nódulos y capas nodulares de sílex

Se sitúan en la base de la columna, donde las calizas presentan facies poco profundas, siendo en algunos casos brechas calcáreas palustres (asociación de facies núm. 2, fig. 5).

Los sílex son de tipo homogéneo (cristalino o mate) y compuesto (figs. 3.2 y 3.4). El tipo homogéneo cristalino es semejante al descrito en la sección de Huérmeces del Cerro, mientras que el mate está constituido fundamentalmente por cuarzo criptocristalino. Ambos se pueden desarrollar sobre brechas calcáreas palustres (fig. 3.2).

El tipo compuesto está constituido por las dos clases de sílex bien diferenciadas (cristalina y mate) (figs. 3.3 y 3.4). La situación entre sí de ambas clases de sílex indica que el cristalino es previo al mate. Ello es debido a que el cristalino ocupa la parte central del nódulo o capa, mientras que el mate lo rodea adaptándose a él. Asimismo, cuando el cristalino está agrietado el mate penetra o se inyecta por las grietas (fig. 3.4).

Petrográficamente, el cristalino está formado por calcedonita y mosaicos de pequeños cristales de cuarzo, dominando en el reemplazamiento la calcedonita, que se manifiesta como islas de avance. Aparecen también secuencias de cementación (calcedonita-megacuarzo) frecuentemente sobre numerosos tubos de bioturbación (fig. 6.3). Este tipo de sílex en general engloba muchos restos de materia orgánica y la proporción de roca caja incluida en él es muy pequeña.

El mate está constituido fundamentalmente por

cuarzo criptocristalino, que se encuentra entremezclado con la roca caja, reproduciéndose la estructura intraclástica de ésta (fig. 6.4). El tamaño criptocristalino del cuarzo parece indicar una génesis por envejecimiento de una fase precursora opalina. Dicha fase constituiría una forma nodular incluyendo una alta proporción de la roca caja calcárea.

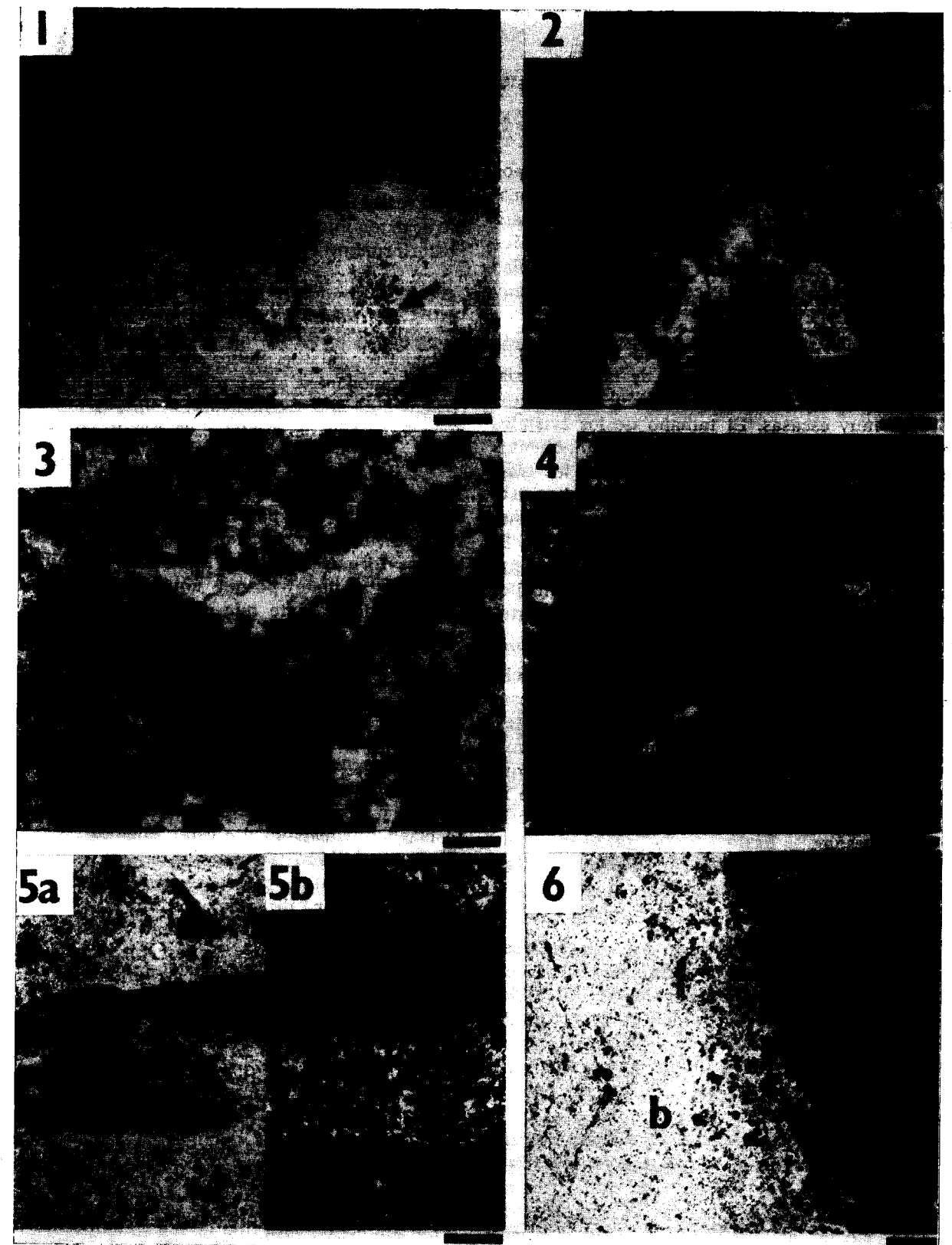
La asociación calcedonita-mosaicos de cuarzo es típica de ambiente calcáreo pobre en Mg, por lo que este tipo de sílex compuesto responde al ambiente geoquímico de su roca caja, micrita laminada con restos aislados de ostrácodos, caráceas y formas estromatolíticas poco desarrolladas.

El tipo de sílex compuesto se ha formado entonces por dos procesos diferenciados de silicificación. El primer proceso, que originó la parte cristalina, fue más intenso, porque no existen casi restos de la roca caja. Por otra parte, fue temprano, ya que quedó englobada la materia orgánica poco transformada y porque durante este proceso de silicificación tuvo lugar la cementación de los huecos primarios originados por la bioturbación. El segundo proceso de silicificación prosigue incluyendo al primer sílex constituido y origina, en la mayoría de los casos, el exterior de la forma nodular o capa que observamos actualmente. No existen pruebas de cuándo se produce la segunda silicificación, pero pensamos que ésta tiene lugar a continuación, dentro de la diagénesis temprana.

Considerando en conjunto los niveles de sílex homogéneo y compuesto vemos que en este episodio inferior hay asociaciones texturales de cuarzo que indican ambientes geoquímicos de sustitución muy distintos.

#### 4.2.2. Episodio superior

Está constituido por numerosos niveles nodulares y nódulos de sílex, que aparecen con gran dispersión vertical dentro de la columna litológica (fig. 1, tramos B y C). Aunque en esta columna se han diferenciado litologías distintas (calizas, chalks, dolomías, chalks dolomíticos, margas, margas dolomíticas y arcillas sepiolíticas), los niveles de sílex se localizan preferentemente en las calizas y en las arcillas sepiolíticas.



Figuras 6.1 y 6.2. Microfacies de los nódulos en coliflor. Silicificación de nódulos de anhidrita, quedando restos de ella en el megacuarzo (flechas). Escala=250  $\mu$ . (6.1) N //; (6.2) N X.

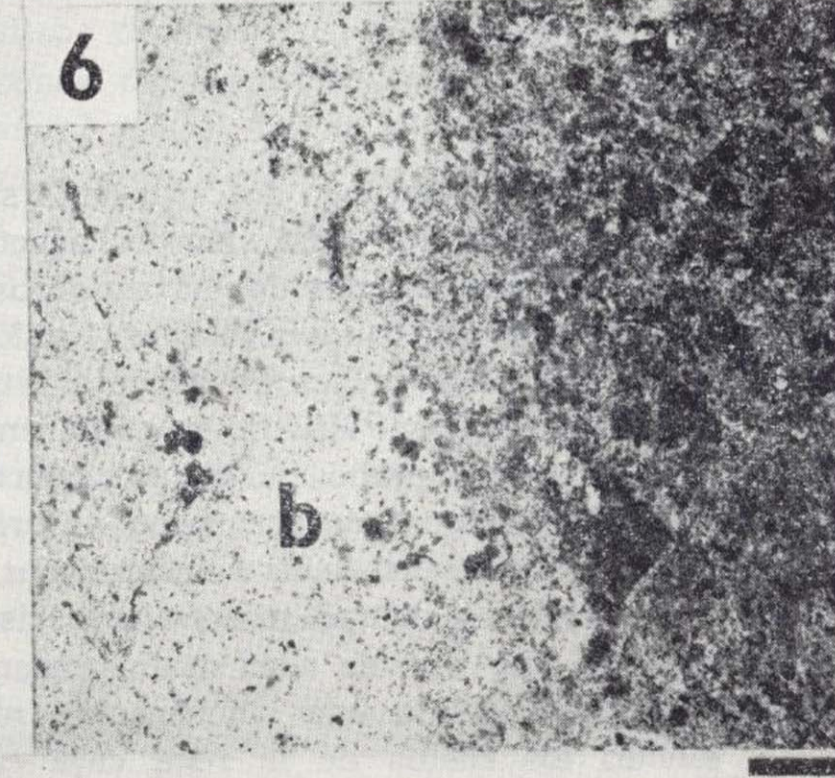
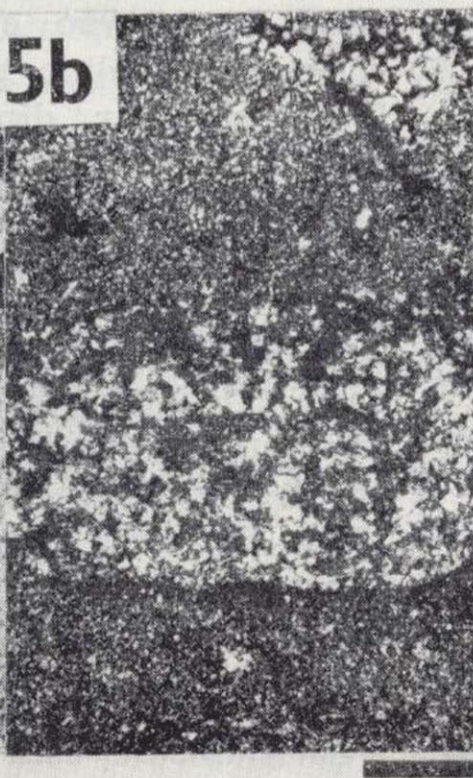
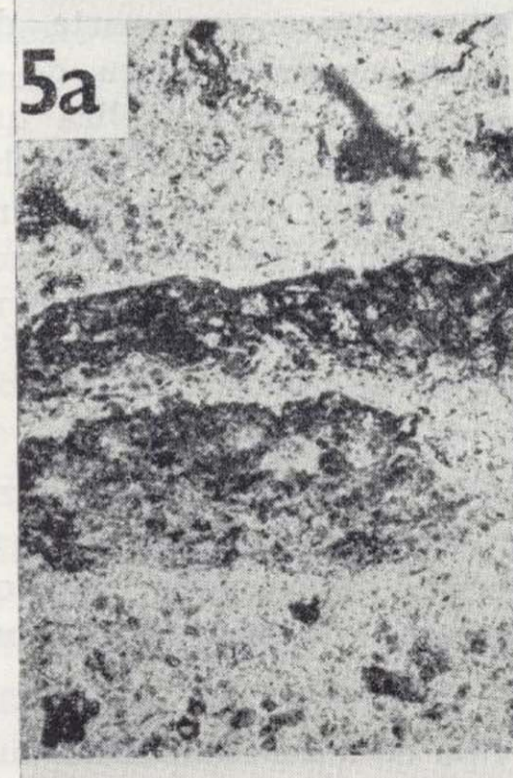
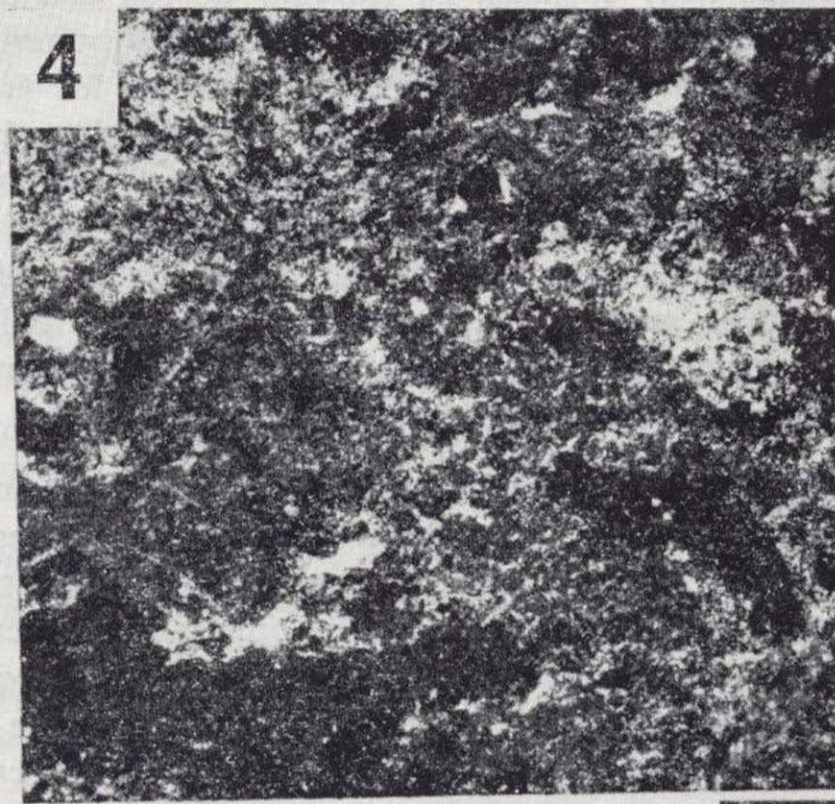
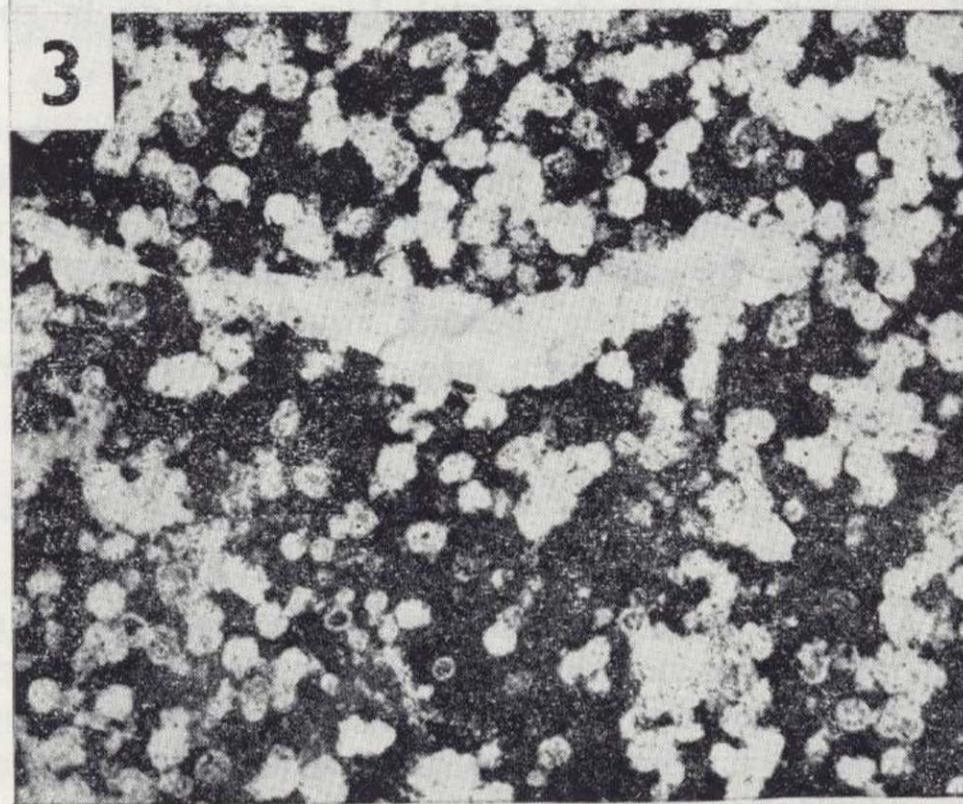
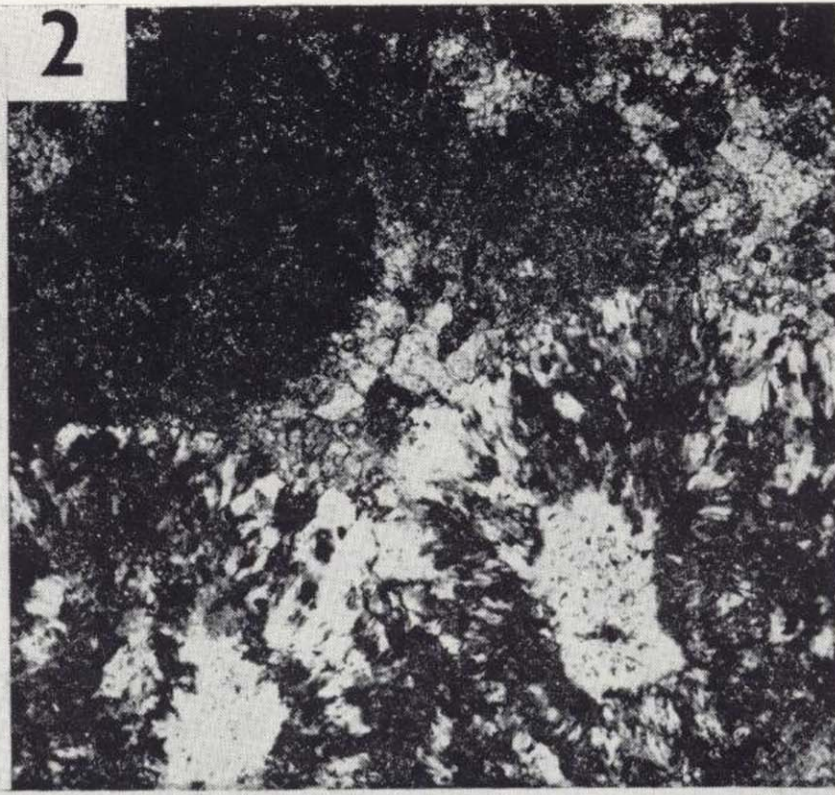
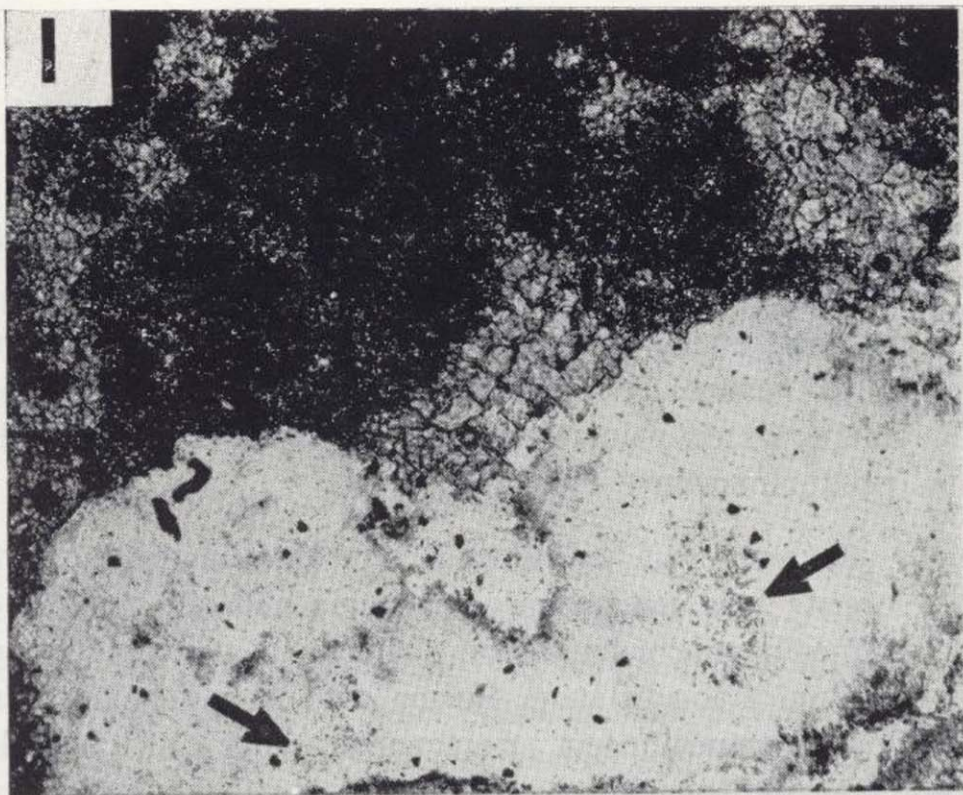
Figura 6.3. Microfacies de sílex cristalino. Materia orgánica y canales de bioturbación conservados dentro del sílex. Escala=250  $\mu$ . N //.

Figura 6.4. Microfacies de sílex mate. Se observa la estructura y muchos restos de la roca caja. Escala=250  $\mu$ . N //.

Figura 6.5 a) Megacuarzos reemplazando fragmentos algales, destacan sobre el cuarzo micro-criptocristalino que constituye la masa general del sílex. Escala=250  $\mu$ . N //.

Figura 6.5 b) Megacuarzos reemplazando fragmentos algales, destacan sobre el cuarzo micro-criptocristalino que constituye la masa general del sílex. Escala=250  $\mu$ . N X.

Figura 6.6. Contacto sílex mate (a) - sílex cristalino (b) encerrando la parte mate gran proporción de restos de la roca caja.



Figuras 6.1 y 6.2. Microfacies de los nódulos en coliflor. Silicificación de nódulos de anhidrita, quedando restos de ella en el megacuarzo (flechas). Escala=250  $\mu$  (6.1) N //; (6.2) N X.

Figura 6.3. Microfacies de sílex cristalino. Materia orgánica y canales de bioturbación conservados dentro del sílex. Escala=250  $\mu$ . N //.

Figura 6.4. Microfacies de sílex mate. Se observa la estructura y muchos restos de la roca caja. Escala=250  $\mu$ . N //.

Figura 6.5 a) Megacuarzos reemplazando fragmentos algares, destacan sobre el cuarzo micro-criptocristalino que constituye la masa general del sílex. Escala=250  $\mu$ . N //.

Figura 6.5 b) Megacuarzos reemplazando fragmentos algares, destacan sobre el cuarzo micro-criptocristalino que constituye la masa general del sílex. Escala=250  $\mu$ . N X.

Figura 6.6. Contacto sílex mate (a) - sílex cristalino (b) encerrando la parte mate gran proporción de restos de la roca caja.

4.2.2.1. *Sílex en calizas*

En las calizas podemos definir diferentes tipos de sílex: homogéneo (fig. 3.5), compuesto (mate + cristalino) (fig. 3.6) y compuesto intraclástico (fig. 3.7). Por otra parte, alrededor de los nódulos de sílex, en la caliza se advierten aureolas de sílice blanca a veces con morfologías muy festoneadas (fig. 3.8).

Todos estos tipos de sílex están formados por mosaicos de cristales de cuarzo de tamaño variable (cripto, micro o macro), siendo las texturas fibrosas muy escasas. El tamaño de los cristales de cuarzo está muy influido por los componentes de la caliza, que son sustituidos. Así, en los fragmentos estromatolíticos u oncolitos, donde existe una laminación algar, se producen frecuentemente cristales de cuarzo de tamaño grande (fig. 6.5). El tamaño del cristal de cuarzo también aumenta cuando se sustituyen bioclastos cretácicos, fósiles dulceacuícolas o en algún caso estructuras atribuidas a microcodium.

Las texturas fibrosas, como ya hemos mencionado, son escasas y es difícil detectar los procesos de cementación. Se puede considerar que la textura fibrosa dominante es la quartzine, lo cual está de acuerdo con el ambiente geoquímico que implica muchas de las rocas caja, en las que se puede observar pseudomorfos calcáreos de cristales de yeso.

a) *Tipo homogéneo*

Se diferencia de su homólogo descrito en la sección anterior por presentar casi siempre aspecto mate, lo cual es consecuencia de los numerosos restos de la roca caja que todavía incluye (fig. 3.5). En ocasiones estos sílex presentan aspecto intraclástico debido a que se silicifican preferentemente y con mayor tamaño de cristal, ciertos componentes (fragmentos algares, pseudomorfos de yeso, etc.), que destacan dentro de una matriz formada por micrita y cuarzo micro-criptocristalino. En general, este tipo de sílex mate presenta en el exterior del nódulo una silicificación más intensa, siendo los restos de la roca caja casi inexistentes.

b) *Tipo compuesto*

Está constituido por dos formas nodulares que

se superponen, una de aspecto mate y otra cristalina (fig. 3.6). La parte mate reproduce mejor la estructura de la roca caja porque encierra muchos restos de ella, fundamentalmente micrita e intraclastos micríticos, que suelen ser silicificados posteriormente (fig. 6.6).

La parte cristalina está constituida mayoritariamente por un mosaico de cristales de cuarzo de tamaño microcristalino (entre 10 y 30  $\mu$ ) y con extinción ondulante. Sobre este mosaico destacan los componentes preferentemente silicificados (fragmentos algares, fósiles..., etc.), que presentan mayor tamaño de cristal. Los restos de la roca caja son muy escasos.

Es difícil establecer criterios de contemporaneidad entre las dos partes. Parece ser que o son simultáneas y en un momento dado interfieren las dos formas nodulares, o el sílex cristalino es posterior al mate, porque aquél se adapta a la forma nodular mate que está enteramente constituida (fig. 3.6).

c) *Tipo compuesto intraclástico*

Se observó sólo en un nivel nodular. Dentro de las formas nodulares de sílex mate, el sílex cristalino se manifiesta como manchas de contornos nítidos y subangulosos que les da a veces aspecto clástico. Normalmente están englobados por el sílex mate, pero en ocasiones una parte del «clasto» cristalino puede aparecer fuera de la forma globular, directamente en la caliza que constituye la roca caja. La parte mate tiene las características generales ya descritas y puede presentar una estructura laminar atribuida a un estado precursor geliforme (laminación Liesegang, BUSTILLO, 1984). La adaptación de esta laminación, a la parte cristalina (fig. 6.7), es consecuencia de la diferente plasticidad de las dos partes ante el proceso de compactación (BUSTILLO y ESCORZA, 1984). La parte mate laminada más plástica se adapta a la parte cristalina formada anteriormente y que se comporta de una forma más rígida.

Lateralmente, este tipo de sílex compuesto puede tomar el aspecto usual no intraclástico, considerándose que la parte cristalina es previa porque suele estar englobada por la mate.

Petrográficamente, en la parte cristalina aparece la asociación calcedonita-cuarzo micro y crip-

tocristalino. Esta asociación no se ha observado en ningún otro nivel de este episodio, y es la asociación típica de las sustituciones en ambiente calcáreo pobre en Mg.

d) *Aureolas blancas* (fig. 3.8)

Están constituidas por cuarzo y ópalo C-T, aunque cuando presentan alteración superficial en el exterior del nódulo el ópalo C-T se disuelve y estas aureolas aparecen sólo constituidas por cuarzo. Los restos de la roca caja son casi inexistentes. El hecho de que las aureolas sólo aparezcan en los nódulos del techo de la serie de Torremocha, que son los más modernos, nos hace pensar que estas aureolas, todavía con ópalo C-T, son precursoras de sílex cristalino. Pensamos entonces que si las aureolas fueran más antiguas, habrían envejecido y se constituiría un sílex compuesto, como se ve en los niveles nodulares inferiores.

4.2.2.2. *Sílex en arcillas sepiolíticas*

En las arcillas sepiolíticas los nódulos de sílex están constituidos mayoritariamente por ópalo C-T y por algo de cuarzo. Encierran también cantidades variables de sepiolita. La asociación sepiolita-nódulos de ópalo es altamente frecuente en sedimentos continentales y es explicada dentro del contexto de una sedimentación química básica (MILLOT, 1967; BUSTILLO, 1976).

La existencia de muy poca cantidad de cuarzo dentro de estos nódulos es lógico si tenemos en cuenta que la presencia de arcillas retarda la transformación del ópalo C-T en cuarzo (VON RAD, 1979). Esta transformación ha tenido lugar, sin embargo, en los nódulos incluidos en las calizas, que están formados exclusivamente por cuarzo, a excepción de las aureolas.

El momento en que se producen las silicificaciones de las calizas del nivel superior es difícil de definir. No obstante, pensamos que son también diagenéticas tempranas debido a dos hechos fundamentales:

- 1) Cuando se produce la silicificación, la materia orgánica está todavía poco transformada porque influye condicionando zonas preferentes de silicificación y el tipo de textura de cuarzo resultante.

- 2) Su asociación con ambientes sedimentarios, donde existen otros sedimentos ricos en sílice, como son las sepiolitas.

5. **ASOCIACIONES DE FACIES - AMBIENTES DE SEDIMENTACION**

Las facies preferentes donde se han localizado los procesos de silicificación son: facies de calizas homogéneas y facies de arcillas sepiolíticas. Dichas facies se encuentran asociadas a otros tipos de facies (fig. 5). La mayoría de estas asociaciones de facies son interpretadas como episodios de sedimentación lacustre de retracción (ARRIBAS, 1984), ya que en sentido vertical presentan una evolución desde facies lacustres de mayor o menor profundidad, correspondientes a las zonas centrales del lago (carbonatos no coherentes) a facies lacustres litorales más someras (carbonatos coherentes), pudiendo estas últimas presentar procesos de pedogénesis (FREYET y PLAZIAT, 1982).

Estos episodios de sedimentación lacustre de retracción se producen por una desecación paulatina de la cuenca lacustre, lo cual genera una migración lateral de las facies marginales hacia el centro de la cuenca.

Por otra parte, se encuentran además pequeños impulsos expansivos dentro de determinadas asociaciones de facies de tendencia retroactiva (figuras 5.2 y 5.5). Así, se observa que la asociación caliza oquerosa-caliza homogénea con nódulos de sílex (asociación núm. 2) y brecha calcárea-caliza homogénea con nódulos de sílex (asociación número 5), representan pequeños impulsos expansivos dentro de un contexto general retroactivo. Estos episodios de sedimentación lacustre de expansión son muy escasos, y se producen a consecuencia de una subida en el nivel del agua dentro de la cuenca lacustre. Suelen ir relacionadas a descargas detríticas de los abanicos aluviales adyacentes.

Dentro de las asociaciones de facies de tendencia retroactiva según la mineralogía, quedan reflejados dos ambientes de formación:

- a) Ambiente calcítico.
- b) Ambiente calcítico-dolomítico.

a) *Ambiente calcítico*

Quedaría representado por las asociaciones de facies núms. 1, 2 y 3 (fig. 5). Existen sólo litologías calcíticas (chalks, calizas, margas), que incluyen a fósiles lacustres (gasterópodos, ostrácos, filamentos algares, caráceas, etc.) e intraclastos. Las calizas homogéneas presentan microfacies de micritas con fauna límnic (con o sin bioturbación) y micritas con intraclastos. Estas facies reflejan una sedimentación lacustre tranquila de mayor o menor profundidad (KELTS y HSÜ, 1978; DEAN and FOUCH, 1983). En ocasiones se detectan niveles de calizas con estructuras prismáticas verticales y huellas de raíces, que se disponen encima de los niveles de calizas con nódulos de sílex (fig. 5.1), representando períodos de pedogénesis ligados a los términos finales de ciertas asociaciones.

b) *El ambiente calcítico-dolomítico*

Estaría representado por las asociaciones de facies núms. 4 y 5 (fig. 5). La mineralogía de las facies que integran estas asociaciones es tanto calcítica (calizas, brecha calcárea) como dolomítica (dolomías, chalks dolomíticos, margas dolomíticas), correspondiendo las facies calcíticas (calizas homogéneas con nódulos de sílex) con los términos superiores de los episodios de retracción lacustre sin exposición subaérea. Las calizas homogéneas con nódulos de sílex presentan microfacies de micritas con pseudomorfo de yeso y micritas con laminación algal. La presencia de pseudomorfo lenticulares de yeso indicaría la existencia de fluidos intersticiales ricos en sulfatos dentro del sedimento carbonatado. La textura de los carbonatos dolomíticos corresponde a dolomicritas finas homogéneas. No se observan frentes de dolomitización, sino que tanto las dolomicritas como los chalks dolomíticos o las margas dolomíticas forman capas o niveles continuos.

En episodios de retracción lacustre, los sedimentos calcíticos (calizas homogéneas con nódulos de sílex) progradarían sobre las facies más profundas lacustres (chalks dolomíticos y margas dolomíticas laminadas).

La formación de dolomita dentro de un modelo lacustre con tendencia regresiva, es frecuentemente explicada en un ambiente de playa-lake.

La dolomita se encontraría junto con otros tipos de minerales evaporíticos, formando los términos finales de secuencias de sedimentación regresiva (WOLFBauer and SURDAM, 1974; SURDAM and STANLEY, 1979). En nuestro caso no existen criterios sedimentológicos para considerar un playa-lake, por lo que pensamos que estamos en una formación de dolomita penecontemporánea, bajo la lámina del agua, dentro de un ambiente lacustre. MULLER et al. (1972), establecen diferentes parámetros geoquímicos que gobiernan la formación de dolomita en ambiente lacustre. En nuestras rocas es difícil explicar el hecho de que los términos calcíticos aparezcan sobre los sedimentos con dolomita, representando las etapas finales de las secuencias regresivas. KELTS y SHÜ (1979) ponen de manifiesto la problemática de la dolomía lacustre, reconociendo la falta de modelos adecuados.

Tanto para el ambiente calcítico como para el calcítico-dolomítico, las calizas homogéneas representan facies lacustres generadas «in situ» a partir de precipitación de carbonato cálcico, tanto a través de procesos biológicos como físico-químicos. Estos carbonatos lacustres progradarían hacia el centro del lago sobre sedimentos lacustres más profundos, dentro de episodios de sedimentación retroactiva (o de somerización), en un modelo de sedimentación cuya evolución es similar a la descrita por TREESE and WILKINSON (1982) y DEAN y FOUCH (1983).

Secuencias de retracción lacustre con procesos de silicificación han sido estudiadas por MOULINE (1983). Dicho autor describe un tipo de silicificación primaria contemporánea al depósito de los sedimentos lacustres carbonatados. En este caso, los procesos de silicificación tendrían lugar después de una fase de depósito de materia orgánica, y después de una retracción general de las aguas lacustres. Las calizas con procesos de silicificación se encontrarían formando los términos finales de secuencias lacustres retroactivas, como en nuestro caso.

## 6. GENESIS DEL SILEX, DOLOMITIZACION Y NEOFORMACION DE ARCILLAS

El análisis de las litologías carbonáticas, asociaciones de facies y características petrológicas

del sílex nos hace considerar dos modelos diferentes de silicificación (figs. 7 y 8), partiendo de la característica común de que tanto las aguas lacustres someras como los mantos freáticos pueden presentar una concentración en sílice relativamente alta. La sílice provendría de la alteración, en etapas húmedas, de los minerales silicados que constituyen las áreas madre circundantes (Sistema Central). No es una alteración fuerte, como lo revela la presencia de fragmentos de feldspatos en los mantos detríticos, pero es suficiente para liberar cierta proporción de sílice, que luego se incrementará por los procesos de evaporización en los ambientes lacustres muy someros y en la parte superior de los mantos freáticos.

En el modelo A (fig. 7), que lo aplicamos a Baides (A<sub>1</sub>) y al nivel inferior de Torremocha (A<sub>2</sub>) hay que considerar sólo el proceso de silicificación, que pensamos que está relacionado con variaciones verticales del nivel freático en etapas áridas. Junto a los procesos de sustitución de la calcita por la sílice existen frecuentemente cementaciones que en algún caso al ser estalactíticas revelan el ambiente vadoso. En la cementación de huecos se combinan texturas muy diferentes de cuarzo (quartzine, calcedonita, megacuarzo..., etc.), hecho que es frecuente en las silcretas, debido a que el ambiente geoquímico puede variar mucho.

Cuando los mantos freáticos están cerca de la superficie, las fluctuaciones en su nivel son muy críticas para los procesos de silicificación (SUMMERFIELD, 1982). Así, las aguas freáticas ricas en sílice al llegar cerca de la superficie se ven afectadas por un PH diferente, por la presencia de determinados iones o componentes orgánicos que pueden provocar la precipitación de sílice, y por la evaporación. En el nivel inferior de Torremocha (A<sub>2</sub>), además del horizonte calcáreo donde se produce la silicificación general, se silifican selectivamente unos nódulos de anhidrita que se localizan a un metro por debajo, debido a que localmente en estos puntos se produce también un ambiente geoquímico favorable. De esta manera, además de los niveles nodulares típicos, aparecen «los nódulos en coliflor», que como son debidos a una característica local del substrato (presencia de nódulos de anhidrita) no se repiten en ningún otro punto.

En el modelo B (fig. 8), hay que considerar tres procesos: silicificación, dolomitización y neoformación de arcillas magnesianas (palygorskita fundamentalmente), aunque a veces sólo existen procesos de silicificación (B<sub>1</sub>).

En una primera fase, cuando el espesor de la lámina de agua es mayor, se forman las facies de chalk. La concentración en sílice del lago es todavía pequeña, y la sílice que ha quedado englobada en el agua intersticial del chalk, no es capaz de silicificar en una etapa diagenética temprana. Únicamente se pueden producir neoformación de arcillas magnesianas, si hay suficiente concentración en silicio y magnesio y existen precursores aluminicos.

Debido a la desecación, la profundidad de la lámina de agua va disminuyendo y la concentración en sílice va aumentando. En una segunda etapa, cuando se forma la caliza más litoral la concentración de sílice en el agua ya es alta. El agua intersticial que queda atrapada en el sedimento, en las primeras etapas de la diagénesis puede producir la silicificación, facilitada por el hecho de que la sílice no es captada para formar arcillas magnesianas.

El caso B<sub>2</sub> explica, en conjunto, la mayoría de las litologías del nivel superior de Torremocha de Jadraque (dolomías, arcillas magnesianas..., etc.). Se ha tenido en cuenta para su elaboración los siguientes hechos:

- 1) Silicificación y dolomitización parecen ser dos procesos excluyentes. El proceso de dolomitización afecta en general a los sedimentos no coherentes que son interpretados como más profundos y en menor proporción a las calizas coherentes litorales. La silicificación, sin embargo, afecta sólo a las calizas coherentes litorales y nunca coincide con los tramos de éstas, que están dolomitizadas.
- 2) Pueden coexistir las arcillas magnesianas con la dolomita, siendo más patente en las facies de margas dolomíticas.
- 3) Las silicificaciones se localizan en las calizas homogéneas, cuyas facies son las que poseen menor proporción de minerales de la arcilla. De acuerdo con UPCHURCH et al. (1982) si existe sílice libre y magnesio en un ambiente donde hay un precursor aluminico (en nuestro caso podrían ser las esmectitas), inicial-

mente se producen las neoformaciones de paligorskita y posteriormente se produce la silicificación, si hay exceso de sílice. Ello nos hace pensar que las silicificaciones se producen en estas calizas, facilitado por el hecho de que no hay componentes aluminicos capaces de gastar sílice para producir arcillas magnesianas neoformadas, como sucede en las facies margosas.

- 4) No existen criterios que indiquen subaerismo, o ambiente vadoso, por lo que consideramos

que todos estos procesos se realizan en ambiente diagnético temprano bajo la lámina de agua (procesos penecontemporáneos).

Según lo expuesto anteriormente en el modelo B<sub>2</sub>, consideramos que hay en una primera fase formación de chalk. Debido a que existe determinada proporción de Mg y Si en el medio se produce penecontemporáneamente y/o en los primeros estadios de la diagénesis dolomitización y/o neoformación de arcillas magnesianas, a partir del chalk primitivo. En una segunda fase, debido

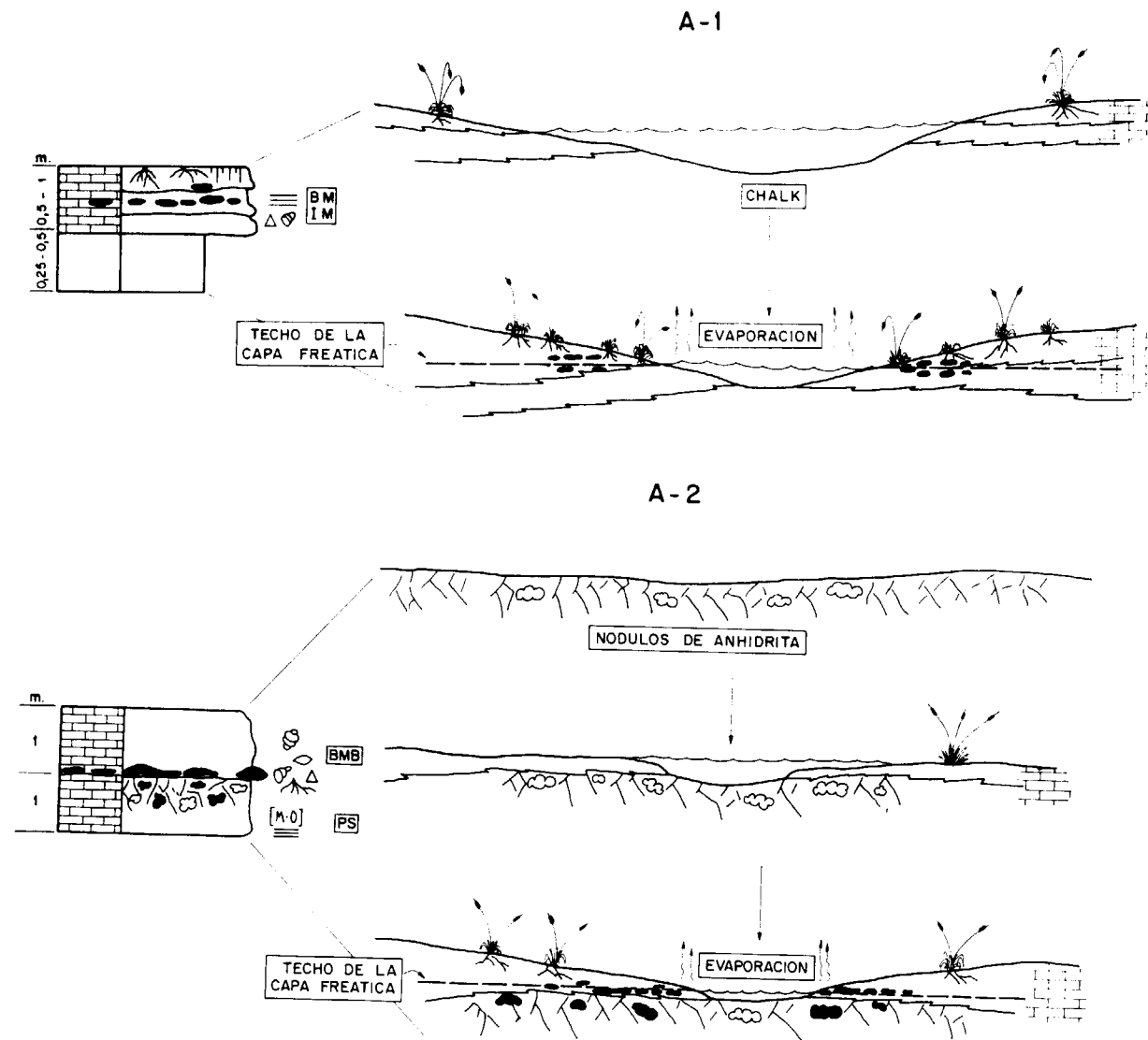


Figura 7. Modelo A. Procesos de silicificación en ambiente vadoso, a techo de la capa freática en etapas áridas (ver discusión en el texto).

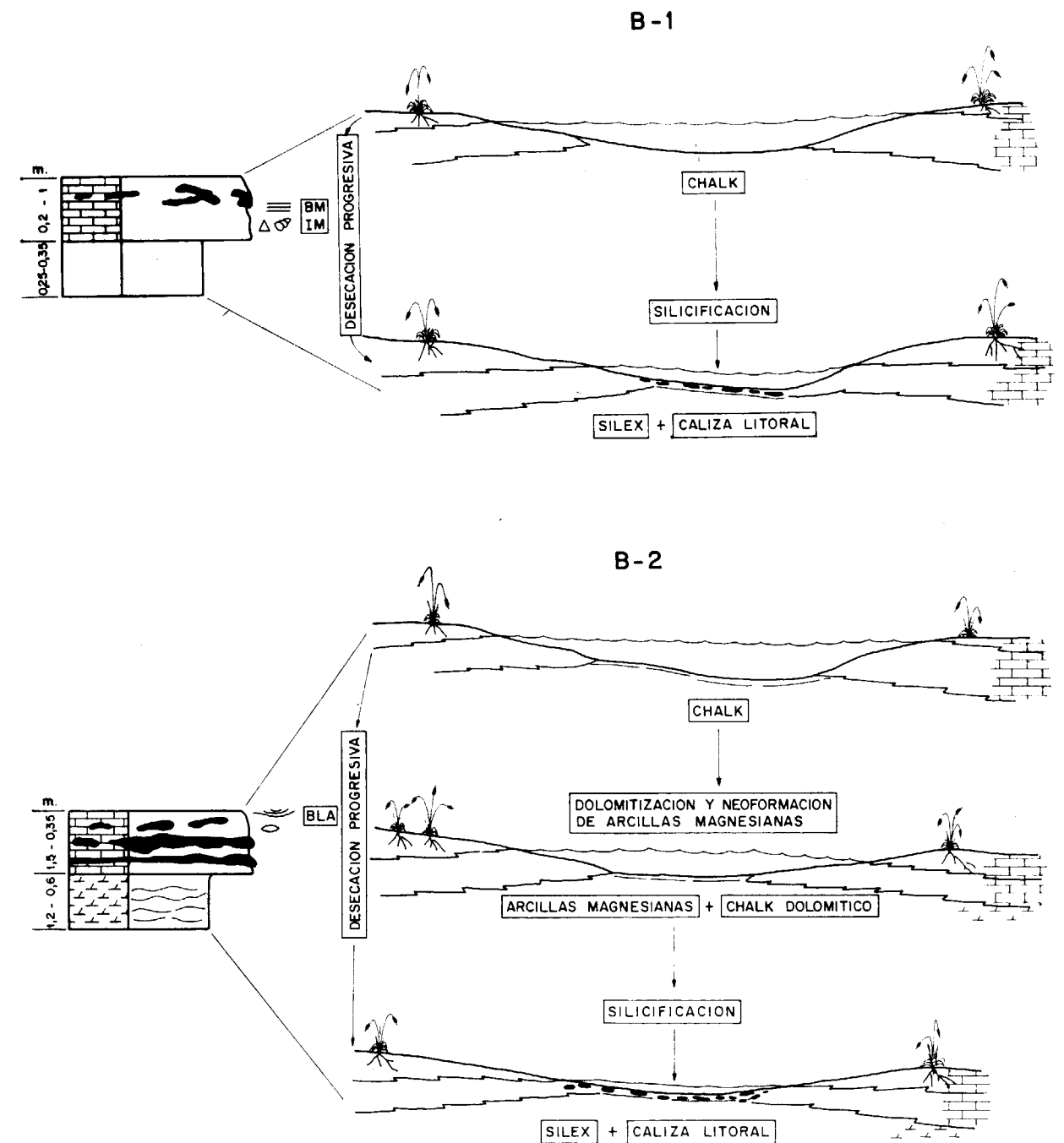


Figura 8. Modelo B. Procesos de silicificación penecontemporánea, bajo lámina de agua de espesor reducido (episodios de retracción lacustre).

a la desecación, el espesor de la lámina de agua es pequeña y se originan calizas más litorales, entre las que aparecen cristales lenticulares de yeso. La concentración en sílice es alta, y el agua intersticial atrapada en el sedimento, es capaz de producir silicificación, facilitado por el hecho de que no se ha consumido sílice por la neoformación de arcillas. En los dos modelos, la mate-



ria orgánica jugaría un papel importante en la precipitación de la sílice. Según BIRNABAUM y WIREMAN (1984) la descomposición de la materia orgánica en ambientes edáficos y acuáticos produce componentes del carbón que favorecen el crecimiento de bacterias cuya actividad metabólica origina microambientes en los que se facilitan los procesos de silicificación.

## 7. CONCLUSIONES

— Los nódulos y capas nodulares de sílex incluidos en los sedimentos paleógenos carbonáticos del borde septentrional de la Cuenca del Tajo, se encuentran dentro de los términos superiores de las asociaciones de facies de tendencia retroactiva.

— Los sílex se han originado por un proceso de silicificación, bajo dos ambientes distintos: vadoso (modelo A) y diagenético temprano, bajo lámina de agua (modelo B). El carácter común a los dos modelos es la presencia en el agua intersticial de los sedimentos carbonáticos, y en las aguas freáticas superficiales, concentraciones en sílice superiores a las normales, como consecuencia de la fuerte evaporación que tiene lugar en las etapas áridas.

— En ambiente vadoso (modelo A) sólo existen fenómenos de silicificación, relacionados con variaciones de la parte superior del manto freático. Debido a ello los chert se intercalan en secuencias carbonáticas donde es frecuente observar brechas calcáreas palustres, bioturbación pedogenética..., etc.

— En el ambiente diagenético temprano, bajo lámina de agua (modelo B), además de los procesos de silicificación, hay dolomitización y neoformación de arcillas magnesianas (polygorskita fundamentalmente). Debido a la relativa poca disponibilidad en sílice del medio, si tiene lugar la neoformación de arcillas magnesianas, la silicificación no se produce. Todo el conjunto de rocas resultantes caracterizan la denominada «sedimentación química básica» (MILLOT, 1964).

— Un carácter común en los sílex paleógenos es la presencia de sílex compuestos, en el sentido de que en una misma forma nodular coexisten dos clases de sílex (mate y cristalino). Ello es debido a que las silicificaciones se realizan en eta-

pas sucesivas, y en cada etapa la disponibilidad en sílice del ambiente geoquímico es diferente.

— En ambos modelos, el factor fundamental que determina, en general, la disolución de la caliza y la precipitación de la sílice, son las variaciones de PH, condicionadas en estos ambientes superficiales por la descomposición de la materia orgánica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la doctora Mercedes Doval, del Departamento de Cristalografía y Mineralogía, por la identificación mineralógica de arcillas en difracción de Rayos-X.

## BIBLIOGRAFIA

- ARRIBAS, M.<sup>a</sup> E.; DÍAZ, M.; LÓPEZ, N., y PORTERO, J.: *El abanico aluvial Paleógeno de Beleña de Sorbe (Cuenca del Tajo): Facies, Relaciones espaciales y evolución*. X Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca, 134-139 (1983).
- ARRIBAS, M.<sup>a</sup> E.: *Facies and sequences in lacustrine carbonates: Paleogene of NE sector of the Tertiary Tajo Basin (Spain)*. 5ème Congrès Européen de Sédimentologie (Marseille) (1984).
- BIRNABAUM, S. J., y WIREMAN, J. W.: *Bacterial sulfate reduction and PH: implications for early diagenesis*. Chemical Geology, 43:143-151 (1984).
- BUSTILLO, M.<sup>a</sup> A.: *Estudio petrológico de las rocas silíceas miocenas de la Cuenca del Tajo*. Estudios Geol., 32:451-497 (1976).
- BUSTILLO, M.<sup>a</sup> A.: *Ageing features in inorganic continental opals*. Estudios Geol., 38:335-344 (1983).
- BUSTILLO, M.<sup>a</sup> A.: *Sedimentación lacustre-palustre, formación de ópalos y otras silicificaciones en el Mioceno Medio al Sur de Villaluenga (Toledo)*. Estudios Geol., 40:137-151 (1984).
- BUSTILLO, M.<sup>a</sup> A., y SORIANO, J.: *Texturas «primarias» y diagenéticas en los ópalos miocenos de la Cuenca del Tajo*. Estudios Geol., 36:349-360 (1980).
- BUSTILLO, M.<sup>a</sup> A., y ESCORZA, C.: *Estructuras primarias y de deformación en rocas opalinas del Mioceno Medio (Toledo)*. I Congreso Español de Geología, 1:159-171 (1984).
- CHOWNS, T. M., y ELKINS, J. E.: *The origin of quartz geodes and cauliflower cherts through the silicification of anhydrite nodules*. J. Sediment. Petrol., 44:885-903 (1974).
- DEAN, W. E., and FOUCH, T. D.: *Lacustrine Environment*. Cap. 2 in: *Carbonate Depositional Environments*. AAPG Memoir, 33 (1983).

- DÍAZ MOLINA, M., y LÓPEZ MARTÍNEZ, N.: *El Terciario Continental de la Depresión Intermedia (Cuenca)*. Bioestratigrafía y Paleogeografía. Estudios Geol., 35:149-160 (1979).
- EUGSTER, H. P., y SURDAM, R. C.: *Depositional environment of the Green River formation of Wyoming: A preliminary report*. Geol. Soc. America. Bull., 84:1115-1120 (1973).
- FOLK, R., y PITTMANS, S.: *Length-slow chalcedony: a new testament for vanished evaporites*. J. Sediment. Petrol., 41:1045-1058 (1971).
- FREYET, P., y PLAZIAT, J. C.: *Continental carbonate sedimentation and pedogenesis*. Contributions to Sedimentology, 11:216 pp. Schweizerbart Verlagsbuch (1982).
- GEVIN, P.; MONGEREAU, N., y TRUC, G.: *La hamada du Dra. (Sahara Algerien, Frontiere Algero-Marocaine)*. Livre jubilaire Jacques Flandrin. Docum. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon, 4:305-319 (1975).
- KASTNER, M.: *Length-slow chalcedony: the end of the new testament*. Trans. Am. Geophys. Un., 61:399 pp. (1980).
- KELTS, K., and HSÜ, K. J.: *Freshwater Carbonate Sedimentation*. «Cap. 9 in: A. Lerman (ed.): Lakes: Chemistry, Geology, Physics, Springer Verlag, New York, 295-323 (1978).
- MILLIKEN, K. L.: *The silicified evaporite syndrome*. J. Sediment. Petrol., 41:245-256 (1979).
- MILLOT, P.: *Géologie des argiles, altérations, sédimentologie, géochimie*. Masson et Cia., Paris, 499 pp. (1964).
- MILLOT, P.: *Signification des études récentes sur les roches argileuses dans l'interprétation des facies sédimentaires*. Sedimentology, 8:259-280 (1967).
- MOULINE, M. P.: *Les accidents siliceux dans les calcaires lacustres du Castrais et de l'Albigeois*. Bull. Soc. Geol. France, 7, 25, núm. 1:51-58 (1983).
- MÜLLER, G.; IRION, G., and FÖRSTNER, U.: *Formation and diagenesis of inorganic Ca-Mg carbonates in the lacustrine environment*. Naturwissenschaften, 59:158-164 (1972).
- POMAR, L.; GINÉS, A., y FONTARNAU, R.: *Las cristalizaciones freáticas*. Endine, 3:3-25 (1976).
- PORTERO GARCÍA, J. M., y AZNAR AGUILERA, J. M.: *Evolución morfotectónica y sedimentación terciaria en el Sistema Central y Cuencas limitrofes (Duero y Tajo)*. I Congreso Español de Geología, III:253-263 (1984).
- VON RAD, U.: *SiO<sub>2</sub> Diagenese in tief seesedimenten*. Geol. Rundschau, Heft 3, Band 68:1025-1037 (1979).
- SUMMERFIELD, M. A.: *Distribution, nature and probable genesis of silcrete in arid and semi-arid Southern Africa*. Aridic Soils and Geomorphic Processes. Catena Supplement 1, Braunschweig 1982. Ed. Dan H. Yaalon, 37-65 pp. (1982).
- SURDAM, R. C., and STANLEY, K. O.: *Lacustrine sedimentation during the culminating phase of Eocene Lake Gosiute, Wyoming*. Bull. Geol. Soc. Am., 90:93-110 (1979).
- TREESE, K. L., y WILKINSON, BR. M.: *Peat-marl deposition in a Holocene paludal-lacustrine basin, Sucker lake, Michigan*. Sedimentology, 29:375-390 (1982).
- UPCHURCH, S. B.; STROM, R. N., y NUCKELS, M. G.: *Silicification of Miocene Rocks from Central Florida*. En: T. M. Scott y S. B. Upchurch (eds.): *Miocene of the Southeastern United States, Florida*. Bur. Geol. Sp. Pub. 25:251-258 (1982).
- WATTS, N. L.: *Quaternary pedogenic calcretes from the Kalahari (Southern Africa): mineralogy, genesis and diagenesis*. Sedimentology, 27:661-686 (1980).
- WOLFBAUER, C. A., and SURDAM, R. C.: *Origin of no marine dolomite in Eocene Lake Giosute, Green River Basin, Wyoming*. Geological Society of America Bulletin, 85:1733-1740 (1974).

Recibido: mayo de 1985.

# INFORMACION

## Mineros destacados del Siglo XVIII Diego de Larrañaga y Gárate

Por JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA

Nace en Azcoitia (11 de febrero de 1760) el alumno de la promoción de 1790, y núm. 9 de la relación general de alumnos de Almadén, Diego de Larrañaga y Gárate, hijo de Manuel de Larrañaga, vecino de Azcoitia, y de María Ignacia de Gárate, fallecida pocos años después. De las segundas nupcias de Manuel, con María Arámbarrí, es su hijo José (1773-1859), nacido también en Azcoitia, alumno único de la promoción de 1794, con el núm. 16, quien llegó a ser Director de Almadén y de la Academia (1815-1816), fallecido en Madrid (14 de diciembre de 1859), después de su jubilación, cuya biografía publicaremos en el número próximo.

### ESTUDIOS

Por los antecedentes, se supone estudió Diego en Madrid matemáticas y ciencias naturales, formación base e indispensable para solicitar una plaza de matemático en Almadén, en el «Colegio de Minería y Geometría», como lo denomina la R. O. (22 de septiembre de 1790) de concesión de su ingreso.

Encarga el Director de Almadén (1783-1792) Juan Martín Hoppensack, por separado, a los matemáticos Francisco Carlos de la Garza (1757-1832) y Larrañaga el levantamiento, como práctica, del plano general de las minas Pozo y Castillo, lo que efectuaron a satisfacción del Director, remitiendo el de Garza a la superioridad y quedando el segundo en el archivo de Almadén, para las necesidades del establecimiento.

Después de seguir durante dos cursos los estudios de Almadén, teniendo como único compañero de promoción a Joaquín Cabezas (17...-1827), futuro titular de la Cátedra

de Docimasia (R. O. de 18 de septiembre de 1826) de la Dirección General de Minas, se dispone (R. O. de 1792) pase Larrañaga a Madrid, para el estudio de docimasia y metalurgia con Francisco de Chabaneau (1754-1852), desde donde regresa a Almadén (1794).

Lo pensiona el Gobierno en el extranjero (R. O. de 1 de abril de 1796) con su compañero Garza, para «perfeccionarse en las ciencias a que se había dedicado». Entre los fines del viaje, figuraba difundir a su regreso, por obras impresas o a viva voz, el laboreo de minas, salvo la geometría subterránea y el levantamiento de planos, encargado a Garza, por figurar, entre los planes del Director General de Minas del Reino, Francisco de Angulo (17...-1799), su adscripción a la enseñanza de la minería, encomendándoles «la formación de unas instituciones o elementos, ya sean tomados de la obra de Delius y Opel, con las abreviaciones, adiciones o rectificaciones que hagan necesarias las nuevas luces adquiridas después de la publicación de aquellas obras, o de otros autores más modernos que sean preferibles».

Escriben desde Viena (18 de junio de 1798) a Francisco Saavedra, comunicándole el programa establecido, consistente en la visita a las diversas minas y establecimientos mineralúrgicos de Austria, Stiria, Carintia, Carniola, Tirol y Bohemia, con el fin de aprovechar el verano y finalizar en Freyberg, al comienzo del curso.

Iniciada la excursión industrial en Viena (23 de junio de 1798), reconocen en Austria la fábrica de azul esmalte de Kloknitz; la fundición de hierro en horno alto de Pieten; las minas de carbón y fábrica de alumbre de Thalern; visitan las diversas manufacturas de hierro y acero de Steyer y los martinets de Veyer donde «se reduce a acero o hierro dúctil parte del hierro crudo,

de la fundición de Eisenerz»; visitaron también las minas de madera semicarbonizada de Wolfsek cerca de Grúnten, así como las de sal de esta localidad. En Stiria recorrieron las minas y fundiciones de Eisenertz y Vondenberg, los martinets de S. Gallen, las minas de carbón de Lesben y la fabricación de acero en Muegan, considerada en aquella época (1798) como la mejor de Stiria y Carintia. Visitaron en Carintia algunas fundiciones de hierro, las minas y fundiciones de plomo de Pleuberg y las de calamina y plomo en Rabl. En Idria, se cumpliría uno de sus objetivos más interesantes, el laboreo de las minas de mercurio y su destilación. En Tirol recorrieron las minas de sal de Halle y las de cobre de Schwartz. Recorrieron las fundiciones de cobre y plomo argentífero de Brixlek; la fábrica de latón de Achenrein y las minas de sal de Hallein, cercanas a Salzburg. En Bohemia visitaron las minas de plata blanda de Bergsthal, así como el proceso de amalgamación, para su beneficio; minas y fundiciones de hierro de Horzowitz, las de plomo argentífero de Puzibran y su fundición; las minas de plomo de Mies; las de estaño y su función de Schlakenwald; las de plata y proceso de amalgamación de Joachinsthal; las de estaño de Plateau y S. Mauricio; las de azul esmalte, fundición de hierro y fábrica de hoja de lata en las cercanías de Graslitz; las de plata en Johan-Georgenstad, en la jurisdicción de Sajonia, llegando a Freyberg (21 de noviembre de 1798). Todo este itinerario figura con todo detalle en la carta escrita (18 de diciembre de 1798) desde Freyberg al Superintendente General de Azogues, Miguel Cayetano Soler.

En cada una de las minas y establecimientos visitados, procuraron instruirse del pormenor de todos los trabajos que ejecutaban, tomaron apuntes y dibujos de cuanto les parecía útil, y principalmente de cuanto se practica en Idria para obtener el mercurio, por si fuese conveniente establecer nuevos modelos de hornos en Almadén, remitiendo una detallada memoria a Soler, con los planos, cortes y perfiles de los hornos de Idria, realizados por Diego.

Se matriculan en la Real Academia de Minas de Freyberg, correspondiendo a Diego de Larrañaga el núm. 511 de la relación general de alumnos, figurando con tal condición en el curso 1798-1799, donde siguieron los estudios programados.

Siguieron un curso de geometría subterránea en la Academia de Minas de Vindehak, en Hungría, profesado por Moehling, lecciones publicadas en Viena (1793), traducidas por Diego al español, base de sus explicaciones en la Academia de Almadén. En Freyberg tuvo amistad con el profesor Abraham Teófilo Werner (1750-1817) y tradujo con Garza la obra impresa en Freyberg (1796) de Juan Federico Erler sobre la mampostería en las minas.

Regresa a Almadén (junio de 1800) y el Director (1799-1802), Manuel Tomás Pérez de Estala, le encarga se ocupe en la Academia de las lecciones de geometría subterránea.

### ACTIVIDAD EN ALMADEN

Como consecuencia de la R. O. dada en San Lorenzo por Carlos IV, promovida por el Ministro de Hacienda

Soler, dirigida al Director General de Minas Angulo, donde se decía... «la necesidad de no perdonar gasto ni diligencia para proporcionar los profesores más sobresalientes en la ciencia de las minas...», propone Pérez de Estala, para profesor de geometría subterránea a Larrañaga, asignándole la cátedra por R. O. (23 de julio de 1800).

Con la juventud, dinamismo y valía de Larrañaga, pierde consideración el papel de Pérez Estala y pronto nace en el ánimo de Angulo la idea de proponer a Larrañaga para Director de Almadén, Minas y Academia, nombrándolo inmediatamente (R. O. de 15 de mayo de 1802). Una de las medidas del nuevo Director fue la división de su cátedra en dos, aceptada por S. M. (R. O. de junio de 1802), denominadas mecánica aplicada y geometría subterránea o mineralogía. Esta última también se subdivide (R. O. de 18 de junio de 1804) en mineralogía, desempeñada por Diego, y geometría subterránea, por su hermano José.

Durante su actuación como Director (1802-1814), se instalaron (1806), como era su deseo, unos hornos de destilación, inspirados en los de Idria, con mayor aprovechamiento del mercurio, reducción de la contaminación y menor riesgo de enfermedades profesionales. Cambió el sistema de laboreo implantado por Hoppensack, con abaratamiento de la explotación y aumento del mineral arrancado. Mejoró enormemente las fábricas de bermellón y de lacre, al punto de competir con ventaja con las famosas de Idria, Holanda y China. Hasta aquella fecha, existía en Sevilla un «secretista» único que lograba la obtención del bermellón con un rendimiento del 79,5 por 100, cobrando una regalía de cinco reales por libra entregada, teniendo la exclusiva de la destilación para la Península y América, con el correspondiente ahorro para la Hacienda nacional.

Entre otras mejoras introducidas en Almadén, figura la utilización de agujas de cobre con ojo de hierro para los barrenos; un nuevo modelo de máquina de extracción movida por caballerías o malacate, inventada en Freyberg, la modernización (1806) de los hornos de destilación, inspirada en los últimos modelos de Idria (1793), logrando un aprovechamiento mejor del mercurio, reducción de la contaminación y disminución de los riesgos de enfermedades profesionales; una técnica de laboreo mejor que la establecida por Hoppensack durante su dirección (1783-1792), con aumento del rendimiento en mineral arrancado y abaratamiento de la explotación.

Entre los trabajos científicos, merece mencionarse el descubrimiento del aragonito en las inmediaciones de Burgos, en colaboración con Garza, considerado en aquella época, como típico de Molina de Aragón, descrito por Cristian Herrgen (17...-1816) en un artículo publicado en los Anales de Historia Natural (1799), sobre la historia del aragonito. De acuerdo con las investigaciones realizadas con Garza en Alemania y de los experimentos realizados con la colaboración de Alejandro Vicente Ezpeleta (17...-18...) y Juan Modesto Peringer (17...-18...) demostraron (1803) lo infundado de la teoría de la amalgamación expuesta por Ignaz Edler von Born (1742-1791), haciendo ver la trascendencia de la formación de la plata córnea, reacción desconocida por Born, hasta que Fausto de Elhuyar y de Súbice (1755-1833) lo demostró prácticamente (1786), de lo cual depende el éxito de la operación, así

como de la influencia del hierro y del cobre en este beneficio.

La invasión francesa en Almadén (enero de 1810), perjudicó al complejo industrial, menos de lo esperado, por el perfecto conocimiento por Larrañaga del idioma del invasor y su tacto en las relaciones. Logró fondos para continuar la actividad de las minas y conservar a todos sus operarios en los puestos de trabajo, hasta la evacuación (agosto de 1812) del invasor. Este comportamiento le perjudicó considerablemente, fue acusado de afrancesado, separado de su puesto por orden de la regencia (27 de marzo de 1813) y sustituido por Timoteo Alvarez de Veriña (1779-1833), pasando a vivir a Madrid. Resuelto favorablemente el expediente con toda clase de pronunciamientos (6 de septiembre de 1814), quedó repuesto en la Dirección de las Minas y Academia.

**DEFUNCION**

Le abatió la desgracia, envidia e ingratitud de las que fue víctima. Intenta resolver en Madrid los asuntos pendientes, su cuerpo continúa debilitándose, en su residencia de la calle de San Juan, donde recibe al escribano de S. M. Elías López (4 de octubre de 1814) ante quien hace constar la carencia de bienes para testar, la cesión a Fernando VII de su valiosa colección de minerales, libros y apuntes y a su hermana María Ignacia los muchos créditos que tenía contra la Hacienda, por atrasos

**TRABAJOS ESCRITOS**

Durante su actividad profesional, fue autor de varios trabajos, la mayoría de los cuales quedaron inéditos, conservándose sus manuscritos originales, en general, entre los documentos de Almadén. De dos de estas memorias es colaborador Garza y son: Memoria del viaje de estudios realizados por Europa (Freyberg, 18 de diciembre de 1798) remitida a Soler; Traducción de la obra de Juan Federico Erler (17...-1...) impresa en Freyberg (1796) sobre la utilización de las obras de mampostería en las minas. En colaboración de ambos con Ezpeleta y Peringer, es el artículo publicado en el T. 3.º de los Anales de Historia Natural (1801) sobre el beneficio de las minas de plata por amalgamación.

Entre los trabajos como único autor, de los que hemos encontrado información figuran los siguientes:

- Planos y explicación de todas las labores de las minas de Almadén, ms, 50 pp., 1792.
- Itinerario del viaje a Alemania, ms, 1798.
- Memoria sobre los procedimientos para la destilación del mercurio en Idria, ms, 13 pp., 1798.
- Memoria sobre los establecimientos metalúrgicos de Schemnitz, ms, 39 pp., 1798.
- Memoria sobre las minas y fábricas de Alemania, ms, 44 pp., 1798.
- Atlas de las minas de Almadén, inédito, 1804.
- Memoria sobre la fabricación de bermellón y lacre, ms, 1813.
- De las minas de cinabrio y de la aplicación principal

*Loq hago presente a la para la providencia que tenga conveniencia.*

*Almaden 21 de Septiembre de 1814.*

*Diego de Larrañaga*

de servicios prestados al Estado, sin haber disfrutado sueldo superior a los 18.000 rs. anuales. Falleció soltero, al día siguiente (15 de octubre de 1814) después de recibir los Santos Sacramentos. Sus honras fúnebres se celebraron en la Parroquia de San Sebastián y el enterramiento en la Sacramental de San Nicolás, a extramuros de la Puerta de Toledo.

Por R. O. (20 de enero de 1815) promovida por su hermano José, se dispuso la publicación de la traducción al español, de la obra impresa (1793) en Viena de Moehling sobre geometría subterránea, con cargo a los créditos de Diego, contra la Real Hacienda y que sus frutos fuesen entregados a sus dos hermanas María Ignacia y Ramona. La obra no se editó y los créditos no se abonaron.

de sus productos de mercurio. Guía del comercio, T. 1.º Madrid, 1842.

Tradujo la «Geometría subterránea», de Moehling, antes mencionada.

**BIBLIOGRAFIA**

Mafei, Eugenio, y Rua Figueroa, Ramón: *Apuntes para una Biblioteca Española de Mineralogía, Geología, etc.* T. 1.º, Madrid, 1871, 532 pp. T. 2.º, Madrid, 1872, 696 pp.

López de Azcona, Juan Manuel: *La enseñanza de la minería en el mundo hispánico, noticias históricas.* 200 pp., Madrid, 1979.

Arch. Hist. Nac. Madrid. *Papeles de Almadén.*

**Noticias**

**RESUMEN DE ACTIVIDADES 1984 EN AGUAS SUBTERRANEAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

La gran variedad de trabajos realizados hace difícil sintetizar en pocas líneas el contenido de la actuación del IGME en Aguas Subterráneas; se ha optado por agrupar los trabajos en los siguientes grupos:

- a) Infraestructura.
- b) Conservación de acuíferos.
- c) Estudios especiales y de apoyo.
- d) Ubicación, realización y seguimiento de sondeos de investigación y captación.

**a) INFRAESTRUCTURA**

Comprende este apartado los estudios básicos y la preparación de modelos matemáticos.

En 1984, con la realización de estudios en el Pirineo Oriental y la publicación del estudio y mapas del País Vasco se considera completada la primera fase o etapa general del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS).

En total se han estudiado o actualizado no menos de 30 sistemas acuíferos durante el año. Se han realizado o aplicado 11 modelos matemáticos, habiéndose diseñado no menos de 12 aplicaciones metodológicas y creado un directorio de programas hidrológicos e hidrogeológicos y de gestión que comprende más de 45 programas.

En lo que respecta a datos de puntos acuíferos inventariados y cargados en ordenador, las cifras son:

- Número de nuevos puntos acuíferos inventariados sobre el terreno ... 5.593
- Número de puntos nuevos cargados en ordenador ... 9.300
- Número de puntos actualizados y corregidos ... 24.495

Se han realizado los siguientes trabajos de cartografía hidrogeológica sistemática:

- Número de maquetas de hojas 1/200.000 preparadas ... 13
- Número de hojas publicadas 1/200.000 ... 1
- Número de maquetas 1/50.000 ... 2
- Número de hojas 1/50.000 ... 1

**b) CONSERVACION DE ACUIFEROS**

Se incluyen en este apartado los trabajos de vigilancia y control, así como los destinados a la protección de los recursos, tanto en calidad como en cantidad: los datos resumidos son los siguientes:

- Número de piezómetros de la red nacional (1984) ... 2.561
- Número de medidas piezométricas ... 11.616
- Número de puntos para toma de muestras de agua (1984) ... 2.529
- Número de muestras de agua recogidas para análisis ... 5.219
- Número de medidas de aforo en ríos y manantiales ... 12.551
- Número de estudios para protección de acuíferos o protección de sondeos de captación. ... 22
- Número de informes especiales sobre ubicación de vertederos ... 16
- Número de maquetas de mapas de vulnerabilidad y orientación al vertido ... 22
- Número de informes vinculantes y preceptivos:
  - Baleares ... 519
  - Andalucía ... 125

644

- Número de datos piezométricos cargados en ordenador ... 64.326
- Número de análisis de agua cargados en ordenador ... 3.573
- Número de datos hidrométricos cargados en ordenador ... 32.566

**c) ESTUDIOS ESPECIALES Y DE APOYO**

Recoge todo tipo de estudios a todos los niveles, realizados con carácter especial, generalmente destinados al apoyo de la gestión de las aguas subterráneas.

Se han realizado no menos de 28 estudios de este tipo, que van desde la síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha a los inventarios de focos potenciales de contaminación en Tarragona, Valencia y Murcia pasando por estudios de asesoramiento a IRYDA e ICONA, recarga artificial, análisis de salinización de acuíferos, situación de

la explotación de unidades, causas y efectos del metano en los acuíferos receptores de vertidos, etc. Cabe mencionar por su importancia el estudio detallado de los acuíferos del Campo de Dalías, en Almería, que continuará en años sucesivos.

#### d) UBICACION, REALIZACION Y SEGUIMIENTO DE SONDEOS

Los datos básicos son los siguientes:

— Número de estudios para ubicación de sondeos.	171
— Número de sondeos controlados ... ..	188
— Número de sondeos de captación ... ..	68
— Número de metros perforados ... ..	9.688
— Caudal aforado (a falta de un 26 por 100 no aforado) (l/s) ... ..	521
— Número de sondeos de investigación ... ..	9
— Número de metros perforados en investigación.	3.284
— Número de bombeos de ensayo (aforos) ...	53
— Número de tratamientos especiales de sondeos.	9

#### A celebrar en 1992

##### SEVILLA: CONGRESO DE MINAS

##### EN GIJON, EN AGOSTO, JORNADAS SOBRE CARBON PARA LA SIDERURGIA

En 1992 se celebrará en Sevilla el Congreso Mundial de Minería, en el que 1.000 expertos estudiarán los adelantos de la explotación minera y las nuevas tecnologías, según dijo en Madrid Alfonso Hevia, presidente del Consejo de Colegios de Ingenieros de Minas, presentando unas jornadas técnicas de carbón para la siderurgia que van a celebrarse en Gijón.

También indicó el presidente del Colegio Superior de Minas que Asturias reunía tres ingredientes esenciales para poder considerarla como uno de los marcos mineros más adecuados del mundo: un gran parte de carbón, un instituto de investigaciones mineras y una importante red de empresas siderúrgicas. Las primeras jornadas técnicas de carbón para la siderúrgica se celebrarán en Gijón durante los próximos días 6 y 9 de agosto. Se instrumentarán en torno a cinco ponencias que correrán a cargo de las empresas Nippon Steel (Japón), Bergau Forschung GmbH (R. F. Alemania), Utah Development (Australia), así como Ensidesa y el Instituto Nacional de Carbón Francisco Pinado Fe, de Oviedo.

El tema fundamental de las jornadas es el estudio de las técnicas empleadas para obtener calidades de carbón adecuadas a las necesidades de la industria siderúrgica.

#### MAS DE 1.300 MILLONES, PARA INVESTIGACION

A 1.337.365.646 pesetas asciende el gasto aprobado el pasado 5 de junio por el Consejo de Ministros para el desa-

rollo de investigación científica y técnica mediante préstamos a diversos planes concertados de investigación de acuerdo con las siguientes anualidades: 1985, 532.400.168 pesetas; 1986, 548.095.060; 1987, 191.160.418; 1988, 45.435.000, y 1989, 20.275.000.

Dentro de estos planes destacan el relativo a sistemas de análisis técnicos de emisiones radioeléctricas (254.620.909 pesetas); proceso de beneficio de minerales de hierro con carbón y plasma térmico (192.800.000 pesetas), y síntesis y desarrollo de derivados corticoides de acción tópica (119.562.500).

#### MARRUECOS AUMENTARA SU COLABORACION CON ESPAÑA EN ENERGIA Y MINERIA

El nuevo ministro marroquí de Energía y Minas, Mohamed Fetah, expresó ayer su interés en desarrollar la colaboración con España en el campo de la energía, la minería y los yacimientos de fosfatos de Bucraa. El ministro, dirigente hasta el pasado mes de abril del Monopolio Nacional de Fosfatos (OCP), apuntó cinco temas de interés en una visita de cortesía realizada esta semana en Rabat por el embajador de España, Raimundo Bassols.

Estos cinco temas se concretan en el proyecto de construcción de un gaseoducto, a través del futuro enlace fijo por el Estrecho de Gibraltar, que serviría para el transporte hacia España del gas africano procedente de Nigeria y Argelia; la posible colaboración hispano-marroquí en la explotación de las minas de cobre marroquíes, empresas españolas o mixtas podrían contribuir con su tecnología en fundiciones. También se refirió al desarrollo de la explotación de las minas de hierro del Rif; a la posible participación española en la maquinaria para las centrales hidroeléctricas en construcción, y al desarrollo de la colaboración en los yacimiento de Bucraa.

#### CONTINUA A LA BAJA LA PRODUCCION DE PETROLEO ESPAÑOL

La producción de los yacimientos petrolíferos españoles en el pasado mes de abril fue de 188.205 toneladas, cantidad que, comparada con el mismo mes del año anterior, representa una disminución del 21,5 por 100. El total producido por los pozos españoles en los cuatro primeros meses de este año asciende a 804.956 toneladas, frente a las 910.953 toneladas de igual período de 1984, con una disminución del 13,29 por 100.

#### EN 1984 NO AUMENTO LA PRODUCCION DE CARBON

La producción de carbón en España se elevó en 1984 a 39,5 millones de toneladas, lo que representó una cantidad similar a la alcanzada en 1983, según datos facilitados por el Ministerio de Industria.

Por tipos de carbones, la cantidad de hulla extraída fue

de 9,6 millones de toneladas; la antracita, 5,4 millones; el lignito negro, 6,9 millones, y el lignito pardo, 17,4 millones de toneladas.

Por lo que se refiere a la existencia de carbones, el 31 de diciembre de 1984 ascendía a 1,4 millones de toneladas, distribuidas de la siguiente forma: hulla, 398.863 toneladas; antracita, 399.696 toneladas; lignito negro, 327.303, y lignito pardo, 320.137 toneladas.

#### AUTOMATIZADA LA INFORMACION HIDROLOGICA EN LA CUENCA DEL EBRO

La cuenca del río Ebro contará con un complejo sistema automático de información hidrológica para prevención de riadas y para optimizar el aprovechamiento de los recursos de agua en épocas de sequía. Una red de casi 400 puntos distribuidos a lo largo de la cuenca transmitirá datos continuos sobre el agua caída, el caudal del río y la situación de los embalses. Las obras se iniciarán este año y tienen un presupuesto global de 5.000 millones de pesetas, que serán aportados en su totalidad por el Estado, así como los gastos de mantenimiento.

El sistema controlará los casi 86.000 kilómetros cuadrados de la cuenca, con un centro de proceso de datos en el que confluye toda la información. El centro de proceso de datos suministrará información a instituciones como los Gobiernos autónomos, ayuntamientos, Protección Civil, el Ejército y la Cruz Roja.

#### LLEGA LA ERA DEL ARSENIURO DE GALIO

El arseniuro de galio es el producto que sustituirá al silicio en las creaciones de nueva tecnología. Durante veinticinco años se le ha proclamado como la piedra esencial para el futuro de la tecnología, y ahora se ha logrado el procedimiento para fabricarlo en cantidad a buenos precios y de forma segura, según un informe de la revista norteamericana «Fortune».

El galio es mucho más caro que el silicio, pero también es más eficiente. La mayor parte de los especialistas piensan que las ventas de microprocesadores de galio se incrementarán desde los 30 millones de dólares actuales este año hasta por lo menos 1.000 millones en 1990. A finales de siglo el galio estará presente en un tercio de los semiconductores.

#### LA EMPRESA NACIONAL DE RESIDUOS ACUMULARA RECURSOS POR 200.000 MILLONES HASTA EL AÑO 2000

La Empresa Nacional de Residuos (Enresa), cuyo capital social se reduce a 100 millones de pesetas que se reparten entre la Junta de Energía Nuclear, con el 80 por 100, y el Instituto Nacional de Industria (INI), con

el resto, acumulará unos 200.000 millones, en pesetas constantes de 1984, hasta el año 2000. En ese año Enresa construirá los almacenamientos de los residuos nucleares, objetivo social de la empresa.

La financiación para la nueva empresa, constituida en noviembre del pasado año aunque realmente ha empezado a funcionar a partir del mes de mayo de 1985, con el nombramiento como presidente de Juan Manuel Kindelán —antiguo director general de Minas—, se basa en el establecimiento de un canon sobre el kilowatio/hora de energía nuclear producido.

Dicho canon será de 1,4 por 100 y permitirá generar del orden de 10.000 a 12.000 millones de pesetas anuales. Estas cantidades variarán conforme entren en funcionamiento las diferentes centrales nucleares previstas en el Plan Energético Nacional (PEN).

Hasta el momento hay funcionando siete centrales nucleares —Zorita, Garoña, Vandellós I, Almaraz I y II, Cofrentes y Ascó I— y de aquí a 1989 entrarán en funcionamiento las de Ascó II, Vandellós II y Trillo I. La acumulación de fondos por parte de Enresa se debe a que desde este año habrá ingresado por la vía del canon y los gastos, al menos el grueso de los mismos —se calcula que construir un almacenamiento para residuos de alta actividad puede costar unos 100.000 millones de pesetas y uno para residuos de baja actividad del orden de los 10.000 millones— no se producirán hasta el año 2000.

En cualquier caso, son los Ministerios de Hacienda e Industria los que tienen la facultad de gestionar ese volumen importante de recursos financieros. Se trata de esta manera de evitar que Enresa se convierta en una institución financiera y, por otra parte, asegurar la permanencia y rentabilidad de esos fondos hasta que sean utilizados.

Según las previsiones del PEN, en un plazo aproximado de treinta años se habrán producido del orden de 5.000 toneladas de residuos radiactivos de alta actividad —cuya vida media está estipulada en miles de años— y unos 200.000 metros cúbicos de residuos de baja actividad, cuya vida media es aproximadamente de 200 años. En este último tipo de residuos hay que contabilizar los que se producen en las tareas hospitalarias y en los procesos de investigación tanto científica como industrial.

#### PROYECTO DE LEY

Dado que una de las decisiones más complejas que se le plantearán a Enresa en su labor de gestión de los residuos radioactivos es la de su emplazamiento, a nivel institucional se está intentando facilitar la tarea. En este sentido, el Ministerio de Industria, la Junta de Energía Nuclear y el Consejo de Seguridad Nuclear han concluido ya un borrador del proyecto de Ley de Emplazamientos para Almacenamientos Definitivos de Residuos Radioactivos.

Destaca en este proyecto el establecimiento de una serie de ayudas para los ayuntamientos y comunidades autónomas que alberguen un almacenamiento de este tipo. Aunque este aspecto está todavía poco definido podría llegar a copiarse el modelo francés que a grandes rasgos supone ayudas directas equivalentes a unos 550 millones de pesetas y complementos anuales de hasta 50 millones.

**NOMBRAMIENTOS**

A propuesta del Ministerio de Industria y Energía, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 5 de junio de 1985, fueron nombrados:

— Pedro Lizaur Otero, director general de Minas, en sustitución de Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla.

Lizaur Otero es ingeniero de Minas. Desde 1981 es vicepresidente del Crokes National Bank de San Francisco, cargo que desempeñaba en la actualidad.

— Ramón Querol Müller, director general del Instituto Geológico y Minero de España, en sustitución de José Enrique Azcárate Martín.

Querol Müller es ingeniero de Minas y en la actualidad

desempeñaba el cargo de director de exploración petrolífera de Hispanoil.

JUAN MANUEL KINDELAN,  
PRESIDENTE DE ENRESA

Juan Manuel Kindelán, hasta hace escasas fechas director general de Minas, ha sido nombrado presidente de la empresa pública encargada de la gestión de residuos radioactivos (ENRESA). El Consejo de esta sociedad ha nombrado también director general de la misma a Alberto López, que junto a Kindelán habían sido nombrados consejeros de la sociedad en representación de la Junta de Energía Nuclear el pasado día 29 de mayo.

**Notas bibliográficas****GEOLOGIA GENERAL**

841777. **Teledetección espacial desde los satélites LANDSAT para controlar los recursos naturales.** BARCINA, M. A.

*Rev. MOPU* (1984), núm. 314, 38-42, 5 ref., esp., bibl. IGME.

\* Teledetección multispectral, ERTS-LANDSAT, Recurso natural, Espectro óptico, Geología.

**GEOLOGIA REGIONAL**

841827. **Investigación geológico-minera zona de Malpartida de Cáceres.** GEOTEHIC.

*IGME* (1979), núm. 10.665, 61 pp., 35 ref., esp. CDIGME.

\* Índice mineral, Aluvión, Filón, Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Roca fosfatada, Material ornamentación, Granito sustancia, Paragénesis, Greisenización, Antecámbrico, Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero, Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Granito, Metamorfismo regional, Facies metamórfica, Mapa geológico, Mapa geoquímico, Hercínico Centro, Provincia Cáceres.

**GEOMORFOLOGIA**

841776. **Degradación del litoral español. Matar la gallina de las playas de oro.** BURDALO, S., y DELGADO, C.

*Rev. MOPU* (1984), núm. 314, 6-15, esp., bibl. IGME.

\* Medio litoral, Planificación urbana, Estudio impacto medio, Línea costa, Playa, Erosión litoral, Protección medio ambiente, España.

841795. **La dinámica geomorfológica de la cuenca del Torrente de Fon La Guingueta (Noguera Pallaresa).** SE-RRAT, D.; BRU, J., y VILLAPLANA, J. M.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. Esc. Téc. Sup. Ing. Caminos, Barcelona* (1984), I.2.1-I.2.10, esp., res. cat., bibl. IGME.

\* Sedimentación glaciár, Medio glaciár, Morfología fluvial, Abanico fluvial, Cascada, Precipitación atmosférica, Crecida río, Movimiento masa, Colada de barro, Estudio impacto medio, Plasticidad, Límite Atterberg, Previsión, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

841796. **El movimiento de masa de Pont de Bar: Dinámica geomorfológica.** MARQUES, M. A.; BRU, J., y JULIA, R.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), I.2.1-I.3.11, esp., bibl. IGME.

\* Formación superficial, Ladera, Grava, Arena, Limo, Arcilla, Clasificación granulométrica, Acuífero, Infiltración, Crecida río, Movimiento masa, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

841810. **Identificación de zonas inestables en los Valles del Pirineo Ribagorzano, Noguera Ribagorzana y Noguera de Tor.** VILAPLANA, J. M.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), III.2.1-III.2.14, 11 ref., esp., bibl. IGME.

\* Geomorfología, Estabilidad ladera, Movimiento masa, Depósito, Depósito glaciár, Actual, Mapa geomorfológico, Pirineos españoles, Provincia Lérida.

**GEOLOGIA MARINA**

841691. **Mapas batimétricos. Costa Norte de España. Ría de Sanctoña.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea de costa, Declinación magnética, Provincia de Santander, Golfo de Gascuña.

841692. **Mapas batimétricos. Costa Sudoeste de España. Del río Guadiana a la ría de Huelva.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea de costa, Declinación magnética, Provincia Huelva, Atlántico Nordeste.

841693. **Mapas batimétricos. Estrecho de Gibraltar. De Punta Camarinal a Punta Europa y de Cabo Espartel a Punta Almira.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea de costa, Declinación magnética, Corriente marina, Atlántico Nordeste, Mar Mediterráneo Oeste, Estrecho de Gibraltar, Provincia de Cádiz, Dominio Rifeño.

841694. **Mapas batimétricos. De Cabo Jubi a Cabo Verde con las Islas Madeira, Canarias y de Cabo Verde.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea de costa, Declinación magnética, Madeira, Canarias, Islas de Cabo Verde, Marruecos Sur, Mauritania, Senegal, Atlántico Nordeste.

841695. **Mapas batimétricos. Puerto de Alcudia.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea de costa, Declinación magnética, Bahía, Alcudia, Baleares, Mallorca, Mar Mediterráneo Oeste.

841696. **Mapas batimétricos. Mar Mediterráneo. Costa Este de España. Puerto de Valencia.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea de costa, Declinación magnética, Mar Mediterráneo Oeste, Provincia Valencia.

841813. **Mapas batimétricos. De Cabo Villano a Espo-sende.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea costa, Declinación magnética, Provincia La Coruña, Provincia Pontevedra, Portugal, Atlántico Noreste.

841814. **Mapas batimétricos. De Cabo Ortegal a Cabo Prior.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea costa, Declinación magnética, Cabo, Provincia La Coruña, Cabo Ortegal, Atlántico Nor-este.

841815. **Mapas batimétricos. Parte Este del Canal de la Mancha.**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea costa, Declinación magnética, Mar de la Mancha.

841816. **Mapas batimétricos. De Cabo Carvoeiro a Punta Europa y de Punta Almira a Cabo Beddonza (Cantín).**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea costa, Declinación magnética, Cabo, Portugal, Provincia Huelva, Provincia Cádiz, Marruecos, Atlántico Noreste.

841817. **Mapas batimétricos. Puertos de Orán y Mers-El-Kébir (Mazalquivir).**

*Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz* (1984), 1 mapa, esp., bibl. IGME.

\* Mapa batimétrico, Línea costa, Declinación magnética, Puerto, Dominio Rifiano, Atlántico Noreste.

## GEOLOGIA DEL INGENIERO

841772. **Producción y consumo de combustibles gaseosos en España durante 1983.**

*Oilgás* (1984), vol. 17, núm. 201, 31-43, esp., bibl. IGME.

\* Estabilidad ladera, Mecánica suelo, Mecánica roca, Análisis elemento finito, Desprendimiento, Ruptura, Modelo físico, Modelo 3 dimensiones, Modelo matemático, Microtectónica, Método estadístico.

841792. **Inestabilidad de laderas en el Pirineo. Jornadas de trabajo, Barcelona, 16-17 enero 1984.**

*Esc. Téc. Sup. Ing. Caminos, Barcelona* (1984), esp., bibl. IGME.

\* Reunión, Estabilidad ladera, Movimiento masa, Pirineos españoles.

841793. **Inestabilidad de laderas en el Pirineo Catalán. Tipología y causas.** COROMINAS, J., y ALONSO, E.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), C.1-C.53, 25 ref., esp., bibl. IGME.

\* Movimiento masa, Clasificación, Estudio caso, Movimiento suelo, Soliflucción, Avalancha nieve, Morrena, Movimiento glacial, Cataluña, Pirineos españoles.

841794. **Precipitaciones y avenidas extraordinarias en Catalunya.** NOVOA, M.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), I.1.1-I.1.15, 25 ref., esp., bibl. IGME.

\* Precipitación atmosférica, Caudal río, Crecida río, Avalancha nieve, Deslizamiento terreno, Daño catástrofe natural, Cataluña.

841797. **Inestabilidad de laderas en el Pirineo Aragonés. Tipos de movimientos y su distribución geográfica.** GARCIA RUIZ, J. M., y PUIG DE FABREGAS, J.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), 1.4.1-1.4.12, 14 ref., esp., bibl. IGME.

\* Estabilidad de ladera, Flysch, Eoceno, Movimiento masa, Soliflucción, Deslizamiento terreno, Desprendimiento, Provincia Huesca, Pirineos españoles.

## PALEONTOLOGIA: INVERTEBRADOS

841761. **Características de la fauna de braquiópodos del Toarciense Superior en el sector central de la Cordillera Ibérica. Noroeste de España.** GARCIA-JORAL, F., y GOY, A. *Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 55-59, 26 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Fauna braquiópodo, Diversidad especie, Población endémica, Filogenia, Paleocología, Bioestratigrafía, Toarciense, Macizo Ibérico, Montes Ibéricos.

## PALEOBOTANICA

841764. **Precisiones histológicas y bioquímicas acerca de los ejemplos de Frenelopsis, procedentes de Torre-laguna, Madrid.** ALVAREZ-RAMIS, C.; ALMENDROS, G., y POLO, A.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 107-113, 15 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Coniferales, Frenelopsis, Cutícula, Histología, Materia orgánica, Bioquímica, Cretácico sup., Provincia Madrid.

## HIDROGEOLOGIA

841533. **Desarrollo por acidificación de pozos en acuíferos kársticos de Navarra.** CASTIELLA MURUZABAL, J.; SOLE SEDO, J., y FERNANDEZ DE LARA, A.

*Tecnología agua* (1984), núm. 15, 35-41, 5 ref., esp., bibl. IGME.

\* Acidificación, Desarrollo pozo, Pozo agua, Karst, Acuífero, Captación, Navarra.

841534. **Nuevas aportaciones al estudio de la contaminación por boro en un sector del delta del Llobregat.** CANDELA LLEDO, L., y MASICH POLO, J. M.

*Tecnología agua* (1984), núm. 15, 42-51, 4 ref., esp., bibl. IGME.

\* Contaminación, Agua subterránea, Boro, Acuífero libre, Acuífero cautivo, Sistema multicapa, Salinidad, Residuo agrícola, Residuo doméstico, Residuo industrial, Delta, Cuenca Llobregat, Castelfells, Gava, Provincia Barcelona.

841535. **La construcción de pozos en Catalunya: Una curiosa actividad.** GALOFRE TORREDEMÉR, A.

*Tecnología agua* (1984), núm. 15, 52-57, esp., bibl. IGME.

\* Estudio crítico, Construcción pozo, Pozo agua.

841798. **Nota sobre un deslizamiento de talud en la población de Cabdella (Pallars Jussa, Lleida).** BATLLE, A. *Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), 1.5.1-1.5.7, esp., bibl. IGME.

\* Ladera, Deslizamiento de terreno, Colada de barro, Pizarra, Previsión, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

841799. **El deslizamiento de La Coma (Solsones, Catalunya) de noviembre de 1982.** CLOTET, N., y GALLART, F. *Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), 1.6.1-1.6.14, 7 ref., esp., bibl. IGME.

\* Ladera, Deslizamiento de terreno, Colada de barro, Movimiento masa, Daño catástrofe natural, Propiedad geotécnica, Límite Atterberg, Provincia Lérida.

841800. **Fenómenos de inestabilidad de pendiente en la zona de Montanuy (Prov. Huesca).** SOETERS, I. R.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), 1.7.1-1.7.7, 3 ref., esp., bibl. IGME.

\* Estabilidad de ladera, Deslizamiento de terreno, Drenaje terreno, Sedimento, Daño catástrofe natural, Previsión, Provincia Huesca.

841801. **Desplomes en los contactos Eoceno-Garumnense en la Conca de Tremp.** TORAL, T.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), 1.8.1-1.8.11, 5 ref., esp., bibl. IGME.

\* Ladera, Desprendimiento, Eoceno, Cretácico sup., Caliza, Marga, Movimiento masa, Previsión, Provincia Lérida.

841802. **Sobre la formación de coladas de barro en el Pirineo Catalán.** COROMINAS, J.

*Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona* (1984), 1.9.1-1.9.10, 9 ref., esp., bibl. IGME.

\* Colada de barro, Arcilla, Ensayo de laboratorio, Plasticidad, Movimiento masa, Génesis, Cataluña.

## PALEONTOLOGIA: VERTEBRADOS

841762. **Los Rinocerontidos fósiles del Mioceno inferior de Buñol, Valencia.** BELINCHON, M., y ROBLES, F.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 61-68, 23 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Ceratomorpha, Tanatacenosis, Rinocerontidos, Tafonomía, Paleocorriente, Anatomía esqueleto, Biometría, Mioceno inf., Provincia Valencia.

841763. **Osteología comparada de las familias Nothosauridae y Simosauridae, Reptilia, Saurapterygia.** SANZ, J. L.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 81-105, 42 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Nothosauria, Saurapterygia, Simosauridae, Vertebrata, Osteología, Diente, Anatomía esqueleto, Anatomía locomoción, Biometría, Taxinomia.

841536. **Uso del aire comprimido para extracción de agua en pozos y sondeos.** «Air lift». BAYO DALMAU, A. *Tecnología agua* (1984), núm. 15, 58-70, 12 ref., esp., bibl. IGME.

\* Metodología, Bombeo, Desarrollo pozo, Pozo agua.

841537. **Las aguas subterráneas en la política hidráulica española.** LLAMAS, M. R.

*Tecnología agua* (1984), núm. 15, 71-82, 49 ref., esp., bibl. IGME.

\* Política de Estado, Agua subterránea, Legislación, Estudio crítico, España.

841553. **Encuentro IGME-EPTISA sobre utilización de modelos en las aguas subterráneas y la planificación hidrogeológica, Madrid, 22 de julio de 1983.**

\* Reunión, Modelo matemático, Gestión reserva agua, Agua subterránea, Almacenamiento cuenca.

841554. **El tratamiento de la información hidrológica frente a las sequías.** DOBLAS DOMINGUEZ, J. G.

*Encuentro IGME-EPTISA sobre utilización de modelos en las aguas subterráneas y la planificación hidrogeológica, Madrid, 1983.*

\* Sequía, Modelo matemático, Proceso estocástico, Piezometría, Acuífero, Demanda, Previsión, Gestión reserva agua.

841555. **Evaluación cuantitativa de los recursos subterráneos.** VICENS HUALDE, J. M.

*Encuentro IGME-EPTISA sobre utilización de modelos en las aguas subterráneas y la planificación hidrogeológica, Madrid, 1983.*

\* Modelo matemático, Modelo tres dimensiones, Recurso agua, Agua subterránea, Acuífero, Sistema multicapa, Transmisividad, Piezometría, Almacenamiento, Caudal, Recarga manto, Balance agua, Vinaroz, Peñíscola, Provincia Castellón.

841556. **Las aguas subterráneas dentro de la gestión de los recursos hidráulicos.** ALVAREZ FERNANDEZ, C.

*Encuentro IGME-EPTISA sobre utilización de modelos en las aguas subterráneas en la planificación hidrogeológica, Madrid, 1983.*

\* Modelo matemático, Gestión recurso agua, Demanda, Modelo físico, Almacenamiento cuenca, Cuenca Ebro, Río Ebro, Río Mijares, Provincia Castellón.

841658. **La circulación inversa en la perforación de pozos de agua.** COMPAIR IBERICA.

*Tecniterrae* (1981), núm. 39, 39-49, esp., bibl. IGME.

\* Metodología, Perforación, Pozo agua, Desarrollo pozo.

841662. **El agua: Recurso natural.** LOPEZ CADENAS, F. ICAI (1981), 75 Aniv. del Inst. de la Ing. Civil, 9-17 pp., esp., bibl. IGME.

\* Recurso natural, Agua superficie, Agua subterránea, Recurso agua, Ciclo agua.

841663. **La regulación de los ríos.** SAENZ RIDRUEJO, C.

ICAI (1981), 75 Aniv. del Inst. de la Ing. Civil, 18-25 pp., 16 ref., esp., bibl. IGME.

\* Hidrología superficie, Caudal río, Hidrodinámica, Presa.

841685. **Los modelos antiguos de flujo de las aguas subterráneas de la Cuenca de Madrid.** SASTRE, A.

*Libro Jubilar J. M. Ríos, Tomo 3, IGME* (1983), 231-243, 48 ref., esp., bibl. IGME.

\* Agua subterránea, Hidrodinámica, Modelo, Histórico, Síntesis bibliográfica, Provincia Madrid.

841754. **Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Tajo.** IGME.

*Colecc. inf.-Inst. Geol. Min. Esp.* (1983), 72 pp., esp., bibl. IGME.

\* Agua subterránea, Acuífero, Precipitación atmosférica, Caudal río, Balance agua, Gestión recurso agua, Secundario, Terciario, Mapa hidrogeológico, Cuenca Tajo.

## MINERALOGIA: GENERALIDADES

841765. **El color de las gemas.** BOSCH-FIGUEROA, J. M., y FUENTE CULLEL, C. de la.

*Gemología* (Barcelona, 1984), vol. 20, núm. 61-62, 18-31, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Gema, Color, Propiedad óptica, Teoría, Pleocroísmo, Luminiscencia.

841774. **Cristalización: Operación y calidad de la producción.** TRILLEROS, J. A.

*Rev. Metal.* (Madrid, 1984), vol. 20, núm. 2, 85-94, 4 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Cristalización, Solución acuosa, Cinética, Nucleación, Crecimiento cristalino, Saturación, Abaco.

## MINERALOGIA: SILICATOS

841744. **Mineralogía de la fracción arcilla de ocho perfiles de suelos de Málaga.** MORENO REAL, L.; RODRIGUEZ GARCIA, A.; BRUQUE, S., y MARTINEZ LARA, M.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1405-1439, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Cambisol, Arenosol, Composición mineralógica, Mineralogía arcilla, Análisis químico, Difracción RX, Diagrama polvo, Illita, Caolinita, Grupo arcilla mineral, Suelo pardo, Suelo bruto, Luvisol, Vertisol, Provincia Málaga.

841746. **Procesos de alteración, génesis y estabilidad mineral de suelos volcánicos. Volcán de Piedrabuena, Ciudad Real. IV. Mineralogía y génesis de las arcillas.** MARTIN DE VIDALES, J. L.; SANZ, J.; CASAS, J., y HOYOS, M. A.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1463-1483, 29 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Pedogénesis, Suelo, Roca volcánica, Alteración, Mineralogía arcilla, Smectita, Stabilita, Microscopía electrónica, Difracción RX, Espectrometría IR, Espectro IR, Grupo arcilla mineral, Volcán de Piedrabuena, Provincia Ciudad Real.

## MINERALOGIA: NO SILICATOS

841759. **Existencia de estructuras nodulosas de celestina afectadas por silicificación en el Valle de Losa (N. de Burgos).** ELORZA, J., y RODRIGUEZ LAZARO, J.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 40-48, 25 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Sulfato, Estroncio sustancia, Celestina, Nódulo, Margá, Cretácico sup., Diagénesis, Silicificación, Génesis, Provincia Burgos.

## PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

841758. **Morfología y composición de Dolomitas: Aplicación a su interpretación genética.** FERNANDEZ CALVO, C., y SORIANO, J.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 33-39, 21 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Dolomía, Cretácico sup., Textura, Difracción RX, Es-tequiometría, Método MEB, Cristal, Morfología, Macizo Ibérico.

841821. **Estudio infraestructural de pizarras bituminosas.** IGME.

*IGME* (1979) núm. 10.660, 57 pp., 35 ref., esp. CDIGME.

\* Esquisto bituminoso, Sedimentación marina, Medio marino, Eoceno, Corte geológico, Subsistencia, Falla, Falla horizontal, Cabalgamiento, Provincia Barcelona, Provincia Gerona, Provincia Lérida.

## PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

841755. **Estudio petrológico y geoquímico del plutón de Trujillo (Cáceres, España).** GUIJARRO, J.; MORENO, A.; ASTUDILLO, J., y GUTIERREZ, A.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 3-14, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Batolito, Adamellita, Cristalización fraccionada, Paragénesis, Alteración, Análisis mayores, Análisis menores, Análisis elemental, Composición alcalina, Trujillo, Provincia Cáceres.

841756. **Rasgos petrográficos y geoquímicos de los granitoides y rocas metamórficas del área Morille-Martín**

(Salamanca, centro oeste de España). SAAVEDRA, J.; PELLITERO, F.; GARCIA SANCHEZ, A., y FERNANDEZ TURIEL, J. L.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 15-21, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Roca metamórfica, Cuarzita, Roca ígnea, Granito, Fluorescencia RX, Composición mineralógica, Informe químico, Metamorfismo regional, Facies metamórfica, Deformación polifásica, Provincia Salamanca.

841757. **Igneous rocks of Alpine age associated with Keuper materials in the Iberian Mountains, near Teruel (Spain).** SANCHEZ CELA, V., y GARCIA ANQUELA, J. A.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 23-32, 19 ref., ing., res. esp., bibl. IGME.

\* Dolerita, Ofita, Keuper, Génesis, Metasomatosis, Análisis mayores, Informe químico, Provincia Teruel.

841760. **Aspectos morfológicos de la alteración de pizarras arcillosas devónicas de Córdoba, España.** TIRADO, J. L.; CABANAS, R.; ESPINO, C., y PANEQUE, G.

*Estud. geol.* (Madrid, 1984), vol. 40, núm. 1-2, 49-54, 18 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Alteración, Pizarra, Textura, Alteración hidrotermal, Esquistosidad, Alteración meteórica, Devónico, Provincia Córdoba.

## YACIMENTOLOGIA: GENERALIDADES

841778. **Las «torcas» de Cuenca.** VAZQUEZ DE PRADA, P.

*Rev. MOPU* (1984), núm. 314, 68-70, esp., bibl. IGME.

\* Caliza, Dolina, Torca, Dolina de hundimiento, Morfología disolución, Karst, Lago, Estudio impacto medio, Provincia Cuenca.

841779. **Itinerarios italianos: Minerales y minas de Cerdeña.** GIORGIO, C.

*Rocas miner.* (1984), núm. 152, 56-60, 18 ref., esp., bibl. IGME.

\* Panorama minero, Inventario, Mina, Sulfuro, Carbonato, Oxido, Silicato, Sulfato, Cerdeña.

841823. **Estudio geológico-minero de los yacimientos del grupo minero San Roque, mina Miraflores y otras (Cáceres y Badajoz).** IBERGESA.

*IGME* (1980), núm. 10.664, 3 vol., esp. CDIGME.

\* Prospección minera, Plomo sustancia, Cinc sustancia, Antimonio sustancia, Extremadura.

841824. **Estudio geológico-minero de los yacimientos del grupo minero San Roque, mina Miraflores y otras (Cáceres y Badajoz).** Memoria. IBERGESA.

*IGME* (1980), núm. 10.664, 51 pp., 12 ref., esp. CDIGME.

\* Prospección minera, Plomo sustancia, Cinc sustancia, Antimonio sustancia, Filón, Geometría, Paragénesis, Reserva, Infracámbrico, Primario, Pizarra, Grauvaca, Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Esquistosidad, Falla, Falla horizontal, Ciclo sedimentario, Extremadura.

841825. **Estudio geológico-minero de los yacimientos del grupo minero San Roque, mina Miraflores y otras (Cáceres y Badajoz). Anexo. IBERGESA.**

IGME (1980), núm. 10.664, 36 pp., esp. CDIGME.  
\* Sección pulida, Sulfuro, Galena, Calcopirita, Pirita, Esfalerita, Paragénesis, Extremadura.

841826. **Estudio geológico-minero de los yacimientos del grupo minero San Roque, mina Miraflores y otras (Cáceres y Badajoz). Planos. IBERGESA.**

IGME (1980), núm. 10.664, 9 mapas, esp. CDIGME.  
\* Atlas, Mapa yacimientos minerales, Mapa geológico, Extremadura.

## YACIMENTOLOGIA: METALES

841775. **Las sideritas del Norte de España en la actualidad. LOPEZ GOMEZ, F. A.; GARCIA GARCEDO, F.; MEDINA, F., y RUIZ SIERRA, J. C.**

Rev. metal. (Madrid, 1984), vol. 20, núm. 3, 214-216, esp., bibl. IGME.

\* Hierro sustancia, Carbonato, Siderita, Masa mineralizada, Mineralurgia, Tecnología, Provincia Vizcaya.

841828. **Investigación minera para estaño y wolframio al SO de Salamanca (capital). ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 10 vol., esp. CDIGME.  
\* Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Prospección minera, Provincia Salamanca.

841829. **Idem. Tomo I. Generalidades. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 46 pp., 76 ref., esp. CDIGME.  
\* Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Prospección minera, Síntesis bibliográfica, Provincia Salamanca.

841830. **Idem. Tomo II. Area 1. Zócalo granítico metamórfico de Morille-Martínamor. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 201 pp., esp. CDIGME.  
\* Pliegue, Anticlinal, Primario, Terciario, Cuaternario, Metamorfismo, Tectónica superpuesta, Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Índice mineral, Yacimiento estratiforme, Filón, Génesis, Granito, Gneis, Análisis mayores, Análisis elemento traza, Informe químico, Red drenaje, Elección de lugar, Prospección minera, Sondeo, Evaluación yacimiento, Provincia Salamanca.

841831. **Idem. Tomo III. Area 2. Granitos de Garcirrey. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 67 pp., esp. CDIGME.  
\* Primario, Terciario, Cuaternario, Tectónica superpuesta, Deformación, Mineralización, Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Feldspato sustancia, Prospección minera, Aluvión, Stockwerk, Granito, Análisis químico, Informe químico, Red drenaje, Minerales pesados, Provincia Salamanca.

841832. **Idem. Tomo IV. Area 3. Terciario de Matilla de los Caños y bordes del zócalo. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 69 pp., esp. CDIGME.  
\* Terciario, Arenisca, Fosa tectónica, Fractura, Estaño

sustancia, Coluvión, Levantamiento eléctrico, Sondeo eléctrico, Perfil geofísico, Isopaca, Evaluación yacimiento, Sondeo, Provincia Salamanca.

841833. **Idem. Anexo II-A. Planos del Tomo II. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 47 mapas, esp. CDIGME.  
\* Atlas, Mapa geológico, Mapa yacimientos minerales, Mapa geoquímico, Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Provincia Salamanca.

IGME (1979), núm. 10.668, 475 pp., esp. CDIGME.

841834. **Idem. Anexo II-B. Tablas y fichas del Tomo II. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 475 pp., esp. CDIGME.  
\* Roca ígnea, Roca metamórfica, Análisis mayores, Análisis menores, Análisis elemento traza, Metodología, Anomalía, Método estadístico, Provincia Salamanca.

841835. **Idem. Anexo III-A. Planos del Tomo III. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 5 mapas, esp. CDIGME.  
\* Mapa geológico, Mapa geoquímico, Anomalía, Provincia Salamanca.

841836. **Idem. Anexo III-B. Tablas y fichas del Tomo III. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 155 pp., esp. CDIGME.  
\* Roca ígnea, Roca metamórfica, Roca sedimentaria, Análisis mayores, Método estadístico, Provincia Salamanca.

841837. **Idem. Anexo IV-A. Planos del Tomo IV. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 16 mapas, esp. CDIGME.  
\* Mapa geofísico, Mapa geológico, Perfil geofísico, Mapa estructural, Mapa isopacas, Provincia Salamanca.

841838. **Idem. Anexo IV-B. Fichas y tablas del Tomo IV. ENADIMSA.**

IGME (1979), núm. 10.668, 637 pp., esp. CDIGME.  
\* Sondeo eléctrico, Interpretación, Corte sondeo, Fluorescencia RX, Análisis menores, Provincia Salamanca.

## YACIMENTOLOGIA: SUSTANCIAS NO METALICAS

841839. **Investigación de mármoles y calizas para su uso como roca ornamental en Málaga y Cádiz. IGME.**

IGME (1980), núm. 10.670, 3 vol., esp. CDIGME.  
\* Caliza sustancia, Mármol sustancia, Prospección minera, Provincia Córdoba, Provincia Sevilla, Provincia Málaga, Provincia Huelva, Zona Bética.

841840. **Idem. Memoria. IGME.**

IGME (1980), núm. 10.670, 169 pp., 25 ref., esp. CDIGME.  
\* Mármol sustancia, Caliza sustancia, Materia ornamental, Prospección minera, Utilización sustancia, Producción, Manto, Secundario, Terciario, Intrusión, Peridotita, Metamorfismo contacto, Cantera, Evaluación yacimiento, Calidad, Provincia Córdoba, Sevilla, Cádiz, Málaga, Zona Bética.

841841. **Idem. Anexo I. Fichero de estaciones de observación. IGME.**

IGME (1980), núm. 10.670, 124 pp., esp. CDIGME.  
\* Caliza sustancia, Mármol sustancia, Índice mineral, Inventario, Morfología yacimiento, Provincias Córdoba, Sevilla, Cádiz, Huelva, Zona Bética.

841842. **Idem. Anexo II. Estudio petrográfico y ensayos de caracterización. IGME.**

IGME (1980), núm. 10.670, 158 pp., esp. CDIGME.  
\* Mármol sustancia, Caliza sustancia, Petrografía, Propiedad geotécnica, Muestreo, ensayo laboratorio, Provincias Córdoba, Sevilla, Málaga, Zona Bética.

841843. **Estudio previo de las arcillas de Levante. COMPANIA GENERAL DE SONDEOS.**

IGME (1980), núm. 10.671, 3 vol., esp. CDIGME.  
\* Prospección minera, Arcilla industrial, Mapa provisional, Mapa litológico, Mapa tectónico, Provincias Guadalajara, Teruel, Valencia, Castellón, Oviedo, La Coruña, Orense.

841844. **Estudio previo de las arcillas de Levante. Tomo I. Memoria. COMPANIA GENERAL DE SONDEOS.**

IGME (1980), núm. 10.671, 161 pp., esp. CDIGME.  
\* Arcilla, Arcilla industrial, Arcilla refractaria, Mineralogía arcilla, Material construcción, Cerámica, Consumo, Producción, Provincias Guadalajara, Teruel, Valencia, Castellón, Oviedo, La Coruña, Orense.

841845. **Estudio previo de las arcillas de Levante. Tomo II. Memoria (continuación). COMPANIA GENERAL DE SONDEOS.**

IGME (1980), núm. 10.671, 305 pp., esp., CDIGME.  
\* Arcilla, Arcilla industrial, Caolín sustancia, Primario, Secundario, Cuaternario, Corte geológico, Falla, Pliegue, Transgresión, Yacimiento potencial, Provincias Guadalajara, Teruel, Valencia, Castellón, La Coruña, Orense.

841846. **Estudio previo de las arcillas de Levante. Tomo III. Mapas. COMPANIA GENERAL DE SONDEOS.**

IGME (1980), núm. 10.671, 11 mapas, esp. CDIGME.  
\* Atlas, Mapa litológico, Mapa tectónico, Mapa preventivo, Provincias de Guadalajara, Teruel, Valencia, Castellón, Oviedo, La Coruña, Orense.

## CARBON

841780. **Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid, 21-23 febrero 1984. FUNDACION GOMEZ PARDO.**

\* Reunión, Gasificación, Carbón, Ensayo in situ.

841781. **Experience Gained in Underground Coal Gasification in the USSR. KREININ, E. V.**

Jornadas sobre gasificación subterránea del Carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Gasificación, Carbón, Cuenca hullera, Energía, Filtración, Fracturación hidráulica, Ensayo in situ, URSS.

841782. **Underground coal gasification using oxygen and**

steam. STEPHENS, D. R., THORSNESS, C. B., y HILL, R. W.

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.

\* Carbón, Gasificación, Ensayo in situ, Tecnología, Oxígeno, Carbón vapor, Coste, Perspectiva, Estados Unidos.

841783. **Underground Coal Gasification. BAILEY, A. C.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Gasificación, Carbón, Ensayo in situ, Informe actividad, Histórico, National Coal Board, Reino Unido.

841784. **Underground Gasification of Deep Coal. ELECTROLINKING EXPERIMENTS.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Gasificación, Carbón, Ensayo in situ, Metodología, Electrolinking, Experimento.

841785. **Underground Coal Gasification Technical Summary. STEPHENS, D. R.; THORSNESS, C. B.; HILL, R. W., y THOMSON, D. S.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.

\* Carbón, Gasificación, Ensayo in situ, Histórico, Coste, Metodología, Estados Unidos.

841786. **State of the Art Summary for Underground Coal Gasification. DAVIS, B. E., y JENNINGS, J. W.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Gasificación, Carbón, Ensayo in situ, Planificación, Elección de lugar, Histórico, Estados Unidos.

841787. **Understanding Underground Coal Gasification current status and potential. BURWELL, E. L.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Carbón, Gasificación, Ensayo in situ, Programa, Coste, Política Estado, USA.

841788. **Opportunities in Underground Coal Gasification. BLOOMSTRAN, M. A., y DAVIS, B. E.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Gasificación, Carbón, Ensayo in situ, Experiencia, Gulf Oil, Estudio factibilidad.

841789. **Activities in the Federal Republic of Germany in the field of in situ coal conversion. KNOBLAUCH, K.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Informe actividad, Carbón, Gasificación, Ensayo in situ, Alemania RFA.

841790. **An industrial perspective for UCG. DAVIS, B. E.; DANIEL, J. H., y SINGLETON, A. H.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, ing., bibl. IGME.  
\* Gasificación, Carbón, Ensayo in situ, Tecnología, Investigación en curso, Planta piloto, Histórico, USA.

841791. **La gaseificación in situ du charbon en France. Le point des essais. CARIVEN, D.**

Jornadas sobre gasificación subterránea de carbón, Madrid (1984), Fundación Gómez Pardo, fr., bibl. IGME.  
\* Carbón, Reserva, Gasificación, Ensayo in situ, Proyecto, Experiencia, Histórico, Ensayo de laboratorio, Francia.



## SUELOS

841739. **Evolución de algunas variables edáficas en relación con la sucesión secundaria.** PUERTO, A.; RICO, M., y GOMEZ GUTIERREZ, J. M.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1341-1352, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Análisis componente principal, Variación temporal, Suelo, pH, Textura, Materia orgánica, Nitrógeno, Carbono, Calcio, Potasio, Fósforo, Provincia Salamanca.

841740. **Dispositivo de incubación para el estudio de la mineralización de la materia orgánica del suelo.** POLO, A.; ALMENDROS, G., y DORADO, E.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1335-1340, 5 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Instrumentación, Ensayo laboratorio, Mineralización, Materia orgánica, Humus, Suelo, Biodegradación.

841741. **Los suelos de la Cuenca baja del río Guadalhorce, Málaga. I. Arenosoles y Vertisoles.** MORENO REAL, L.; BARAHONA, E.; MARTINEZ LARA, M., y BRUQUE, S.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1353-1370, 9 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Arenosol, Vertisol, Suelo bruto, Perfil suelo, Estructura suelo, Zonografía suelo, Propiedad físico-química, Coeficiente correlación, Provincia Málaga

841742. **Los suelos de la Cuenca baja del río Guadalhorce, Málaga. II. Cambisoles.** MORENO REAL, L.; MARTINEZ LARA, M.; BARAHONA, E., y BRUQUE, S.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1371-1386, 3 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Suelo pardo, Perfil suelo, Estructura suelo, Propiedad físico-química, Coeficiente correlación, Cambisol, Provincia Málaga.

841743. **Los suelos de la Cuenca baja del río Guadalhorce, Málaga. III. Luvisoles.**

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1387-1403, 5 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Luvisol, Perfil suelo, Estructura suelo, Propiedad físico-química, Coeficiente correlación, Provincia Málaga.

841747. **Suelos sobre granitos de Galicia (NO de España) con especial referencia al ranker atlántico. II. Propiedades químicas.** CARBALLAS, M.; GUITIAN, F., y CARBALLAS, T.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1485-1497, 43 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Roca madre suelo, Granito, Perfil suelo, pH, Materia orgánica, Nitrógeno, Capacidad carga carbón, Galicia.

841748. **Microflora y materia orgánica reconocible en suelos de pradería. III. Estaciones mesófilas. Conclusiones generales.** CARBALLAS, M.; REISINGER, O., y KILBERTUS, G.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1499-1508, 20 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Flora, Microorganismo, Acción biógena, Bacteria, Francia.

841749. **Factores formadores de los suelos del sector Salar-Alhama (Granada).** ORTEGA, E.; PARRAGA, J.; FERNANDEZ, J., y MARIN, G.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1509-1521, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Pedogénesis, Acción biógena, Acción climática, Jurásico, Cretácico, Mioceno, Roca carbonatada, Provincia Granada.

841750. **Algunos suelos halomorfos en el Pedernoso (Cuenca).** ALIAS, L. T., y SANCHEZ, A.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1523-1539, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Suelo poco desarrollado, Suelo halomorfo, Perfil suelo, Carbono orgánico, Nitrógeno, Conductividad eléctrica, Mineralogía arcilla, Difracción RX, Cuaternario, Provincia Cuenca.

841751. **Haploxerolls de la Sierra de Orce (Granada, Almería).** ALIAS, L. J., y MARTINEZ, J.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1541-1553, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Clasificación, Haploxeroll, Mollisol, Perfil suelo, Estructura suelo, Carbono orgánico, Nitrógeno, pH, Capacidad carga catión, Provincia Granada, Provincia Almería.

841752. **Formaciones edáficas de las regiones de Ocaña (Toledo). II. Inceptisoles y alfisoles.** GUMUZZIO, J.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1555-1573, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Inceptisol, Alfisol, Pedogénesis, Perfil suelo, Estructura suelo, Análisis químico, Clasificación granulométrica, Mineralogía arcilla, Provincia Toledo.

## GEOQUIMICA

841745. **Aspectos edafogeoquímicos de la salinidad en la Submeseta Sur, Toledo. II. Estudio edafogeoquímico.** GUMUZZIO, J.; ASTUDILLO, J., y MORENO, A.

*An. edafol. agrobiol.* (1983), vol. 42, núm. 9-10, 1441-1461, 3 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Pedogénesis, Geoquímica, Salinidad, Suelo, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, pH, Carga ión, Método estadístico, Conductividad eléctrica, Provincia Toledo.

841753. **Estudio crítico de la aplicación de la técnica de difracción de rayos X al análisis químico de sólidos. I. Análisis teórico.** CRIADO, J. M.

*Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr.* (1984), vol. 23, núm. 4, 245-252, 30 ref., esp., res. ing., fr., al., bibl. IGME.

\* Difracción RX, Análisis químico, Análisis cuantitativo, Diagrama de polvo.

## MAPAS

841639. **Monreal del Campo.** OLIVE, A.; HERNANDEZ SAMANIEGO, A.; PARDO, G.; VILLENA, J., y MOISSENET, E.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 516, 105 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Ordovícico, Trías, Jurásico, Cretácico, Paleógeno, Neógeno, Cuaternario, Orogenia alpina, Geología histórica, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

841640. **Santa Eulalia.** RAMIREZ, J. L.; OLIVE, A., y MOISSENET, E.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 541, 165 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Ordovícico, Trías, Jurásico, Terciario, Cuaternario, Orogenia alpina, Geología histórica, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

841641. **Alfambra.** GODOY, A.; OLIVE, A., y MOISSENET, E.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 542, 132 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Secundario, Terciario, Cuaternario, Corte geológico, Arenisca, Arcilla, Roca carbonatada, Conglomerado, Asociación fósil, Graben, Aulacógeno, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Geomorfología, Paleogeografía, Isopaca, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

841642. **Tragacete.** PORTERO, J. M.; MELENDEZ HEVIA, F., y RIBA ARDERIU, O.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 565, 165 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Ordovícico, Silúrico, Trías, Jurásico, Cretácico, Terciario, Cuaternario, Orogenia alpina, Geología histórica, Provincia Teruel, Provincia Cuenca, Provincia Guadalajara, Macizo Ibérico.

841643. **Cella.** HERNANDEZ, A., y OLIVE, A.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 566, 138 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Ordovícico, Silúrico, Pérmico, Trías, Jurásico, Mioceno, Plioceno, Cuaternario, Corte geológico, Pizarra, Arenisca, Cuarzita, Roca carbonatada, Conglomerado, Fauna, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Aulacógeno, Esquistosidad, Geomorfología, Paleogeografía, Isopaca, Provincia Teruel.

841644. **Teruel.** GODOY, A.; OLIVE, A., y MOISSENET, F.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 567, 138 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Secundario, Terciario, Corte geológico, Arenisca, Arcilla, Roca carbonata-

da, Conglomerado, Asociación fósil, Graben, Aulacógeno, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Esquistosidad, Falla, Geomorfología, Paleogeografía, Isopaca, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

841645. **Terriente.** AZNAR, J. M.; RAMIREZ, J. L.; PORTERO, J. M.; OLIVE, A., y MOISSENET, E.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 589, 136 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Ordovícico, Trías, Jurásico, Cretácico, Paleógeno, Neógeno, Cuaternario, Orogenia alpina, Geología histórica, Provincia Teruel, Provincia Cuenca, Provincia Valencia, Macizo Ibérico.

841646. **La Puebla de Valverde.** GODOY, A.; OLIVE, A., y MOISSENET, E.

*MAGNA, IGME* (1983), núm. 590, 138 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Secundario, Neógeno, Cuaternario, Roca carbonatada, Arcilla, Arenisca, Arena, Conglomerado, Graben, Aulacógeno, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Tectónica superpuesta, Esquistosidad, Falla, Geomorfología, Paleogeografía, Isopaca, Asociación fósil, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

841647. **Alcántara.** BASCONES, L.; MARTIN HERRERO, D., y CORRETGE, L. G.

*MAGNA, IGME* (1984), núm. 648, 91 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Antecámbrico, Antecámbrico sup., Cuaternario, Granito, Metamorfismo de contacto, Metamorfismo regional, Orogenia hercínica, Provincia Cáceres, Hercínico Centro.

841648. **Garrovillas.** CORRETGE, L. G.; MARTIN HERRERO, D., y BASCONES, L.

*MAGNA, IGME* (1984), núm. 649, 160 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Infracámbrico, Ordovícico, Mioceno, Cuaternario, Cuarzita, Granito, Gneis, Dique, Composición mineralógica, Paragénesis, Análisis químico, Metamorfismo regional, Orogenia hercínica, Pliegue, Esquistosidad, Lineación, Microtectónica, Provincia Cáceres.

841649. **Brozas.** CORRETGE, L. G.; MARTIN HERRERO, D., y BASCONES, L.

*MAGNA, IGME* (1984), núm. 677, 89 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Infracámbrico, Mioceno, Cuaternario, Granito, Composición mineralógica, Paragénesis, Análisis químico, Metamorfismo regional, Metamorfismo de contacto, Orogenia hercínica, Pliegue, Esquistosidad, Lineación, Microtectónica, Provincia Cáceres.

841650. **Casar de Cáceres.** BASCONES, L.; MARTIN HERRERO, D., y CORRETGE, L. G.

*MAGNA, IGME* (1984), núm. 678, 90 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Antecámbrico superior, Ordovícico, Mioceno, Cuaternario, Granito, Meta-

morfismo regional, Metamorfismo de contacto, Orogenia hercínica, Provincia Cáceres, Hercínico Centro.

841651. **La Palma del Condado.** RAMIREZ COPEIRO, J. *MAGNA, IGME* (1983), núm. 982, 90 ref., esp., bibl. IGME.

\* Memoria explicativa, Mapa geológico, Devónico, Carbonífero, Triás, Terciario, Cuaternario, Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Geometría, Microtectónica, Roca ígnea, Provincia Huelva, Cuenca del Guadalquivir, Hercínico Sur.

**ECONOMIA**

841773. **Panorama Minero 1982.** *IGME* (1984), 129 pp., esp., bibl. IGME.

\* Materia prima, Metal sustancia, Sustancia no metálica, Producción, Reserva, Importación,, Exportación, Valor producción, Valor exportación, Valor importación, España, Mundo.

**Boletín Geológico y Minero**

Revista bimestral de geología económica  
Industrias extractivas y de su beneficio

Instituto Geológico y Minero de España  
Ríos Rosas, 23 - 28003-Madrid, España

BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)  
ESPAÑA e IBEROAMERICA 1.650 ptas.  
DEMÁS PAISES 1.800 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa .....  
Profesión .....  
Dirección ..... Teléfono .....  
Ciudad (provincia) ..... D. P. ....  
País ..... FIRMA  
Fecha .....

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

**BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO**

**ACUSE DE RECIBO**

HEMOS RECIBIDO  
WE HAVE RECEIVED  
NOUS AVONS RECU

NOS FALTA  
WE ARE IN WANT OF  
IL NOUS MANQUE

FECHA DATE ..... FIRMA SIGNATURE .....

NOMBRE NAME NOM .....

DIRECCION ADDRESS ADRESSE .....

ROGAMOS DEVUELVAN ESTE ACUSE DE RECIBO, NECESARIO PARA NUESTRO CONTROL, Y DIRIGIDO EXCLUSIVAMENTE A AQUELLOS CENTROS QUE RECIBEN ESTA PUBLICACION CON CARACTER GRATUITO EN REGIMEN DE INTERCAMBIO.

47

18 OCT. 1988



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid