

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



**BOLETIN**

DEL

**INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO**

DE

**ESPAÑA**



TOMO LXXII



MADRID  
TIP.-LIT. COULLAUT  
MANTUANO, 49  
1961

**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.**

**Depósito legal: M. 3.279.—1958.**

## INGENIEROS DE PLANTILLA DEL INSTITUTO

**Director:** Excmo. Sr. D. Antonio Almela Samper.

**Suddirector:** Ilmo. Sr. D. Antonio Comba Sigüenza.

**Vocal:** Sr. D. Manuel Pastor Mendivil.

- Excmo. Sr. D. José Cantos Figuerola y Sainz de Carlos.
- Ilmo. Sr. D. Juan Manuel López de Azcona.
- M. I. Sr. D. Jorge Doetsch Sundheim.
- Sr. D. Augusto de Gálvez-Cañero y González Luna.
- Sr. D. José M.<sup>a</sup> Fernández Becerril.
- M. I. Sr. D. José M.<sup>a</sup> Ríos García.
- Sr. D. Joaquín Borrego González.
- Sr. D. Juan Pérez Regodón.
- Sr. D. Demetrio Santana Pérez.
- Ilmo. Sr. D. Juan Antonio Comba Ezquerro.
- Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme y Sánchez Lozano.
- Sr. D. Tirso Febrel Molinero.

**Secretario:** Sr. D. Luis Badillo Díez.

**Auxiliar:** Sr. D. Manuel Zaloña Bances.

- Sr. D. Juan Gavala Ruiz.
- Sr. D. Antonio Marín de la Bárcena y Cantagrel.
- Sr. D. Manuel López Linares García.
- Sr. D. José Suárez Feito.
- Sr. D. Carlos Villalón Dávila.
- Sr. D. Antonio Quesada García.
- Sr. D. Joaquín del Valle de Lersundi.
- Sr. D. Vicente Pastor Gómez.
- Sr. D. Manuel M.<sup>a</sup> Alvarado Arrillaga.
- Sr. D. Juan Enrique Coma Guillén.
- Sr. D. Félix Cañada Guerrero.
- Sr. D. Indalecio Quintero Amador.
- Sr. D. Emilio Trigueros Molina.
- Sr. D. Agustín Navarro Alvargonzález.
- Sr. D. Ramón Rey Jorissen.
- Sr. D. Aurelio López Herrero.
- Sr. D. Francisco Esteban Santisteban.
- Sr. D. Carlos Felgueroso Coppel.
- Sr. D. Juan José García Rodríguez.

## COLABORADORES DE ESTE INSTITUTO

Ing. D. Eduardo Alastrué Castillo.  
 Ing. D. Antonio Baselga Recarte.  
 Dr. D. José R. Bataller.  
 Ing. D. José Castell Cabezón.  
 Ing. D. Serafín de la Concha y Ballesteros. ☉  
 Dr. D. Miguel Crusafont Pairó.  
 Dr. D. José M.<sup>a</sup> Fontboté.  
 Dr. D. José M.<sup>a</sup> Fúster Casas.  
 Ing. D. Santiago García Fuentes.  
 Dr. D. Joaquín Gómez de Llarena.  
 Dr. D. Francisco Hernández-Pacheco.  
 Dr. D. Noel Llopis Lladó.  
 Dr. D. Valentín Masachs Alavedra.  
 Ing. D. Laureano Menéndez Puget.  
 Ing. D. Carlos Santiago Muñoz Cabezón.  
 Dr. D. Isidro Parga Pondal.  
 Ing. D. Ildefonso Prieto.  
 Dr. D. Oriol Riba.  
 Lic. D. Máximo Ruiz de Gaona.  
 Dr. D. Maximino San Miguel de la Cámara.  
 Ing. D. Clemente Sáenz.  
 Dr. D. Luis Solé Sabaris.  
 Dr. D. Vicente Sos.  
 Lic. D. Eugenio Torre Enciso.  
 Dr. D. José Villalta.  
 Dra. D.<sup>a</sup> Carmen Virgili Rodón.  
 Ing. D. José de la Viña.

## PROFESORES DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS AFECTOS A ESTE INSTITUTO

Ilmo. Sr. D. Marino Dávila Vacas.  
 Sr. D. Joaquín Bertet y Capafons.  
 Ilmo. Sr. D. Pedro Arsuaga Daban.

## AYUDANTES DE PLANTILLA DEL INSTITUTO

Ilmo. Sr. D. Emilio Porrás Rivilla.  
 Ilmo. Sr. D. Casto Celestino Mora y López.  
 Ilmo. Sr. D. Francisco Merelo Azañón.  
 Ilmo. Sr. D. Félix Melián Abajo.  
 Sr. D. José M.<sup>a</sup> García Peña.  
 Sr. D. Luis Llorente Herrero.  
 Sr. D. Isidoro Blázquez García.  
 Sr. D. Silvestre Ferrera de la Torre.

## I N D I C E

|  | <i>Págs.</i> |
|--|--------------|
| Prólogo, por A. Almela.....  | IX           |
| Nota necrológica, por J. M. L. de A. ....  | XIII         |
| Rasgos principales de la geología de las islas Canarias con datos sobre Madeira, por Mauricio M. Blumenthal .....  | I            |
| Paleobioquímica de lamelibranquios y gasterópodos del Mioceno marino de la Península Ibérica, por Juan Manuel López de Azcona y M. <sup>a</sup> Concepción López de Azcona Fraile..... | 131          |
| Estudio geológico de la región del Cabo de Peñas (Asturias), por N. Llopis Lladó.....  | 233          |
| Los foraminíferos del Terciario superior y Cuaternario del valle del Guadalquivir, por J. L. Saavedra.....   | 349          |

## PROLOGO

*El BOLETIN LXXII que hoy ofrecemos a cuantos se preocupan por los estudios geológicos de nuestro país, está integrado por cuatro trabajos de excepcional interés, en los que se ofrecen síntesis de diferentes cuestiones geológicas y paleontológicas de distintas zonas de España, y por lo tanto pueden constituir una interesante ayuda para quienes deseen profundizar en el estudio de estos problemas.*

*El primer trabajo se debe al Dr. Blumenthal, ilustre geólogo de todos nuestros especialistas conocido por los muchos e interesantes trabajos por él publicados en ésta y otras revistas, especialmente los dedicados a la geología bética.*

*En su actual contribución trata de los rasgos principales de la geología de las islas Canarias y establece una comparación con las características geológicas de la isla de Madera.*

*Estudia en primer lugar los basaltos antiguos de la península de Anaga, en Tenerife, y a continuación la geología de la isla de Fuerteventura, a la que considera como clave para el conocimiento de la geología profunda del archipiélago, observable en esta isla gracias a la intensa denudación sufrida.*

*A continuación estudia la cuestión de las calderas y hace un inventario de las existentes en las islas Canarias, dedicando un capítulo aparte a la caldera de Taburiente, en la isla de La Palma, por ser un ejemplo clásico de este tipo de accidentes.*

*Se ocupa también en un capítulo de los escasos sedimentos de facies marina y terrestre existentes en las islas, así como de la posibilidad de que en profundidad exista un zócalo de terrenos primarios e incluso secundarios, semejantes a los que se encuentran en la zona próxima del continente africano.*

*Finalmente estudia la posibilidad de establecer correlaciones interinsulares, basadas en las características de los diferentes magmas y estable-*

ce una hipótesis sobre las relaciones tectónicas entre el archipiélago y la cordillera del Atlas.

La traducción al español de este trabajo se encomendó a nuestro ilustre colaborador Sr. San Miguel de la Cámara, pero su fallecimiento no le permitió ver terminada su labor, lo que realizaron discípulos y colaboradores suyos. Debido a ello la traducción no es todo lo esmerada que hubiéramos deseado; la corrección de los defectos observados hubiera retrasado mucho la aparición de este tomo y hemos considerado preferible dejar el texto como está, esperando que el lector subsanará las deficiencias existentes.

El segundo trabajo que se inserta en este BOLETIN es un estudio de Vocal Sr. López de Azcona y la Srta. López de Azcona, sobre la posible influencia de los oligoelementos en la bioquímica de lamelibranquios gasterópodos fósiles.

Es la primera vez que se intenta una investigación de este tipo, por cuya razón los indicios obtenidos ofrecen un indudable interés.

Se han conseguido espectrogramas de 291 ejemplares fósiles, de diferentes géneros y procedencias, a los que se han añadido para comparación los de 25 muestras vivientes.

Con los resultados obtenidos se ha confeccionado una serie de cuadros en los que se establecen la frecuencia, cuantía y porcentaje de los distintos oligoelementos estudiados en relación con los diferentes géneros y procedencias.

Finalmente se exponen unas conclusiones provisionales sobre mayor o menor facilidad de asimilación de los diferentes elementos y papel bioquímico de éstos.

Otra interesante aportación que aparece en el presente tomo es estudio geológico de la región del Cabo de Peñas (Asturias), del Dr. Llopis Lladó, catedrático que fue de la Universidad de Oviedo y hoy de Madrid.

En él se describe con todo detalle la estratigrafía de la región, en especial la del Devoniano, que es el terreno más ampliamente representado en ella, y se da una serie de cortes detallados, con abundante fauna fósil.

Se estudia después la tectónica con los movimientos hercinianos alpinos, estos últimos discernibles, entre otras cosas, por la existencia de depósitos cretáceos.

Finalmente se pasa revista a la morfología de la región, estudiando las rasas existentes y su evolución, así como la génesis y edad del relieve.

El estudio, que va acompañado de dos mapas a escala 1:25.000, abundantes croquis y fotografías, es el primero de una serie, cuya continuación esperamos con el mayor interés.

Por último cierra este número una contribución del micropaleontólogo Sr. Saavedra con el estudio detallado de los foraminíferos del Terciario superior y Cuaternario del valle del Guadalquivir, que comprende 370 especies del Mioceno, Plioceno y Cuaternario.

Tras la descripción de todas las especies se incluyen las reproducciones de estos foraminíferos y unos cuadros con su distribución y frecuencia.

Termina este magnífico trabajo con un ensayo de estratigrafía de los diferentes pisos del Neogeno andaluz, con sus características litológicas y foraminíferos encontrados en aquéllos. Es por lo tanto, el que nos ocupa, un estudio de gran interés para establecer la estratigrafía del Neogeno marino.

A. ALMELA.



*EXCMO. SR. D. MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CAMARA*

## *NOTA NECROLOGICA*

Con profunda tristeza se recibió en el Instituto Geológico la noticia del fallecimiento en Cartagena, el 19 de mayo, de uno de sus más antiguos y asiduos colaboradores, el Excmo. Sr. D. Maximino San Miguel de la Cámara.

Nace el distinguido profesor en Huerta del Rey, el 21 de agosto de 1887, cursa el bachillerato brillantemente en el Instituto de Burgos, donde fue muy querido de sus profesores. Pasa a la Universidad, donde se gradúa de licenciado en Ciencias Naturales en 1908, comenzando inmediatamente el doctorado, celebrándose la colación de grado en la Universidad Central el año 1911, tomando como tema de su tesis «Contribución al estudio de las dunas de la Península Ibérica».

Inicia su función docente en 1908 como profesor encargado de prácticas en la asignatura de Cristalografía de la Universidad de Madrid, pasa en 1911 a profesor encargado de Geología y Estratigrafía, en Barcelona, y en 1912 gana por oposición la cátedra de Geografía y Geología dinámica de la mencionada Universidad, en la que fue vicedecano accidental y vicerrector. En 1942, en concurso de traslado, pasa a Madrid a la cátedra de Petrografía, que profesó hasta su jubilación por edad, habiendo sido durante varios años decano de la Facultad de Ciencias.

En su larga vida alcanzó importantes distinciones, como fueron la de miembro de número de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, de la de Ciencias de Zaragoza y de la de Medicina de Madrid, en la que pronunció un valioso discurso de ingreso sobre el tema «Geoquímica de las aguas termales», para el que tuvo a su disposición los datos inéditos acumulados durante varias décadas en los laboratorios del Instituto Geológico y en su Sección de Aguas Subterráneas. También fue designado miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de Madrid. Fue vocal de los patronatos «Santiago Ramón y Cajal», «Alfonso X, el Sabio», «Juan de la Cierva» y «Alonso de Herrera», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Perteneció como



comendador a las órdenes del Yugo y de las Flechas y de Alfonso X, el Sabio.

Fue vocal de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica, en la que colaboró activamente en el campo de la vulcanología; fue creador, en 1943, del Instituto Lucas Mallada de Geología, al que se le dio dicha denominación a propuesta del Dr. San Miguel, del cual fue su primer director hasta su fallecimiento. En 1956 fue designado director del Instituto José de Acosta y del Museo de Ciencias Naturales.

Su labor como publicista en el campo de la geología fue muy fecunda y valiosa, como lo demuestran los dos centenares que dio a la imprenta entre obras propias y traducciones.

La comisión organizadora del XIV Congreso Geológico Internacional, presidida por el director del Instituto Geológico, le encomendó la organización de la visita a la zona volcánica de Gerona, celebrada con gran éxito, lo que sirvió de punto de partida de la colaboración oficial con dicho Instituto, comenzada en 1927 en la confección del mapa geológico nacional a escala 1 : 50.000, con la hoja n.º 421, Barcelona, editada en 1928, realizando posteriormente varias de Cataluña, Burgos, Madrid, Segovia y Avila, estando en estos momentos en la encuadernación su hoja póstuma, la de Las Navas del Marqués, n.º 532.

En los organismos centrales del Instituto trabajó en el laboratorio de Petrografía, al que perteneció hasta su fallecimiento. Este discípulo de Orueta tenía gran placer en trabajar en su banco óptico, como lo apreciamos cuando lo conocimos preparando el trabajo «Enumeración razonada de las rocas hipogénicas de España», galardonado por la Real Academia de Ciencias con la medalla de oro.

Las publicaciones del Instituto Geológico y Minero se enriquecieron con diez trabajos aparecidos en el Boletín, en las Memorias y en Notas y Comunicaciones. En este Boletín aparece la traducción de Blumenthal titulada «Rasgos principales de la geología de las Islas Canarias», realizada en colaboración con sus discípulos, de la que no pudo corregir las pruebas.

La Comisión Nacional de Geología no pudo prescindir de su valiosa cooperación y figuraba en la misma como vocal de la Comisión de Léxico.

El Dr. San Miguel deja una magnífica pléyade de geólogos que disfrutaron de sus lecciones, una obra impresa propia de un maestro de la geología y una serie de amigos que lloramos su fallecimiento y pedimos Dios le conceda el eterno descanso.

*J. M. L. de A.*

**Rasgos principales de la geología de las  
islas Canarias con datos sobre Madeira**

por

**Mauricio M. Blumenthal**



## INDICE

|   | PÁGS. |
|---|-------|
| Introducción .....  | 5     |
| A. Breve sinopsis geográfico-geológica de cada una de las islas .....   | 7     |
| B. El sector de la península de Anaga como miembro tipo de zócalo del basáltico antiguo .....                       | 13    |
| 1) Visión general .....   | 13    |
| 2) Los basaltos de Anaga, en la parte occidental .....  | 15    |
| 3) La formación de lapillis .....   | 17    |
| 4) Zona central y oriental .....  | 19    |
| 5) Sobre el sistema de diques .....   | 19    |
| 6) Observaciones petrográficas de las rocas de Anaga .....  | 22    |
| 7) Líneas estructurales y génesis .....   | 25    |
| 8) La cuenca (Pass enke) elevada y transversal de La Laguna .....   | 27    |
| 9) Acerca del sector de Tenerife análogo a Anaga .....  | 29    |
| C. La posición clase de Fuerteventura para la geología de las Canarias .....  | 33    |
| 1) Sobre la importancia informativa de Fuerteventura .....  | 33    |
| 2) Descripción orográfico-morfológica del perfil transversal .....  | 34    |
| 3) Difusión, posición y contenido de la formación de espilitas .....  | 34    |
| 4) La serie de rocas cristalinas (facies de rocas profundas) .....  | 37    |
| 5) El resultado del examen tectónico .....  | 39    |
| 6) La parte oriental de la zona del perfil transversal .....  | 41    |
| 7) Analogía de las islas occidentales .....   | 44    |
| D. Observaciones generales acerca de la cuestión de las calderas y del inventario de calderas de las Canarias ..... | 47    |
| 1) La Caldera de Las Cañadas .....  | 52    |
| 2) El "oval" de Orotava y su análogo de Guimar .....  | 54    |
| 3) La Caldera de Gargantúa de Guimar (Angostura) .....  | 56    |
| 4) La Caldera de Las Palmas, en la Sierra de Teno .....   | 56    |
| 5) La bifurcación del valle de Vallehermoso (Gomera) .....  | 57    |
| 6) Las ruinas de la Caldera del Golfo y El Julán (Hierro) .....   | 58    |
| 7) La caldera central de La Tejada, en Gran Canaria .....   | 59    |
| 8) El barranco de Tirajana .....  | 60    |
| 9) La península de Jandia (Fuerteventura) .....   | 61    |
| E. La Caldera de Taburiente, en La Palma .....  | 63    |
| 1) Situación general y rasgos morfológicos .....  | 63    |
| 2) Sobre las rocas existentes en la "formación nuclear" .....   | 64    |

|  | <u>PÁGS.</u> |
|--|--------------|
| 3) Relieve actual y antiguo en el espacio de la formación nuclear      | 68           |
| 4) Líneas estructurales de zócalo ... ..                               | 74           |
| 5) La pared circundante y la cobertera... ..                           | 75           |
| 6) ¿Existe un aparato volcánico central? ... ..                        | 77           |
| F. Algunas consideraciones sobre Gomera ... ..                         | 83           |
| G. Observaciones al tema de las calderas en Madeira ... ..             | 87           |
| H. Sobre la presencia de sedimentos y su posición estratigráfica... .. | 89           |
| 1) Sobre los sedimentos en las Canarias... ..                          | 89           |
| 2) Acerca de los levantamientos y hundimientos ... ..                  | 99           |
| I. Posibilidades de correlaciones interinsulares ... ..                | 103          |
| J. Relaciones tectónicas regionales... ..                              | 115          |
| Bibliografía ... ..  | 127          |

## Rasgos principales de la geología de las islas Canarias con datos sobre Madeira

POR

MAURICIO M. BLUMENTHAL

### INTRODUCCION

Durante más de medio año, entre 1957 y 1958, el autor se ha dedicado al estudio de la geología de las islas Canarias. Estas notas son debidas a ese estudio y al realizado de una literatura sobre las Canarias, que cada vez se va haciendo mayor.

Debo agradecer la gentil ayuda de mi colega Máximo Martín Aguardo, antes Catedrático de la Universidad de La Laguna, que me acompañó en todas mis excursiones a las islas; en Fuerteventura tuve a mi lado al mejor conocedor, D. Simón Benítez Padilla, y en España recuerdo la múltiple colaboración de D. Eduardo Alastrué, Catedrático en la Universidad de Sevilla. Agradezco a la Dirección del Instituto Geológico y Minero la publicación de este trabajo en su Boletín. Fuera de España, no puedo olvidar la colaboración en temas petrográficos de E. Jérémine, de París.

El conocimiento geológico del archipiélago canario ha realizado modernamente enormes progresos, sobre todo gracias a las investigaciones de H. Hausen. Si el autor se esforzó —y en el fondo, no partiendo de la investigación petrográfica— por estudiar los rasgos principales de estas islas, vulcanológicamente tan interesantes, y en dar a lo nuevo y a lo antiguo una forma sinóptica, tuvo que comprobar que en la meta propuesta quedaba poco que fuera nuevo. Sin embargo, estas notas sirven tal vez como directriz para resolver problemas generales, todavía muy numerosos.

Locarno, 10 de abril de 1960.

## **A. BREVE SINOPSIS GEOGRAFICO-GEOLOGICA DE CADA UNA DE LAS ISLAS**

El archipiélago de las Canarias, situado ante la costa NO. de Africa, entre 27° 40' y 29° 25' latitud norte, abarca, prescindiendo de una zona accesoria menor, siete islas mayores; la mayor de éstas, Tenerife, mide 2.352 kilómetros cuadrados; la menor, Hierro, mide sólo 278 kilómetros cuadrados; la superficie total es aproximadamente de 7.615 kilómetros cuadrados. Se puede distinguir con Fuerteventura y Lanzarote, las llamadas "Purpurias"; un grupo central con Gran Canaria, Tenerife y Gomera, y un grupo occidental con Hierro y La Palma. Con excepción de las dos islas orientales, que presentan ya una fuerte influencia africana, situadas además paralelamente al continente africano, las demás están alineadas en dirección Este-Oeste, y la más extrema, Hierro, que fue considerada como el fin del mundo, y citada por esta razón como meridiano 0, está a una distancia del continente de 470 kilómetros aproximadamente (fig. 1).

La isla Madeira está 480 kilómetros más al norte de las Canarias occidentales. Pertenece, además de al pequeño grupo de islas Salvages, próximo a las Canarias, a Portugal; mientras que el archipiélago canario es una provincia autónoma de España. Todas estas islas, hasta en las pequeñas "vertientes" que van desapareciendo, de origen sedimentario-organógeno, son de estructura volcánica. (fig. 1).

El cuadro vulcano-geológico de cada una de las islas Canarias está dibujado desigualmente y ha sido estudiado también desigualmente por los investigadores. Existe una exposición detallada de la geología según modernos puntos de vista (Tenerife, Fuerteventura, Lanzarote, Gran Canaria y parte de Gomera y La Palma), mientras que para otras zonas hay que acudir a antiguos tratados, muy valiosos en sí. La bibliografía geológica sobre este mundo insular, desde A. von Humboldt y L. von Buch, es decir, desde 160 y 134 años respectivamente, es muy

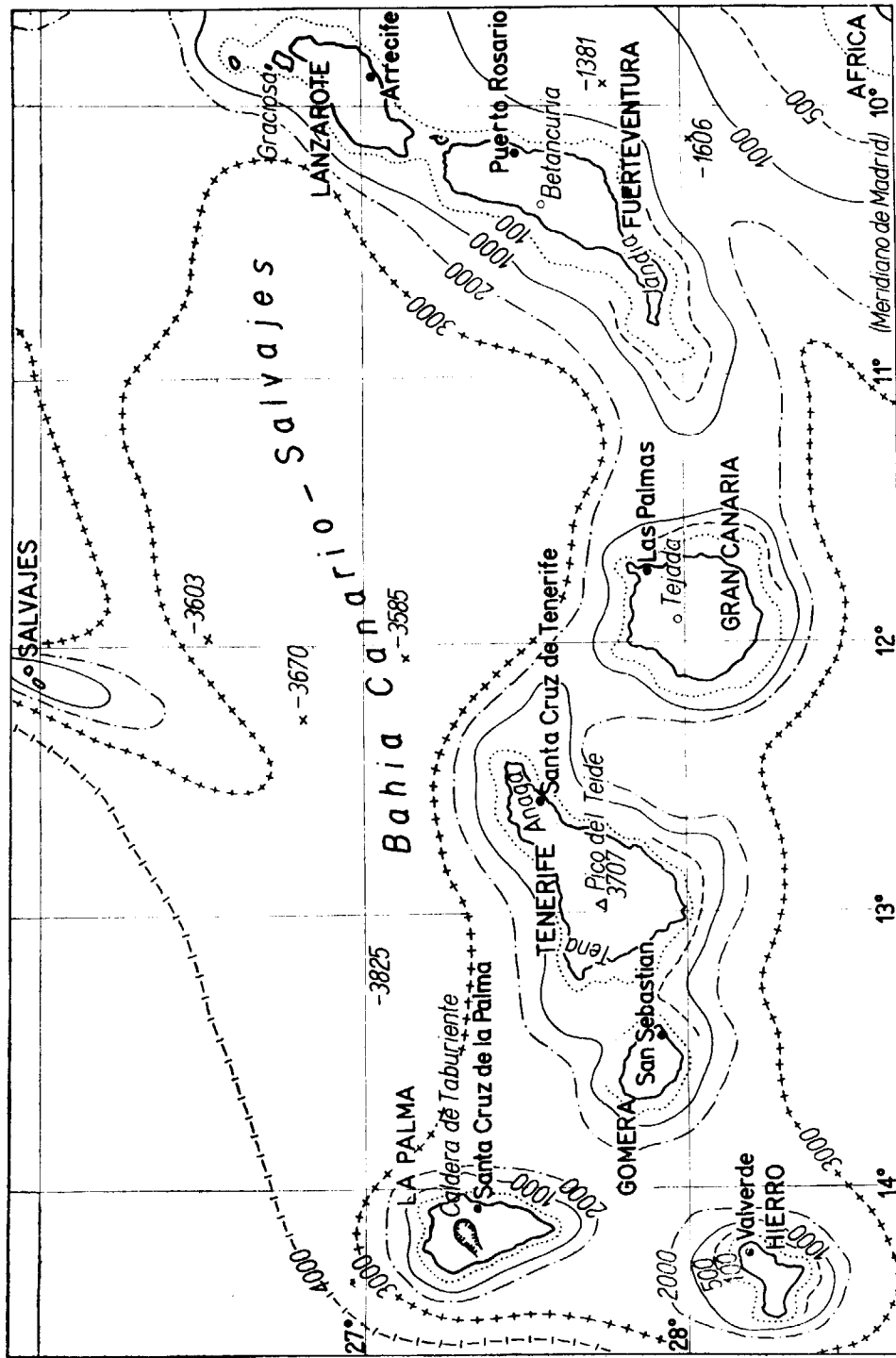


Fig. 1.—Plano de las Islas Canarias.

Las curvas de profundidad (en metros) son muy aproximadas y se han trazado de acuerdo con el croquis de C. Gagel (1910, fig. 1). Deben hacer resaltar el "Espolón" submarino, que va en dirección E.-O. (espolón de las Canarias y de las Salvajes). Como las dos Purgatorias (Lanzarote y Fuerteventura) pueden servir de punto de enlace al continente para las Canarias, así el Banco la Concepción (179 m.) hace el mismo papel para las Salvajes y Banco de Dacia, situado al

amplia. Si bien hay distintas descripciones generales (por ejemplo, *Manual de Geología Regional*: Gagel, 1910; Navarro, 1920; von Wolff, 1931; Hausen, 1954 y 1958), sin embargo, servirá aquí como introducción a las distintas cuestiones tratadas en estas cuartillas, una breve visión de las distintas islas.

Aunque las distintas islas presentan estrechas relaciones entre sí, especialmente en su más reciente historia volcánica, sin embargo, retrocediendo, existen ciertamente diferencias, por lo que sólo a través de una esquematización fundamental se puede establecer una vulcanoestratigrafía o petrografía común. Si se arriesga uno a hacer esto, le servirá de ayuda los extensos conocimientos logrados por las investigaciones de Gagel, Bourcart y Hausen. Debo anticipar, que por lo menos, quiero ocuparme de la fase más reciente de las efusiones basálticas, de lava y de sus productos acompañantes, que es un objeto actual e interesante para los estudios vulcanológicos. Esta formación subreciente, hasta cuaternaria, de lava o basalto alcalino, está más o menos extendida sobre todas las islas y tiene su origen en conos volcánicos periféricos (conos de lapilli y cenizas) con coladas que en parte vierten al mar, conocidas por su falta de fertilidad, que aún hoy tienen, —pero que cambiará en épocas posteriores— con el nombre de "malpaíses" (tierras malas). Solamente la isla Gomera no está afectada por esta reciente actividad. Recorramos brevemente cada isla, empezando por el Este.

En FUERTEVENTURA ocupa la formación de basalto reciente una buena parte de la superficie, donde recubre con sus mantos un antiguo relieve. Morfológicamente se pueden distinguir estas coladas en forma de capa, las cuales proceden de erupciones por grietas, en una zona central, las de basaltos de llanura (= basaltos de plaine, Boucart) de las de un estrato próximo más antiguo, generalmente del mismo carácter petrográfico que forma una especie de meseta, por lo que se les llama Basaltos de plateau = "tableland series" (series de tierras de mesetas) (Hansen), basaltos de meseta. Frente a la costa occidental aparecen estas series de basaltos con discordancia sobre una formación basáltica y diabásica, muy apartada temporalmente de éstas, que fue designada por el primer investigador geólogo, G. Hartung, como "Trappformation", y que nosotros, por la casi total transformación en espilitas, llamaremos formación de espilitas. En contraposición a las series de basalto más o menos subhorizontales, de que ya hemos hablado, sus bancos están levantados, rodean un núcleo holocristalino, formado por sienita, gabro, peridotita, etc. Este representa masas intrusivas con sus apófisis (masas de sienita de Betancuria?).

La isla de LANZAROTE, más al Norte, unida a Fuerteventura por una zona marina poco profunda, está ocupada ampliamente por capas de basalto recientes, cuyos conos de erupción están esparcidos formando una línea. La formación de basalto más antigua (tableland series), basaltos de meseta, atraviesa la isla en una línea central. Esta da la impresión del vulcanismo más activo del archipiélago.

A 80 Km. al oeste de la península de Jandia, donde termina Fuerteventura, y separada por una zona marina de 2.300 metros de profundidad, se encuentra la redonda isla de GRAN CANARIA. Es la tercera isla en extensión del archipiélago (1.380 Km<sup>2</sup>), pero no es monovulcánica, como podría hacer sospechar su sección regular. El núcleo holocristalino, sienítico-essexítico, se hace notar únicamente por pequeñas apofisis, como xenolitos o como componentes de brechas. Por lo general la secuencia volcánica siguiente es la más ácida de todo el archipiélago. Encuentran amplia difusión junto a una serie traquifonolítica, las riolitas, aparentemente en forma de capa, en la zona sur de la isla. Sobre ésta sigue, en la parte NE. de la isla, el complejo de las formaciones basálticas (plateau 1314 = table-land series), basaltos de meseta. De gran importancia para la orientación estratigráfica es la existencia de sedimentos marinos elevados, que pueden corresponder al Vindoboniense (Helveciense) superior, por su fauna. En la periferia aparecen los más recientes volcanes adventicios con sus corrientes basálticas.

Desde la cúspide de 1.950 metros de altura de Gran Canaria se divisa, a 137 Km. de distancia, la pirámide volcánica, cubierta de nieve en la primavera, del Pico del Teide en TENERIFE, la isla más rica en accidentes del archipiélago. La parte central y suroccidental de la isla está definida por el alto volcán, antes citado, y las ruinas del volcán de la Cañada, situado a su pie.

El amplísimo espacio ocupado por la estructura volcánica más antigua de la zona central, el volcán de la Cañada, así llamado por las cañadas, que en forma de media luna constituyen el espacio interior (= caldera) del gigantesco volcán destruido; el perímetro de la caldera, si bien complementado por algunas capas, representa una gran hoya de cerca de 16,9 Km. de diámetro. En esta caldera se han formado los volcanes más jóvenes, el Pico Viejo (3.062 m.) y el Pico Teide (3.718 m.).

En cuanto al tipo magmático o constitución petrográfica, el antiguo volcán de la Cañada es esencialmente fonolítico, mientras que los volcanes centrales, hoy más altos, han emitido productos traquíticos-fonolíticos. Faltan datos precisos para la clasificación estratigráfica-

fico-cronológica; sin embargo, se pueden comparar, con alguna probabilidad de éxito, los magmas siálicos (ácidos) de Gran Canaria y los de mayores profundidades de Tenerife.

En el Cuaternario, y continuándose en la época actual, es de importancia la formación de pequeños volcanes excéntricos (conos de escorias y cenizas y sus lenguas de lava). Su material es fundamentalmente basáltico (tefrita, basanita, etc.).

Junto a la zona del volcán central se extiende un manto de lavas basálticas más antiguas que forma la península oriental de ANAGA. Es una superposición de muchos cientos de metros de capas de lava (basalto picrítico, basanita, tefrita, etc.) alternando con una formación de lapillis, que sobresale especialmente bajo el techo de los basaltos.

El conjunto está atravesado por una multitud de diques verticales de composición análoga a la de las capas, si bien presenta núcleos y pitones más importantes de composición fonolítica. Esta formación basáltica de Anaga se extiende más hacia el Oeste por la cadena de Pedro Gil, que por su parte se detiene ante el volcán central (en el lecho interviene un sistema de fracturas). A un lado del mismo, en el vértice NO. de la isla, aparece de nuevo el tipo de la formación de Anaga, en la Sierra de Teno y en macizos (Klippen) aislados en el SE. La corona exterior está formada por volcanes secundarios basálticos recientes y subrecientes, en las faldas del volcán central.

Relativamente próximo a Tenerife, y al oeste de ella, está la isla de GOMERA. Presenta los rasgos más antiguos del archipiélago, con lo que coincide la reaparición de la formación de espilitas, que había desaparecido desde Fuerteventura. Sobre estos bancos levantados descansa una potente capa fonolítica-basáltica, que puede compararse con las rocas de Teno.

Al final de la serie de las islas Canarias, al Oeste, están las islas de Hierro (ferro) y La Palma. Hierro es más bien uniforme, presentando toda la isla, que tiene forma de media luna, una continua alternancia de basaltos (pp Limburgita) y productos sueltos (lapillis y cenizas). Toda la masa puede referirse a un gran volcán estratificado hundido en su mitad (NO.). El Golfo-Volcán y Caldera cubierto por el mar.

La isla de La Palma tiene una gran reputación en la historia de los volcanes, ya que en el volcán grande, en forma de escudo, de su zona norte, aparece sumergida la inmensa Caldera de Taburiente, que tanto por Von Buch (1825) como por Lyell (1855) fue utilizada como base de sus investigaciones sobre volcanes; forma una gigantesca cal-

dera-valle rodeada de una cresta que corresponde a la alineación una sierra de cobertera (vulkans) que va de costa a costa.

El diámetro transversal de la caldera es de 7 : 7,5 Km.; la erosión se detiene a los 1.000 metros. Esta gran hoya ha sido considerada correctamente como una caldera producida por una explosión, punto de vista opuesto al que la considera, tal vez desde un enfoque demasiado unilateral (Gagel), que la hoya es obra exclusiva de un proceso de erosión. Ciertamente lo que más ha contribuido a formar la caldera es la erosión.

Como formación nuclear de la caldera ("Eorisions-caldera") aparece la misma formación de espilitas de Fuerteventura y Gomera, con una serie aún más completa de rocas holocristalinas, que aparecen en forma de diques, masas y nidos (sienita, piroxenita, peridotita, etc). Mientras estas intrusivas no se extienden a la sierra de cobertera, serie extraordinariamente numerosa de diques basálticos-fonolíticos atraviesa la formación nuclear y la cobertera, que presenta marca discordancia con el núcleo. Un profundo barranco de erosión (Barraquito de las Angustias) une la caldera con la costa occidental, y está lleno de antiguas formaciones de conglomerados (probablemente miocénicos). Fuera de la región central volcánica, extendiéndose hacia Sur, hay una loma central ocupada por volcanes, de los cuales han salido todavía las recientes e históricas lavas basálticas (1949).

La lejana isla de MADEIRA es, en cuanto al tipo de su formación al carácter petrográfico de sus lavas y lapilli, un espejo de Anaga. Igual que allí está la potente serie superpuesta a un escudo abombado que se levanta en dirección E.-O., cruzado por una infinidad de diques verticales, que no se diferencian esencialmente del material de las masas atravesadas (principalmente basalto); también falta aquí, como a un gran volcán estratificado, y sólo se han desarrollado pequeños volcanes periféricos. Debido a la falta de datos, es imposible establecer la correlación cronológica de ambos complejos. Mientras que para Anaga podría llegarse a una clasificación eocénica, existen en la costa norte de Madeira sedimentos miocénicos con abundantes fósiles, que, por estar colocados en la base, la masa principal de las vulcanitas de la isla tendría que considerarse como postmiocénica, si su posición en el plano general ha sido conocida exactamente. Se hace valer también para Madeira la existencia de grandes calderas de explosión; sin embargo, es la hoyas son depresiones que presentan una erosión muy intensa.

## II. EL SECTOR DE LA PENINSULA DE ANAGA COMO MIEMBRO TIPO DE ZOCALO DEL BASALTICO ANTIGUO

(Láminas I y II)

### 1) Visión general

Si se estudia en un mapa topográfico con curvas de nivel la isla de Tenerife, inmediatamente sorprende la gran diferencia del curso de las curvas de nivel entre el gran sector central de la isla y su sector extremo que se estrecha hacia el Este, la península de Anaga. Mientras que las curvas de nivel forman en la península oriental un sistema de líneas apretado, con marcadas variaciones hacia dentro y hacia fuera, estas líneas presentan en la región de las grandes estructuras volcánicas centrales, en su mayor parte, una formación concéntrica redondeada muy amplia. En la península, de una anchura media de siete kilómetros, la erosión, que actúa consecuentemente más en el sentido longitudinal que en el otro sentido, en dirección Norte y Sur, ha excavado pequeños sistemas de valles, que en la parte de aguas arriba se ramifican mucho y ascienden con fuerte pendiente, y en la del curso inferior han logrado una compensación con planificación parcial. En el centro de la península pasa el eje orográfico de la misma desde el N.O. hacia ENE., y está parcialmente estrechado en una sección peninsular muy cortada (fotos 9 y 10), a lo largo de la cual se hizo la carretera principal; su altura máxima es, en Cruz de Taborno, de 1.024 metros, pero por término medio oscila entre 700 y 900 metros. La zona montañosa, con su escarpado relieve, termina en el Oeste directamente ante la cuenca elevada y transversal de La Laguna; pero la línea de separación no es recta, sino curva.

La zona montañosa, de tal modo cerrada, de Anaga despertó ya la atención especial de los visitantes interesados en cuestiones geológicas,



y existe hoy sobre dicha zona una literatura muy amplia, que em al comienzo del siglo XIX (Von Buch, Lyell, Hartung, Von Fritsch, y otros). Modernamente H. Hausen (1956) ha expuesto de forma razonable la constitución vulcanológica y petrográfica de Anaga; tro trabajo parte de un mapa general (del mapa militar 1 : 50.00 trata de relacionar la geología de esta zona, relativamente profu en el aspecto vulcano-estratigráfico, con el resto del archipiélago.

Se antepone una breve orientación topográfica. La pequeña montañosa, muy accidentada, es fácilmente accesible, con exce del extremo oriental, ya que el sector mayor de la costa del y la zona de la cumbre están unidos por carreteras. Desde la últ parten estrechos caminos hacia el Norte y Sur, que bajan a los v poco poblados (foto 9). El país estaba ocupado ya por los primi pobladores, los guanches, de lo que dan fe los numerosos nombres g ches y esta pobreza de cultivo, que se debe a los declives más bajos casi sólo se cultivan plátanos). Lo accidentado de los declives formas escarpadas producen la impresión de una cadena monta (fotos 10 y 12), a pesar de que la península es de origen volcá hasta en su última piedra. La formación consecuente y profund valles hacia el Norte y Sur, única línea central orográfica que n ramifica hasta el extremo oriental, pero que durante todo el reco envía cumbres hacia las costas, en las que generalmente resalt curso de los bancos de lava (basalto).

Como línea de frontera frente a las recientes capas basálticas cuenca elevada y transversal de La Laguna, en el Oeste, está el bar co de los Santos (foto 3); la frontera occidental de la península, y viesa cerca de la costa de Tenerife la ciudad de Santa Cruz. Tod en la parte NE. de la ciudad se abre el Valle de Tahodio, ramificán en la zona de culminación y, como en otros valles, sobresaliend forma adecuada la vegetación (estratos pedregosos de xerofit 600 metros; encima crecen laureles y arbustos). En el cercano Val oriental, se pueden observar formas montañosas muy cortadas (R Fortaleza) (foto 2). Hacia el Este aparecen el Val Bufadero y los v que nacen en un lugar llamado San Andrés, a través de los cual una carretera hasta la cumbre principal (foto 9). Los valles orien están solos y abandonados. En cambio, en el sector norte hay una blación más densa, en la zona costera de Taganana-Almaciga (foto de donde parten valles escarpados, que ya no son accesibles desd costa, por tratarse de barrancos rocosos profundos; éstos son los p a los valles de Afur (foto 10) y Taborno, y la pequeña corriente de en Puerto Hidalgo; los tramos de los valles en la costa NO. son

profundos y tienden hacia la zona de aguas arriba, orientados en direc ción NO. (barranco Tagias, etc.), y la población de ellos es muy densa (cultivo de plátanos).

Ninguno de estos valles contiene una estructura volcánica del tipo volcán-estratificado, de cono de ceniza o escoria o de un cráter. Todo el edificio rocoso de la península se apoya sobre capas de lava y pro ductos escoriáceos endurecidos, en sucesión estratiforme (fotos 5 y 6), atravesado por un sistema de diques muy denso. Por esta razón, desde el punto de vista geológico es necesario proceder a una cierta ordena ción stratigráfica de los niveles de estratos, es decir, a una classifica ción de toda la península en grupos parciales. Desde este punto de vista se puede ordenar todo el material litológico en los siguientes grupos —en tanto estén colocados en forma de estratos, procediendo de arriba hacia abajo— (está incluida también la cuenca elevada y transversal de La Laguna):

- I. Capa de toba roja y de lapilli (serie Atalaya = cubrimiento reciente con productos volcánicos sueltos, lapillis, cenizas).
- II. Capa reciente de lava basáltica de La Laguna y sus lapillis.
- III. Complejo de lava basáltica (basalto de Anaga) y sus estratos intermedios.
- IV. Formación más profunda de lapilli.
- V. Sistema de diques de composición fundamentalmente básica (basáltica).
- IV. Erupciones, la mayoría en forma de macizos y composición leucocrática (fonolítica).

Se entiende que por el origen volcánico de estas formaciones y ro cas eruptivas no se puede hablar de una estricta diferenciación de es tratos —salida lateral de las corrientes de lava— y que, por tanto, la clasificación hecha se basa en el predominio de uno u otro tipo de roca.

Comoquiera que los basaltos de Anaga representan el armazón es queleto sólido de todo el complejo volcánico y son determinantes de la fisiografía del país, se hace su estudio, empezando desde el Oeste.

## 2) Los basaltos de Anaga, en la parte occidental

(Lámina I)

Las cuarcitas de basalto que forman las pendientes al Norte y al Sur, es decir, que descienden desde una zona axial central por ambos lados hacia el mar, han sido ya en varias ocasiones objeto de investi-

gación petrográfica y existen varios análisis químicos de sus rocas (copilación, por H. Hausen). Además de las descripciones aisladas Von Fritsch, Reiss, Preiswek, Navarro y otros, es algo digno de especial interés el trabajo de H. Hausen (1956, p. 37), que trata de los materiales que forman la península; por eso el presente estudio de la misma es sólo un trabajo de síntesis, en el que he tenido en cuenta algunas muestras, cuyo estudio petrográfico debo a Mme. E. Jérémine (París). A veces la coordinación de datos antiguos no fue fácil, por la incertidumbre en la designación de su origen.

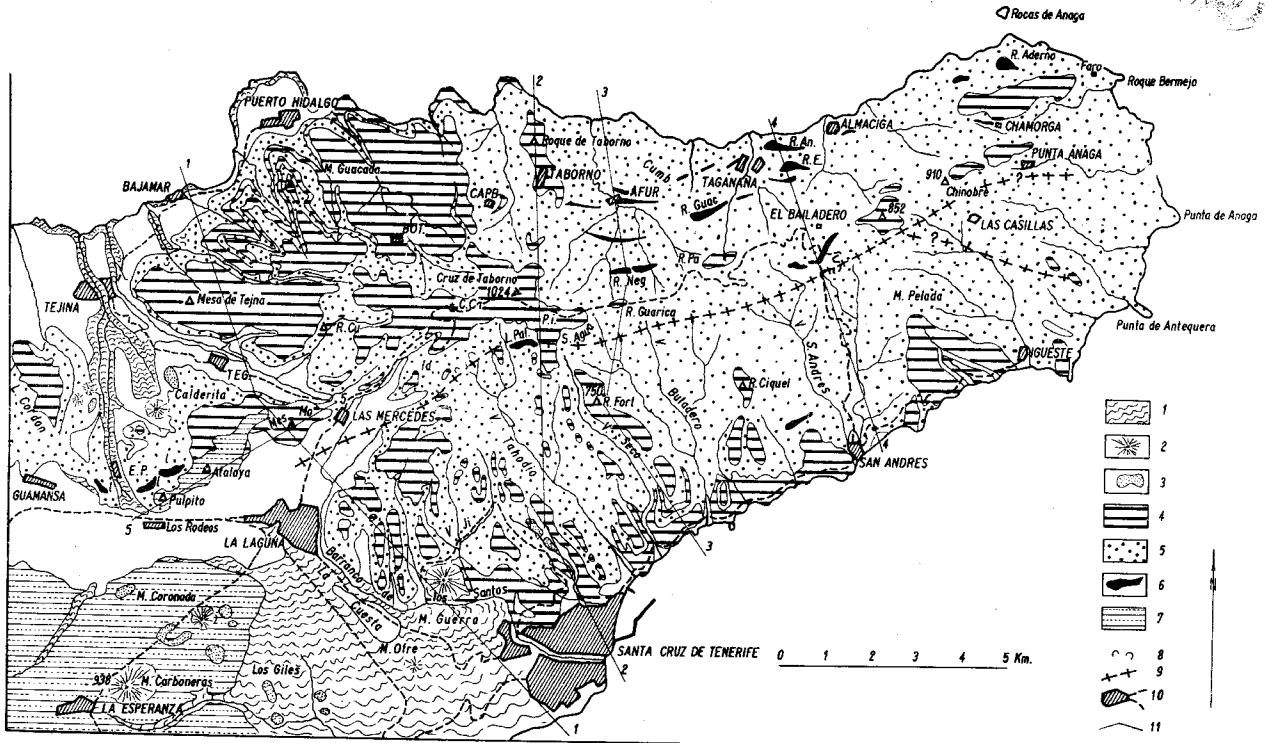
Las capas de lava basáltica son claramente visibles en distintos declives, en un grupo en el Oeste; su reconocimiento a gran distancia es dudoso por su dependencia del lugar y tiempo de formación. Variaciones de potencia por intercalaciones de lapillis, productos sueltos, en general, pueden producirse. Mientras tanto hay frentes carpados, en los que pueden reunirse y que pueden ser llevados al mapa, como indicadores en el caso de predominio general en una parte más alta de todo el estrato, en alguna extensión (Lám. 1). Esta regularidad afecta más a una sección occidental de la península, mientras que desde el centro hacia el Este se percibe, además de una disminución general del número de bancos, también un mayor espaciamiento de los mismos. En las montañas marginales del Oeste, como por ejemplo en la montaña de Tejina, se sigue desde su cumbre hasta su base una serie de capas, que llega a los 400 metros, y consideran sólo las zonas más gruesas, se pueden reconocer de 40-50 superpuertos. Con mayor regularidad aún forman éstas, en el margen occidental, el monte Montaña de la Mota, en La Laguna (350 m. aproximadamente incluyendo la base). Si seguimos ahora los grupos de lava de la península que comienza cercana a las montañas de Anaga, desde La Laguna-Mercedes hasta los perfiles altos, que hay entre el valle de Tahodio y los basaltos de los barrancos, se puede observar primero una ligera disminución de los bancos, que se hace luego más rápidamente en el término municipal de Santa Cruz, hacia la línea costera (Las Mesas); más al Este en la costa (región de formación del Val Bufadora), crecen algunos bancos hasta adquirir gran potencia (grandes canteras para construcciones) (foto 1). Sobre todo el territorio de la península, y también más hacia el Oeste, hay gran número de diques verticales, de los que nos ocuparemos más tarde, para hablar primero en general de productos sueltos.



LAMINA I.—MAPA GEOLOGICO DE LA PENINSULA DE ANAGA

1. Cubierta de lava reciente del estrecho paso de La Laguna (Passenzzone).
2. Cono volcánico reciente (Diluviol).
3. Otros semejantes (colinas de escorias y lapilli).
4. Complejo basáltico, tipo Anaga, incluso tobas, lapilli y capas de aglomerados.
5. Formación de lapilli (incluyendo espigas de lava).
6. Fonolita (diques y pitones), incluso lechos leucocráticos.
7. Serie Atalaya (materiales sueltos muy recientes).
8. Canteras aisladas en la formación de espilita (toscos).
9. Curso aproximado de la zona de cumbres.
10. Ciudades, pueblos y caseríos, y principales vías de comunicación (carreteras de automóvil).
11. Trazado de los perfiles de la II.

Nota.—El sistema de diques, sólo esquemáticamente cartografiados (rocas melancráticas) no está incluido, pero en la II se ha representado su disposición.



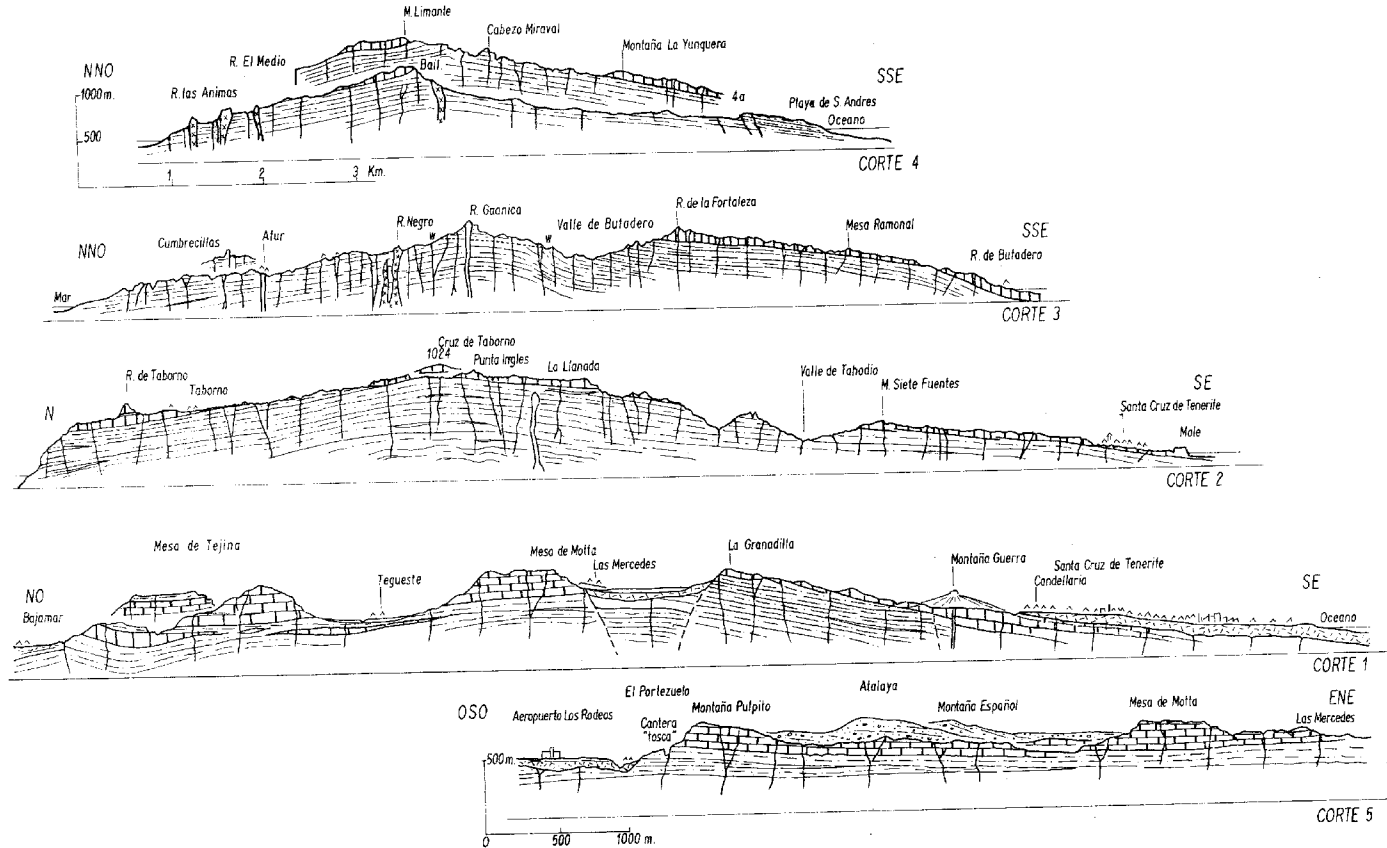
LAMINA II.—PERFILES A TRAVES DE LA PENINSULA DE ANAGA

SIGNOS

EXPLICACION

- At. s. Serie Atalaya (tobas y capas de lapilli muy recientes, profundamente alteradas, de color rojo carmin).  
 Bas. An. Basaltos de Anaga (altas capas basálticas); las emisiones de lava y los materiales sueltos son menos abundantes.  
 Lap. For. Formación de lapillis. Predominan los materiales sueltos (lapillis, tobas y aglomerados; aisladas capas de basalto).  
 Ga. melan. Sistema de diques, predominantemente de rocas melanocratas (basálticas).  
 Ga. leuk. Sistema de diques de rocas leucocratas, predominantemente fonolitas, más raras traquitas.  
 Jg. Kra. Cráteres recientes (terciarios, hasta del Dúvial inferior).

Nota.—La representación del sistema de diques es esquemática; el número real de diques es muchas veces mayor que los registrados.



### 3) La formación de lapillis

Bajo el techo de los basaltos disminuyen las rocas efusivas en número y densidad en su serie hacia abajo, y por eso se puede reunir lo presente —especialmente en el Oeste— de acuerdo con el predominio de productos sueltos existentes en una formación de lapillis. El límite superior no tiene, naturalmente, una separación clara como base, ya que no hay horizonte de referencia en gran distancia, mientras que hacia abajo no aparece ningún estrato más profundo. La formación de lapillis es, pues, un complejo litológico de una determinada extensión, pues en ella disminuyen los bancos basálticos en número y potencia.

En la formación típica aparece un amontonamiento, cementado por tobas, de fragmentos de rocas volcánicas; una roca, que en su mayor parte está disgregada y que tiene tonos marrón-rojizo (color chocolate) o también ocre o marrón violeta. Puede llegar a ser de grano fino, pero normalmente es de grano grueso; es propiamente una toba basta, endurecida; se ve claramente que existen tobas corrientes. Esta formación adquiere gran extensión aparente en Anaga y contribuye con su variedad de colores —en contraposición a los antiguos bancos basálticos, que se disgregan, de color ceniza— a dar una nota viva de color a la región. Este conglomerado es lo suficientemente fuerte para poder mantenerse en forma de peñascones verticales; sin embargo, tiende más a redondearse que las duras rocas basálticas.

En Anaga —como por ejemplo también en Madeira— estas tobas de lapillis tienen cierta importancia económica; especialmente en las proximidades de grandes núcleos de población; se emplea esta roca, en trozos grandes o pequeños, como material de construcción, debido a que se arrancan fácilmente y a que se pueden trabajar con un pico; antiguamente esta roca era un material muy apreciado en la construcción. En el mercado se vende en bloques prismáticos (fotos 5 y 6). Si se atraviesa, por ejemplo, el Colle Jardin, en el borde sur de la planicie de Las Mercedes, se llega a las últimas ramificaciones del Valle Tahodio, donde se abren canteras, unas al lado de otras, en las laderas, en forma de nichos o socavones "Kammern", que pueden llegar a alcanzar 50 metros de altura y aparecen como pilastras aisladas los diques verticales (foto 5). El nombre local más corriente de esta piedra es el de "tosca" (Valle de Tahodio). Pero este nombre no coincide aparente-

mente con el uso normal que se hace de esta palabra y parece ser que aquí se aplica al referirse a una piedra fácil de cortar. Hartung (1864) citaba, Madeira, que debía de entenderse por este nombre una piedra caliza, blanda; mientras que nuestra formación multicolor de lapillis era conocida allí con el nombre de "conglomerado viñoso", producto volcánico esponjoso que aparece en la base de la serie de lava principal. Según H. Hausen, en Fuerteventura y Lanzarote se entiende por tosca incrustaciones calizas "tosca blanca" o "canto blanco". La indicada extensión de la expresión nos permite seguir a la gente de Valle de Tahodio y utilizar para su roca cortable el nombre de "tosca" (1).

Puesto que es distinta la acotación de una formación de lapillis en las diferentes regiones parciales, es difícil dar la extensión de la misma. Se puede reconocer en el fondo del Valle de Tahodio un espesor bastante importante, de 400 metros; éste puede ser mayor cuando se asocia con capas de lava o cuando se intercalan los estratos clásticos con bancos compactos. La gran extensión que acabamos de citar en la zona del Sur (Valle de Tahodio) no tiene igual en la parte norte de la cumbre, que se puede reconocer en los depósitos clásticos. Ya hemos hablado de la superposición regular de las capas basálticas en la Mesa de Tejina (lado norte). Poco más al Este de la misma termina el perfil. En Tejina (puente en la carretera) llega el amontonamiento de lava hasta el pie del monte; en la altura de Bajamar se intercalan cuñas de lapilli mucho más gruesas, en las que hay muchas canteras en una roca blanda y amarilla, de tal forma que al llegar al Puerto Hidalgo, el límite inferior de la formación de basalto está mucho más alto que en Tejina, donde llega casi hasta la costa. En el mapa adjunto (lámina I) se ha tratado de representar una serie del incremento de los productos sueltos. Con el aumento del espesor se presenta, por encima de Bajamar, en amplio trayecto, una paradójica inclinación hacia el Sur de la formación de lapilli que, en la costa norte, buza hacia el Norte. Después de este estudio de la zona occidental de Anaga estudiemos la zona oriental colindante.

(1) El *Diccionario de Geología y Ciencias afines* (dirigido por Pedro d Novo y F. Chicarro, Barcelona-Madrid, 1957) da la siguiente explicación a la expresión "tosca": "Arenisca calcifera de tan escasa consistencia, que al sacarla de la cantera se puede labrar con cuchillo. Los materiales suelen ser de origen miocénico, pero también se llama tosca a las rocas que constituyen arrecife o cordón litoral de época pliocena o cuaternaria". Como sinónimos se usan "arena aglomerada", "arena guajada", "toba", etc.

#### 4) Zona central y oriental

La parte de Anaga comprendida entre el Valle de Tahodio y un meridiano que pasa por San Andrés (en el Este), muestra ya a primera vista una extensión superficial mucho menor de las capas de basalto. Estas terminan en la cumbre central, en el despeñadero de Llanadas-Monte de Agua, y el resto de las capas de basalto quedan limitadas a unas coronas de riscos o picachos estrechos en forma de murallas. Sólo en la costa del Sur se puede observar otra vez la reaparición intensa de potentes bancos (foto 1). En lugar de éstos, ganan en extensión las rocas de la formación de lapillis, en cierto aspecto encuadradas por multitud de diques que la atraviesan, dispuestos con la misma orientación general. Más visibles que en el Oeste son las rocas leucocráticas que sobresalen en forma de crestones o muros anchos (sills); en el flanco norte (Taganana y Afur) conservan su aspecto de torreones, contribuyendo a dar un carácter pintoresco a la región (fotos 11 y 12). En el contorno oriental de la península "el trazado de líneas" es menos preciso, ya que también la topografía pierde algo su carácter neto y no aparece ya la coronación por basaltos. Sin embargo, todas las laderas de los montes siguen estando formadas de lo mismo; además se unen numerosas capas basálticas en la formación más profunda de lapillis; también hay brechas.

En la presencia de potentes depósitos de lapillis en toda la península, en el estrato inferior de toda la serie volcánica, Anaga tiene gran analogía con Madeira, donde, como Hartung ha demostrado, bajo la potente serie de basaltos, todavía a varios cientos de metros, sigue una formación más pobre o carente de ellos. En el predominio de estos productos sueltos (lapilli) se reconoce en ambos sitios una época de marcado predominio de actividad explosiva.

#### 5) Sobre el sistema de diques

La totalidad de toda la estratificación volcánica está atravesada (foto 3), como ya se ha dicho, por un apretado sistema de diques volcánicos. Estos están orientados según una dirección principal, paralela a la dirección en que se extiende la península (fig. 2); el número de los que se apartan mucho de ésta es cada vez menor (fig. 2), de tal

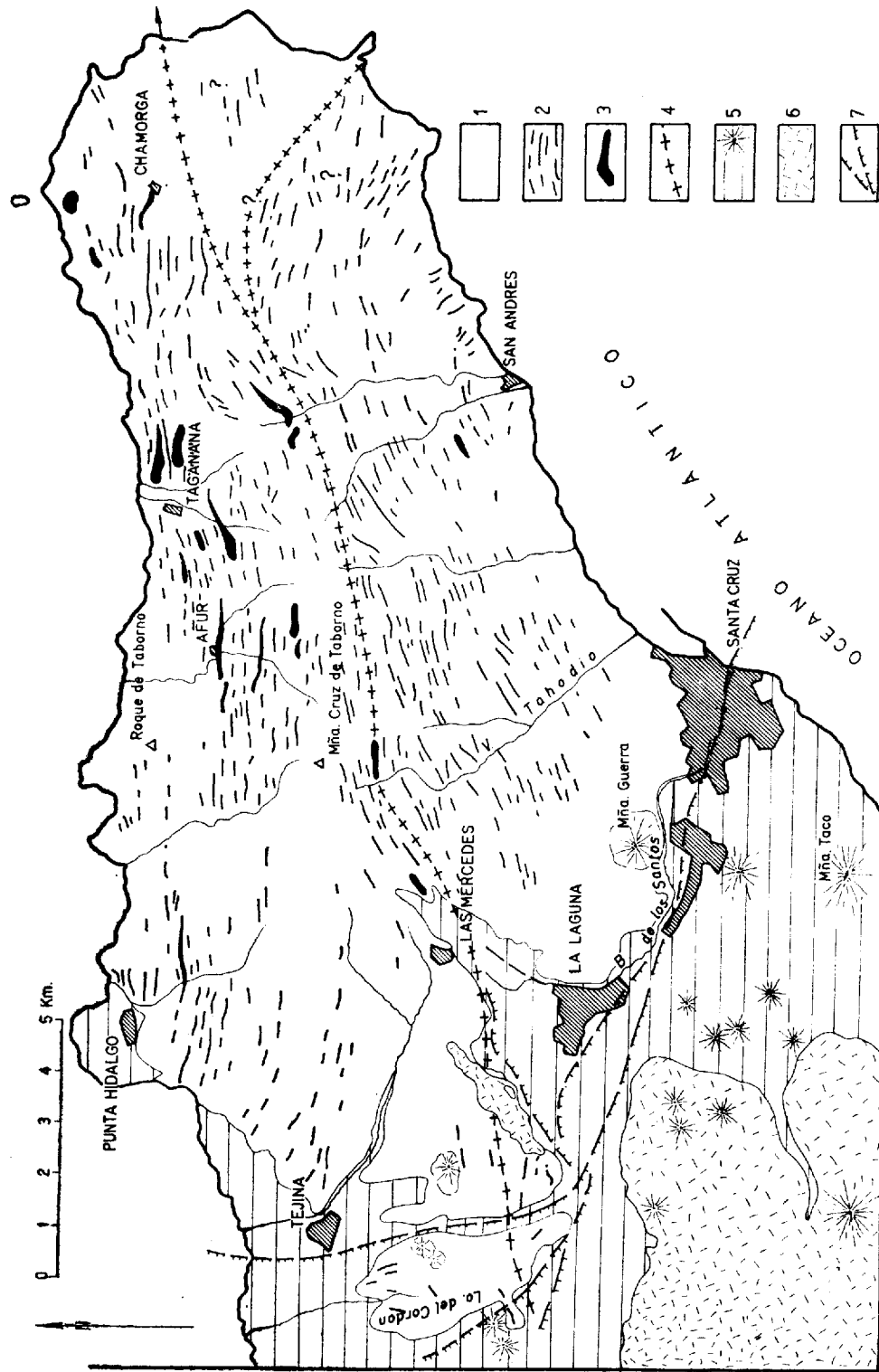


Fig. 2.—Esquema del sistema de diques en la península de Anaga.

1. Grupo de lava y lapilli.—2. Sistema de diques, principalmente basálticos.—3. Masas fonolíticas (potencia exagerada).  
4. Curso aproximado de la zona de cumbres.—5. Capas de basalto y depósitos secundarios en la estrecha zona de paso de La Laguna. asterisco también e

forma que por todas las cumbres y laderas, y por todos los valles, pasa un sistema de diques generalmente verticales. Su potencia varía de medio metro a veinte metros; los más potentes son poco frecuentes, y la cita de Kuzli (1911) de un dique de fonolita noseánica de 100 metros de grueso, hace pensar más bien en una masa intrusiva de este magma. Cuando los diques atraviesan el fondo de un barranco es fácil conocer su número total, pero también se puede deducir su enorme densidad a partir de las nervaduras y estrías que atraviesan las pendientes. Apenas existe una diferencia sensible entre los flancos del Norte o del Sur, o de la zona de cumbres; si realmente se reconoce una disminución importante, es debida la mayoría de las veces a la dificultad de verlos, pues en una región de bosques —donde todo el material aparece visiblemente disgregado— pueden fácilmente pasar desapercibidos. Por lo tanto, las lagunas que resultan (fig. 2) se deben más a un defecto de percepción que a un error real.

Para contar el número de diques, puede partirse de que en determinados trayectos aparece uno cada 25-30 metros, despreciando absolutamente los muy finos; de esta forma, para mil metros de perfil transversal se cuentan de 40 a 33 diques, y para una anchura de la península de nueve kilómetros, 300 a 297, lo que en todo caso es una cifra infravalorada. Los diques se pueden seguir hasta en varios cientos de metros, pero luego se interrumpen y continúan en otra orientación; naturalmente, son corrientes las roturas y desgarres. Se puede observar que diques delgados de la formación de lapillis atraviesan capas de basalto de 20 metros de grosor, sin cambiar apenas de dirección. Naturalmente, se presentan cruces en direcciones opuestas de diques, pero no son numerosos.

Las rocas eruptivas, atendiendo a su forma y composición, pueden clasificarse en dos grupos, diferenciándose también por su antigüedad, y que han citado Kunzlu (1911) y Preisswerk (1910). Las rocas básicas, basálticas, alcalinas, representan la mayoría, mientras que las rocas ácidas son de composición fonolítica y dan sólo formaciones recientes en forma de masas y pitones, que resisten relativamente poco. En el esquema adjunto (fig. 2 y lámina I) sólo se han representado estos dos tipos, y se ha tratado —sacrificando la parte al todo— de reproducir el curso, dirección principal y número esquemáticamente, debiendo hacer notar que sólo se logró una aproximación en la cantidad y su repartición.

### 6) Observaciones petrográficas de las rocas de Anaga

Puesto que estas notas sólo tratan de cuestiones de geología general, no pretenden añadir ningún complemento petrográfico a lo ya tan bien conocido. Esto último se aplica muy especialmente a una reciente monografía sobre Tenerife, de H. Hausen (1956), que nos hace posible intercalar una breve sinopsis. En este autor se encuentran también datos, sólo parcialmente tomados de los antiguos investigadores; descripciones someras; a esto corresponden más recientemente los trabajos de Preisswerk, Kunzli, Navarro, Smulikowski y otros.

En general los magmas de la península de Anaga pertenecen a la familia atlántica, en la que toman una gran parte los feldespatoides. Sin embargo, en principio el "álbum petrográfico" es monótono, ya que prácticamente todas las rocas efusivas pertenecen a la familia de los basaltos; pocas excepciones tienden a rocas traquítico-fonolíticas; teniendo en cuenta que nosotros sólo hablamos de rocas efusivas. Smulinowski ha dividido los tipos estudiados en tefritas (que contiene analcima), traquitefrita, traquibasanita y basalto olivínico. En el campo se puede emplear una división entre *basalto sin olivino* (tefrita) y *basalto con olivino* (basanita). Pero junto a éstos hay tipos muy básicos, como la picrita, que apareció al Norte de Santa Cruz. Una roca muy extraña es el basalto augítico, que se hace notable por el número y tamaño de sus fenocristales de augita. Aún no se conoce la distribución por pisos de cada tipo y posiblemente no exista.

Si los tipos de rocas citados hasta aquí tienen validez para las rocas efusivas en forma de capa, se podría repetir su enumeración también para las rocas del sistema de diques. Esta igualdad petrográfica general de rocas efusivas y de diques que aparecen en otra fase, indica que ambas proceden del mismo foco magmático, al que corresponde una dimensión regional según la gran difusión de los diques, es decir, que ha debido tener la forma de un batolito.

También hay tefrita en el sistema de diques, basanita y rocas con augita muy básicas. Como esto ha sido muy investigado (Smulinowski, Hausen), dedico sólo algo de atención a algunos tipos básicos. Según el estudio hecho por Mme. F. Jérémíne, en la salida del Valle de Iguete, al Este, se encuentran diques de cinco metros de potencia de an-

karamita (1) y ankaratrita (2), rocas sin feldespatos prácticamente, con feldespatoides y muy félicas (según la nomenclatura de A. Lacroix). El suelo de alrededor de estas rocas está cubierto de cristales de augita sueltos.

Otro grupo de diques corresponde, por el contrario, a una roca leucocrática de estructura porfídica, además más reciente que el grupo de diques basálticos. Estas erupciones destacan más en el paisaje, ya que forman altos murallones y picachos; tienen mayor diámetro y una extensión más limitada. Se trata siempre de *fonolitas*, generalmente de color grisverdoso y textura compacta, cuyos bloques se amontonan en los torrentes y arroyos. Algunos de ellos están muy elevados.

En el fondo de la ramificación del Valle de Tahodio se alza bruscamente entre los basaltos y sus estratos interpuestos el *Roque La Paloma*. Este es una *fonolita hauynica*, cuya característica petrográfica, según las investigaciones de Mme. E. Jérémíne, reproducimos aquí (3). Como en el macizo, tendido a lo largo de La Paloma, hay otra formación análoga por debajo de Bailaderos (Valle de San Andrés). La *fonolita de Bailaderos* es una roca gris clara, porfídica y oligoclásica, que, como un macizo de 700 metros aproximadamente corta, en parte en ángulo agudo, la dirección general de los diques.

Si se sigue en dirección NE., se encuentra en el pueblo de CHAMORGA un pequeño tapón, una fonolita, cuya roca con una pasta amarilla alterada, con fenocristales de anortita, aparece manchada de verde por grandes cristales de barkeviquita (transformándose en arfvedsonita).

Los macizos de *fonolitas de Taganana* más importantes, están en el flanco norte del abombamiento general. Se han examinado el *Roque de las Animas* y *Roque el Medio*, que sobresalen como picos pelados en el paisaje, de los que se tomaron muestras que han sido objeto de un

(1) *Ankaramita típica*. Iguete.—Grandes y buenos cristales (hasta de 0,6-1 cm.) de augita parda (en los bordes más oscuros y corroídos). De olivino más raros, en vías de transformación en iddingsita. Pasta con grandes microlitos y pequeños granos de augita, magnetita y pequeños microlitos de feldespatos.

(2) *Ankaratrita*, Iguete.—Fenocristales automorfos de olivino, de augita, regulares o en fragmentos, que aparecen corroídos por la pasta en sus bordes, englobando analcima, calcita, biotita (muy fresca). La pasta es muy rica en microlitos de augita; contiene, además, olivino, poco feldespatos, analcima, biotita y (?) nefelina en las litofisas.

(3) *Fonolita hauynica*, La Paloma (Valle del Tahodio).—Numerosos fenocristales de un anfíbol pardoverdoso (barkeviquita), rodeados de pequeños cristales de augita egrínica pasando a egrina y a anfíbol sódico verde (arfvedsonita); grandes esfenas y anortosas. Un piroxeno pardoverdoso pasa en los bordes a egrina. En la pasta, microlitos de anortosa, albíta y nefelina (más rara); numerosos microlitos de augita egrínica, egrina, hauyna; intersticios con analcima.



estudio detallado (Jérémíne) (1) (foto 11). En el macizo El Medio se encontró, en el borde, una fonolita nefelinica con hauyna (ésta incolora, con borde negro), mientras que una muestra tomada de la parte más interior del mismo, contenía abundante augita egirínica y grandes fenocristales de anortita y raros cristales de hastingita.

Si seguimos por el flanco norte hacia el Oeste, llegamos a lo profundo del Valle de Afur (foto 10), donde en el Norte cruzan el valle fonolitas claras y en forma de diques (2), cerca de la Parroquia (Kirche); mientras que en el Sur, cerca de la divisoria de aguas, el *Roque Negro* se asemeja más a un macizo tendido en sentido longitudinal. La primera roca es una fonolita, con nefelina y hauyna, y el *Roque Negro* es una fonolita con hauyna corriente. La última roca examinada de este grupo de diques, cuyo magma se ha de considerar como diferenciación del foco básico magmático de Anaga, es el *Cuchillo de Saladero*, directamente al NO. de *San Andrés*. Mme. Jérémíne clasifica la roca, que contiene cristales de plagioclasas, hauyna y augita egirínica, como ordanquita (próxima a una andesita).

La amplia difusión de los diques de fonolitas era ya conocida por los primeros autores (von Buch, traquita; Fritsch y Reiss). Hay datos modernos de Preisswerk (1910) (fonolita con nefelina) de Kunzli, de Smulinowski (plagioclasas-fonolita), etc. El estudio más detenido con análisis es debido a H. Hausen (1956, pág. 48). El autor está sorprendido de que en el mapa geológico de Hausen aparezca, en los montes situados entre Taganana y Afur, un complejo fonolítico extenso, que parece un macizo gigantesco o un gran manto de estratificación plana. En lugar de esto se ve el cuadro normal: flanco norte basáltico, cruzado por innumerables diques basálticos con algunas rocas eruptivas más claras (fonolíticas).

(1) *Fonolita hauynica, Roque de las Animas (Taganana)*.—Pocos fenocristales de feldespato potásico: sanidina en el centro, anortosa en los bordes, largos, maclados según la ley de Carlsbad; hauyna rellena de polvo pardo. A veces coronas de egrina alrededor de hauyna o de un cristal de barqueviquita. La pasta es fluidal, rica en microlitos de feldespato, agujas de egrina y numerosos cristales de nefelina de variado tamaño, sin contornos netos.

(2) *Fonolita nefelinico-hauynica, Afur (Iglesia)*.—Grandes cristales de anortosa y sanidina; a menudo asociaciones de varios individuos cruzados; hauyna sucia diseminada; augita egirínica rodeada de egrina. En la pasta, abundantes feldespatos microlitos de feldespato potásico y albita; egrina.

## 7) Líneas estructurales y génesis

(Lámina II)

El perfil occidental de la península de Anaga (perfil 1) es suficiente para reconocer que la serie de superposiciones volcánicas no tiene como partida o como lugar de salida de lavas un volcán estratificado, en la región de la isla. Más bien se trata de una "plataforma de estratos" muy extendida, que parece haberse arqueado, dando forma convexa a toda la península. Ya que el perfil oriental, el flanco norte, a lo largo de la costa (mesa de Tegina) aparece muy plano y luego de nuevo adopta una forma convexa; para el estudio de este "perfil convexo" es muy concluyente un corte más oriental (perfiles 2 y 3). El eje de esta mesa no es claramente visible, como en un pliegue auténtico, sino que viene marcado por medio de zonas de estratos planos o alternantes de gran anchura. Un anticlinal plano, análogo, hay en la Mesa de Motta, situada al borde, y continúa luego hacia oriente, limitado por el flanco sur de la cumbre principal, de tal forma que en el mismo la capa superior de lava llega en estratos adelgazados, en cuña, a los valles del Sur (Sierra de Agua-La Llanada); desde aquí descenden las capas de lava, en ángulo medio de 10° a 15°, hacia la costa del Sur; aparecen ángulos de inclinación suave y también más fuerte, alcanzando en algunos lugares más de 35°, lo que probablemente se debe a anomalías locales.

En general, el flanco norte presenta ángulos de inclinación menores; en Bajamar, sin embargo, aparece un nuevo arqueamiento con buzamiento hacia el Sur. Precisamente este buzamiento hacia el Sur demuestra que en realidad toda la península es parte de una "meseta" mayor, cuyas zonas norte y sur se han hundido en el mar; ahí ha de buscarse la grieta que dio salida a la lava básica muy fluida. En el Oeste se puede fijar con exactitud la zona divisoria, pero en el Este desaparece esta disposición geométrica más allá del meridiano de Bailaderos.

Al atravesar cualquiera de los profundos valles se observan pequeñas y numerosas dislocaciones, pero sólo de pocos metros, por lo que, para reconocerlas, es preciso ayudarse de un horizonte de referencia. Las fracturas marginales resultan de importancia morfológica fundamental, y en el Este y Oeste parecen haber determinado la forma del actual país de Anaga.

El tipo de génesis de estas masas de lava y lapilli, de una potencia

máxima visible de 6-700 metros, no resulta claro a primera vista. Y se ha hablado de que no existe una relación aparente con un estrat volcán o con un sistema de grietas. El autor duda de que en la gran cantidad de diques esté el origen de las emisiones de lava y de sus productos derivados escoriáceos, lapillis. La pretendida observación de que existen diques en relación directa con capas de lava no ha podido ser confirmada; pero es verdad que resulta difícil confirmarla debido a que las pendientes están cubiertas de grandes bloques. En la isla de Madeira, cuya estructura interior es análoga a la de Anaga, Hartung ha establecido la existencia de pequeños conos volcánicos dentro de la serie; también H. Hausen parece defender esta teoría, cuando afirma (1956): "I have got the impression that there—in the Anaga serie—are several old volcanic cones buried in the inner structure of the mountains..." Un estudio químico-petrográfico más detallado de sus rocas nos dará una respuesta más exacta a esta cuestión. El autor cree que el origen de estos amplios mantos de lavas basálticas está en un sistema de grietas situado fuera de la actual península. La opinión de que se podría tratar de erupciones submarinas, viene reforzada por la intensa participación de productos sueltos (formación de lapillis) y la frecuente intercalación de rayas rojas lateríticas en la base de lavas gruesas, como se puede observar en Madeira y Gomera. Siguen a éstas brechas volcánicas, que llegan hasta la corriente de lava propiamente dicha. Estas bandas rojas poco potentes deben ser consideradas más bien como superficies terrestres de erosión, que como productos de contacto, e indican y demuestran que entre las series de lava se intercalan periodos, frecuentemente más largos, de erosión laterítica.

Pero con el reconocimiento del tipo de estructura como un sistema de fracturas y de erupciones, no se ha conseguido aún una explicación satisfactoria de la disposición anticlinal de sus capas, su inclinación en ambos lados de una línea divisoria como hizo Hartung para las posiciones análogas en Madeira, solución que no satisface mucho, ya que la actual zona de cumbres, o divisoria, nada tiene que ver con el sistema de diques en los flancos, cuya penetración debía haberse producido antes. No es reconocible, ni aun en el fondo de los valles, que se haya producido una caída hacia abajo y tampoco una acumulación de detritus que hubiera originado una cumbre o bóveda divisoria.

¿Ha producido este abombamiento un lacolito oculto en la profundidad o un plegamiento en una fase posterior? No sería descaminado pensar en una combinación de ambas causas, porque de otras islas

(Fuerteventura, véase C. C.) se ha reconocido la existencia de una masa intrusiva de tipo de plutón, como un núcleo profundo.

### 8) La cuenca (Pass enke) elevada y transversal de La Laguna

En esta zona transversal a la parte estrecha de la isla de Tenerife, que es algo más de la mitad un país montañoso, desaparece bruscamente hacia el Oeste el marcado relieve de Anaga. La fractura marginal que aquí sin duda existe, pero que está cubierta por corrientes de lava más recientes, va desde Santa Cruz hacia el NO. (lámina I, figura 2), y luego desde Los Rodeos (aeropuerto), más en dirección norte (Valle del Portezuelo). Ya que más al oeste de esta dislocación sobresalen los montes-islas de Guamasa, Montaña de Guerra-Las Toscas, y como quiera que están formadas del mismo material que Anaga, es probable que al oeste de los mismos haya otras ramificaciones de estas fracturas marginales. Al oeste de la zona de dislocación citada, el terreno es una capa de lava completamente distinta y plana, y sus derivados determinan el carácter de corredor de la zona transversal. Al pie de la cadena montañosa de Pedro Gil está el límite occidental de la dislocación (La Esperanza).

Pueden servir de indicadores la existencia de las dislocaciones marginales que limitan la cuenca transversal y elevada de La Laguna, además de motivos morfológicos, los pequeños y numerosos volcanes que aquí existen; éstos aparecen en gran número (véase lámina I), principalmente en posición marginal hacia las antiguas sierras, y son de muy diversos tamaños y de distinto estado de conservación. Todos estos pequeños volcanes corresponden a un tipo estrombólico, es decir, están formados principalmente de materiales de explosión (lapilli, cenizas, partículas de lava y sucesivas corrientes de lava).

Si pasamos de la cadena de Anaga, donde no existe ningún cono volcánico a la cuenca de La Laguna, se percibe intensamente el gran cambio de terreno. Ya que estos pequeños volcanes están situados en nuestro mapa adjunto, alguna de estas formaciones volcánicas pericéntricas—esto con relación al estratovolcán principal— de la isla será estudiada aquí brevemente.

La formación más interesante, con mucho, es la *Montaña Guerra*, situada a medio camino entre Santa Cruz y La Laguna, en el barranco Los Santos (véase fig. 2). Este monte, al que se puede llegar desde La Candelaria, tiene 443 metros de altitud y sobresale en los alrededores con una altura de 150 metros y un perímetro de tres kilómetros apro-

ximadamente; un pequeño terraplén de un cráter, en el que han crecido espléndidos "cardones" (euforbiáceas endémicas, parecidas a los *captus*) (foto 1), se extiende hacia el OSO.

La zona exterior del pequeño volcán presenta material de lapillis y cenizas, y en la parte más profunda aparece lava basáltica (foto 4). Si bien la situación marginal hacia el dorso de la colina de Anaga puede dar la impresión de que este aparato volcánico se ha formado directamente sobre la línea de dislocación, sin embargo el barranco rocoso (barranco Los Santos) que hay en el borde sur de la Montaña Guerra, da otra impresión. En el pequeño pantano (Staubecken) que allí existe, se ve cómo el material de Montaña Guerra, en parte muy inclinado, se asemeja a los basaltos de llanura, que están relacionados directamente con los basaltos de Anaga, de las Mesetas. Nuestro pequeño volcán, como todos, está situado en la base de Anaga, en su borde fracturado.

Igualmente dentro del área de Anaga hay, más al Norte, un volcán secundario formado sólo por lapillis, todo cubierto de vegetación, la "calderita", al sur de Socorro. Otros "taccos", como llaman aquí a estos pequeños volcanes por el nombre de su mayor representante, el "Tacco", hay en Guamasa, y tienen en sus cráteres pequeños surcos. Más numerosos, y en parte de mayor altura, son los "taccos" de las proximidades de La Esperanza (zona occidental de la cuenca). Algunas colinas de lapillis, rojas, muy erosionadas, son difíciles de reconocer con exactitud como verdaderos conos volcánicos.

La zona transversal de La Laguna contiene, además de los conos volcánicos, como substrato, capas basálticas extensas, que descienden hacia las dos líneas costeras. Son las rocas alcalinas derivadas de los basaltos de Anaga, pero mucho más recientes, generalmente más cavernosas y de color marrón, rojo al final por alteración. Llenan totalmente la depresión de La Laguna, que de por sí es una zona transversal hundida (fosa). Los mantos de lava, que han igualado el relieve de la zona transversal, son más recientes, por lo menos en su parte superior, que los "taccos", pues rodean a los mismos y sólo una pequeña parte pudiera ser coetánea.

Con esta manifestación más reciente (cuaternaria) del vulcanismo aparece un recubrimiento de productos clásticos, que nosotros designaremos, por ser más claros en la cadena del Pulpito-Atalaya, en la zona oriental, con el nombre de *Serie Atalaya*. Ya desde lejos se ve aquí, sobre los basaltos de Anaga, un depósito de productos clásticos que llama la atención por su variado color, casi rojo carmín. Se trata de un material no muy diferente de los lapillis, ora como toba fina o

basta de ceniza, ora recubriendo en forma discordante su base (véase el perfil 5). Estos productos clásticos están sobre una superficie de erosión y, según puede verse cerca de la Montaña Pulpito, terminan a este nivel; estas formaciones no tienen tampoco lava. Puede aceptarse que se trata de las emisiones de los conos de cenizas y lapillis ya citados, tal vez arrastrados más lejos en determinados sitios. Ya que las montañas alrededor de La Esperanza y la mayoría de los "cinder cones" (conos de cenizas) de aquella zona presentan un material de toba y lapillis del mismo rojo intenso, se puede identificar éste con la serie Atalaya; está aquí sobre la subformación de la cadena de Pedro Gil.

Si bien ya no están en la zona de relleno de la depresión de La Laguna, hablaremos en este lugar de una dispersión peculiar de lapillis, ya que se encuentra casi en la frontera de la ciudad de Santa Cruz. Al norte de esta ciudad, y en el valle de *los Campitos*, las laderas escarpadas en la cadena de Siete Fuentes están llenas de material suelto (lapillis) que presenta la forma de un semicono volcánico, pero no tiene señal de cráter. Parece como si desde un punto de erupción no visible se hubieran arrojado materiales eruptivos sobre las abruptas laderas de este valle de Anaga, que después se depositaron en el lecho del arroyo del valle, de tal forma que allí se acumularon con considerable potencia (10 metros) tobas cineríticas —en estratos estériles y horizontales—. Igual que en la Montaña Guerra, mucho mayor, hay aquí una erupción más reciente a lo largo del área marginal de la masa de Anaga.

### 9) Acerca del sector de Tenerife análogo a Anaga

Sin entrar en detalles sobre el contenido y formación de aquella zona de Tenerife, que desde antiguo era considerada como una continuación hacia el Oeste de la formación basáltica antigua de Anaga —H. Hausen ha realizado un detenido estudio retrospectivo de sus características vulcanológicas (1956, pág. 54 y 60)—, hablaremos aquí brevemente de ella con el fin de conservar la hilación de este estudio.

A ella pertenecen las alturas situadas al oeste de la cuenca de La Laguna, que, generalizando, corrientemente se agrupan bajo el nombre de *Cumbre de Pedro Gil*; hacia el Oeste llegan hasta ser cubiertas por el material de estratovolcán central (especialmente del volcán de La Cañada). En el sector de Pedro Gil se pueden reconocer los mismos tipos de lava (basaltos olivínicos o sin olivino, etc.), que en el sector de Anaga, e igualmente existe un sistema de diques fonolíticos,

hasta traquíticos. En mis excursiones, poco numerosas, a estas montañas, encontré lavas augíticas muy básicas. Igual que en la península de Anaga, hay un flanco norte y otro sur con bancos de lava inclinados hacia ambas costas. Hay algunas erupciones muy recientes de lava basáltica (véase el mapa de Hausen, 1959).

Así como en Anaga el relieve topográfico presenta, de forma típica, un complejo volcánico muy erosionado con formación de valles profundos, frecuentemente en forma de barrancos, en el vértice extremo noroeste de la isla de Tenerife aparece el mismo relieve. Aquí se forma la península triangular, que contiene la *Sierra de Teno*; de una serie semejante de basaltos antiguos, brechas y capas de toba. El complejo volcánico, situado igualmente en la planicie, muestra, especialmente en las salvajes cumbres de la zona occidental, una caída general hacia SO. hasta OSO. (5°-15°), mientras que en el norte del complejo de Teno la orientación de las capas de basalto es más variada. En cambio no se puede reconocer, como en Anaga y en Pedro Gil, un abombamiento amplio, ya que el cambio de pendiente hacia el SE. ha desaparecido (foto 13). Considerando la dirección principal y la menor inclinación en la zona marginal oriental, donde está la culminación orográfica (según el mapa topográfico de la montaña de Gala, 1.334 m.), el eje iría en sentido NNE., es decir, en sentido distinto al de la antigua sierra basáltica oriental.

Es muy marcada la limitación en forma de fractura en el lado SE. frente a la actualmente depresión rellenada por lava, ocupada por los volcanes centrales. Espléndidamente se ven caer las corrientes de lava a la fosa de Tamaina, una cuenca que está entre la abrupta bajada del Teno y la cresta del monte Arguayo (basalto antiguo), que sobresale sola. En la superficie, hoy de aspecto distinto, está la fractura marginal al NO. de Santiago del Teide. Aquí llega la Sierra de Teno pretenciosamente (Montaña Tomaseche) hasta la falda del volcán central, hacia el Este, y Hausen ha comprobado que llega hacia el Oeste casi hasta la altura de Icod, es decir, en dirección hacia el pie de Pedro Gil (25 kilómetros de distancia). Otros "montes islas" más pequeños, que sobresalen de la falda del volcán de la montaña central, de basalto antiguo, están en el SO. (bandas del Sur) de la isla (H. Hausen, 1956, Montaña Guaza, pág. 61 y 121).

Los componentes de las capas de basalto son muy parecidos a los de Anaga, así como los escarpados diques. Predominan, según Hausen, los basaltos olivinicos. El autor encontró también, como una coincidencia más, las rocas ricas en augita, de las que una muestra tomada de la altura de Topo de la Mesa (Montaña de Gala, mapa topográfico)

resultó ser una ankaramita (1), según Mme. Jérémine. En el sistema de diques llaman la atención, además de la serie de tipos básicos, las rocas leucocráticas, como la cúspide del monte Risco Blanco, en el sector sur (Hausen), traquita anortoclástica bostonítica.

(1) *Ankaramita con pasta intersticial, Topo de la Mesa.*—Fenocristales de augita de más de un centímetro y de olivino (transformado en iddingsita). Pasta con microlitos de augita, olivino en cristales rojos, magnetita, barras de ilmenita. Largos microclinos de labrador con 70 por 100 An, englobados a veces por la zona exterior de las grandes augitas; en los intersticios un poco de vidrio con cristalitos.



### C. LA POSICION CLAVE DE FUERTEVENTURA PARA LA GEOLOGIA DE LAS CANARIAS

(Lámina III)

#### 1) Sobre la importancia informativa de Fuerteventura

La isla de Fuerteventura, situada al Este, tiene una posición clave para el plano geológico, en profundidad, del vulcanismo canario; pues mientras las demás islas sólo muestran de forma incompleta las características geológicas profundas, debido a su desnudez, se pueden observar éstas fácilmente sobre el nivel del mar, en el sector oriental. Esta circunstancia favorable hizo que el autor realizara numerosas excursiones a esta isla, la segunda en magnitud del archipiélago. Por no disponer de la literatura geológica de más de cien años de antigüedad, cuando se escribieron estas cuartillas, no supo el autor que sus propias observaciones coincidían con las de sus precursores, pero esto no debe hacer quedar a un lado el tema de Fuerteventura, si consideramos su posición clave. A este estudio antiguo y moderno de la isla pertenece, en primer lugar, la monografía de G. Hartung (1857), que aunque principalmente tiene un carácter descriptivo, ofrece detalles importantes; y en segundo lugar, el primer estudio, desde puntos de vista modernos, de J. Bourcart y E. Jérémme (1938), y por último, la monografía de H. Hausen (1958), publicada después de la visita del autor a Fuerteventura, que debe ser utilizada para cualquier estudio detallado y que me sirvió de gran ayuda para realizar la sinopsis general que a continuación presento. Con el fin de poder mostrar rápidamente las líneas geológicas fundamentales de esta "isla de posición clave", no puede utilizar el examen de una amplia zona del perfil transversal, que el autor realizó con ayuda de un mapa topográfico militar a escala 1 : 10.000.

## 2) Descripción orográfico-morfológica del perfil transversal

La alargada isla, monótona en su paisaje, sensación a la que tribuye su vegetación, análoga a la del Sahara, contiene en su tercio occidental un país montañoso, formado de cadenas onduladas, cuyas cumbres están a 600-700 metros (culminación: Atalaya, 724 m.). La dirección longitudinal de esta cordillera occidental va paralela, con grandes rasgos, a la costa occidental, y desde allí se ramifica, prestando las alturas con sus desmoches un estado muy avanzado de delimitación. Hacia el Norte y el Sur hay una disminución general de alturas. Este país montañoso tiene una longitud de 38 kilómetros y una anchura máxima de 14 kilómetros, y está limitado al Este por una cueva en forma de fosa, situada aproximadamente en el meridiano, llamada Antigua, y al Oeste por las costas que van desde el NNE. hacia el

Esta cordillera representa la mitad occidental y especialmente la más interesante de la isla, mientras que la zona oriental restante —es decir, al otro lado de la cuenca de la Antigua y ascendiendo en la depresión límite— contiene un sistema de cerros volcánicos aislados con una orientación predominante de O.-E., que llega hasta la costa oriental. Fuera de nuestra zona del perfil transversal, que está situada en el centro de la isla, se encuentra la península de Jandia. Mientras que la parte norte se extiende en la dirección del meridiano de la isla de Lanzarote, situada al Norte, que en un pasado geológico muy reciente se separó de Fuerteventura. Vamos a considerar, en primer lugar, la mitad occidental de la zona elegida del perfil transversal.

## 3) Difusión, posición y contenido de la formación de espilitas (Lámina III)

En sus detenidas marchas por la isla en el año 1850, el activo geólogo H. Hartung —que publicó, además, un tratado sobre el hundimiento del monte Flims— comprobó que el relieve superior del tercio occidental de la isla está ocupado esencialmente por una forma de lava en forma de bancos, que denominó "Trappformation" (Hartung, 1857); observando su amplia extensión la comparó con las cumbres de lava, poco inclinadas, del volcán de Hawai "Mauna Loa", pero se limitó a la zona plana exterior de Fuerteventura y pasó por alt

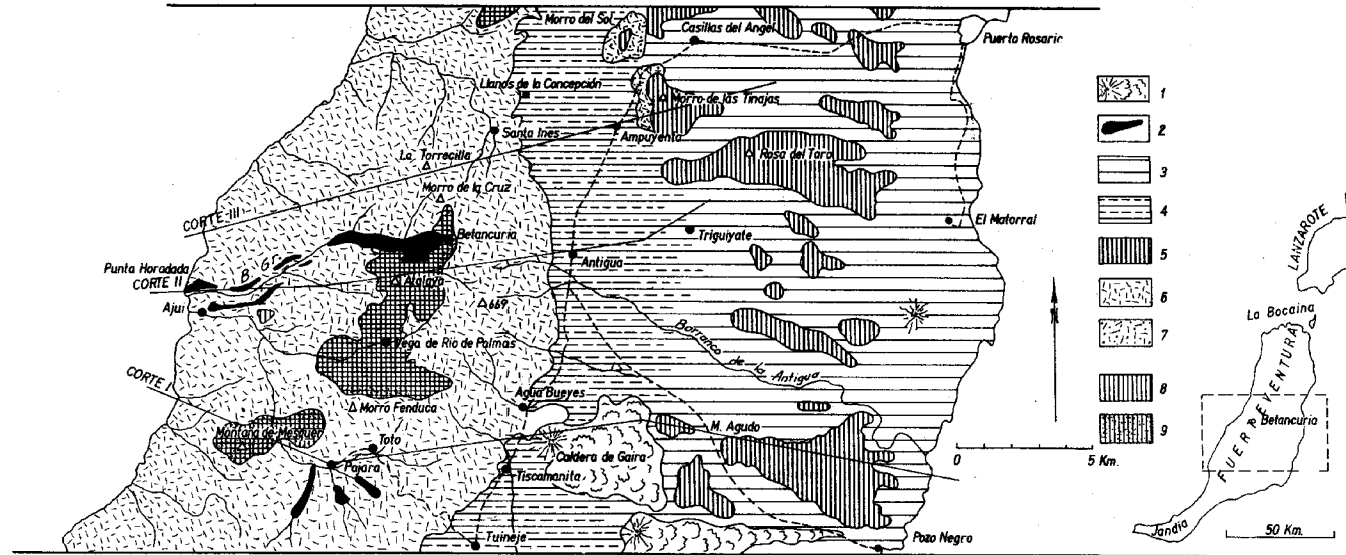


LAMINA III.—A) MAPA GEOLOGICO DE UNA ZONA DE LOS PERFILES TRANSVERSALES EN FUERTEVENTURA

1. Conos volcánicos y "Malpaisés" (mantos de lava), subrecientes.
2. Intracordillera de basalto.
3. Basaltos de meseta (limitación esquemática).
4. Basaltos de llanura.
5. Area de la estrecha fosa de Antigua.
6. Formación de espilitas (transformación).
7. Parte clástica del pendiente (pp) de Ampuyenta.
8. Macizo de Betancuria; parte siálica del núcleo (sienita, diorita).
9. Macizo de Betancuria, bordes básicos y ultrabásicos (gabro, peridotita).  
Recubrimiento más reciente de arena calcárea, travertino, aluviones.

Abreviaturas:

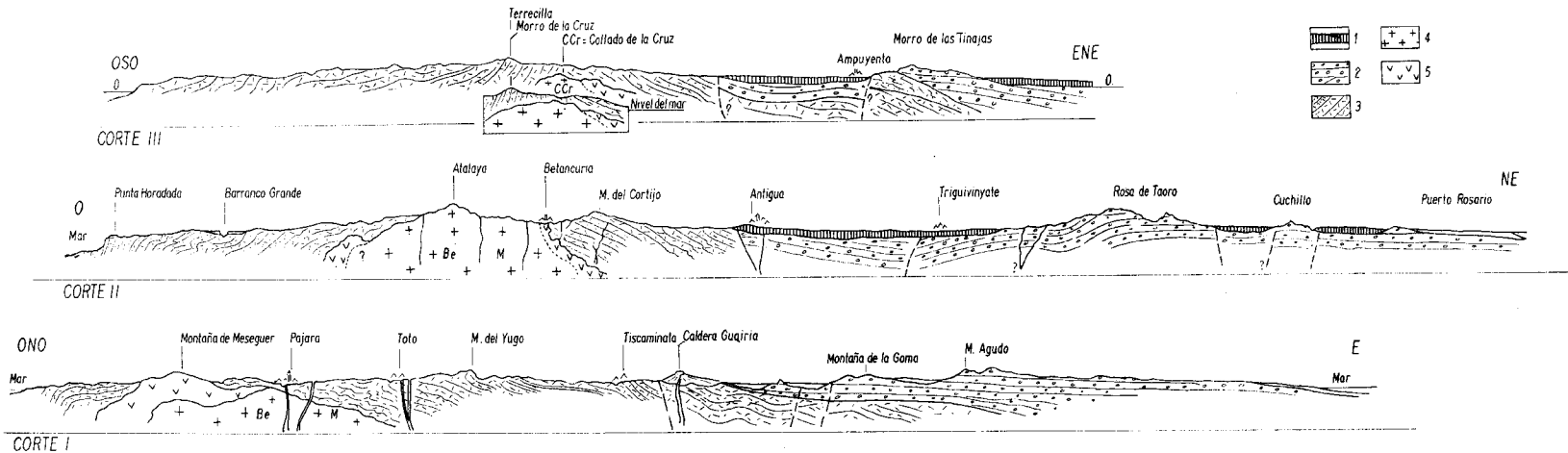
- A. B.—Agua de Bueyes.  
 B. Gr.—Barranco Grande.  
 Casde Angel.—Casa del Angel.  
 C. Cr.—Collado de la Cruz.  
 Llanos de Con.—Llanos de la Concepción.  
 M. Cr.—Morro de la Cruz.  
 Paj.—Pajara.  
 Pen.—Peñas de la Presa.  
 RT.—Rosa del Taoro 530 m.  
 S. Cat.—Santa Catalina.  
 Tis.—Tiscaminato.  
 To.—Toto.  
 Tor.—Torrecilla.



LAMINA III. B) PERFILES TRANSVERSALES POR EL CENTRO DE FUERTEVENTURA (DISEÑO ESQUEMATICO)

1. Basaltos de llanura subrecientes en general.
2. Basaltos de meseta.
3. Formación de espilitas (con sitios en parte clástica).
4. Macizo de Betancuria (parte sialica).
5. Macizo de Betancuria (parte básica).

Excepto algunos diques basálticos, se ha prescindido del sistema de diques.





zonas muy accidentadas. El nombre de "Trapp", que desde Hartung ha adquirido cierto carácter de indigenato en las islas Canarias, no nos parece acertado, ya que así se llaman unas coladas planas, basálticas, que se extienden a grandes superficies y forman en el Dekhan, en Siberia, en Groenlandia y en Abisinia un amplio paisaje escalonado.

La formación de espilitas, junto con sus rocas acompañantes, son los componentes principales de la cordillera occidental de la isla y provoca su ciertamente extraño núcleo, por su solidez y su dureza, el resurgimiento de esta parte de la isla.

En la superficie, la anchura aparente de la formación de espilitas llega hasta 43 kilómetros, y en su dirección longitudinal están separados sus extremos externos 58 kilómetros entre sí; estos últimos aparecen en forma de ventanas por erosión, dentro de un recubrimiento reciente de lava, según ha comprobado recientemente Hausen (1958). Esta gran extensión indica que existe una formación de dimensión regional, que debe extenderse en la misma zona de formación sobre Fuerteventura. Su falta es debida a un recubrimiento o a una dislocación tectónica. A pesar de todo existe esta ausencia también en Gran Canaria y Tenerife, lo que se podría explicar por dificultades en depositarse; por ejemplo, la existencia de un relieve más alto.

Un inventario petrográfico más exacto de este grupo de rocas, en el que Hartung ha incluido rocas ácidas y básicas, fue hecho por primera vez por F. Finkh (1908), en el que citaba como rocas originarias basanita, "basalto" muy alterado, traquibasalto y picrita; que estaba convencido de la posición intrusiva de la sienita que aparece en la parte central. También prevaleció el concepto de que la "trappformation" se apoya aquí en una antigua sierra, en un "zócalo" (Navarro, 1926; Hernández-Pacheco, 1949, pág. 34).

En una muestra normal de esta "trappformation" o formación de espilitas —como la denominaremos nosotros— hay una roca verdosa, azulgrisácea, que al romperla presenta un color azul oscuro, casi negro; la presencia de abundante clorita y epidota, y a veces de ceolita, demuestra que se trata de un producto de alteración. Se parece mucho a una diabasa compacta, que es por lo que antes era tenida. Según H. Hausen es un traquibasalto transformado en basanita. E. Jérémine ha utilizado el nombre de espilita para esta roca microcristalina, rica en plagioclasa (albita-oligoclasa), por lo que puede llamarse a toda la formación, formación de espilitas.

Un nuevo examen de algunas muestras recogidas mostró la dificultad de reconocer la roca originaria; además se estudió una roca que se parece a la andesita (3, en la figura 3).

A pesar de la proximidad a la sienita —en parte incluso e ción marginal— no se pudo comprobar con certeza un *meta de contacto*, debido tal vez a que las muestras no eran suficiente poco en la literatura petrográfica hay mucho sobre esto (debi tudirse más detalladamente la cuestión del contacto). Una ro porfídica, extremadamente fresca, sacada de la profundidad

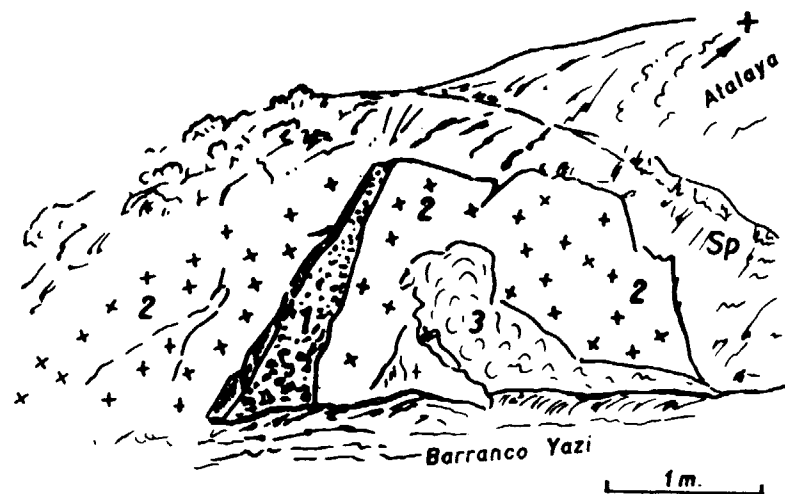


Fig. 3.—Explicación de una serie de diques dentro de la formación de es al borde, la sienita de Fuerteventura.

1. Dique de basalto olivínico.
2. Pequeña vena traquítica, en relación probable con el macizo de sie
3. Andesita, de forma redondeada.
4. Posición de la cobertera de espilitas en el macizo de sienita.

cisterna (vega de Las Palmas, borde de la sienita de la Atalaya) tenía grandes fenocristales de feldespató en una masa rica en s y epidota. Otra muestra de espilita del collado de la Cruz, al no Betancuria y alejada por lo menos 40 metros del borde de sien rica en piritita, está muy cloritizada y con fibras de anfíbol, y a de leucóxeno y algo de rutilo, con bastantes minerales opacos; M rémine hace notar que esta muestra podía ser una dolerita de fino, muy alterada.

H. Hausen hace notar que la transformación tan marcada de terial primario, es decir, la propia formación de espilitas, no depen una erosión atmosférica reciente, sino que es debida a un proceso magmático. Aunque de una forma típica, los bancos se suceden

formación de espilitas en posición concordante y en estratos de 20-50 centímetros —rara vez más gruesos—; muy frecuentemente están fuer- temente dislocados, perturbados y transpuestos. Aparentemente hay pocos estratos intermedios de tobas; por el contrario, hay muchos di- ques de la más diversa composición, muy alterados, a veces los mismos rotos y separados unos de otros o también como diques paralelos a las capas que los contienen, en cuyo caso son difíciles de reconocer como tales. Tipos básicos como el basalto, camptonita, keratofiro (contenien- do cuarzo, también andesitas y traquitas) forman los tipos ácidos de los diques; pudiéndose encontrar entre estos diques hasta aplítico- bostoníticos. En la figura 3 se reproduce una forma de intrusión complicada, que está muy próxima a una intrusión magmática profunda, esquemáticamente.

#### 4) La serie de rocas holocristalinas (facies de rocas profundas)

La cordillera occidental de Fuerteventura se distingue de todas las otras partes de las islas Canarias porque en ella, en su zona ancha, hay un complejo de rocas que forman una montaña, como no hay otro del mismo volumen en ninguna parte (en La Palma, pequeños pitones y diques), de la misma altura ni de igual masa ni cristalinidad. Se trata del macizo de *sienita de Betancuria* con su zona marginal básica gubroide (lámina III A). Durante mucho tiempo, como ya se ha dicho, se tuvo por un zócalo de base de una longitud de 10 kilómetros apro- ximadamente y una anchura de dos a cuatro kilómetros.

La zona de este macizo dentro de la formación de espilitas se de- tiene al Norte, en el cauce madre del río de la Palma, al norte de Be- tancuria, antigua capital, en collado de la Cruz, y acompaña al curso del río antes citado hacia SSO.; al principio sólo forma las cumbres occidentales (Atalaya), luego se extiende hacia el Este y es cruzada por el río de Palma, formando una romántica garganta (Angostura de la Peña); al otro lado de la garganta se prolonga el macizo, rodea- do por un "montón de rocas verdes"; se pueden observar todavía rocas ácidas que resurgen en el valle del río Pájaro, hacia So.; desapa- reciendo detrás de la Montaña Mesquer, bajo la formación de espilitas.

Las rocas en masa, holocristalinas, tuvieron hace años ya su des- cripción detenida y su valoración petrológica.

Han sido estudiadas por primera vez por E. Jérémíne con ocasión de la exposición geológica de toda la isla hecha por J. Bourcart y E. Jérémíne (1938). A continuación aparece en 1958 un estudio más

detallado de H. Hausen, autor a quien tenemos que seguir, ya que otros no podemos ofrecer un estudio análogo debido al reducido mero de pruebas tomadas. En el macizo de Bentancuria tenemos distinguir entre el voluminoso núcleo, predominantemente ácido la sección norte y central y la envoltura básica, que, muy estrecha el Norte, se ensancha algo en el SO. La sección ácida, que se difiere en el paisaje por su sólida unidad, contiene una *sienita alca* de grano medio (normaquita) y porfirita sienítica (principalmente una zona muy estrecha (margen oriental) de diorita. Fuera de la munitaria, a ocho kilómetros aproximadamente de su extremo no aparece otra vez en el NNE., en el barranco de las Molinas, se H. Hausen (1958, pág. 36), una porfirita sienítica que presenta, se el citado autor, una "aparición concordante frente a las rocas tra. Según E. Jérémie (1938) y H. Hausen (1958), la composición mineralógica de la roca sienítica es, ortosa que forma pertita con la alb anortoclasa con algo de egirina, horblenda marrón (barkevilita) y pídromelana marrón; por lo general contiene poca nefelina y presenta los minerales en un estado algo alterados. Hausen distingue tipos calinos e hiperálcalinos (con cuarzo) de sienita. Anteriormente Wolf (1931) dio a nuestro macizo de Betancuria el nombre de formación de propilita, para hacer resaltar la transformación secundaria notable.

En una zona, al borde del macizo sienítico, limitada en Betancuria a una banda estrecha, aparece gabro y teralita (1). Esta facies básica ultrabásica del macizo tiene mayor importancia en la Montaña Mesquer (gabro olivínico, peridotita y piroxenita). Aún no están totalmente aclaradas las relaciones genéticas de las rocas intrusivas ácidas y básicas; sin embargo en el terreno produce la impresión de que intrusivas ácidas son de fase más reciente y las básicas más antiguas. Según H. Hausen, hay también gabros dentro de la formación de propilitas (Montaña del Sol, justo al norte del perfil transversal que hemos elegido).

(1) Gabro o teralita (carretera al SE. de Vega de Río Palmas, cerca kilómetro 29).—Grandes cristales de augita violácea, que engloban peciamente olivino; la biotita titanífera roja engloba olivino o rodea a la ilmenita; la plagioclasa es una andesina alrededor de 30 % An. En los intersticios un mineral isótropo, a veces maclado, probablemente analcima. Según Mme. Jérémie.

## 5) El resultado del examen tectónico (Lámina III, B)

Ya se ha dicho que los bancos de la formación de espilitas no presentan una "disposición trapp", sino que a lo sumo permiten reconocer, y no siempre con claridad, una orientación que no es función de la inclinación de la estratificación. La inclinación es, en el Oeste, hacia la costa, y en el Este, hacia la fosa de Antigua. Si bien una orientación semejante suele ser fácilmente reconocible; en un recorrido largo aparecen, sin embargo, zonas muy dislocadas, a lo que contribuye la abundancia de diques. Hay sitios donde se puede reconocer en gran anchura la posición casi vertical de los bancos (fig. 4) y otros en el Este (Antigua), donde capas planas pasan a una posición más inclinada. Sería conveniente señalar, en tanto sea posible, las líneas directrices de una tectónica detallada.

Hartung observó ya a grandes rasgos este cambio de posición de las capas volcánicas, y refirió la estructura general a un gran anticlinal en forma de cúpula que desciende lentamente hacia el Sur (Hausen ha encontrado en la región del Sur, todavía fuerte inclinación). H. Hausen hace resaltar este tipo de dislocación de la "trappformation" y habla de "bancs on the edge"... "upturned"; cree que la causa es una presión en una artesa que se hunde ("down draped area"), que pudiera servir de lugar de origen de la formación de espilitas. En todo caso esta forma primaria de estratificación debió haberse modificado hasta formar un abombamiento. Si esto tuvo lugar por plegamiento o levantamiento en dependencia casual con la intrusión del cuerpo magmático, o es el resultado de ambas cosas, no se puede afirmar. Cuando se ve que las capas de espilita se encuentran en posición vertical sobre la masa intrusiva, por ejemplo en collado de la Cruz y en la costa occidental, hay que pensar en un comportamiento pasivo del cuerpo magmático. En el lado occidental del macizo de sienita de la Atalaya, en el curso del barranco Grande, la formación de espilitas es muy escarpada en largo trayecto (véase Sp en la fig. 4). Estos hechos demuestran que la formación de espilitas sufrió plegamiento regular, sobre cuya antigüedad no podemos juzgar por falta de datos. Considerado en el perfil transversal general, teniendo en cuenta que el curso de los bordes del cuerpo intrusivo hacia la profundidad es totalmente desconocido, parece como si el plutón hubiera penetrado en la formación de espilitas que contenía ofiolitas, y sólo hubiera influido

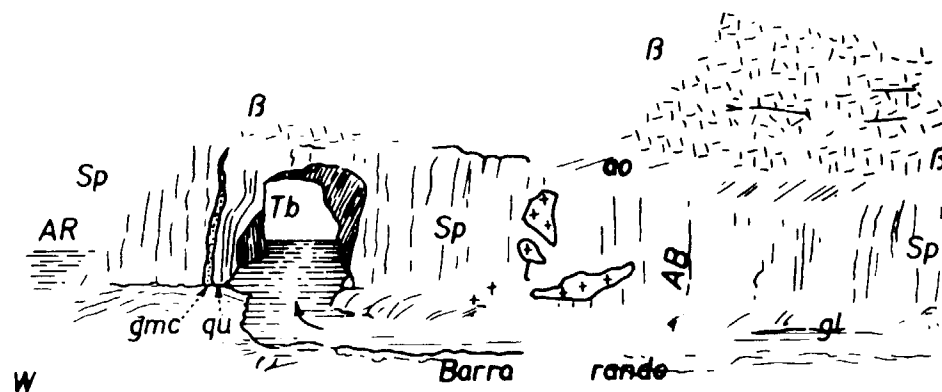


Fig. 4.—Esquema de las relaciones estratigráficas en la Punta Horadada (formación de espilitas).

Sp = Formación de espilitas (serie de bancos verticales, designados como salto antiguo B en fig. 4).

qu = Arenisca cuarcítica marrón (véase abajo).

g la & gm = Diques melanocráticos y leucocráticos, predominantemente verticales o como cuerpos irregulares, gmc = camptonita.

β = Capa de basalto, procedente del escudo de Santa Catalina.

ao = Superficie antigua elevada, sobre las capas erosionadas de espilitas, probablemente cubierta por areniscas calcáreas recientes, endurecidas.

Tb = Arco natural de erosión en la desembocadura del barranco Grande; ahí el nombre local: Horadada.

Descripción petrográfica de las rocas de la figura 4 (según Mme. Jérémín)

#### Basalto antiguo. Espilita. Punta Horadada (Sp en la figura 4).

Fenocristales de augita frescos. Masas o manchas de contornos irregulares compuestas de serpentina que puede proceder del olivino transformado.

La pasta es fina, rica en microlitos de augita, y contiene también microlitos de horblenda parda, epidota, clorita esferulítica, minerales opacos, esfena cundaria, feldespatos alterados. Calcita en las fisuras.

#### Camptonita (andesita?).

Roca gris oscuro, con huecos rellenos de calcita y cuarzo. Gruesos y ra fenocristales de augita; acumulación de serpentina.

En la pasta predominan largas baquetas de feldespatos alterados; pequeños cristales regulares de barqueviquita; laminillas de biotita parda. Magnetita, menita, productos varios de transformación; esfena alrededor de ilmenita, clorita, epidota, numerosos largos cristales de apatito, feldespato albitizado, pobre en sericita, por consiguiente ácido.

#### Roca silícea muy fina (sea sedimento o toba). Cuarcita tuffógena (qu en fig.

Se presenta como la alteración de:

1. Arenisca con cemento calizo, con cuarzo, feldespato plagioclasa, mica, epidota.
2. Caliza de grano muy fino.

en la posición de las partes laterales. Es notable que hasta ahora ningún autor haya hablado de una zona de contacto.

También se ha expresado ya la opinión (Benítez Padilla, 1945) de que en esta masa intrusiva estuviera el foco profundo de un poderoso volcán, cuya parte efusiva aparecía en las antiguas y alejadas capas de basalto de la isla. Sin embargo, esta teoría es casi insostenible. Es sabido que los macizos magmáticos de granito y sienita (plutones) no fueron llevados a las alturas por un volcán, sino que se quedaron detenidos, debajo o entre rocas efusivas, en zonas continentales de elevación o de hundimiento. También se opone a esta teoría —prescindiendo del tipo magnético— la amplia difusión de las series de basalto de Fuerteventura, que no presentan disposición pericéntrica.

Como génesis más plausible en el espacio de la cordillera occidental y de Fuerteventura, podíamos suponer que tuvo lugar una estructura primaria en el "horts", a lo largo de los sistemas de fractura, a lo que debió seguir erupción de rocas efusivas basálticas, de las que trataremos más adelante; en una fase posterior tuvo lugar la intrusión de una plutonita de magma diferenciado, que penetró en un complejo diabásico basáltico, la actual formación de espilitas, bastante antiguo, ya plegado; la capa superior del "horts" provoca un desmantelamiento intenso, de tal forma que el perfil transversal de Fuerteventura se convirtió en un perfil clave para toda la formación de las Canarias.

#### 6) La parte oriental de la zona del perfil transversal

Solamente con el fin de completar el cuadro general citaremos aquí las líneas principales y algunas observaciones hechas acerca de la parte oriental de la zona del perfil transversal cuya parte occidental ya hemos estudiado. J. Bourcart y E. Jérémín (1936), y modernamente H. Hausen (1958), han trazado el cuadro de la parte restante de la isla. La mitad oriental limítrofe tiene un aspecto orográfico-morfológico muy distinto al de la occidental. Grupos de cerros en forma de "plateau" (meseta) se extienden en dirección oeste-este y dejan entre ellos espacios de terreno llano; hacia el Este llegan al mar y hacia el Oeste no se unen a la parte oriental de la cordillera citada, sino que se detienen en una depresión que se extiende en dirección norte-sur, de la que ya hemos hablado, llamada Antigua. Atraviesa la isla como el Campidano la isla de Cerdeña.

Toda la parte oriental del país está formada por erupciones volcá-

nicas recientes y ocupada por algunos conos volcánicos más jóvenes. Resulta conveniente presentar la sinopsis de los complejos que de distinguirse siguiendo principalmente a J. Bourcart.

Distinguímos:

- a) La zona media de Antigua.
- b) Los basaltos "intercordilleros".
- c) La región de los basaltos de meseta "plateau" (tableland, según Hausen).
- d) Los basaltos de zonas bajas (basaltes des plaines, Bourc)
- e) Conos volcánicos cuaternarios.

a) LA ZONA MEDIA.—Se trata aquí de formaciones de lava que forman la depresión de Antigua, ya que en esta zona media el relieve es muy suave y las rocas efusivas que sirven de relleno son coetáneas de los basaltos de las llanuras "des plaines", es decir, que se pueden agrupar por no existir una diferenciación clara. Son lavas basálticas cuyo origen está en relación con el límite oriental de la cordillera occidental. H. Hausen hace notar que aquí se trata de lavas muy fluidas que han salido de cúpulas muy planas en forma de escudos, y haber reconocido una de estas rocas efusivas en la divisoria de aguas apenas reconocible, en Antigua.

b) LOS BASALTOS ENTRE LA CORDILLERA.—El estudio de los mismos nos lleva otra vez al país montañoso de los macizos de Betancuria. En el pueblo de Betancuria se encuentra una divisoria hidrográfica principal (Llano de Santa Catalina) que penetra profundamente en la sierra que separa los cursos de los valles que descienden hacia el Sur y hacia el Oeste. Sobre esta divisoria de aguas se extiende una capa de basalto notable por su posición, que llega hasta la costa en su extremo occidental, separado por la erosión (B en la fig. 4-7). Puesto que el origen, en Betancuria, sólo existe una pequeña elevación en forma de cúpula, se ha de aceptar de nuevo aquí un análogo foco en forma de escudo.

Otro vulcanismo reciente, situado dentro de la cordillera, afecta sólo a la zona del sur de Pájara. Aquí, una pequeña colada de basalto que sale de un cono de lapillis y cenizas, situado menos al Sur, señala una erupción reciente, y al sur de Toto hay una formación análoga. Las tres formaciones citadas indican que el macizo de Betancuria y la formación de espilitas limítrofe, han sido invadidos, después de haber tenido lugar la erosión profunda, por canales eruptivos de lavas jóvenes cuaternarios. Esto parece ser un revivir en la zona central,

puede estar en relación con los procesos de hundimiento en la zona oriental de la isla.

c) LOS BASALTOS DE MESETA "PLATEAU".—Estos forman, con una inclinación hacia el Este de 5-7 grados, las cadenas aisladas situadas al este de la depresión de Antigua, y son principalmente de basaltos olivínicos; están atravesados por numerosos diques de igual composición. Únicamente habla Hausen de una intrusión ácida notable de una región situada al norte de nuestro perfil transversal, de la Montaña Tindaya, que se diferencia como traquiriolita dentro del régimen de basaltos; E. Jérémíne (1938) relaciona este tipo de intrusión, en el aspecto magmático, con la sienita del macizo de Betancuria.

Un marcado hiato de tiempo separa la base de los basaltos de meseta "plateau" de su zócalo, allí donde desaparece la formación de espilitas entre ellos, hacia el lado oriental de la depresión Antigua y vuelve a surgir, sólo a título de excepción, en su margen oriental en una formación algo distinta (clástica). La abrupta ladera en Ampuyenta presenta este hecho especial apareciendo "tirras rojas" que deben tomarse como estratos intermedios lateríticos. La parte inferior del Morro las Tinajas contiene una meseta desordenada de basaltos, dentro de la cual, y por encima de la misma, hay aglomerados y conglomerados de composición basáltica, recubiertos a su vez en forma discordante con basaltos de meseta "plateau" (véase fig. 5). Más hacia

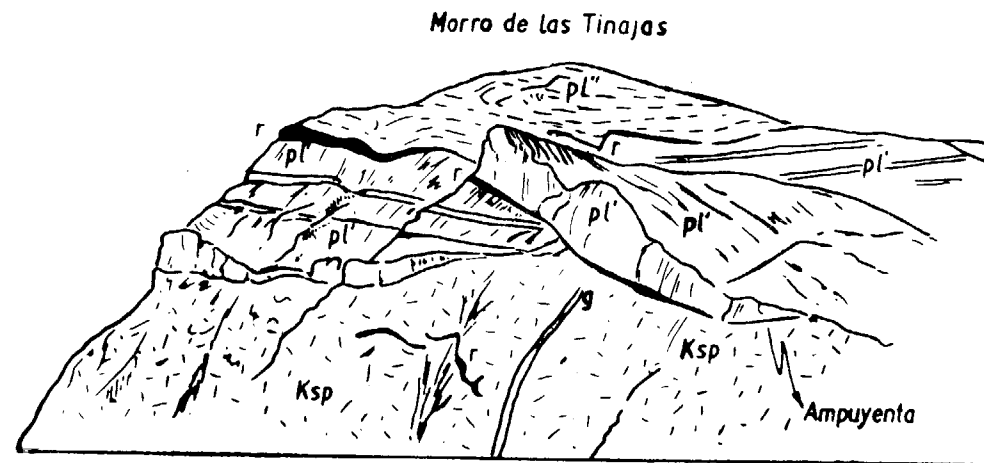


Fig. 5.—Discordancias en las capas basálticas de Ampuyenta.

ksp = Capa clástica, algo erosionada, de la capa superior de la formación de espilitas, atravesada por diques de composición basáltica.  
r = Estratos intermedios rojos, lateríticos o tobáceos.  
pl pl = Complejo inferior y superior en el manto de basalto de meseta.

atrás, es decir, hacia el Este, la base subhorizontal de los basaltos meseta "plateau", en la cima de la *Rosa del Tau*, contiene una grieta que está muy inclinada. Los perfiles de Ampuyeta resaltan discordancias, que se repiten e indican que en el techo de la formación de espilitas hay un estrato clástico, basáltico.

d) **LOS BASALTOS DE ZONAS BAJAS.**—Llenan los espacios entre altos montes de los basaltos de meseta "plateau" y coinciden hacia Oeste con las capas basálticas de Antigua. Su situación baja frente a los basaltos de meseta "plateau" demuestra que cayeron sobre un relieve de erosión que, a su vez, está motivado por un desmantelamiento directo o por un desplazamiento vertical. Vuelven a aparecer los mismos tipos de basalto que en los estratos más antiguos.

e) **CONOS VOLCÁNICOS CUATERNARIOS.**—Como último elemento vulcanomorfológico de nuestra zona del perfil transversal, hemos de citar los conos con cráteres, que están aislados en el espacio de los grupos sálticos antes citados y que representan las últimas manifestaciones volcánicas (era cuaternaria). La *Caldera Guairia*, en Aguas de Bue es el único cráter de grandes dimensiones —el mapa de Hausen dibuja algunos— y está en el sur y este de la depresión de Antigua; el cono tiene un substrato de bancos de espilita; en la base del cráter hay una grieta corriente de lava que, reforzada por otros productos, vierte a la oriental y provoca un "malpaís" salvaje, marrón-negro. Todas estas erusiones recientes, según Hausen, son de lavas basálticas alcalinas. Después de haber examinado los detalles de Fuerteventura pasamos a otros detalles análogos de otras islas, de los que, sin embargo, trataremos en otros capítulos (capítulos E y F).

### 7) Analogía en las islas occidentales

Ya la investigación de las islas Canarias, llevada a cabo al principio, pudo comprobar que entre Fuerteventura y la isla de *La Palma* muy alejada de ella, hay puntos de comparación, aunque las características morfológicas generales son muy distintas. G. Hartung (18) comparaba muy acertadamente su "trappformation" de Fuerteventura con las "rocas diabásicas" de la *Caldera de Taburiente*, de donde W. Reiss (1861) hizo un estudio petrográfico muy exacto de estas "rocas situadas sin orden alguno" y de "estratos probablemente no orientados"; este investigador estudió especialmente las rocas esexíticas

aparecen en la "formación diabásica". En 1908, C. Gagel hizo un inventario básico de la Caldera de Taburiente, en el que reconocía la igualdad de nuestra formación de espilitas de Fuerteventura, en el que reconocía también rocas ácidas (sienita, monzonita) y rocas básicas (essexita, piroxinita) en el inventario; pero para establecer una diferencia con Fuerteventura comprobó que éstas sólo existían en los diques y en los pequeños lentejones y pitones en la superficie. El examen de la Caldera de Taburiente (capítulo E) se refiere a esto.

La isla *Gomera* ofrece una proyección en el substrato más profundo de las Canarias, donde la formación de espilitas con incrustaciones análogas de rocas básicas profundas, recuerda vivamente a Fuerteventura y a la "profunda" *La Palma*. El valle de Vallehermoso hasta Angulo, en la costa NO. de la isla, ha servido de base para esta impresión (capítulo F).

Ya que en la isla de Hierro sólo ha intervenido una formación volcánica reciente en la formación de sus grandes ruinas volcánicas, no existe aquí nada que recuerde a Fuerteventura.

Igualmente echamos de menos esto también en las grandes islas de Tenerife y Gran Canaria. Solamente bloques de rocas profundas arrancados por las erusiones, hacen sospechar que pueden existir, a mayores profundidades, estos magmas en posición análoga y en rocas en masa iguales. La formación de espilita falta en ambas islas en la superficie. Lanzarote presenta igual disposición que Hierro.

#### D. OBSERVACIONES GENERALES ACERCA DE LA CUESTION DE LAS CALDERAS Y DEL INVENTARIO DE CALDERAS DE LAS CANARIAS

En la explicación de la génesis volcánica y en la elección de los tecnicismos utilizados en esta explicación, desde los primeros tiempos de la investigación geológica, los canarios han desempeñado un papel importante. Del léxico de una población nativa se tomó en la vulcanología la expresión poco feliz de *Caldera*. Así se ha introducido en esta ciencia de conceptos precisos una expresión popular, que solamente ha creado y seguirá creando confusión, porque encuentra aplicación en un concepto vulgar y en la terminología geológica, expresando cosas distintas. En español la palabra no significa otra cosa que una caldera, y es algo parecido al "puchero" de los campesinos españoles. En sentido figurado se entiende por caldera una forma de la superficie de la tierra, corrientemente un poco redonda, que a veces es de origen volcánico, pero no siempre; una formación de este tipo, pero más pequeña, se llama una "calderita"; así, cualquier forma de cráter en el idioma vulgar se llama una "caldera", en tanto está rodeada por una especie de pared. La palabra se traduce al portugués por "caldeira" y al inglés por "caultron", y designa distintas formaciones, contribuyendo a la variedad de este "concepto".

La traslación, en sentido imaginario, de un "utensilio de cocina" a las formas de la naturaleza en sentido científico, fue llevado a cabo hace más de 145 años por uno de los clásicos de la historia de la geología, por Leopoldo von Buch. En septiembre de 1815 visitó la isla de La Palma y su gran Caldera, valle que entonces era ya conocido con el nombre de Caldera de Taburiente. El vino aquí ya con su concepción teórica del cráter de levantamiento, según la cual, al formarse un volcán grande previamente se arquea el material magmático de-

la corteza terrestre; según él, a este arqueamiento o abomba sigue la depresión con la formación de calderas. Su teoría fue durante muchos años, pero encontró en Ch. Lyell (1865, *Manu Geologia*) un informado contradictor, y esta teoría desaparecía. Buch vio este fenómeno de las calderas realizado de forma clásica el valle de Taburiente, mientras que Lyell y su compañero Ha cayeron en el extremo opuesto, es decir, ver aquí sólo la acción del agua, la erosión. Así ocurrió, que la expresión de los canarios, país es considerado un ejemplo de vulcanismo, penetró en la teología científica, pero sin ser definida exactamente en mucho tiempo.

Mi intención es pasar revista brevemente a la serie de calderas que hay en las Canarias y a los productos morfológicamente afines, de esta isla, sirviéndome de mis propias observaciones, aunque incompletas, y de los resultados obtenidos por los investigadores modernos en las islas, como Gagel, Reck y Hausen y otros. Primero haremos algunas observaciones sobre el empleo sistemático del concepto "caldera" también su clasificación.

No habla mucho en favor de lo acertado del concepto morfológico o genético de una caldera el hecho de que no exista una definición general. Existen distintas clasificaciones para las formas negativas volcánicas, entre las que figura el cráter y la caldera, en las cuales, ora de un momento puramente genético, ora de un momento morfológico y a veces también de una combinación de ambos. Como citar aquí los trabajos de sistematización de Tanakarate, Van melen, Reck y Williams. Sin tratar de ofrecer aquí nada nuevo, únicamente se ha de tener en cuenta para las islas Canarias en principio puramente genético dejaría fuera formas como la muy conocida, de la isla de La Palma, por lo que puede hacerse también una sistemática de caldera de forma de erosión bajo un tipo especial. Así se pueden clasificar las formas volcánicas huecas de productos morfológicamente afines, del modo siguiente (teniendo cuenta los trabajos de R. W. Van Bemmelen, 1932, y H. Williams,

### Calderas dinamo-volcánicas y dinamo-erosivas

| GENESIS-COMPLEJO                                   | TIPO DE FORMACION  | TIPOS Y REPRESENTANTES   |
|--|--|--|
| I  | Formado por explosión.   | A. <i>Origen explosivo.</i><br>a) Cráteres en estratovolcanes corrientes P. d. Teide (s. str.) Dj. Siroua, Smerce s. str. Mayon (Luzón), Vulcano, Etana, Cotopaxi, etc.<br>b) Mar: Eifel, Auvergne, Nicaragua.<br>c) Caldera de explosión: Bandaisan, Tarawera, Krakatoa, Aso en Kyusú.<br>d) Calderas criptovolcánicas (según Williams).  |
| Formas volcánicas negativas.                       |  |  |
| (Génesis puramente volcánica).                     |  | B. <i>Calderas de hundimiento de grandes dimensiones o calderas combinadas.</i><br>a) Tipo central: Volcán de la Cañada, Nemrut Dag (Turquía), Volc. Taal (Luzón), Katmai (Alaska), Craterlake (Oregón).<br>b) Tipo de depresión: Toba See, Rantau See (ambos en Sumatra), etc.<br>c) Tipo conca: Lago Bolseno, Valle de la Ortava.<br>d) Tipo caldera: Glencoe (Escocia), región de Oslo. |
|  | Formado por intrusión, hundimiento, retirada o desaparición de magma "Collapse". |  |
| II   |  |  |
| Formas negativas volcánicas, origen poligénico.    | Formados de estratos volcánicos primarios con difusión posterior erosiva.        | a) Caldera de erosión con base volcánica.<br>b) Caldera de Taburiente, en La Palma, Banks, Península en Nueva Zelanda.<br>c) Caldera de deflación (acción del aire), aparece en Africa sudoccidental.  |
| (Volcanismo-erosión o puramente exogeno-dinámico). |  |  |



| GENESIS-COMPLEJO  | TIPO DE FORMACION   | TIPOS Y REPRESENTA  |
|---|---|---|
| III<br>Calderas morfológicamente análogas o afines. "Calderas Valle". | En parte tectónico y erosivo o formado por hundimientos entre erupciones. | a) Fosas volcánicas en forma de coque en Zonas de Papandaya, Galunggung (Java), de Orotava (Tenerif).<br>b) Espacios entrados (según la definición de Fritsch). |

Esta sinopsis contiene, naturalmente, un número mayor de "de calderas" que el que hay en las Canarias. Pero ya que algunas canarias son de clasificación incierta, me pareció conveniente la clasificación general en este lugar. El que se añadan a las ras propiamente dichas otras formas (complejo III) debe servir de tración a la multiplicidad de los problemas morfológicos en las f volcánicas y en sus muy afines. Teniendo en cuenta estos compltos, se puede resumir de la forma siguiente el inventario de las ras y sus formas afines (sin pretender que el esquema resultan completo). Existen:

En Tenerife:

- a) La *Caldera de La Cañada*; probablemente una caldera de explosión con difusión erosiva violenta.
- b) La *Caldera de Angostura*; por encima de Guimar, extendida dentro de basaltos antiguos.
- c) El "Oval" (*Valle de Orotava*) y de Guimar, situadas en los flancos.
- d) La *Caldera de Las Palmas* (Caldera de Segovia, H. Ha en la Sierra de Teno).

En La Palma:

- e) La *Caldera de Taburiente*; representa la forma clásica de caldera, pero parece, sin embargo, una caldera de tipo de erosión.
- f) La *Lavanda*; limítrofe con e), rudimentaria y problema de erosión.

En Gomera:

- g) El *Valle de Vallehermoso*; una forma erosiva corriente.

En Hierro:

- h) Las ruinas de la *Caldera de El Golfo y El Julán*.

En Gran Canaria:

- i) La *Caldera Central de la Tejada*; hoy en día incompleta.
- j) El *barranco de Tirajana*; una forma de erosión.

En Fuerteventura:

- k) La *península de Jandía*; una ruina de caldera muy dudosa.

En los cientos de puntos de erupción volcánica es escaso el número de las calderas, especialmente si se tiene en cuenta sólo las formas reales. Esto proviene de que casi la totalidad de todos estos puntos de erupción terminan con un cráter, y así llegamos a la relación entre un cráter y una caldera. Daly tenía la teoría de que el concepto de caldera sólo debía aplicarse a una forma de cráter de explosión de dimensiones extraordinarias. Con esto se inicia la relación de dimensiones con un cráter normal, pero no se define exactamente dónde está el límite que separa las dos formas. Existen otros criterios, como la presencia en una caldera, de un espacio interior plano y grande, con bordes escarpados (Escher); pero estos detalles morfológicos no pueden servir, según le parece al autor, para establecer una clasificación por tamaños, como hace Sandberg, quien encuentra una relación entre el diámetro máximo y la altura de las paredes. Basándose en esta relación, se podría decir que una caldera puramente volcánica tiene por lo menos una relación del diámetro interior máximo a la altura media de la pared de 5:1 aproximadamente; lo que está por debajo de esta relación se puede designar con el nombre de cráter; lo que cumple esta relación o superior a ella, representa una caldera. De aquí resulta "que algunas calderas", que corrientemente aparecen en la zona central, tienen que ser consideradas como cráteres; y a ello corresponden todas las pequeñas depresiones en volcanes, que el idioma popular ha denominado "caldera" o "caldeira". Es menos utilizable esta relación de tamaños, cuando no existen las paredes circundantes (por ejemplo, B/b de la sinopsis). Solamente en forma de esquema citaremos el resultado del examen en cada caldera y en las formas afines, basándonos en parte en mis propias observaciones, en parte en la literatura que sobre esto existe; solamente en el caso de La Palma seremos un poco más explícitos (capítulo F).

### 1) La Caldera de Las Cañadas

No mucho menos que la mitad de la superficie de la isla de Ten corresponde en su reconstrucción al extenso cuerpo del volcán de Cañada o del "Precaldera-volcano", como le llama Hausen. Se ha entendido por volcán de La Cañada un volcán residual convertido en una gigantesca caldera, que se deriva de un estratovolcán central, formado entre el macizo oriental (Anaga-Pedro Gil) y el occidental (Tenerife-Costa del Sur), y que después fue rebajado al estado de caldera (ver lámina IV). No se sabe con certeza si este proceso ha sido debido a explosión —en diferentes fases y en diferentes lugares— o a hundimiento, o a erosión atmosférica, pues probablemente han actuado los dos, aunque la acción mayor se deba a la fase explosiva (dispersión extensa de productos sueltos "lapillis", según Hausen). Llamar a un poderoso estratovolcán volcán monógeno —en el sentido de Stüben como modernamente repite Robereto (1927), está apenas justificado debido a la multiplicidad de la formación y de las fases de formación.

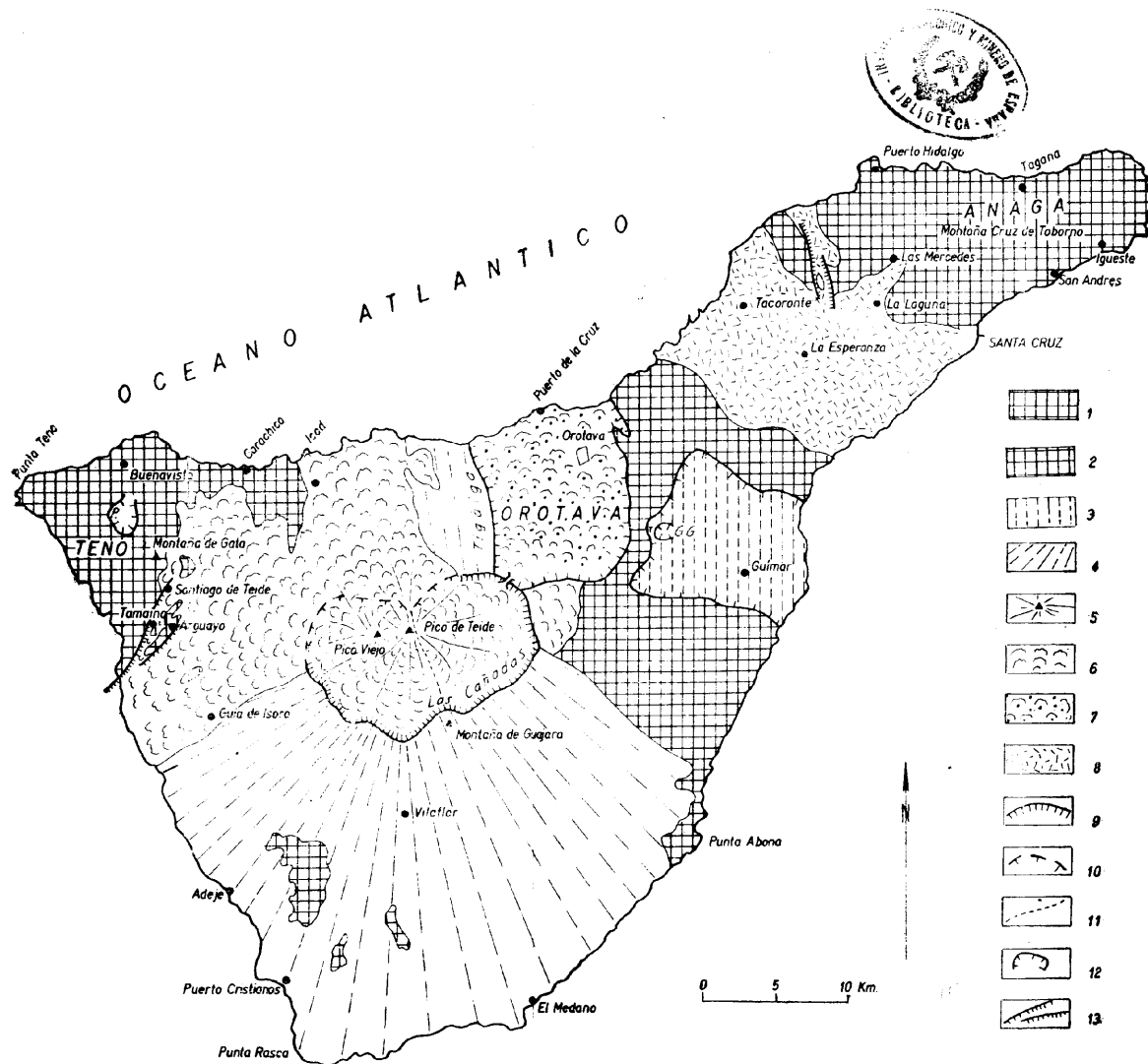
Sin embargo sólo existe de este volcán primario —además de un pequeño fragmento al Norte (Tigaiga)— la parte sur en la superficie actual, donde la pared que forma la caldera presenta una forma peculiar imponente, en forma de media luna, que sobresale por encima del fondo de la caldera con una altura de 200 metros por término medio —máximo 600 metros— (foto 14). La parte restante queda oculta por los materiales recientes arrojados por los volcanes más interiores y laterales (Pico Viejo, 3.105 m., y Pico del Teide, 3.718 m.). Si se compara hipotéticamente el sector que falta de la pared, entonces el diámetro este-oeste de la superficie virtual de la caldera es de 16 kilómetros; el diámetro en dirección norte-sur es de nueve kilómetros aproximadamente, situado el conjunto en una altitud media de 2.100 metros. Se designa con el nombre de Las Cañadas el espacio intermedio en el lado, en parte estrechado por corrientes recientes de lava, en parte subhorizontal, que está limitado hacia fuera por la pared anular; el cráter análogo presenta el Vesubio, en el "Atrio del Cavallo", un diámetro pequeño en relación a estas medidas; el volcán de Tenge, en Tenerife, con siete kilómetros de diámetro; las montañas de Albania, con 11 kilómetros de diámetro, y otros más. Existen indicios (nervaduras o grietas) de que la Caldera de Las Cañadas no era una unidad (Hausen, 1956, pág. 95), sino que estaba dividida en dos y de que la actual

LAMINA IV.—LAS UNIDADES VULCANO-TECTONICAS DE LA ISLA DE TENERIFE, BASADO EN EL MAPA GEOLOGICO DE HAUSEN (1956)

1. Complejo basáltico antiguo de Anaga y Pedro Gil.
2. Complejo basáltico antiguo de Teno y Bandas del Sur.
3. Complejo basáltico antiguo del substrato del Nicho de Guimar.
4. Mantos del volcán de las Cañadas (incluso recubrimientos más recientes).
5. Picos (conos volcánicos). Pico del Teide y Pico Viejo.
6. Sistema eruptivo de estos picos-volcanes.
7. Erupciones dentro del óvalo de La Orotava (Or).
8. Erupciones más recientes del estrecho paso "Passenken" de La Laguna.
9. Reborde de la Caldera de Las Cañadas.
10. Reborde debajo del recubrimiento.
11. Posible bipartición de la caldera.
12. Bordes de las pequeñas calderas y áreas de hundimiento.
13. Líneas de fractura (probables).

Abreviaturas:

- Arg.—Arguayo.  
 Rd-S.—Bandas del Sur.  
 Guia de Iz.—Guia de Izar.  
 Cu. P. Gil.—Cumbre de Pedro Gil.  
 La. Ur.—Ladera de Santa Ursula.  
 L. M.—Las Mercedes.  
 L. Org.—Los Organos.  
 Ni. v. Gu.—Nicho de Guimar.  
 Ga.—Montaña de Gala.  
 G. G.—Garganta de Guimas.  
 P. A.—Punta Anaga.  
 Port.—Portillo.  
 Pt.—Punta (cabo).  
 Pto.—Puerto (de mar).  
 P. T.—Pico del Teide.  
 P. V.—Pico Viejo.  
 Sa.—Santiago de Teide.  
 Ta.—Tamaimo.  
 Tac.—Tacoronte.



dad erosiva ha transformado la caldera o la ha ampliado (más bien hacia el Oeste).

En cuanto a su estructura o composición, el volcán de Las Cañadas no es una formación de carácter unitario. Tras un largo periodo de emisiones ácidas —no se han comprobado profundidades mayores— con lavas de composición fundamentalmente fonolítica (poco traquítica) y de un estrato intermedio basáltico, cuantitativamente muy subordinado, aparece hacia el final de nuevo una emisión basáltica local (basanita, tefrita). Los volcanes de Pico, que se alzan potentes en la caldera (fotos 15 y 16), presentan en la zona visible lavas fonolíticas y traquítico-fonolíticas, y terminan con lavas cristalinas (obsidiana) y piedra pómez.

Con esta orientación resumida sobre la Caldera de Las Cañadas quedan expuestos los rasgos principales de una de las más potentes calderas; una descripción detallada de la composición sustancial y de la constitución de la misma puede verse en la monografía sobre Tenerife publicada por H. Hausen en 1956, pág. 40.

Junto a esta forma volcánica de dimensiones grandes, las restantes formaciones volcánicas en la región de los volcanes de Pico Teide y Pico Viejo, y especialmente en sus cráteres adventicios, situados en un cuerpo volcánico común, se consideran más bien como puntos de erupción, como cráteres. En serie decreciente pertenecen a éstos los cráteres dobles situados en la dirección este-oeste del Pico Viejo (foto 15), La Rambleta y el Pico de la Cumbre del Teide (foto 16).

Mientras que el cráter del primer pico volcánico citado (Pico Viejo) alcanza dimensiones muy importantes (diámetro longitudinal, 1.400 m.; diámetro transversal, 400-500 m. aproximadamente (?); profundidad, 160-240 m.) y puede ser citada, por tanto, entre las formas de calderas como caldera de cúspide (Gipfelcalder). La Rambleta, próxima al extremo del cráter de la cima del Teide, es una formación fragmentaria, que sólo se ha conservado en el lado oriental y suroriental. Está ocupada casi totalmente por las corrientes basálticas que salen de aquí, cuya estratificación es análoga a la de la nieve en los meses de invierno (véase la nieve que se forma en la primavera en las fotos 17 y 18). El cráter de la cumbre del Teide se diferencia de éste por estar muy cubierto, con un diámetro de 70-80 metros y una profundidad de 40 metros, y se encuentra en estado de solfatara.

## 2) El "oval" de Orotava y su análogo de Guimar

Debido a que están muy próximos, vamos a pasar ahora de la descripción del tipo típico de caldera de Las Cañadas a una caldera clara en la región volcánica del Valle de Tahoro, según le denominan los antiguos investigadores, en el que está la población de Orotava. La configuración morfológica de la zona norte de Tenerife, que la cumbre de la sierra principal, de 2.110-2.300 metros de altura, la cumbre de Pedro Gil, desciende hacia la costa de Puerto de la Cruz, aparece un caso especial de formas volcánicas superficiales, que se podría relacionar con una depresión en forma de caldera, pero que no ha sido explicado también desde un punto de vista puramente morfológico.

Desde los días de A. von Humboldt, en el año 1800, que al observar esta exuberante región volcánica cayó casi en el éxtasis, hasta los investigadores más científicos, como K. von Fritsch y W. Reiss, Rothpletz, Navarro y modernamente H. Hausen, se han defendido distintas opiniones sobre el significado de esta caldera. Hay una depresión rodeada en tres lados por escalones escarpados rocosos —las laderas que desde la costa ascienden hasta 1.850 metros aproximadamente que es conocida con el nombre del Valle del Tahoro o de la Orotava— una denominación que es inadecuada, ya que en este hueco mucho no hay ningún valle; la palabra "oval" resultaría la más adecuada a esta forma, si bien no responde exactamente a la figura geométrica de un óvalo. La "ladera de Santa Ursula", en el Este, es una ladera marginal del antiguo complejo de lava de Pedro Gil; la "ladera de Tigaiga", en el Oeste, es otra del flanco norte del volcán de Las Cañadas; el límite sur está en las rocas, en forma de columnata —de un tipo que lleva el nombre— de los Organos (parte de la base de basalto antiguo). El cono propiamente dicho está lleno de coladas de lava reciente (tebasanita) y contiene, a la altura de Orotava, algunos conos advancados bastante grandes (basalto alcalino, Hausen), mientras que éstos en gran número, más de una docena, están distribuidos en el borde superior y a la entrada de Las Cañadas; a través del paso "El Portiño" que lleva a Las Cañadas, la lava tiene composición traquítico-fonolítica y desde el cono del Teide ha salido hacia la Caldera de Orotava.

Aunque sólo sea basándonos en la sinopsis morfológica, se puede concluir que la totalidad del "Óvalo de Orotava" parece una depresión en forma de caldera; ésta podría estar justificada por la desaparición

de magma en una gran profundidad, directamente en relación con el paroxismo del volcán de Las Cañadas. Como ya se ha dicho, su presencia aquí se debe a la existencia de volcanes secundarios en el recinto de una caldera.

K. von Fritsch y W. Reiss (1867) han buscado en otra dirección la explicación de la hondonada de Orotava. La explicación es que "la pequeña masa de lavas y productos de erupción amontonados" motivó la forma negativa del terreno.

Esto quiere decir que a lo largo de la ladera de Santa Ursula y de la de Tigaiga actuó cierto tiempo la proyección y acumulación de productos volcánicos, de tal modo que se formó el citado hueco, que luego sufrió los efectos de la erosión; actuó en contra de la acción erosiva el relleno con productos efusivos de lava y la estratificación de los conos volcánicos.

Más tarde, A. Rothpletz (1889) se ocupó detenidamente de la hondonada de Orotava. Rechaza la antigua teoría de L. von Buch, según la cual se trataba de un "derrumbamiento de una parte de la isla", y hace notar la poca influencia de la erosión. Rothpletz compara la formación que estamos estudiando, de Tenerife, con el Val del Bove del Etna, es decir, con las calderas de explosión; Von Wolff (1931) prefiere esta interpretación a la morfológica de Von Fritsch. Echamos de menos en los autores modernos la falta de adopción de una postura determinada en esta cuestión.

Al SE. de la cresta principal, el óvalo de Orotava tiene una cierta semejanza morfológica, en lo que a los basaltos basales se refiere, con el *Hueco de Guimar*, igualmente limitado a los lados por "laderas". Está inclinado más marcadamente hacia el mar, llega más profundamente a los basaltos antiguos y no tiene ya la forma elíptica hacia arriba, sino que más bien toma, por la limitación en línea más recta hacia la cuenca, una forma rectangular. Ya que en este cerro aparece, según Hausen, mucho material piroclástico, que proviene de un paroxismo del volcán de Las Cañadas, el óvalo ha debido existir antes de la última actividad del mismo, o el material ha desaparecido con el hundimiento, cosa que parece menos probable. Si se quieren considerar estas dos formaciones (Orotava y Guimar) todavía como calderas, entonces se podrían incluir dentro de la clasificación citada, en el tipo de cuenca (concatipus), es decir, de una cuenca (conca) con gran inclinación de la base. Teniendo en cuenta la naturaleza hipotética de nuestra interpretación, las hemos incluido en el complejo III.

### 3) La Caldera de Gargantúa de Guimar (Angostura)

Las calderas citadas hasta ahora corresponden a una forma de. Hay que añadir a éstas algunas formas pequeñas en Teneri primera que hay que citar está en el límite posterior de la calde Guimar, es decir, en la cumbre principal de Pedro Gil. El lug conocido con el nombre de *Gargantúa de Angostura*, y se puede nocer fácilmente en un mapa topográfico como una forma peque caldera situada en un basalto antiguo. Von Fritsch y Reiss, así A. Rothpletz, han hablado ya de este pequeño volcán. En los b de lava (basalto feldespático) hay un borde pericéntrico, inclinad cia afuera, circular, de un diámetro máximo de 3.000 metros 200 metros aproximadamente de altura (mapa topográfico). Est dera antigua debe ser considerada como una caldera de explosió retorno del vulcanismo en época posterior queda demostrado p potente corriente de lava del año 1905. Esta se inicia a la salida caldera, y llega escindiéndose en tres corrientes, casi hasta la SE. de la isla (según Hausen, es de basanita vítrea). Propiamen un fenómeno aislado en el espacio del complejo Anaga-Pedro Gil, manifestación volcánica más antigua con formación de cráter. se refiere también al complejo análogo a ella de la Sierra de Ten

### 4) La Caldera de Las Palmas, en la Sierra de Teno

En el extremo norte de la Sierra de Teno, en Buenavista, hay hondonada dentro de la antigua serie de basaltos, orientados hac Norte, rodeada por altos cerros, que deja en su interior el puebl Las Palmas (Cuevas del Palmar). Hay una salida angosta haci Norte, a través de la cual ha encontrado su camino el barranco Camellos, sobre corrientes crecientes de lava, hacia la planicie abra de Buenavista, que se extiende al pie de los basaltos de Teno. interior del valle de la caldera se alzan dos conos volcánicos men de 632 y 624 metros, de los que provienen los basaltos recientes acabamos de indicar.

Esta caldera-valle, con una longitud de tres kilómetros aproxi damente, una anchura máxima de 2,2 Km. y una altura máxim 300 metros, puede ser considerada, ciertamente, como una pequeña

dera de explosión, opinión que comparte también H. Hausen. El caso de que en el espacio de la caldera aparezca preferentemente el vulca nismo más reciente, encuentra aquí de nuevo realidad.

Pasando ahora a la isla de La Palma, nos deberíamos ocupar de la caldera de mayores dimensiones, de la Caldera de Taburiente, en esta sinopsis. Pero considerando su importancia, le dedicamos un capítulo aparte (véase capítulo E); y nos queda por citar la problemática y li mítrofe caldera en ruinas de La Lavanda.

### 5) La bifurcación del valle de Vallehermoso (Gomera)

La isla de Gomera, recortada en algunas partes por la erosión, tie ne perfiles morfológicos que hablan de una inactividad volcánica pro longada. Faltan formaciones que puedan ser consideradas como cal deras volcánicas, pues el único cráter —“La Laguna”— (según F. Na varro, 1918) es un resto de un volcán de pequeñas dimensiones.

Sin embargo hay en Gomera valles de erosión que son descritos por C. Gagel (1925, pág. 574) como formas completamente análogas a la de la gran Caldera de Taburiente, en La Palma. El citado autor utiliza estas calderas-valles producidas por la erosión como ejemplo demostrativo de que estas formas no son de origen volcánico, es decir, que a lo sumo pueden ser llamadas calderas de erosión, expresión que, sin embargo, Gagel rechaza (“un empleo defectuoso”), afirmando que la palabra “caldera” debe ser rechazada por carecer de sentido, y dice que “sólo puede servir para ocultar la falta de ideas claras y el defecto e insuficiencia de observaciones y estudios”. El valle de Vallehermoso, que nace en la costa norte (al NO.), es uno de los valles de erosión de tipo de caldera (fig. 10), y en el frente oriental de la isla lo es el sis tema originario del barranco de la Villa (de San Sebastián). En las últimas bifurcaciones del valle, situadas bajo la capa volcánica más reciente, según Gagel hay una caldera de (erosión) “in statu nascendi”. En todas estas calderas de erosión aparece la formación de espilitas de Fuerteventura, que ya conocemos, y aquí hay una formación nu clear como en La Palma.

### 6) Las ruinas de la Caldera del Golfo y El Julán (Hierro)

La isla más pequeña del archipiélago, Hierro (conocida también el nombre de Ferro), considerada en conjunto, está casi totalmente bierta por los materiales fragmentarios de un gran volcán al cual rresponde el terreno del segmento residual situado al SE. (véase fig.

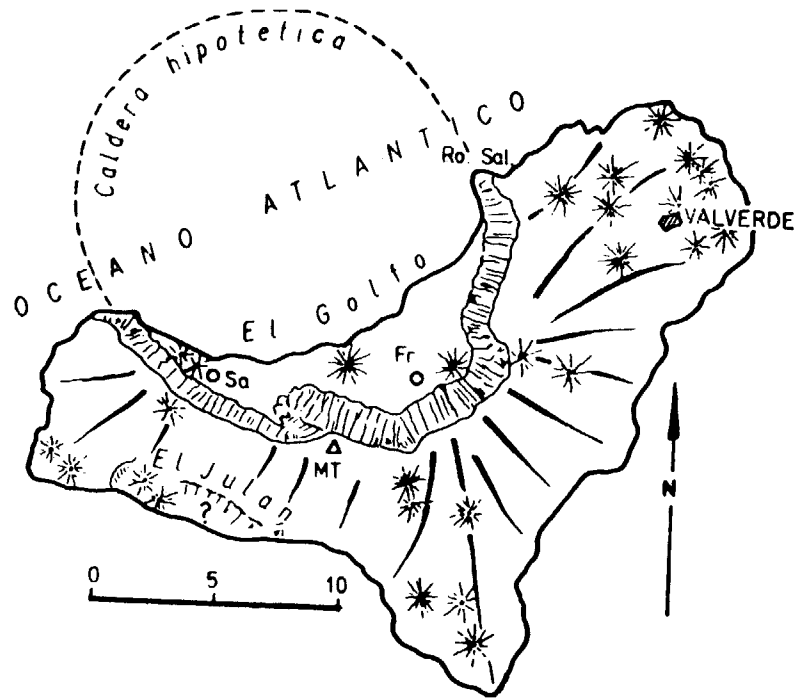


Fig. 6.—Esquema de la isla de Hierro y de su caldera-ruinas (El Golfo).

En la caldera, y en su ladera exterior, están indicados los numerosos volcanes secundarios, aunque de forma incompleta.

Abreviaturas:

M. T. = Montaña Tenerife, 1.500 m. aproximadamente.  
Fr = Frontera (municipio formado de distintos grupos o caseríos).  
Ro. Sal. = Roque Salmone.  
Sa. = La Sabina.

Por su forma se parece a una gran masa angular abierta, que desde el NO. aparece limitada en forma de semicírculo. Como la isla montañosa es más alta que esta costa NO., se forma una amplia caldera (figs 19 y 20), que está limitada hacia el mar por la línea costera plan

denominada El Golfo. Este semicírculo está rodeado por una pared o muro de 1.000 m. de alto (culminación: Montaña Tenerife, 1.501 m.), cuyas capas de lava y de toba caen afuera con poca inclinación.

Frecuentemente (por ejemplo, Navarro) se ha referido esta disposición morfológica a un potente volcán en ruinas del cual la parte que falta se ha sumergido en el océano. Las dimensiones son considerables; la cuerda del semicírculo del Golfo mide 15,5 kilómetros, según lo cual el fondo plano del volcán primitivo no debió ser mucho menor que el del volcán de Las Cañadas. Si dispusiéramos de mapas más exactos, se podría reconocer el relieve submarino de este volcán derruido. En el espacio de la caldera, que es atravesado por la línea costera del Golfo, hay numerosos conos adventicios recientes y corrientes de lava, que nacen en la caldera y llegan a la costa. Asimismo la parte externa sur y oriental del volcán está recorrida por un gran número de conos parásitos que llegan hasta el borde de la caldera. Las capas de lava se han descrito siempre como basaltos alcalinos; solamente en el Norte (Roque de Salmone) se habla de una traquita (T. Bravo en Hausen, 1956, pág. 199), que podría estar relacionada con una roca intrusiva. En su forma y génesis, la isla de Hierro es morfológicamente igual a los segmentos insulares de otras calderas mayores mejor conocidas, por ejemplo de la isla de Tera, en la Caldera de Santorin, o de la isla de Rakata, al SE. de la Caldera Tracatau.

Una concavidad análoga, pero más débil que la del Golfo, existe en el NO. de la isla de Gomera, en la costa del Sur, en el sector de la costa llamado El Julán. Navarro llama El Julán "a un apéndice soldado modernamente al anillo exterior del gran cono originario" (1926, pág. 83).

### 7) La caldera central de La Tejada, en Gran Canaria

Esta isla, casi circular, haría esperar *a priori*, como Gomera, que en el centro se encontraría una gran caldera. En Gran Canaria las coladas y los mantos de lava, de origen más diverso y de más variada composición, van más o menos desde el centro de la isla hacia las costas. En el estudio tan interesante sobre la isla realizado por J. Bourcart y E. Jérémine (petrografía, 1937) no se habla abiertamente de ninguna caldera y solamente se puede sospechar su existencia al hablar de estratos pericéntricos de rocas efusivas, disimulada por estar sobre basalto.

En una sinopsis sumaria, H. Hausen (1958, pág. 192) habla de una

“gigantesca caldera central de Tejada”, es decir, en la culmina orográfica en la cual la erosión profunda ha dejado al descubierto formación más antigua (rocas intrusivas plutónicas).

Según Bourcart, en el “Cirque de Tejada” no se puede encontrar “ni una caldera, ni un cráter de soulevement (v. Knebel, 1906)” dice: “c’est la tête d’une grande vallée qui a facilement afouillé debris du centre d’un grand volcan” (pág. 44), al que el autor denomina “Volcán de Tejada”.

El autor ha recorrido someramente esta región y por eso no se de hacer una idea clara de esta caldera central, ya que ha tardado mucho en poderse hacer con la literatura que sobre esto existe (foto y 22). Pero lo que le impresionó más fueron las potentes rocas polínicas que hay, por ejemplo, al bajar de Roque Nublo (fotos 22 y 23 que ocupan unos cientos de metros. Mi impresión fue de que en esas rocas de Nublo se trataba de un relleno violento que proviene de Chimenea de Tejada. Las opiniones sobre la naturaleza de estas rocas son dispares: mientras que Hausen cree que se trata de un conglomerado (él cita también estratos intermedios arenosos) depositado por intervención del agua, Bourcart habla de una erupción del tipo Mt. Pelée.

Confirmando la potencia eruptiva que aquí existe, la Roca de Nublo contiene abundantes bloques de roca holocristalina (monzon nefelínica), que forman una roca, no un conglomerado. Para tener una idea clara de la caldera, de su existencia y génesis, sería necesario hacer un mapa a escala mayor de la región de Tejada.

### 8) El barranco de Tirajana

Como el circo originario del valle de Tejada, el del barranco de Tirajana, que desciende desde San Bartolomé, en la región central, hacia la costa SE., es considerado por algunos autores como una caldera (por ejemplo, por Wolff, en el tomo II del Vulcanismo, 1931). Sin embargo, ciertamente ésta no es una interpretación acertada de la génesis del sector superior de este largo valle de erosión. El valle, que se bifurca hacia arriba, termina en un circo, en el cual aún sobresalen algunos restos del límite lateral, cosa que no ocurriría en el caso de haber sido debida a una explosión o a un hundimiento.

Cuando Von Wolff dice que un valle de caldera con una sección circular y un estrechamiento hacia abajo es siempre una caldera y

vulcánica, falla en esta generalización al aplicarla al valle de Tirajana. El valle aparece situado a lo largo de la línea límite entre los basaltos más duros y las tobas y depósitos de lava de la serie “fonolítica”, o riolítica; una línea que va también paralelamente a una gran falla transversal que atraviesa toda la isla de SE. hacia NO., según Bourcart.

Excepto la Caldera de Tejada, parece que Gran Canaria no tiene ninguna otra caldera típica. Muchas veces se habla de la Caldera de Bandama (mapa topográfico), visitada frecuentemente, al SSO. de Las Palmas, de Los Marteles y Pino Santo. Pero estas formas responden mejor al concepto de cráter, que Bandama presenta la forma de un cráter de explosión típico con fondo plano y rodeado de paredes verticales.

### 9) La península de Jandía (Fuerteventura)

Si nos detenemos, para concluir nuestra revista a las calderas, en las islas orientales, el resultado es bastante negativo, pues entre los cientos de puntos eruptivos de las islas de Fuerteventura y Lanzarote, las dimensiones son tan pequeñas que sólo se puede hablar de cráteres. Y lo que se podría presentar como las ruinas de una caldera, los conocedores del país lo rechazan como tal. Hacia el Sur, junto al cuerpo principal de la isla de Fuerteventura, está la península de Jandía, separada de ella por el istmo de la pared. La isla está formada por una serie, limitada hacia el Norte, de basaltos, tobas y aglomerados que, atravesada por diques, tiende hacia el Sur. La disminución rápida de los extremos de los estratos hacia el Norte y el curso arqueado podían hacer sospechar que la península era una formación volcánica situada en el mar. Donde está el mar, lo mismo que en Hierro, existiría una caldera hundida. Esta imagen corresponde a una hipótesis de Benítez Padilla (1945), pero que modernamente Hausen no apoya, ya que estima que la falta de la zona norte es debida a un fraccionamiento, idea que defendió ya anteriormente Bourcart. Con esto concluimos nuestra revista a las calderas y pasamos a estudiar con más detalle la forma más imponente de ellas: la Caldera de Taburiente.



## **E. LA CALDERA DE TABURIENTE, EN LA PALMA**

(Fig. 7)

### **1) Situación general y rasgos morfológicos**

La isla de La Palma, de forma de pera, encierra en su mitad norte el profundo valle Caldera de Taburiente, que durante mucho tiempo fue tenido por ejemplo clásico de caldera formada por fuerzas volcánicas, y desde que L. von Buch buscó aquí confirmación a su hipótesis de cráteres de levantamiento en el siglo XIX y en el XX, se ha convertido en un lugar de estudio para muchos geólogos, vulcanólogos y naturalistas. La profunda caldera está donde la isla tiene su diámetro máximo y donde alcanza su máxima cota orográfica. En medio de esta zona central se excava la profunda y gran caldera y está el ápice del amplio domo que alcanza, desde la costa oriental a la occidental, un diámetro de 27 kilómetros aproximadamente. En el borde suroccidental está la profunda depresión del barranco de las Angustias, que une la caldera, en forma de barranco estrecho, con la costa occidental. El impresionante aspecto de la caldera se puede ver en estas dimensiones (estimación según el mapa topográfico a escala 1 : 100.000). La altura de las paredes, verticales casi siempre, es por término medio de 1.000 metros (foto 24), desde el curso del río situado dentro del valle de la caldera (425 m.) al punto de culminación de la pared (2.000 m.); el diámetro, en dirección este-oeste, medido de borde a borde, es de siete kilómetros aproximadamente en dirección norte-sur; mide 7,5 Km. aproximadamente. Hacia el Sur, al cerrarse el circuito de la caldera se inicia el espolón más bajo de la sila, que termina en el Sur (Punta de Fuencaliente) y que es el escenario de la

última actividad volcánica de la isla (la erupción de 1949, última que se ha producido).

Para estudiar la formación general del complejo volcánico de Palma, se ha comparado con dos cristales de reloj convertidos en peripuestos (Von Wolff), si bien esta comparación no resulta muy adecuada desde el punto de vista genético y configurativo. Siguiendo esta comparación, el cristal superior corresponde al cono volcánico joven, que está formado principalmente por lavas basálticas y productos escoriáceos, que se extienden de costa a costa; la inferior aparece solamente en la hoya profundamente abierta de la caldera, y contiene una serie de rocas distintas que provienen, sin embargo, de un mismo foco magmático. Si llamamos a la parte superior pericéntrica, la "cobertura", el zócalo o formación nuclear en el fondo de la caldera.

Esta división en dos partes era ya conocida antes (Lyell y Hutton), si bien parece ser que Von Buch no la toma en consideración. Hutton y Lyell describieron la formación y Hutton publicó ya en 1862 una descripción, principalmente geognóstica, después que W. Reiss publicó aquí ya datos petrográficos. Desde este primer tiempo de publicación se ha escrito mucho sobre esta parte de La Palma (Von Knebel, Sapper, Navarro, Rovereto y otros). El trabajo más reciente es el de C. Gagel (1908, 1910, 1925). H. Reck ha publicado un trabajo más moderno, con interpretación crítica de las condiciones de formación. Nuestras líneas se apoyan fundamentalmente en los trabajos de estos dos últimos autores, y deben resumir, clasificados y titulados, las modernas observaciones y los modernos puntos de vista (figura 7).

## 2) Sobre las rocas existentes en la "formación nuclear" (serie de espilitas y rocas profundas)

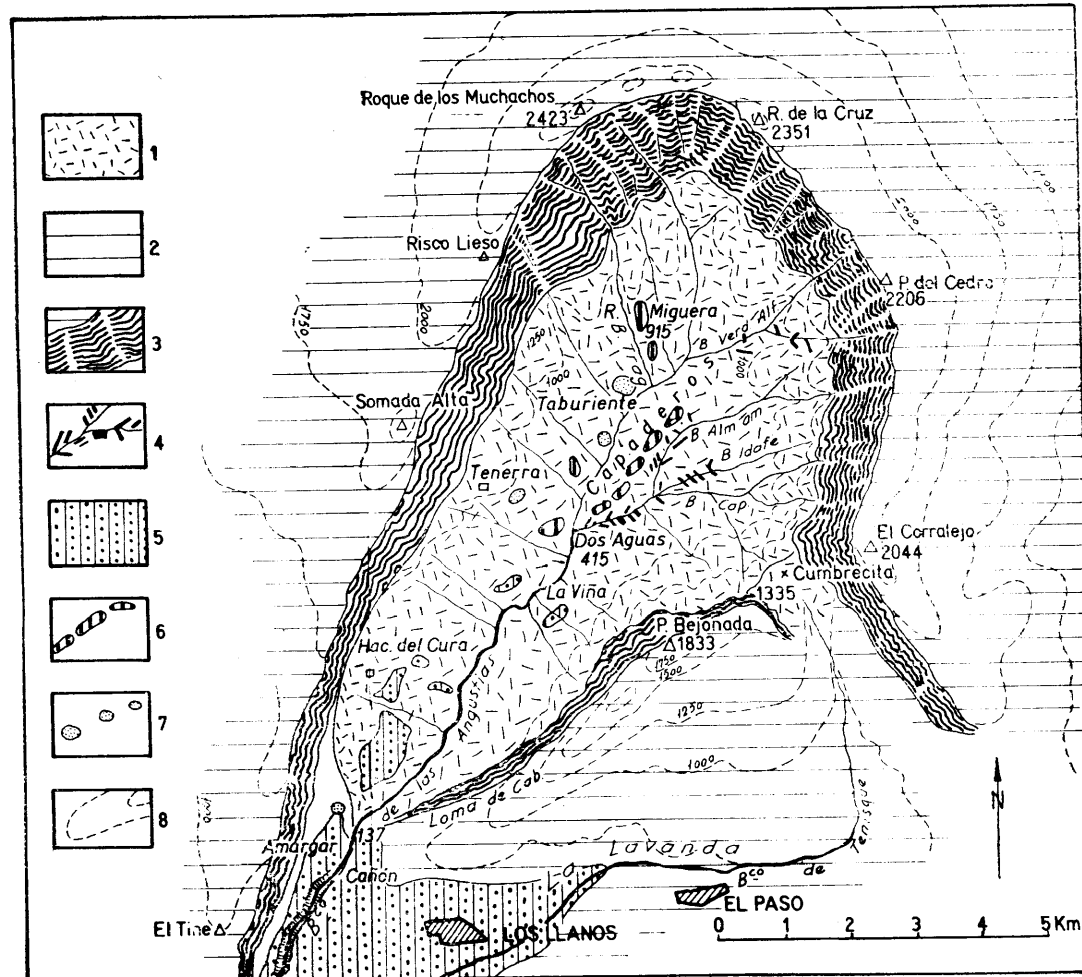
Al hablar de la formación de basaltos, del "trapp" de Hartung, forma la parte mayor de la cordillera occidental de Fuerteventura. Hartung ha indicado ya que la formación del núcleo de la Caldera de Taormina es una serie volcánica muy parecida y surgida de la misma zona. Esta era ya la opinión de Hartung (1857) y W. Reiss (1861) la había considerado como una formación diabásica, atravesada por diques con un zócalo muy profundo de hiperstenita y sienita. Gagel (1908), que hizo el estudio más detenido de la caldera, habla de rocas diabásicas

**Fig. 7.—Esquema geológico de la Caldera de Taburiente, en La Palma.**  
(Basado en el mapa geológico de C. Gagel, 1908, fig. 1).

1. Formación del núcleo (= formación de espilitas).
2. Cobertera (De).
3. Pared: escarpe de erosión de la cobertera De. hacia la caldera y su prolongación fuera de la misma.
4. Pequeñas masas, diques o nidos de rocas intrusivas holocristalinas (esexita, gabro, peridotita, etc.).
5. Conglomerado de Las Angustias (Miocénico); sedimentos de transgresión con algunas capas de basalto.
6. Restos erosivos en la caldera central (fundamentalmente piroclásticos, toba y conglomerados).
7. Pequeñas chimeneas volcánicas (según Gagel) en la zona de la caldera, así como conos volcánicos más jóvenes fuera de la misma.
8. Representación esquemática de las curvas de nivel (250 m. aprox.) en De. (Dentro de la caldera sólo están indicadas las curvas de nivel situadas muy cerca de la pared circundante).

**Abreviaturas:**

- Alm. am. = Almendro Amargo (barranco).  
 B. Boc. = Barranco.  
 Cap. = Barranco del Capitán.  
 Hac. d. Cura = Hacienda del Cura (Los Comachos).  
 Hor. = Horada (Roque de).  
 Lomo d. Cab. = Lomo de Caballos.  
 P. = Pico.  
 R. = Roque.  
 R. R. = Roque de Relvita.  
 Verd. Alf. = Verdura Alfonso (barranco de).  
 Yen. = Yenebuque (barranco de).



grano fino, que están muy descompuestas, y las compara con las rocas diabásicas devónicas de Alemania, estimando que las rocas de la caldera tienen una edad paleozoica; las describe —igual que las espilitas— y añade que están mezcladas con rocas efusivas de un magma essexítico, con traquidolerita y porfirita essexítica. Un sistema de diques atraviesa este zócalo, ora (principalmente) verticales, ora con diversas inclinaciones; estos diques cruzan la formación de espilitas (diabásica), que forma el núcleo, hasta la cobertera, y en parte continúan más allá de ella; corrientemente han sufrido ligeras dislocaciones tectónicas y quedan separados. Gagel cita: basaltos, traquidoleritas (“en la cobertera”), camptonita, bostonita y bostonita cálcica; en el zócalo también aparecen diques horizontales. A continuación hablamos de las rocas intrusivas que aparecen en la zona profunda de la formación del núcleo.

Como el autor ha penetrado, sólo buscando una orientación general, en alguno de los estrechos barrancos del valle que aparecen excavados en la formación del núcleo, y sólo recogió pocas muestras, no puede decir que sirvan para completar los trabajos de Gagel. Una espilita típica coincide totalmente con una espilita de Fuerteventura (1). Se puede decir que en estas rocas no se ha conservado ningún mineral primario, aunque la muestra parezca bastante fresca. Esta formación de espilitas del interior de la caldera está a veces muy uniformemente estratificada, pero a veces sus capas aparecen “entrecruzadas”, desordenadas, a cuyo desorden ha contribuido el gran número de diques que las atraviesan. No se sabe con certeza si estas rocas efusivas eran submarinas o subaéreas. La gran difusión que presentan, sin relación visible con un aparato volcánico, nos indica la existencia de una lava muy fluida que se extendió uniformemente sobre grandes zonas. La falta de productos piroclásticos —esto en comparación, por ejemplo, con la formación de Anaga— indica más bien la existencia de una formación marina, teoría en favor de la cual habla la observación hecha por el autor, que encontró en la parte central del barranco de las Angustias distintos estratos de pillow lava, que corrientemente surgen, bajo determinadas condiciones, bajo el agua. La roca está atrave-

(1). *Espilita, Dos Aguas, en el barranco de Taburiente (Angustias)*.—El feldspato maclado es albita con 5-8 An. relleno de inclusiones; además agujas de anfíbol, láminas de clorita, etc.; en los intersticios clorita; leucoxeno, acompañando o no a ilmenita; calcita, granos de epidota. Estructura con tendencia dolerítica (según Mme. E. Jérémine).

La roca está atravesada por diques de basalto y contiene residuos de una roca clara bostonítica. A pequeña distancia de ella rezuma, a través de los aluviones del barranco, un agua ferruginosa acidulada.

sada por diques basálticos y contiene cantos de una roca bos clara.

Ya en el primer examen de los cantos del barranco de las tias que caen de la caldera, llama la atención los cantos siemercos de rocas holocristalinas, los cuales, principalmente e trechos valles (barranco Alfonso Verdura, barranco Idafo, et recen allí con delgados diques, lentes o pequeños pitones, o c claves en los bancos de espilita. En contraposición a las espil los contienen, existe generalmente una roca reciente, que en men macroscópico ya resulta ser material intrusivo holocrista naturaleza de los diques no es muy clara, porque frecuenteme hay trozos separados o apófisis estrechas. Hay rocas intrusivas básicas y ultrabásicas. Si nos referimos fundamentalmente a cripción de Gagel de estas rocas, hemos de citar la monzonit nica, essexita refulgente, gabro, piroxenita y una roca muy bá recida a la picrita. Entre las essexitas figuran tipos ricos en hor (barqueviquita), piroxenitas y otros tipos sin ortosa; también tinguen tipos alterados de otras relativamente recientes y de ciente formación. No existen en ningún lado pequeños piton en la formación de espilitas, cerca de la superficie, ha penetr plutonita, lo mismo que en el macizo de Betancuria, lo que deducir que sólo quedan en los cuerpos intrusivos existentes, l fisis de un plutón no muy profundo, pudiendo servir de demo la marcada cristalinidad (facies profunda) de las intrusivas.

Se ha de citar aquí, como un hallazgo muy interesante, el de vereto (1927), que encontró en el volcán basáltico reciente de tonio (en la punta sur de la isla), es decir, muy lejos de la cald fragmento de granito. Este trozo hace pensar en una extensió nal —o repetición— de un cuerpo plutónico ácido profundo.

Los primeros investigadores de la Caldera de Taburiente de ron que los tipos de rocas holocristalinas están limitados a las res profundidades de la caldera, lo que coincide con la "facies fundidad" de estos magmas. El autor observó también —si bi tamente no estudió con detalle— tipos de rocas holocristalinas en la estratificación de la "cobertera". Esta observación se re barranco de Yenebuque, a 1.000 metros aproximadamente de es decir, a 600 metros sobre la base de la caldera, situada en queña hacienda de Tenerra.

El perfil de la figura 8, que reproduce también las relacione la formación espilitica del núcleo y la serie discordante de la tera, da una idea de ello.

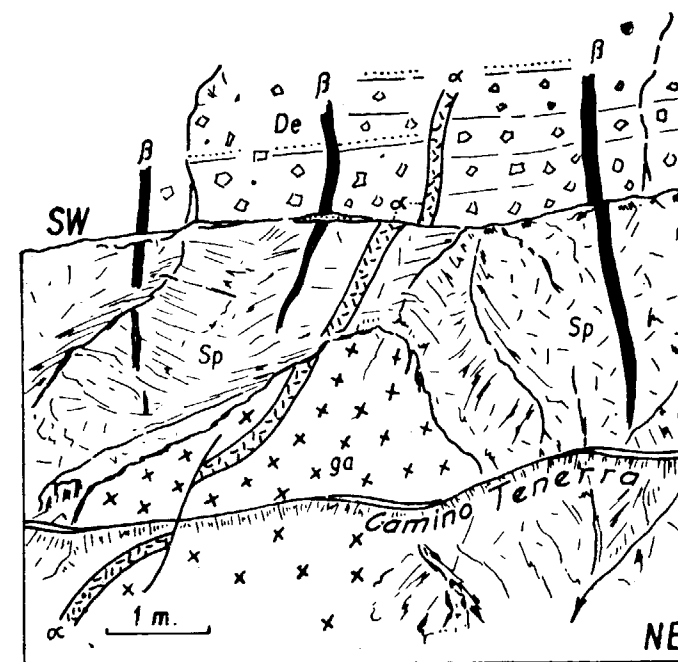


Fig. 8.—Plano esquemático de la ladera en el contacto entre la formación nuclear en Tenerra y la de cobertera (barranco de Yenebuque).

- Sp = Rocas de la formación nuclear (predominantemente espilitas).  
 De. = Pared de la cobertera (aglomerados basálticos).  
 ga. = Intrusión de gabro (véase nota al pie).  
 a. = Dique de andesita (véase nota al pie).  
 β = Diques de basalto.  
 Ye = Bifurcación del barranco de Yenebuque.  
 Descripción petrográfica de rocas de la figura 8 (según Mme. E. Jérémine):

#### Andesita labradórica con anfíbol pardo (a en fig. 8), barranco Yenebuque.

Roca afidica, fluidal, porosa y rica en finos y largos microlitos feldespáticos zonales (70 % An en el centro, 40 % An en el borde) y microlitos de hornblenda parda. Pequeños cristales agujas, cristalitas de augita. Un mineral completamente calcificado que puede ser de olivino. Según Mme. E. Jérémine. Es un tipo de lava que se encuentra frecuentemente en dique.

#### Gabro, camino de Tenerra, Barranco de Tenebuque (ga en fig. 8).

La roca contiene grandes cristales de augita pardo-verdosa, dispuestos en todos sentidos, frecuentemente con estructura en reloj de arena. Cristales de hornblenda pardo-rojizos (syntagmatita) menos frecuentes, que impregnan a veces a la augita, la plagioclasa maclada según albita-Carlsbad con 45 % An. Además clorita y epidota, a veces en grandes cristales. Hermosos cristales de apatito; la clorita está a veces englobada por la plagioclasa. Contiene también minerales metálicos y productos serpentinosos de contornos irregulares que reemplazan probablemente al olivino.

Todos estos minerales presentan reacciones mutuas y corrosiones que indican una movilidad y recristalizaciones después de la formación primaria. Según Mme. E. Jérémine.

Es especialmente interesante también el que las rocas pro (gabro) se presenten excepcionalmente en forma de bloques o en el interior de la formación de espilitas. El autor, en el cam descenso de la hacienda de Tenerra hacia el de Taburiente, en una masa de gabro, redonda, bastante grande, dentro de la fo de espilitas. Según el examen petrográfico hecho (Mme. Jérémí roca contiene augita y biotita, pero sin cuarzo ni feldespatoí no se trata de una forma intrusiva, entonces esto demostrar las "lavas de espilita" más antiguas tuvieron ocasión de elevar b de gabro, pero que no son idénticas en cuanto al tiempo a ta trusiones, que son "postespiliticas".

Tampoco aquí, en La Palma, como en Fuerteventura, el auto observar en la zona de contacto ningún fenómeno claro de conta que probablemente se pueda explicar por la falta de observació insuficiencia de muestras. A lo sumo se puede considerar la muy fresca, en la espilita tan alterada —Mme. Jérémíne—, cl nuestra muestra de contacto como un basalto espilitizado, por de contacto. La citada espilita estaba directamente junto a un fisis de gabro (1) que hay en el barranco Alfonso Verdura, es de la parte más profunda de la caldera; el gabro es totalmente id al que aparece en la región superior. (Fig. 8.)

### 3) Relieve actual y antiguo en el espacio de la formación nuc

La clasificación en dos partes de todo el complejo volcánico h reconocida ya por Lyell y Hartung como base de la formación nica existente. El aspecto morfológico actual de la unidad má funda de la caldera viene determinado por la formación de valle fondos, con una sola salida hacia el SO.: el barranco de las An Las dos vertientes del valle, separadas por esta línea hidrográfica cipal, son tan profundas y escarpadas, que el llegar a las cumb

(1) *Gabro augítico anfibólico. Barranco Alfonso Verdura (fondo de l dera de Taburiente).*—Grandes cristales de augita parda (dos variedades 2v = 70-75° y 2v menor). La horblenda es pardorrojiza y titanífera (sint tita) que impregna la augita o se presenta en cristales aislados. Grande nos de olivino fresco o transformado en pilita; grandes acumulaciones d nerales opacos. Numerosos cristales grandes de apatito (inclusiones pulve tas); la biotita se forma en el borde del mineral. La plagioclasa es zonad malmente o con bandas difusas, centro bytownita (70 % An); manchas d de 50 % An y bordes con 40 % An. Las inclusiones en los cruceros de la gioclasas son probablemente de nefelina.

trabajo de alpinistas. Las corrientes de agua tienen su origen en la base de las paredes circundantes, frecuentemente en forma de muro, cuyo borde inferior es el punto de salida de agua eufemítico, un nivel de fuentes. La formación de las laderas de la sierra, con sus múltiples estratos clásticos intermedios, es bastante más permeable que la del núcleo, pero de una forma absoluta, las relaciones de inclinación en la base no son favorables a la salida del agua hacia el lado de la caldera, ya que en la cobertera predomina, con mucho, la inclinación periclinal hacia afuera. La salida de agua tiene lugar, naturalmente, en la parte más profunda de la línea marginal, y ésta se encuentra donde está hoy el surco actual de erosión, en la base del muro. El que esto sea así le sirve como base a Gagel (1908, pág. 175) para afirmar que los actuales canales de erosión empiezan allí donde antiguamente había ya una línea o un origen del valle, sobre el relieve de la cobertera que sirve hoy como colector del agua. La erosión de la caldera es debida a esto, y a la acción de las aguas pluviales.

El trazado de la línea marginal, en el mapa de la caldera de Gagel, está en relación con esta idea, que tuvo que ser desechada al hacer un mapa más exacto de ella, reproduciendo en el esquema una línea límite ondulada, que salía hacia afuera en los nacimientos de las corrientes de agua, mientras que en las partes intermedias salen hacia dentro los bastiones rocosos, los "bastiones" de Hartung (foto 25). Me parece exagerada, en general, el "curso de las líneas onduladas" de la orilla en el mapa de Gagel—especialmente en el Oeste—y se queda rezagado al representar la zona de la caldera. La causa de la formación de la misma me parece ser la erosión sobre la cobertera, arranque y posterior depósito, lo que produciría el curso sinuoso del contorno de la caldera (1). En su estudio, muy detallado, sobre la caldera, H. Reck (1928, pág. 220) ha sometido el proceso de erosión que llevó a formar los valles circulares de las calderas a un examen crítico, ciertamente sin precisar demasiado. El cree que la desaparición de los bordes de la caldera sólo ha podido ocurrir con ayuda de los fenómenos volcánicos hundimientos de los bordes de las calderas—creándose por este medio la sección pericéntrica superficial. Una vez formada ésta, entra en acción la erosión que ha dado el aspecto actual.

En la actual disposición hidrográfica se destaca en el espacio de la

(1) Durante la última erupción de la isla de La Palma (VI-1949, Nambroque), debieron producirse (según Ortiz, 1951), especialmente cuando los fuertes terremotos (VII-VIII, Sieberg) en los contornos de La Caldera, derrumbamientos. Tales fenómenos se producirían seguramente repetidas veces en el curso de los tiempos para la formación de las paredes de la caldera. (Distancia del Nambroque a La Caldera, 17 Km.)

caldera una ramificación de los canales del valle. Como línea principal (divisoria hidrográfica) hay una alta muralla a todo lo largo barranco de Las Angustias y de su prolongación en el valle poste de la caldera, donde se convierte en el barranco de Taburiente y más al Este de la cota máxima de la pared circundante, es decir, e la culminación del Roque de los Muchachos (2.423 m.) y la Fue Nueva (2.368 m.). Esta divisoria hidrográfica central no divide simétricamente el interior de la caldera; los arroyos formados en las laderas orientales son más largos y más profundos que los de la ladera occidental, que parece más estrecha; una asimetría, que tiene su origen ciertamente en la inclinación al oeste de los estratos en la formación del núcleo que, pese a su irregularidad, predomina.

Como consecuencia de esta disposición, el curso de la línea de separación entre la formación del zócalo y la de la cobertera es alto en la zona oriental. Mientras que la citada línea de separación está en el lado oriental de la traza elíptica, a una altura de 1.450-1.500 metros, al pie de la pared, va, por el contrario, a 1.200-1.000 m. La línea profunda central (barranco de Taburiente) desciende desde el pie de la pared hasta la salida de la caldera, desde 1.300 m. hasta 400 m., a intervalos. Las relaciones citadas indican la existencia de una tendencia general hacia el Oeste, que—con una limitación que aún hemos de estudiar—existió en el zócalo, y tampoco existe una disposición pericéntrica de las capas alrededor de un hipotético centro—no existente aquí erupción.

Como es sabido, el techo del zócalo es una superficie de discordancia que corresponde a un intervalo de tiempo muy marcado (foto). Aquí podría esperarse una acumulación de sedimentos volcánicos secundarios —que debería contener material de espilitas— pero no le da importancia. Es cierto que en algunas partes hay un sedimento jizo (terraza rossa), análogo al que aparece en Gomera o en los estratos más recientes en la península de Anaga o en Madeira. En parte es posible que falte sólo aparentemente (defectuosa investigación), parte puede faltar por haber sido arrastrado, pero también hay que tener en cuenta la precipitación de materiales detríticos de la línea de separación. Las dos figuras intercaladas aquí (fig. 8 y 9), que reproducen los perfiles parciales en este contacto, contienen el “caso negro” donde las dos unidades se pueden separar claramente, no existiendo sedimentos residuales —a lo que no se añade el estado inicial cíclico de la cobertera—. La soldadura de las dos unidades por medio del reciente sistema de diques es muy marcada (por ejemplo, los diques de andesita en la figura 8 y el de basalto en la figura 9).

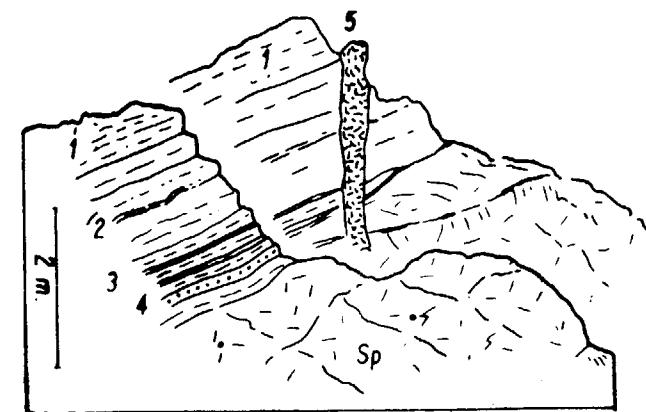


Fig. 9.—Esquema del contacto de la formación de espilitas y la cobertera entre la Hacienda del Cura y Tenerra (a 1.050 m. aprox.).

- 1, 2 y 3. Capas de basalto (descripción petrográfica al pie).  
 5. Dique de basalto.  
 4. Capa de alteración arcillosa, rojoamarilla, de erosión de 25 cm. aproximadamente, defectuosa.  
 Sp = Formación de espilitas, generalmente muy epidotizada.  
 De = Cobertera.  
 Descripción petrográfica de las rocas de la figura 9 (según Mme. E. Jérémine):

#### 1. Basalto negro poroso.

Roca casi afídica con pocos y pequeños cristales de augita automorfos; estructura en reloj de arena.

Pasta: Numerosos microlitos finos, en parte disimulados por el vidrio pardo de la pasta; hermosos microlitos de olivino típico en “Fourches” alargados. El vidrio está impregnado de polvo y de pequeños cristales de magnetita ilmenita. La roca es considerada como un basanitaide.

#### 2. Basalto ankaramita.

Roca muy compacta, afídica y poco cristalina. Todos los minerales se presentan en cristalitos, más bien que en microlitos; la augita es violácea; magnetita e ilmenita. La calcificación alcanza a la augita, resultando probablemente anderosa (tinte pardo). La plagioclasa no pasa de la andesina de 30 % An.

#### 3. Basalto en pequeños bancos.

La roca es afídica, densa y fluidal. El fondo está compuesto de un fieltro de finos microlitos y contiene augita y olivino armando en el vidrio y completamente calcificados.

Algunos fragmentos, sin formas propias, de un anfíbol pardo-claro, son probablemente extraños a la roca.

Existen largos microlitos de plagioclasa alrededor de 40-45 % An. Granos y polvo muy abundante de magnetita-ilmenita. La calcita rellena también espacios informes.

#### 4. Dique de basalto.

Roca microlítica, sin fenocristales, plagioclasa de 60 % An; sus cristales están rodeados de una pasta rica en microlitos de augita violácea y de magnetita. Sin olivino fresco, pero los grupos de contornos automorfos de calcita pueden ser reemplazamientos del olivino; además, los intersticios vitreos con cristalitos.

Si para el relieve actual dentro de la formación del núcleo, la tensa formación de valles es una característica esencial, por el contrario el tipo de la línea marginal débilmente ondulada, entre el techo y el lecho de la sierra, demuestra que el antiguo techo de la formación del núcleo ha debido tener formas suaves. De la presencia de una serie de pequeños cerros rocosos (klippen) que aparecen esparcidos en rocas peladas por encima de la cumbre entre el barranco de Taburte y el de Almendro Amargo, se deduce que no ha podido tratarse solamente de un domo muy plano y regular o de una superficie inalterada hacia el Oeste. Ya eran conocidos por Liell y Hartung, y G. G. dedicó especial atención al estudio de estas "Vorposten", puestos avanzados, como él los llamó (1908, pág. 177). Este cordón estrecho de fiambros —llamados Capaderes I-IV, Hordada, Roque de Higueira Revilta— es considerado por los investigadores de la caldera como parte recientemente formada de la cobertera. Tienen en todo caso especial importancia para el relieve anterior a la cobertera, premonstruoso de la caldera. La superficie sobre la que se han sobrepuesto los cerros "klippen" (foto 26) al zócalo asciende sensiblemente desde el SO. hacia el NE. y al N.; según Gagel, en el punto más bajo está a 615 metros, y en el punto más alto (Higueira), a 915 metros, queda sólo 350 metros debajo de la línea del borde de la caldera. Puesto que el plano de separación y la base de los "Vorposten", puestos avanzados, corresponden al antiguo techo del zócalo, existió en la dirección de la línea longitudinal citada, entre la parte superior del techo, entre el Este y el Oeste, una depresión notable. Es digno de considerarse que ésta está aproximadamente en la misma zona longitudinal que el curso de aguas principal, que hoy desciende hacia el SO., que en el mismo sector del valle se encuentra hoy aproximadamente a 200 metros de profundidad. La superficie del zócalo de la cobertera actual premonstruosa no tenía, pues, forma puramente abovedada, ni inclinada continuamente hacia el Oeste, sino que poseía en esta posición central un surco bastante profundo del cual no se puede decir si es consecuencia de procesos vulcánicos (hundimiento en el actual espacio de la caldera) o son puramente erosivos. En todo caso se nota que ya al principio actuó la erosión en dirección NE.-SO.

De estos surcos se deduce, que en el E. y O. sobresalió en el relieve el zócalo. Posiblemente coincide la cota más alta de este antiguo relieve con el margen oriental de la caldera, pues si hubiera existido hacia el E. un saliente oculto, entonces no disminuiría en forma tan regular, hacia el E., la falda de la montaña. Para esta zona de altura en el borde oriental de la caldera se ha de hacer valer que coincide

aproximadamente con la dirección marcada por la columna dorsal volcánica subreciente de la isla La Palma, pues en esta prolongación hacia el S. está oculto por erupciones recientes y acompañado de líneas de dislocación, el antiguo vértice de la isla. Referido a esta zona del vértice, aparece en la caldera, como un valle de caldera hundido, en las proximidades del vértice —es decir, no directamente junto a él— del que permaneció apartada la actividad.

A este estudio de la configuración del relieve en el antiguo cuerpo de la caldera conviene añadir una breve cita al relieve actual, sobre los puntos no tratados aún; se considera la presencia de antiguos estratos en forma de terraza, a los que no correspondió ningún estudio sistemático. La investigación antigua ha tocado siempre el tema de una forma somera, pero necesitaba mapas más exactos para hacer un estudio más científico.

Los antiguos y, por lo tanto, más altos sistemas de estratos no se han podido conservar bien en un espacio tan afectado por la erosión. La sección de un picacho situado en la altura poco inclinada, destaca en el lado occidental de la caldera por el escalón de Tenerra. El borde inferior de la misma está a 1.100 metros aproximadamente; el borde superior, a más de 1.200 metros y está en las proximidades de la zona de la orilla que separa las dos unidades volcánicas. Esta parte aplanada del picacho, visible desde lejos, debió pertenecer a la "superficie más antigua" dentro de la caldera; no tiene ni bloques ni estratos recientes. No me son conocidas las cotas correspondientes; probablemente la cima del cerro, que Gagel llamó el de la Hacienda del Cura, esté en relación con Tenerra.

Para poder citar estratos más profundos, bien distinguidos, es preciso volverse al valle de salida de la caldera. Ya los investigadores más antiguos (Hartung y Fritsch) sabían que en el valle de Las Angustias, al hundirse la isla, se había depositado bajo el mar una potente formación de conglomerados. En parte esta formación fue arrastrada al volver a subir la isla y se formaron así terrazas. Este conglomerado de Las Angustias llega por lo alto del barranco hasta la salida de la caldera y algunos "conglomerados aislados" de las cumbres pueden relacionarse con éste. Las capas de conglomerados de la base de los "Klippen" antes citados, pueden ser referidos a formaciones de igual antigüedad, lo que indica que los sedimentos clásticos fueron depositados en la caldera, en la parte más posterior. Volveremos a hablar de la cuestión de la antigüedad del conglomerado de Las Angustias.

Volvámonos ahora a los depósitos en forma de terraza. En un perfil transversal por el conglomerado de Las Angustias, a la altura de Los



Llanos —pueblo grande, al este del valle—, el relleno clástico del barranco tiene aproximadamente una potencia de 360 metros y sus cerros gruesos caen hacia la costa con una inclinación de 4 a 6°. A la derecha, la capa superior corresponde al borde superior de los clásticos y forma un estrato a modo de mesa, con el pueblo de Amagarrilla (aproximadamente 490 m.). Esta superficie en la zona izquierda del valle debe coincidir con la superficie algo ondulada de Los Llanos. Un nivel próximo más profundo está a 50 metros (granja Hedici). La continuación aparece la fractura hasta la profundidad del estrecho cañón.

Todavía hay más depósitos en forma de terraza cerca de la costa. Es decir, fuera del perfil elegido; el notable pueblo de Tazacorte (cerro de plátanos en las terrazas) corresponde a un tercer nivel que todavía, más cerca del mar, es seguido por terrazas pequeñas hacia mayor profundidad. No me atrevo a afirmar que el nivel más alto tenga alguna relación con la base de los pequeños cerros rocosos antes cita-

#### 4) Líneas estructurales en el zócalo

No se puede afirmar que la zona de la caldera no presente dificultades para poder reconocer con alguna exactitud el tipo de formación dentro de los distintos tipos de calderas. El hecho de que a pesar de no se tenga una idea exacta y detallada se debe a las fuertes roturas y desgarros del conjunto, contribuyendo a ello también el gran número de diques que crea gran confusión, por las fragmentaciones causadas por ellos — como en su tiempo se expresaba Von Buch—, ya que a veces, debido a la semejanza y a la transformación de las rocas, no es fácil distinguir un dique de una capa de lava. La extensión del terreno, las zonas de desprendimientos y las fracturas, y también la falta de un buen mapa, son las causas de que todavía no se tenga una idea clara.

Hartung, Lyell y especialmente Gagel hablaron de la "estratificación dislocada", que no es compatible con una estratificación primitiva volcánica. Así afirma Gagel (1908, pág. 249): "El zócalo de La Palma ha experimentado movimientos tectónicos muy intensos, que han cambiado la disposición sinclinal aguda de los bancos, el hundimiento transversal de las capas e interiormente una fuerte trituración". Si bien Gagel se atrevió a dar una sinopsis del perfil de la formación y ésta resulta demasiado esquemática e hipotética; pero la breve

cita del autor no es suficiente para poder hacer otra mejor. Siempre se puede decir que hay amplias secciones donde la estratificación en sí es uniforme, así el buzamiento al oeste, en la parte occidental, que continúa también sobre la mitad oriental.

En el barranco del valle de Las Angustias (a la izquierda) se reconoce una estratificación de las capas, de tal forma que se puede llegar a la conclusión de que forman gran sinclinal agudo, que termina en punta hacia abajo, en el que éstos buzan en un cambio subordinado, generalmente de 20-45°, hacia ESE., para después, al llegar a la primera bifurcación del valle (Dos Aguas), alcanzar una inclinación de 30-50° hacia OSO. o hacia SO. El eje debe estar entre los dos grupos de estratos. Como la formación de espilita, análoga en Fuerteventura, presenta un ángulo de buzamiento cuya fuerte inclinación de los estratos no puede corresponder a la primitiva inclinación de las capas volcánicas, lo mismo ocurre en La Palma. Por ejemplo, en el lado occidental del valle de Las Angustias, sobre una disposición semejante de las lavas y aglomerados de la cobertera, destaca con toda nitidez una orientación general de dirección 110-120° y 15-20° de buzamiento SSO., la estratificación discordante de las formaciones volcánicas superiores. Puede servir de orientación de promedio en la mitad *oriental de la caldera* la que oscila entre los 20-40° de inclinación a ambos lados del meridiano, si bien se presentan numerosas variaciones. Considerando de una forma general, estamos ante el hecho de que un gran paquete de capas de lava, bien sea por plegamiento regular, bien sea por fuerzas compresivas, fue sacada de su posición primitiva original, para la formación de un "horst". Naturalmente, además del plegamiento hay numerosos cambios de posición, grandes y pequeños, por roturas (fallas), cuya posición dentro del cuadro general de dislocaciones aún debe establecerse. No pudieron encontrarse fallas marginales concéntricas, por ejemplo, un escalonamiento o gradería, como sería de esperar si nos decidiéramos a atribuir la génesis de la caldera sólo a hundimientos.

#### 5) La pared circundante y la cobertera

El fenómeno que más salta a la vista en la morfología de La Palma es la imponente muralla de cerros que rodea la caldera elíptica hacia el valle de Las Angustias, y que llega a ella con escarpes casi verticales. Ya se ha hablado de los macizos generales (capítulo 1). Excepto

la profunda apertura del valle de Las Angustias, en cuya forma han podido intervenir procesos tectónicos (fosas volcánicas), solo una mella profunda erosiva, el Paso de la Cumbrecita, la cual re el muro en el SE. hasta 1.335 metros. La cobertera parece estar un poco interrumpida, separándose mucho en el barranco de Las gustias y volviéndose a unir en las paredes de la base, a cinco metros de distancia aproximadamente —contados desde la pri bifurcación (Dos Aguas)— en la profundidad del valle de Este el Oeste.

En el muro circundante ocupa una posición especial, el sector s do entre La Cumbrecita y la profunda cortadura de Las Angustias, han hecho notar todos los observadores. Aquí está en dirección Pico Bejonado (1.833 m.; foto 27). Porque su orientación forma ángulo recto con las capas que con buzamiento al Este, sin disloca aparente en la zona del muro del Pico El Corralejo, muchos autor han fijado por el desplazamiento en forma de falla entre El Bejo y el muro que se dirige hacia el Sur (Sapper, 1906), y presenta sector de Bejonado como algo extraño al resto del muro. Pero p samente la citada relación en la profundidad de Las Angustias co zona occidental del muro, así como las relaciones iguales con la mación del núcleo, dan a este sector el carácter de un trozo de de una caldera y hacen aparecer al sector sur como un elemento bido a la intersección y a la forma de sus substratos.

Como que en la base sur de Bejonado se abre una ancha cu que recibe el nombre de La Lavanda, y en la que está el puebl Los Llanos, Sapper dedujo (1906) que antes hubo una antigua cal destruida, sobre la que se apoya la cobertera a la que llamó la “c ra primitiva”. Los fundamentos de su existencia son vagos y sin cesidad de su existencia se pueden explicar las formas del terreno. la misma hay distintos conos parasitarios recientes.

Rothpletz da otra explicación, no muy acertada (1890), de la si ción algo aislada del Pico Bejonado. Este cerro debió ser la parte de un gran volcán que había en la caldera, cuya zona norte debió e dentro de la Caldera de Taburiente, considerada en los pequeños rros (“Klippen”) del grupo de Capaderos, de que ya hemos hablad

El material de la cobertera, desde el punto de vista petroló magmático, es diferente al de las rocas basálticas, muy alteradas la formación del zócalo; según Gagel aparecen las mismas porfir essexíticas, pero la roca efusiva principal es la traquidolerita, que minuye hacia arriba, donde predominan los mantos de lava basál y sus productos sueltos y escoriáceos, y después vuelven a domi

Lycell hace una valoración, según la cual, en la cobertera las capas de lava sólo llegan a una décima parte de las tobas, cenizas y aglomerados.

## 6) ¿Existe un aparato volcánico central?

Hasta ahora ningún observador ha hablado de la existencia de una chimenea central para la gran caldera o de un foco de erupción central para la cobertera pericéntrica, con convicción. Y, sin embargo, podría decirse que teóricamente esta idea parece más acertada para las capas periclinales de la cobertera que para la serie basáltica. Geométricamente parece acertado buscarle el foco volcánico aproximadamente en el centro de la gran caldera-valle —también sería posible, naturalmente, en un punto excéntrico—. A esta zona corresponde aproximadamente la zona comprendida entre el barranco de Taburiente y el barranco Almendro Amargo, donde se encuentran los cerros (“Klippen”) en forma de peñascones de Capaderos. Gagel, que a juzgar por su mapa ha recorrido todos los barrancos del valle, no pudo encontrar en parte alguna una combinación de materiales y estructuras volcánicas (brechas, chimeneas, bordes escarpados de limitación de cráter, etc.) que se pudieran considerar como un aparato volcánico central. Sin embargo, el citado investigador indica dos puntos, a la derecha del barranco superior de Taburiente, que considera como posibles testigos (Stide) de esas erupciones recientes; su descubridor no parece muy preocupado por su tamaño, cuando dice: “algo... que debe ser considerado como chimenea de erupción de pequeño diámetro”. Se trata de tobas, brechas y masas de cenizas amarillas, que están limitadas por capas casi verticales. Apenas puede considerarse estas pequeñas formas como canal central de emisión para la formación de la amplia bóveda de la cobertera. Puesto que no se ha logrado encontrar otro punto central, Gagel cree más bien que el gigantesco volumen del volcán de la sierra se ha formado por una serie de pequeñas chimenas. Se cita como uno de los puntos que hacen al caso, a causa de su estratificación en zig-zag, la región del Roque de los Muchachos. Se citan enclaves de rocas holocristalinas en esta región, lo que vendría a apoyar la teoría de Gagel.

Por lo que se refiere a la cobertera, es preciso reconocer que todo recuerda la existencia de un gran volcán monógeno con chimenea central. Y para la formación del núcleo, el basamento o zócalo no es necesaria la existencia de una chimenea central, ya que sus lavas han

podido salir por hendiduras y erupciones pequeñas, posiblemente origen submarino.

Así pues, si se comprueba la ausencia de una chimenea que surge la pregunta del significado de las rocas holocristalinas que recen en la formación del núcleo (sienita, gabro...). ¿Están relacionadas con un centro volcánico o intrusivo? Si existe un centro volcánico éste debe ser de dimensiones regionales, pues las rocas citadas se atribuyen sobre toda la superficie de la formación del núcleo, si según ha comprobado Gagel, hay una acumulación de ellas en el centro o algo al este del mismo. Según su distribución y su carácter trográfico (facies profunda), estas rocas pueden considerarse apófisis (diques, pequeños pitones o masas) de un macizo intrusivo grande y con productos de diferenciación, producidos a su tiempo.

El macizo de sienita y de gabro de Betancuria, en Fuerteventura ha dado la clave de este fenómeno. Allí hemos comparado las rocas ácidas con una plutonita, que ha penetrado en una formación de las Añetas; habría un caso análogo en La Palma, sólo que aquí ha penetrado en la actualmente descubierta zona profunda sólo por grietas y apófisis. Esta fase profunda está muy separada en el tiempo de la que penetró en forma de diques de la más diversa composición dentro de la cobertera, pues es mucho más antigua, pero no es posible la determinación de su edad, ya que no se sabe de qué época es la formación de espilitas, que fue atravesada, pero según el concepto de autor, a lo sumo puede ser mesozoica y no paleozoica.

Al buscar en el centro de la caldera una chimenea central, la se fija en los característicos cerros, en forma de muro, de los cerros. Pero éstos no tienen conceptualmente nada que ver con la formación de la chimenea central, excepto que están allí donde se puede encontrar alguna chimenea. Según el estudio detallado de Gagel, estos restos que hay en la superficie de la caldera son restos de erosión accidentales de un conjunto mayor. Algunos de ellos presentan en su base un conglomerado de componentes volcánicos recientes y llevan encima una capa de guijos. Gagel cree poder separar la parte puramente volcánica (tobas, brechas y cenizas) de los puntos de diferenciación por él encontrados. Considerando los conglomerados de su tipo y la inclinación hacia afuera, se podría pensar en todo caso que se trata de restos muy internos de los conglomerados de Las Añetas. Igual que estos sedimentos clásticos, que hay a lo largo del borde hacia afuera, tienen los de Capaderos capas recientes de lava y (según Gagel, camptonita). Me parece, en cuanto a estas erupciones, que en los Klippen se detienen ante las capas superpuestas

## 7). Ensayo de síntesis vulcanogenética en el espacio de una caldera

Los resultados y las relaciones, antes citados, de los detalles del recinto del complejo volcánico del norte de La Palma, en cuyo centro aproximadamente aparece la caldera de Taburiente, debían ser suficientes para poder hacernos una idea de la génesis de este complejo aparato volcánico. Si no ocurre así, esto se debe a la insuficiencia de observaciones y a una serie de consideraciones teóricas. Varios investigadores han tratado de reunir las observaciones, más o menos dignas de confianza; los hechos y las deducciones en una génesis tectónica-cinemática, como Gagel, Von Wolff y Reck. Es notable el modo de presentar la cuestión de H. Reck (1927), que en parte se apoyó en las observaciones de Gagel, que las estudió desde un punto de vista crítico, y que logró una de las exposiciones más claras y de mayores probabilidades de la sucesión de los acontecimientos. Con pequeños matices, la seguimos. Si se ordenan las distintas fases en una serie numérica, ésta no representará, naturalmente, un momento temporal relativo. Esta serie ha de comenzar por la formación más antigua, y de la siguiente forma:

I. *Extensión regional de una capa diabásica basáltica sobre el borde continental africano primario que se extiende hacia el Oeste.* Estas vulcanitas que salen de un sistema de fracturas y que se extienden sobre amplias superficies, que adquieren un gran espesor, son probablemente de origen submarino y sufren una pronta alteración, y se forma durante un largo periodo la que llamamos formación de espilitas.

II. *Una fragmentación por fracturas en depresiones y horts que se inicia en la fase efusiva anteriormente citada, lleva a la primitiva formación de la armadura de basamento de las Canarias, de la que en parte depende el tipo de distribución y extensión de las rocas efusivas basáltico-diabásicas.*

III. *Un componente de movimiento tangencial produce desplazamientos y plegamientos; de la estratificación volcánica se forma un terreno ondulado o hasta plegado, cuyas líneas directrices tectónicas siguen más o menos la dirección del meridiano, como en La Palma y Fuerteventura.*

IV. *En una fase de diferenciación-magmática ascienden las maficas básicas y después las ácidas y forman plutones (Fuerteventura) o*

alcanzan la capa de espilita como núcleos essexítico-gabroides y fisis. Posiblemente vaya acompañado todo esto del movimiento a dente de los núcleos.

V. Un largo período de descanso, somete el "eje de La Palma" desgaste intenso; surge la planicie de arrasamiento que limita arriba la formación de espilitas (núcleo).

VI. Nuevo resurgimiento del foco magmático profundo —a bamiento— en forma de escudo —intrusión de plutones, según R continúa el apilamiento, probablemente sobre chimeneas aisladas un volcán estratificado, que origina la formación de la cobertera sáltica.

VII. Continúa la formación de diques, gana en intensidad y duce un cierto desorden de toda la montaña.

VIII. A esta extensión extrusiva sigue un periodo de distenso el descenso magmático, que alcanza a la superficie. Se forma punto más alto, en los lugares adecuados, del foco magmático, con algunas irradiaciones radiales (valle de Las Angustias) una forma superficial negativa.

IX. Se inicia el vaciado erosivo de estas partes, es decir, la formación de la caldera. La erosión, dirigida hacia el SO., penetra en la formación del núcleo, fácil a su acción, rápidamente, y adquiere forma de caldera-valle.

X. Movimientos negativos de todo el país llevan al mismo nivel del mar, los lugares profundos, pero que sin embargo llegan a gran altura, son cubiertos de materiales detriticos (formación de glomerado de Las Angustias); posiblemente Mioceno superior.

XI. Elevación creciente con vulcanismo débil; continuación de la formación de terracedos que produce la formación de terracedos.

XII. Fragmentación del terreno por fracturas y aparición de vulcanismo periférico con salida de basaltos desde los cráteres atóxicos y rotura por grietas de la superficie; un proceso que todavía continúa.

XIII. Ya en el curso de XI se ha formado una morfología que responde a la actual configuración de la isla y a la actual superficie un relieve actual, por lo que las recientes corrientes de lava se produjeron en el actual relieve. Pero faltan en la caldera propia dicha; allí está todo en reposo.

Con esto termina el proceso de desarrollo. La evolución aquí esquematizada, se asemeja, en líneas generales, a la génesis establecida en forma sinóptica por H. Reck. Fundamentalmente destaca la

erosiva en el modelado de la caldera, de tal forma, que la actual Caldera de Taburiente, como dice Gagel, no puede ser considerada como una caldera genuinamente volcánica, por lo que era tenida frecuentemente. Por eso nosotros, pese a la acción de los procesos magmáticos, la depresión la denominamos caldera de erosión, término, que Gagel veía mal.

Nosotros establecemos alguna diferencia frente a la idea de Reck, sobre la edad relativa de la plutonita visible sólo en las apófisis. El citado investigador fija para la penetración del magma de roca profunda un tiempo posterior. Se puede uno imaginar —con Reck— que a la fase intrusiva plutónica siguió un defecto de masa que produjo el lento hundimiento. Un proceso de diferenciación que se prolonga a lo largo de mucho tiempo, y recientes aumentos de presión, llevaron a la fase efusiva en la que —en un tiempo posterior— se produjo la formación de chimeneas y se acumuló el potente volumen de estratos de la cobertera. La unión de facies profundas de las rocas intrusivas y del magmatismo de la cobertera no se puede defender, incluso acentuando la situación profunda relativa, pues los productos de ambas están muy cerca (ejemplo, barranco Yenebuque).

En el curso de la descripción de los distintos objetos, y también en la presente sinopsis genética, hemos de reconocer que en la geología de la caldera falta mucho para decir la última palabra. Otros estudios aclararán más este punto.

## F. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE GOMERA

Aunque ya hemos hablado anteriormente de la isla de Gomera, situada a 50 kilómetros del vértice sur de La Palma, el conocimiento del macizo más profundo de esta isla exige estudiar estos materiales profundos en la de Gomera para destacar así su igualdad. En esta isla se pueden distinguir esencialmente dos unidades, como se expresa en los trabajos de Gagel (1925) y Navarro (1918). La unidad más alta y que ocupa con mucho la parte principal de la isla, representa un techo plano de composición basáltico-traquidolerítica, apareciendo sólo el basalto en un pequeño tanto por ciento en la base. La unidad más profunda está situada en los profundos valles de Vallehermoso y del barranco de Tagora, cerca de Angulo, en la costa NO. (fig. 10); además la erosión ha alcanzado el fondo del valle mayor de la isla (barranco de la Villa), que desemboca en la costa oriental, cerca de la capital. C. Gagel ha sido el primero en reconocer este hecho y en exponerlo (1925), y llama a la serie inferior "el substrato" (Grundsdirage), comparándola con la formación del zócalo de la Caldera de Taburiente y considerándola en cuanto a su contenido y a la edad. Cita como roca principal la roca básica diabásica volcánica, que habitualmente compara con las rocas diabásicas devónicas de Hessen, y también estratigráficamente habla de una edad paleozoica del substrato o basamento de Gomera.

De esta forma, Gagel concede al intervalo que hay entre el substrato —nuestra formación de espilitas— y el sistema de lavas que la cubre, un periodo probablemente demasiado grande; él mismo habla de "un intervalo gigantesco".

En esta superficie, de discordancia muy accidentada, hay un material de alteración rojo, a veces marrón rojizo, probablemente también tobáceo, que hacia arriba se convierte en material brechoide sobre el que descansa la base de la capa de lava más profunda (túnel en la carretera, al oeste de Angulo).

La formación de espilitas, como en las dos otras islas donde a rece, no tiene unidad en cuanto a la composición de la roca; el tipo espilitas, azul-oscuro a verde-gris, no es reconocible (1) y (2); se serva éste en un perfil destacado entre el pueblo de Vallehermoso y pequeño puerto, situado a tres kilómetros, donde está inclinado c

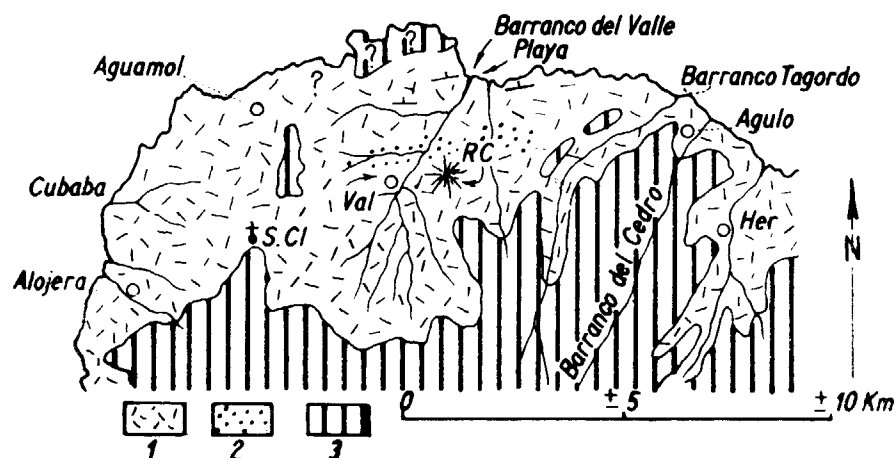


Fig. 10.—Mapa geológico de la parte Noroeste de la isla de Gomera.

1. Zócalo (formación de espilitas).
2. Zona gabro intrusiva (facies profunda): gabro, peridotita, monzonita...
3. Cobertera (capas de lavas traquítico-fonolíticas). (Utilizando el mapa geológico de C. Gagel, 1925.)

Abreviaturas:

R. C. = Roque del Cana (chimenea fonolítica).

Bco. = Barranco.

Her. = Hermigua.

Val. = Vallehermoso.

Clasificación petrográfica en el texto.

un ángulo variable (desde 45° hasta 90°) hacia el NE. hasta el Nor. La formación, como en otros lugares, presenta una rica serie de diques que ya fueron estudiados por Gagel encontrando que contienen rocas eruptivas, monchiquitas, traquitas, fonolitas, porfiritas, essexíticas, bostonitas, las cuales sobresalen en forma de muros o peñascos sobre el substrato, que ha dejado al descubierto la erosión y forma las que

(1) *Espilita con aspecto de una microdiorita. Playa de Vallehermoso (Gomera).* Descripción petrográfica de Mme. E. Jérémine.—Se compone de plagioclasas muy alteradas; solamente la augita es fresca; sericita, clorita, calcita y zoisita reemplazan a los feldespatos; fibras de anfíbol verde o en granos y minas de biotita, además de los minerales ordinariamente acompañantes. Estructura microgranada con tendencia a la microlítica, porfídica.

(2) *Espilita, próxima de una andesita antigua. Carretera debajo de Vallehermoso.*—Feldespatos indeterminables se agrupan en abanico y están rellenos de minerales, anfíboles, calcita, esfena, clorita, etc.

nativos conocen con el nombre de "taparuches". Más adelante nos referiremos a los murallones rocosos llamados "roques".

La penetración más interesante en la formación de espilitas, corresponde a las rocas de las facies profundas en forma de diques y también en forma de masas de pequeño tamaño que presentan gran semejanza con las de la Caldera de Taburiente. Por encima del valle de Vallehermoso, y flanqueando la carretera hacia su playa (42-43 Km.), aparece, en una anchura de unos cientos de metros, una zona de estas rocas profundas en forma de diques verticales o también en forma de pequeños pitones (1). Las rocas peridotíticas (2) son tan abundantes que parece como si se tratara de una estratificación alternante con los bancos basálticos de la formación de espilitas. Las rocas holocristalinas de Gomera fueron estudiadas ya hace casi cien años por K. von Fritsch, quien las clasificó como hiperstenitas; Gagel las llama essexitas, y Navarro, quien probablemente sólo encontró esta roca en cantos sueltos, la denomina sanidita y andesita. Distinto de La Palma es el perfil del valle de Vallehermoso, pues aparece en la parte profunda de la formación de espilitas una serie blanca de rocas traquíticas (3). Frente a esta posición, Navarro (1928) ha distinguido inmediatamente sobre la formación basal una capa traquítica, seguida de una traquifonolítica, que nosotros no hemos encontrado en el valle de Vallehermoso.

Las líneas estructurales en la serie basal (zócalo o basamento), a quienes nosotros hemos dado en Fuerteventura y en La Palma el nombre de formación de espilitas, son muy análogas a la de las islas citadas. Los bancos están levantados hasta una posición totalmente vertical, pero no muestran una alineación general hacia el meridiano, sino que están orientados hacia el O. y hacia el NO. En el valle de Vallehermoso se presentan con buzamiento al N. hasta la costa, que termina en el valle de Tagoro, en Agulo, pero que después, en la costa misma,

(1) *Monzonita biotítica alterada. Carretera que conduce a la playa de Vallehermoso.*—Grandes cristales de plagioclasa sericitizada y calcificada, rodeada de ortosa, casi siempre sustituida por albita de 5 % An, excepto algunos restos de ortosa. Biotita pardorrojiza titanífera, cuyas láminas rodean frecuentemente a un mineral cloritizado, un antiguo anfíbol pardo. Grandes cristales de magnetita y otros minerales adjuntos y secundarios.

(2) *Peridotita plagioclásica piroxénica. Cuesta encima de la carretera a la playa de Vallehermoso (Km. 42).*—Olivino fresco predominante, en grandes y pequeños cristales y granos, acompañado de una augita pardusca, a menudo rodeada de biotita o de horblenda parda. Cristales de plagioclasa de variable tamaño de 80 % An; en los intersticios, mineral opaco raro (paso a esfena).

(3) *Traquita leucocrata. Camino de Vallehermoso a Alojera.*—La roca se compone de microlitos feldespáticos (albita y oligoclasa alteradas) reunidos estrechamente en estructura fluidal. Sin minerales coloreados.

experimenta un cambio de buzamiento en dirección contraria, por que puede suponerse la presencia de un dique. De la igualdad del se tido de la inclinación resulta una potencia de 1.000-2.000 metros. P semos ahora del basamento a la cobertera. La parte principal de isla corresponde a la cobertera, que se sobrepone a la formación espilitas de zócalo, constituida por capas superpuestas que forman muchos cientos de metros de espesor, de una serie de rocas basálticas traquíticas (principalmente). Una andesita labradórica (1) ciñe el fondo de las bifurcaciones de Vallehermoso. La serie basáltico-traquítica forma un domo que culmina en el Alto de Garajonay (1.384 m.) y que generalmente forma con estos acantilados la costa. En el contorno NO. de la isla, que solamente, como demuestran los párrafos anteriores, es el campo de nuestras observaciones, mira hacia la costa (foto 2 y rodea, por ejemplo, en un circo rocoso adventicio, el pueblo de Agu Su base es un horizonte hidrográfico y presenta formas anómalas, que empiezan en la base (fuente del Pinar, en el camino de Vallehermoso a Alojera) con rocas andesíticas.

Además de estos mantos de rocas efusivas, la isla de Gomera contiene en distintos lugares las chimeneas o pitones corrientemente volcánicas. Navarro ha estudiado éstas, que son llamadas en el país "roques"; su número, distribución y composición petrográfica (19 1926). Comoquiera que sobresalen en un terreno fácil a la erosión, quieren el aspecto de torreones o peñascos, como las que tanto abundan en Gran Canaria, y de igual génesis. El más prominente de ellos, el roque del Cano, en Vallehermoso (foto 29), es una fonolita. No cabe apenas duda el ver en estos "roques" los tapones de chimeneas volcánicas erosionadas, en las capas de lavas superpuestas de la cobertera.

(1) *Andesita labradórica. Capilla de Santa Clara, cerca de Alojera.*—R casi afídica; raros fenocristales feldespáticos de 60 % An. Pasta feldespática con augita, olivino, magnetita, ilmenita en cristallitos y microlitos.

(2) *Fonolita del Roque del Cano.*—Grandes cristales de anortosa con enrejado; un mineral isótropo (analcima o sodalita) aparece rodeado de aureola de anfíbol sódico (verde y pardo); acompañan a estos minerales cristales de egiirina. La pasta se compone de anortosa y albita.

## G. OBSERVACIONES AL TEMA DE LAS CALDERAS EN MADEIRA

También en la isla de Madeira, que en muchos aspectos es muy similar a la península de Anaga, es muy dudoso el considerar el tipo de caldera como una forma puramente de origen volcánico para algunas cavidades de su superficie. Aunque el autor no se puede apoyar en un estudio más profundo, al recorrer algunas zonas de la isla llegó a esta idea, que en cierto modo se opone a otras opiniones.

Como en Anaga, llama también la atención en Madeira la serie muy potente y regular de lavas alcalinas, basálticas y traquidoleríticas (según Gagel también essexítico-melafídicas). En ambas islas o zonas insulares existe una disposición o tendencia hacia una amplia bóveda aplanada, un escudo que se extiende de costa a costa. En ambos sitios la erosión ha avanzado mucho, y en la parte norte y sur creó el profundo lecho del río en forma de barranco; en algunos casos, estos cauces de erosión se extienden hacia atrás y hacia arriba, formando un amplio circo y desembocan con un marcado estrechamiento hacia la costa. Esto, frecuentemente, ha hecho considerar esta forma de circo como una caldera eruptiva.

Tanto en Anaga como en Madeira, los productos de la erupción, como la formación de lapillis o el "conglomerado vinoso" o la tosca en Tenerife, forman una parte esencial en la serie total de los productos volcánicos. Predominan en el perfil transversal de Madeira, principalmente en la parte del vértice de la amplia bóveda insular, mientras que las capas de lava abundan en los flancos, donde adquieren gran potencia, presentando en su base, de nuevo, predominio los materiales sueltos y escoriáceos. Lo mismo que en Anaga, disminuyen mucho en la superficie de los montes de Madeira los recientes y pequeños aparatos volcánicos (conos de lapilli, cenizas, etc.), y estas formaciones no son frecuentes hasta llegar a la zona costera. Hartung (1854) tenía la idea de que la región de la cumbre de la isla representa una línea de

erupción principal y consideró como canales de emisión los numerosos diques visibles, logrando establecer una relación de éstos con las formaciones de los pequeños conos volcánicos, que están soterradas o condidas dentro de la serie total de las vulcanitas.

Entretanto nos hemos esforzado por adherirnos a una idea que defiende también la existencia de grandes calderas muy cerca de la llanura región de la cumbre. A. Stubel (1903), que cree poder encontrar tres calderas de este estilo en Madeira, considera una caldera formada por hundimiento o retroceso de las masas de lava en la cumbre eruptiva y como la fase final de su volcán monógeno. Según la formación más antigua de éstas hay que buscarla en el extremo occidental de la isla, donde realmente sólo quedan algunos segmentos entre la Riveira de Janella y Porto Seyxal. Otra caldera, de configuración muy distinta, debía ser considerada como la parte central plano superior de Paul de Serra (1.490 m.), debiendo haberse llenado la caldera por una masa eruptiva posterior a la formación de la misma. Sin embargo, esta cima en forma de escudo, que el autor sólo pudo ver desde lejos, produce más bien la impresión de penetrar normalmente en el flanco norte del gran escudo insular; no conozco ninguna crítica posterior a la teoría de Stubel.

La tercera forma de caldera, cuyo origen debe atribuirse de nuevo a la hipótesis del hundimiento posterior a la erupción, es el profundo valle de erosión del *Curral de las Freilas*, un lugar muy visitado por los extranjeros a causa de su imponente forma, profunda, peñasco está en la zona central de la isla. La amplia cavidad interior vierte a través de una estrecha garganta (barranco Soccoriente) hacia el lado del Sur. Como para las calderas-valle análogas de Gran Canaria y La Palma puede existir una teoría opuesta, que considera la acción de la erosión como de vital importancia en la formación de estas cavidades. Un estudio más detallado nos llevaría demasiado lejos y solamente queda el hacer resaltar que las formas de cráteres que aparecen en Madeira son formas pequeñas, que no pueden incluirse dentro del concepto de caldera.

## II. SOBRE LA PRESENCIA DE SEDIMENTOS Y SU POSICIÓN ESTRATIGRÁFICA

### 1) Sobre los sedimentos en las Canarias

Las islas atlánticas son en su estructura visible y casi interpolares, totalmente de origen volcánico, encima y dentro de las cuales sólo se ha encontrado en muy pequeña cantidad estratos organógenos o de detritus sedimentarios del mar o de tierra. Se puede sospechar que debajo de la formación volcánica exista un antiguo zócalo sedimentario, y como tal, existan las formaciones paleozoicas o prepaleozoicas que hay en las montañas del vecino continente africano a determinada profundidad; esto especialmente en la serie más oriental de las islas Las Purpurarias. Es dudoso que existan en este zócalo Cretácico y Jurásico, aunque también probable, debido a su difusión en el "hinterland" de Cabo Juby hasta Cabo Verde y Senegal. Este sería el propio "zócalo", pero no los núcleos de rocas holocristalinas, que son consideradas como tales, pero que en principio pertenecen a una intrusión más reciente. La presencia, de la que ya han hablado otros autores, de antiguas pizarras y mármoles (en Fuerteventura) no está confirmada por un estudio más detallado y se basa en un dato equivocado.

En consideración a los estratos intermedios sedimentarios, o las rocas efusivas, con fósiles abundantes, el valor estratigráfico es importante para la historia geológica de la isla. Son de origen marino y yacen sobre vulcanitas más antiguas en la costa, demostrando la oscilación típica de la isla; ya que estos movimientos se deben a fenómenos eustáticos regionales, es natural que afectaran simultáneamente a distintas islas y se produjera así una formación marina sedimentaria de carácter regional. Pero como los estratos marinos comparables entre sí son tan pocos, se ha de deducir que la erosión o la cubierta volcánica



han contribuido fuertemente a su eliminación. Una breve visión sobre la clase y distribución de las formaciones sedimentarias servirá para una supervisión y para resolver muchos problemas.

Los pocos yacimientos importantes que se encuentran en Las Canarias eran conocidos ya hace casi cien años por los investigadores de las islas de aquellos tiempos; cosa que no solamente se puede aplicar a Las Canarias, sino a Madeira también y a las pequeñas islas yacentes. Los nombres de Lyell, Hartung, Heer, Mayer-Eymar, Fri Rothpletz y Simonelli están relacionados con estas primeras investigaciones. Los yacimientos sedimentarios, excluyendo los de origen exclusivamente volcánico, pueden clasificarse dentro de los siguientes grupos:

1) *Calizas finas, arenas calcáreas, arenas de dunas (endurecidas y capas e incrustaciones de travertino).*

2) *Complejo de toba caliza en forma de bloque, toba basta y conglomerados volcánicos, además de sus estratos intermedios calizos-arenosos con fósiles.*

3) *Toba fina y toba cinerítica (endurecida por caliza) puzolan cinerita.*

Todos estos depósitos presentan, naturalmente, tránsitos de unos a otros e incluso adoptan el carácter de vulcanitas (cinerita por ejemplo). En alguno de estos depósitos hemos hecho un estudio más detenido y hemos encontrado en ellos que la formación de travertino requiere especial interés.

Un fenómeno singularmente llamativo es la presencia en estas islas volcánicas, casi sin materiales calizos, de gran cantidad de diferentes formaciones de travertino, de color amarillo y blanco y de grano fino. Están muy extendidas en la hoy riquísima isla de Fuerteventura, especialmente a Lanzarote, que para las demás islas fue durante mucho tiempo el "suministrador" de cal, a pesar de ser de origen puramente volcánico. Por eso, la descripción general se debe hacer partiendo de esta isla. Esta aparece cubierta en grandes extensiones por capas finas, delgadas, de caliza sobre las rocas volcánicas—también sobre sienitas—pues recubre uniformemente todos los materiales o penetra en las grietas y cavidades de las rocas basálticas alteradas. Puede tener varios metros de espesor (H. Hausen cita como excepción una de 20 m., 1.ª página 59); la forma estratificada y escarificada es, sin embargo, más difundida y todas las formaciones son estériles, excepto allí donde hay marga caliza (Helix). Casi con más frecuencia que en las profun- didades aparecen estas capas amarillas-blancas en las mesetas "

de las mesetas", pero, naturalmente, nunca sobre superficies de lava reciente o subrecientes (cuaternarias). Si no me falla la memoria, encontró travertino en un "tacco" de La Palma (Las Rosas, en Los Llanos), lo que es sumamente sorprendente. Resulta de especial importancia la teoría defendida por J. Bourcart (1938) sobre la antigüedad y formación de esta especie de barniz calizo, a saber, que la formación travertínica sólo cubre las capas de los basaltos de tierras altas ("basaltos de mesetas plateau"), en las extensas capas de los basaltos de tierras bajas no aparece (basaltos "des plaines"), si bien mis observaciones no coinciden totalmente con esta teoría, pero esto no me sorprende, debido a la movilidad de tales depósitos.

Hay que hacer resaltar que en la isla de Lanzarote, a pesar de estar casi completamente cubierta por coladas basálticas recientes, según los estudios modernísimos de H. Husen (1958), existen sedimentos calizos que tienen cierta extensión. Entre ellos se podría citar (p. 107), los de la serie de los basaltos altos y (en Orzala, en el Norte) alcanzan una potencia de 30 m.; encierran capas con helix y pueden ser consideradas como un depósito de origen químico.

Para la formación de los *sedimentos calizos travertínicos*, que en el curso de muchos años pueden sufrir un cambio de posición, existen las siguientes explicaciones:

a) *Restos calizos de una antigua cubierta sedimentaria.*—Las costuras calizas móviles de sí—naturalmente, en largos periodos de tiempo—podrían ser el residuo de un sedimento marino antiguo, ahora desaparecido, cuyo producto se habría dispersado sobre el relieve preexistente. Sin embargo, apenas puede mantenerse esta explicación, ya que no se puede presentar prueba alguna de la existencia de esa antigua cubierta de sedimentos marinos que pudiera ser oligocénica (por ejemplo, en Fuerteventura) y por lo tanto es necesario considerar otra explicación.

b) *Extracción de cal por la alteración de las rocas eruptivas.*—Esta hipótesis debe ser tenida como la explicación más plausible. Se debe a Hartung (hace más de cien años) y es defendida hoy por el más moderno de los investigadores de las Islas Canarias, por H. Hausen. La cal procedería del contenido difuso de calcio de los basaltos o de los minerales calizos de los mismos o de otras rocas que participaron en la formación; entre éstas figuran principalmente feldespatos, augita, barqueviquita, además de epidota y ceolita secundarias, dejado libre por la alteración. Debe, pues, tener cierta antigüedad el subsuelo para que una profunda alteración capaz de producir primero la sepa-

ración de calcio y después su acumulación en forma de caliza, pues, se está de acuerdo, como hace notar Bourcart, en que los bas más antiguos de meseta "plateaus" están cubiertos por travertino, que éste falta en los más recientes "basaltes" de llanura "plaine". También el depósito de capas de concreciones (limos lateritizados), que el autor encontró en las proximidades de Tarajal y que están por encima del travertino, habla en favor de esta opinión.

El autor no puede menos de expresar una especie de inquietud por el hecho de que le produjo el pensar que la relativamente pequeña cantidad de moléculas de calcio en estas rocas, aun en el caso de alteración completa, era absolutamente insuficiente para dejar la cantidad de calcio necesaria para formar la extensa costra de travertino (1). En todas las condiciones climáticas actuales corresponden a un estado de sequedad que hoy distingue a las purpuridas, pero el clima de entonces (2) debió ser húmedo (cuaternario) y la alteración, disolución y transpiración sería mucho más fácil.

c) *Dispersión por el viento de la arena de las dunas.*—Se puede considerar como otra forma explicativa de la abundante difusión de calcio sobre las rocas eruptivas la teoría de A. Rothpletz (1891), de la influencia del viento. Según su autor, ésta es la única explicación existente (1891, pág. 687). La parte de la costa noroeste de Gran Canaria que abundan estratos calizos, y sigue desde esta costa el aumento de calcio hacia el interior del país, reconocido por análisis y exámenes microscópicos, demuestra cómo alrededor de un cuerpo extraño (grava de arena, resto de alguna concha, etc.) se forma un depósito de calcio para formar la llamada "piedra filtro", lo que ocurre en la zona formada por el agua. Rothpletz continúa y llega a un fenómeno análogo en todos los sedimentos calizos situados en la costa, hacia dentro, en el que se incrusta el polvo calizo más fino arrastrado por los vientos.

(1) Como media de numerosos análisis obtiene H. Hausen, para el contenido en CaO de las lavas basálticas, un valor del 11 %.

(2) Algunos datos sobre la lluvia actual en Canarias pueden ser aquí interesantes.

Lluvia anual entre las islas orientales y centrales:

1. En *Lanzarote* (Aeropuerto Gasimeto) oscila entre 120-130 mm.
2. En *Tenerife*. Los Rodeos (Aeropuerto), 925 mm.
3. En Santa Cruz, 237,9 mm.
4. En la costa SE. (Abona, Faro), 161,80 mm.

- 1) En terreno abierto a los vientos.
- 2) Expuesto al alisio NE.
- 3) Resguardado del viento en la Costa Sur.
- 4) Está todavía resguardado del viento.

De Fuerteventura no he podido tener ningún dato, pero aproximadamente debe coincidir o ser algo más bajo el valor de la lluvia.

la costa. Hace relación a la amplia difusión del calcio en Fuerteventura y cita fenómenos análogos en Argelia y Túnez; la explicación por erosión de basaltos resulta improbable a este autor.

De las hipótesis citadas, el autor que más sabe sobre este lugar debe haber decidido por la más exacta; se trata de Hausen, quien dice que el origen de los minerales calizos hay que buscarlo en la descomposición química de las vulcanitas.

Aunque Rothpletz ha hecho en verdad observaciones, sin embargo es preciso tener en cuenta que él ha confundido la arena fina incrustada, que siempre contiene cuerpos extraños, con las incrustaciones calizas más puras (sólo las capas de la base no tienen cuerpos extraños).

Además de las formaciones calizas de travertino, existen especialmente en las islas orientales bancos calizos estratificados, de color amarillo-claro, generalmente en forma de capas finas, que son marinos y que en casos excepcionales pueden alcanzar los 10 m.; Hausen habla de éstos, especialmente, en la costa occidental de Fuerteventura, donde aparecen también en las terrazas altas de la playa, en Ahuy, caliza con foraminíferos, cuyo contenido orgánico ha estudiado, demostrando que son de origen marino, pero que no permiten una precisión paleontológica (según Hausen, cuaternaria); en el mismo lugar, otras formaciones calizas contienen helix, estenogira y antofora (1958, pág. 154).

Pasando al segundo grupo de sedimentos encontramos en los mismos, especialmente en Gran Canaria, pero también en las Islas de Madeira, y en menor cuantía en La Palma, estratos, que son de especial importancia por su abundante contenido de fósiles y la posibilidad de reconocer su posición estratigráfica para la clasificación cronológica de las vulcanitas próximas y que han sido estudiadas ya hace tiempo. En Gran Canaria son estos los estratos próximos a la costa, en su capital, Las Palmas, que en 1891 fueron objeto de un estudio estratigráfico-paleontológico, debido a Aug. Rothpletz y V. Simonelli; Bourcart (1937) examinó detenidamente sus componentes volcánicos. Se trata de un complejo de distintos sedimentos litorales, mezclados, que forman en el borde de la ciudad una terraza de 90 m. de altura y que en todas las direcciones, pero especialmente a lo largo del barranco Guinguada, están perfectamente definidas, apareciendo en su parte tufógena grandes cantos. Hacia el interior del país el complejo sedimentario, es decir, la terraza, aparece en retazos a una altura de 250 m. cerca de Tajira Alta (Bourcart, 1937).

Se trata en los sedimentos de Las Palmas de una serie de estratos

esencialmente plásticos, con gruesos elementos, a los que se unen c basálticas delgadas. Casi todo esto descansa sobre una potente ma toba y cenizas ("cinerita"), cuyo material amarillo-claro, que se p cortar muy fácilmente, por lo que desde hace tiempo se emplea piedra para la construcción; su nombre local es "canto blando"; J. cart lo considera, acertadamente, como el producto de nubes ardi ("nouees ardentes"), que marcaría una actividad eruptiva del v de La Tejada. La toba con bloques es, para nosotros, como para cart, una potente corriente de lodo, parecida a la de Lahar, de sobre la cual aparecen intervalos con estratificación marina, ar y conglomerado fino. Entre sus componentes se encuentran todas l cas efusivas de los diques que están en el interior de la isla, pero los tipos de basalto que las recubren. Las capas de arena margo hasta 10 m. de potencia, intercaladas entre los estratos detrítico gruesos elementos, corresponden a las capas fosilíferas de Roth también se intercala una, poco potente, con *Lithothammium rac*. Sin detenernos más en la hipótesis de Simonelli y Rothpletz, dig que la fauna marina contiene principalmente gasterópodos, lameli quios, briozoos, corales, crustáceos y dientes de peces. De esta faun poliforme se citan más de 100 especies, divididas en 74 géneros, cuales sólo los 15 últimos están totalmente extinguidos, lo que d formación un carácter muy moderno. Rothpletz la considera com gena: *Ancillaria glandiformis*, *Conus puschi*, *Nerita plutonis*, *Hip sulcata*, entre otras más, lo que hay que hacer notar, ya que la ma de las especies de conchas encontradas continúan hasta el Pli Bourcart encontraba entre los equínidos también *Clypeaster alt* que es una demostración clara de la presencia del Helvetiense o, generalmente, del Vindoboniense. Lo mismo tendríamos que dec los sedimentos marinos de Madeira.

No obstante la mayor superficie de Tenerife, en comparació Gran Canaria, el mar no ha dejado sobre esta isla, aparente ninguna huella. En alturas en las cuales en la isla vecina oriental recen estratos miocénicos, al pie del volcán central de Tenerife aparecen las rocas efusivas, volcánicas, y sus productos eruptivo pillis, cenizas), esto tanto en la región del volcán central como costa más antigua de Anaga y de Teno. Se han hallado algunos orgánicos en estos productos volcánicos y en el futuro pueden re provechosos nuevos descubrimientos para fijar su posición estra fica. En una "puzolana", una toba fina cinerítica, en Adeje, en la sur del volcán La Cañada, se encontraron huesos de tortuga, qu ron descritos como correspondientes a *Testudo buchardi*. En un

sito volcánico análogo apareció (en Guimar) un esqueleto descompues to de una lagartija gigante, *Lacerta goliath* Mertens. Los hallazgos no permitieron deducir otra cosa que la probable existencia de un Mio ceno, o tal vez Postmioceno (véase Hausen, 1957, pág. 134).

La isla de La Palma presenta otras características, de las cuales los conglomerados del barranco de las Angustias pueden considerarse como un posible Mioceno. Las capas citadas representan aquí un estrato clástico grueso en una hondonada de erosión, ésta es el llamado Cañón, que es la salida de la Caldera de Taburiente. Aunque, como en Las Palmas de Gran Canaria, hay aquí también una facies litoral en for ma de bloques gruesos, en la que aparecen tres o cuatro niveles basál ticos; sin embargo faltan los depósitos calizos y sus fósiles. El conglo merado, de casi 360 metros de potencia, de Las Angustias, ha sido con siderado por algunos autores como un Mioceno marino y, por lo tanto, lo que yace alrededor y debajo, como Premioceno o formación más an tigua. La base en que se basa esta clasificación estratigráfica es ex traordinariamente precaria, incluso insuficiente. Fue hecha por Fritsch, cuya suerte para encontrar fósiles marinos en el grueso ma terial no se puede negar. En La Vigna, en la base de los materiales clásticos y entre el material arcilloso de las hendiduras en una roca volcánica antigua —se trata de un representante de la formación de espilitas— encontró este investigador corales y balanus (1867, pág. 11). Sobre estos datos paleontológicos insuficientes —no he encontrado en ninguna parte datos más exactos— se basa todo el edificio de las conclusiones; por eso el conglomerado de Las Angustias, especialmen te en la parte superior, también puede ser un relleno más reciente, aunque hay que conceder que existen una serie de analogías con el Mioceno de Las Palmas de Gran Canaria; ésta es la igualdad de los fenómenos geológicos: elevación-erosión, después hundimiento y re lleno de detritus del relieve surgido, después otra elevación y nueva erosión (formación del cañón). Ya que no se puede oponer nada más fundamentado, nos decidimos por la hipótesis actual y consideramos el conglomerado de Las Angustias como un sedimento miocénico, de jundo, sin embargo, la posibilidad de que estratigráficamente pudiera llegarse más alto.

Por estar en las proximidades de La Palma, estudiaremos ahora las dos islas de Hierro y Gomera. Hierro, cuya forma es debida a un apa rato volcánico destruido, no da la impresión siquiera de haberse su mergido bajo el nivel del mar, ni de contener sedimentos. Y, sin em bargo, la isla tuvo un papel importante y positivo en la "historia de los fósiles" del archipiélago. En 1910, el botánico J. Pitard encontró un

erizo de mar, que por J. Cottreau y P. Lemoine (1810) pudo ser fijado como *Discoidea pulvinata* var. *major*. Porque estos sedimentos no están en la isla se pudo considerar el hallazgo como una excepción volcánica. Posteriormente Navarro (1911) pudo demostrar que se trata de material llevado de fuera de la isla. En mi visita a la isla encontré igualmente el lugar del "hallazgo" en la costa oriental, donde cráteres adventicios recientes han emitido corrientes de lava muy oscura hacia la cercana costa por encima de capas basálticas muy antiguas; no pude descubrir ningún indicio de sedimentos. Me pareció confirmado el punto de vista de Navarro, que un duendecillo ha hecho una mala pasada al geólogo.

La isla de Gomera, que tiene los caracteres más antiguos de las islas del archipiélago, no presenta en parte alguna huellas de sedimentos calizos. Navarro y Gagel, que recorrieron cuidadosamente las dos islas, no dicen nada sobre esto.

Ya que sobre la presencia de calizas en las islas de Fuerteventura y Lanzarote hemos hablado en los párrafos anteriores, enlaza la cuestión del travertino a la difusión de los sedimentos, y parece haber terminado la revista de Las Canarias, creemos conveniente hacer aquí una excursión a la isla de MADEIRA (portuguesa) simplemente en breve "viaje informativo".

En las islas portuguesas (SALVAGES y MADEIRA).

El pequeño grupo de las islas Salvages, próximo a Las Canarias (130 Km. al NO.) es fisiográficamente un compartimento de las islas. A todas las islas del Norte les faltan hoy las grandes formas volcánicas del tipo de Tenerife, y en las tres islas Salvages Grandes, Salvages Pequeñas y Pitao Pequeña se eleva un relieve orográfico hasta 3.400 metros. C. Gagel ha dado también a conocer informes más detallados (1910). En estas islas hay una subofiolítica-fonolítica, sobre la que aparecen capas calizas que están cubiertas por basalto en forma de columnas, cenizas y tobos (vages Grandes).

De los estratos calizos, y especialmente de las capas que descansan sobre la base fonolítica, se han conocido fósiles marinos (*Lithidium racimus*) y foraminíferos (Bohm, 1898), que nos hablan de un cenozoico; la base de este débil sedimento marino debe estar a 140 metros. Aunque tenemos pocos indicios, sin embargo, resulta acertado comparar esta disposición con Gran Canaria, donde la elevación es importante, pero también aparece, como una base más alejada, la serie fonolítica.

Para la explicación de la posición estratigráfica y de la co-

cción con las Canarias, tiene especial importancia entre las islas del Norte la gran isla de Madeira (815 K<sup>2</sup>), a causa de la existencia de sedimentos calizos con muchos fósiles, lo que se puede conocer a través de la abundante literatura geológica existente. Al autor, sin embargo, no le quedan explicadas las cuestiones de la estratificación, a pesar de que hay una monografía ya antigua, sumamente detallada, de las islas hecha por G. Hartung (1864). Mis movimientos, relativamente limitados, sobre estas islas no pueden contribuir a dar ninguna idea sobre esto, ya que entonces no disponía, además, de esta monografía. Como en las Canarias, se han de diferenciar entre los sedimentos calizos aquellos que yacen sobre la serie volcánica y los que están en medio de esta serie. A los primeros corresponden los de la península oriental de San Lorenzo; a los últimos, con algunas reservas, los de São Vicente, cerca de la parte central de la costa norte. Además las islas menores, situadas al NO. de la isla principal, Porto Santo y Baixo, presentan sedimentos calizos análogos.

Allí, donde se extiende la isla principal y su serie de capas de lava hacia el Este, penetrando ocho kilómetros como una estrecha lengua de tierra en el océano, se puede ver desde lejos, en las blancas manchas y capas, la presencia de formaciones calizas recientes. Es una zona llena de fósiles, que ya al principio, incluso antes de Lyell y Hartung, mereció la atención de los malacólogos, y después, en 1864, Hartung escribió una exposición detallada de esto en su monografía sobre Madeira. Las capas calizas ascienden (5" aproximadamente) como las lavas basálticas que están debajo de ellas, en el Pico de Nuestra Señora de Piedade, desde la costa del sur de la península de São Lorenzo, hacia la escarpa norte de la misma. Pronto aparece una arena caliza con moluscos, más arriba arena calcárea y concreciones calizas, alternando desde algunos decímetros a algunos metros. Lyell (*Manual of Geology*, 1865) consideró, de forma acertada, toda la estratificación como una formación de dunas, que, como dice Hartung, ha sufrido la acción del viento no desde la costa abierta del Sur, sino desde las rocas del Norte, ya que ésta era la dirección principal del viento en aquella época, y ahora esto se realizó con otra configuración de la línea de la costa. En la zona sur se depositó el material esponjoso en las hondonadas del suelo, o penetró en las ranuras y hendiduras de la base. En forma de bolsas o distribuidos en forma de nidos, estos sedimentos calizos están llenos de moluscos.

La fauna de estas capas fue ya en 1823 objeto de estudios malacológicos (Bowdich). Posteriormente el paleontólogo de Zurich, Oswald Heer, visitó la capa conchífera y la estudió. Encontró 55 especies, en-

tre las cuales sólo 10 totalmente extinguidas (en Hartung, 1864), e las que figuraban numerosas *Helix bowdichia* Fen., *Helix delphi* Lowe y *Helix tiarella* Webb. El investigador de Zurich considera la capa que puede definirse casi como brecha fósil es cuaternaria, precisar más. En cuanto a las relaciones con las efusiones basálticas habían terminado ya sus periodos de actividad cuando se produjo sedimentación caliza.

Para la posición estratigráfica de la parte de formación del interior del volcán de Madeira no ayuda nada la capa caliza de la península de São Lorenzo.

Para la clasificación de las series volcánicas, son de especial importancia la presencia de calizas y fósiles incrustados dentro de los estratos de lava y toba, de São Vicente, cerca a la costa media norte de la isla principal. También fue descrita por Hartung (1864); a partir de la serie de lava y lapillis del valle de São Vicente, al Norte. En el Aledo de Furtado, del amplio valle, descubrió Hartung, en una estratificación alternante de tobas verdeamarillas y de aglomerados de trozos de fragmentos calizos y corales, una fauna de conchas que, según no está en la zona superior, como la de la península oriental, sino que está encerrada en el perfil de una capa. Por encima de esta estratificación aparece la serie de lava y lapillis, que se prolonga por lo menos 400 metros más allá, mientras que hacia abajo disminuye la frecuencia de los productos esponjosos.

La fauna del Achado de Furtado (São Vicente) fue estudiada por los paleontólogos de Zurich K. Mayer-Eymar, y su resultado se da como complemento de la monografía de Hartung (1864, pág. 22). Resultó que, de las 49 especies, 12 son tipos específicamente helvéticos cuya posición estratigráfica fue determinada por la presencia de *Clipeaster altus* y *Clipeaster crassicostatus*.

Como consecuencia de la estratificación citada en la base de la sucesión volcánica (más de 1.000 metros?) que abarca como amplia bóveda toda la isla, este conjunto deberá ser vindobonienense más reciente, y por lo tanto no hace al caso compararlo con Anagón Tenerife.

Sin embargo, la teoría sobre la posición del Mioceno de São Vicente no tiene carácter unitario. C. Gagel (1912, pág. 365) rechaza la interstratificación de Hartung y cree que más bien se repite el caso de La Palma (Las Angustias) y Gran Canaria (Las Palmas), y por lo tanto que las capas miocénicas yacen sobre un nivel de erosión profundamente excavado, de tal forma que toda la potencia es postvindobonienense. F. Wolff (1931, pág. 987) cree, por el contrario, que la hipó-

tesis de Hartung es la cierta. El autor no puede decidirse en esta divergencia de opiniones, pero piensa que existe en cuanto a otras capas de fósiles una incongruencia análoga. La presencia de estratos con lignito en San Jorge, en la costa norte, es ya conocida desde tiempos de Hartung-Lyell; están en el barranco de Meio, entre las lavas basálticas, que deben ser, según la disposición de las lavas y en relación a São Vicente (en el sentido de Hartung), por lo menos miocénicas. O. Heer (1857), en Hartung (1864), que examinó la flora, los considera muy recientes (cuaternarios), ya que los brezos, laureles, tipos de *Vaccinium* y tipos de *Chletren* se confunden, por así decirlo, con las especies actuales de la isla. Así pues, estos residuos vegetales no se pueden comparar con las capas marinas de São Vicente, sino más bien con los estratos de gasterópodos cuaternarios de São Lorenzo; la presencia de madera, aún no carbonizada, en las hiladas muy finas de carbón, habla en favor de una edad reciente y, por lo tanto, de tener por base capas más antiguas. Surgen dudas acerca de las interstratificaciones de Hartung, aunque este investigador, en otros casos, nos haya suministrado observaciones excelentes.

Es conocida la presencia de estratos calizos, con fósiles, en la isla de Porto Santo y en su pequeño satélite Baixo, donde están intercalados entre las capas volcánicas y son miocénicos con *Clipeaster crassicostatus*, es decir, de la misma edad que las de Gran Canaria. Se afirma la existencia de otros restos de carbón en varios lugares, además de Madeira.

## 2) Acerca de los levantamientos y hundimientos

Si antes hemos hablado de la difusión de los sedimentos, resulta ahora conveniente hablar de su sucesión en sentido vertical, de sus levantamientos y hundimientos. Esto lleva a observar las terrazas costeras. Pero no nos detendremos en las mismas, ya que no se han hecho observaciones suficientes, y, por lo tanto, sólo citaremos algunos puntos dignos de mención.

Las terrazas, como expresión de movimientos verticales, no están suficientemente difundidas a lo largo de las Canarias, ya que el violento oleaje atlántico ha destrozado las anteriores formaciones.

Está demostrado, aunque no con certeza, que tuvieron lugar movimientos verticales muy pronunciados como procesos eustáticos, profundos, de las diversas islas. Desde el momento en que entran en juego

también las acciones volcánicas locales, su estudio y su investigación se hacen más difíciles. Si nos mantenemos en la hipótesis de los dos sedimentos miocénicos, entonces hay que aceptar que, después de una fuerte elevación y de una erosión intensa en época previniendo, se produjo un hundimiento de 200 - 300 metros o más (Palma), por el cual se pudieron depositar entonces los sedimentos recientes. La nueva elevación del terreno llevó las terrazas formadas por las terrazas considerables (véase pág. 73) y aumentó posiblemente al hundimiento de la masa de tierra. Las terrazas de Las Palmas son la expresión clara de ello; se han debido conservar también en la costa sur de Gran Canaria. Se pueden distinguir las capas principales superiores, las que se asentaron los suburbios de Las Palmas (margen costero a 90 - 100 m.) y un nivel más bajo (8-10 m.). Son muy claros también los estratos de las terrazas en el conglomerado de Las Angustias, acompañan por ambos lados al barranco del mismo nombre. La superficie de las terrazas de la derecha sirve de apoyo al poblado de Tazacorte, situado a 470 metros aproximadamente, mientras que en el otro perfil transversal, que va por encima de Los Llanos, la profundidad del arroyo del Cañón está sólo a 130 metros. Esta gran diferencia de alturas es compensada en el mismo perfil transversal por el resque de una segunda terraza, la de Hedice, a 470 metros aproximadamente aquí desaparecen los escalones hasta cerca de la costa. El gran poblado de Tazacorte está en una terraza (aproximadamente 100 m.) y otras más bajas aún. Estos sedimentos de terrazas, que se pueden considerar como cuaternarios (más bien precuaternarios?) no se prolongan hacia la parte de la isla tendida hacia el Sur, ya que en ella a causa de la erosión marina y lenguas de lava prehistóricas, históricas y recientes afluyeron al mar por encima de todos los relieves.

También en la isla de Tenerife se ven frecuentemente líneas elevadas de playa y sedimentaciones costeras. Hay que proceder con mucho cuidado, pues es fácil confundir la superficie de una corriente de playa plana con una terraza. Se pueden observar fenómenos de levantamiento en la costa norte de Anaga. Aparecen en dos o tres sitios en la península, en Puerto Hidalgo; están interrumpidas por las sierritas costeras, pero aparecen de nuevo en la zona costera entre Anaga y el Roque de Anaga; los pequeños pueblos de Alma (foto 12) y Las Palmas están sobre conglomerados elevados a 80 metros sobre el nivel del mar, y se encuentran en las desembocaduras de pequeños arroyos, casi siempre secos. El nivel superior corresponde al Cuaternario inferior. Las terrazas mejor conservadas son las de la costa NE. de Gran Canaria, en Las Palmas, que descansan sobre

sedimentos gruesos miocénicos y que fueron ya citadas con ellos (foto 3). Rothpletz las clasifica en terrazas altas (90-200 m.) y terrazas bajas (80-10 m.).

Aparecen huellas claras de los movimientos de elevación que han tenido lugar en las islas Fuerteventura y Lanzarote, a lo largo de cuyas costas las estudió H. Hausen. Entre ellas hay capas claramente elevadas que, como de la costa occidental de Fuerteventura, en la desembocadura del valle Seco (en Ajui), donde en las capas de abrasión, casi planas, Hausen encontró sedimentos marinos (15 m. sobre el mar). El mismo autor (y Hernández-Pacheco) ha descrito también los aplastamientos, que forman el extremo sur de Lanzarote; yacen en la costa de Rubicón, a 50 metros aproximadamente sobre el mar y están cubiertos en su mayor parte por arena calcárea (1959, pág. 51). Este antiguo relieve de denudación tiene seguramente su continuación al otro lado de la carretera de Bocaina, en Fuerteventura, pero allí la capa efusiva, de lava cuaternaria, es más extensa y por lo tanto el relieve aparece más variado. La formación de ambas islas parece que es de época precuaternaria (a lo sumo pliocénica); un hundimiento muy poco importante (apenas 10 m.) separa hoy una de otra y la actividad volcánica subterránea ha tratado inútilmente de hacer la competencia a la tendencia a descender del terreno.

## I. POSIBILIDADES DE CORRELACIONES INTERINSULARES

(Cuadro I)

Es claro, que al tratar de relacionar cronológicamente los complejos volcánicos, que no están relacionados entre sí sobre el terreno, no se disponga de los mismos puntos de vista como ayuda, que los que se tenían para comparar unidades sedimentarias. Es evidente que en la comparación de series volcánicas la misma sustancia, es decir, un mismo tipo de magma o análogo, debe tener un valor de referencia importante; desde luego no se podrá establecer una correlación absoluta. Es muy peculiar, sin embargo, la intercalación de sedimentos estratigráficamente fijados, con lo que resulta posible una correlación de las *suits* (series) volcánicas; un caso en que frecuentemente pierde importancia y valor es el que en las intercalaciones o alternancias de sedimentos carecen de fósiles. Pueden obtenerse más puntos de comparación a partir de la semejanza o coincidencia de la historia vulcanotectónica de cada región, como por ejemplo los perfiles tectónicos coincidentes entre sí.

Ya que estas consideraciones no pretenden hacer un análisis petrológico más exacto, consideraremos como punto esencial de partida para la correlación, en cierto aspecto como un puente tendido de isla a isla, la presencia de sedimentos. Desde la situación relativa frente a este puente se considerarán los grupos petrográficos en sus posibles correlaciones. Como ya se ha dicho en otra ocasión, no tiene el mismo valor, ni tiene carácter unitario, el estudio petrológico de cada isla, cosa que influye, naturalmente, al hacer las comparaciones naturales. Mientras que las islas de Tenerife y Fuerteventura, y modernamente la de Lanzarote, han sido sometidas a un cuidadoso estudio por H. Hausen, las demás islas no han sido estudiadas tan bien, aunque gracias a J. Bourcart y a E. Jérémine disponemos de datos sobre Gran Canaria.

En la totalidad del archipiélago canario hay rocas que se han formado de un magma que corresponde al grupo atlántico, es decir, a grupo caracterizado por su contenido en feldespatoides y minera alcalinos. En cuanto al volumen, el tanto por ciento de los magmas básicos es mucho mayor que el de los intermedios y ácidos; y los tipos, en efusiones propiamente, sólo poseen mayor difusión en Gran Canaria, una isla que se caracteriza por la multiplicidad de sus tipos de rocas. En la discusión comparativa de edades nos limitamos a productos de época prehistórica, puesto que el material reciente ha sido fijado cronológicamente.

Para lograr algunas correlaciones con base estratigráfica dentro de las unidades volcánicas que han de distinguirse, se debe partir, como se ha dicho, de la presencia del Mioceno de Las Palmas de Gran Canaria. Aunque de mucho menor valor estratigráfico, se pueden comparar comparativamente en el mismo los sedimentos de La Palma. En cierto aspecto, se nos ofrece un puente estratigráfico, un nivel compartido, desde el que se puede continuar hacia arriba y hacia abajo primero en el núcleo de la formación volcánica profunda, después el techo del estrato sedimentario. La recopilación en forma de tabla, con carácter provisional, servirá para una mayor facilidad de sinopsis (véase Cuadro I).

Si el techo de las vulcanitas profundas de Gran Canaria está definido por las capas clásticas del Mioceno vindoboniense, entonces el descenso a las profundas secciones debe conducirnos a emisiones volcánicas miocénicas inferiores, premiocénicas o incluso preterciarias. El descenso sólo puede hacerse a través de la hendidura transversal, guiada por Bourcart, en el lado NO. de la isla, pues la parte NE. de ésta está ocupada por los basaltos de meseta ("basaltes de plateau"), que según el citado autor, en Las Palmas muestran una edad postmiocénica, ya que se encuentran en los sedimentos clásticos, que llevan fragmentos de basaltos. En la parte SO. de la isla no se sabe con certeza cómo se ha establecido la correlación cronológica, ya que son distintas las teorías sobre el tipo de estratificación. Como se ha dicho, aparecen de arriba abajo:

1. Nublos.
2. Estrato intermedio de riolita roja.
3. El grupo traqui-fonolítico.
4. El complejo de basaltos de las llanuras en la costa occidental (según Bourcart).

Si puede mantenerse esta posición, entonces se ha de ver en los

## CUADRO I

| S I<br>A URA   | LANZAROTE  |
|--|--|
| <p>capas de travertino.<br/>LOS VOLCANICOS<br/>habías recientes.<br/>ción del Cuaternario.</p> <p>ANURA (= Basal-<br/>cubre la mayor<br/>asaltos de meseta.<br/>e travertino.</p> <p>o del sistema de</p> <p>==</p> <p>de lava, general-<br/>izadas a las diaba-<br/>soides.<br/>a en el E., S. y N.</p> | <p>Relieve erosivo poco desarrollado, dunas, tra-<br/>vertino, escasos.</p> <p>ACTIVIDAD SOLFATARIANA (Montaña de<br/>Fuego).</p> <p>Extensas capas de lava de 824 metros (periodo<br/>de erupción de seis años).</p> <p>COMPLEJOS BASALTICOS CUATERNARIOS.<br/>De la misma época que la serie de llanura de<br/>Fuerteventura.<br/>Predominantemente basalto olivínico.</p> |
| <p>as holocristalinas).</p> <p>e en el macizo de<br/>s o a básico-ultrabá-<br/>itas, gabro, essexita,<br/>ta, gneis,<br/>onz sienita alcalina,<br/>pórfido sienítico</p> <p>ntítico, basáltico.</p> <p>queños plutones,<br/>espilitas.</p>   | <p>FACIES PROFUNDA O LOS XENOLITOS QUE<br/>PROCEDEN DE ELLA.</p> <p>Desconocida en la superficie.<br/>Como xenolito (bombas pp.): peridotita, peri-<br/>dotita enstatítica (HH), anortosita, olivinita<br/>(HH), que proceden de la serie de las mese-<br/>tas ("Tableland").</p>  |

A SI



| POSICION ESTRATIGRAFICA           | GRUPOS DE ROCAS ERUPTIVAS Y SU POSICION RELATIVA   |   |  |   |  |  |  |  |
|-----------------------------------|--|---|--|---|--|--|--|--|
|                                   | HIERRO   | LA PALMA  | GOMERA   | TENERIFE  | GRAN CANARIA   | FUERTEVENTURA  | LANZAROTE  |  |
| Reciente, Subreciente.            | Sistema efusivo basáltico alcalino. Formación de conos volcánicos periféricos y centrales, esto es, que están situados en la Caldera de El Golfo, y capas de lava. | Capas basálticas recientes y volcanes parásitos (1947), que están en el eje de la isla hacia el S. Fuera en el espacio de las cubiertas.  |  |   |  |  |  |  |
| Cuaternario.                      | Capas basálticas cuaternarias y conos volcánicos, en situación periférica, siguiendo el eje de la isla hacia el Sur.   | Cobertura: Estratificación abovedada del "núcleo" de la formación de espilitas; complejo de formaciones volcánicas sin chimenea volcánica visible.<br>Serie efusiva basáltica-essexítica, con tobas, brechas y aglomerados intercalados, que son especialmente abundantes en la base.<br>Presencia de basaltos, teofitas, essexitas-melafoides, teofita con hauyna, imburgita, traquidolita.      | Cráter adventicio y sus capas basálticas de lava, but manteniéndose por haber sido muy fragmentadas por una erosión relativamente fuerte.  | Levantamientos y formaciones locales de dunas (costa SE).<br>Conos adventicios recientes y subrecientes, y erupciones basálticas (Chinero, Mta. Bimá, Chibarro, etc.)<br>CAPAS BASÁLTICAS CUATERNARIAS Y CONOS DE ERUPCIÓN.<br>Relieve del estrecho paso (Passenke) de La Laguna y del Ovalo de Orotava.  | Fuerte erosión cuaternaria-reciente, emanaciones gaseosas, formación de fuentes minerales, formación y movimiento de dunas.<br>Formación de suelos de alteración de cenizas rojas.<br>CAPAS BASÁLTICAS CUATERNARIAS Y CONOS DE ERUPCIÓN (tipo Stromboliano): Teofita, Teide, etc.<br>Cráter de explosión: Vandama, Los Marteles, etc.  | Dunas de arena calcarea, lenguas de travertino.  | Relieve erosivo poco desarrollado, dunas, travertino, essexitas.<br>ACTIVIDAD SOLFATARIANA (Montaña de Puerto).<br>Extensas capas de lava de 424 metros (período de erupción de seis años).  |  |
| Mioceno.                          | Estructura del volcán de El Golfo. Está formado de sucesiones de lavas basálticas alcalinas y de sus materiales sueltos.   | Formación del CONULOMERADO DE LAS ANGIUSTIAS compuesto de gruesos bloques principalmente series de lavas traquíticas. Indicación precaria del Mioceno.<br>Inmersión marina hacia la caldera.<br>Intensa y profunda erosión y formación del Cañón.   | Cobertura (cronológicamente comparable con las basálticas de meseta).<br>Principalmente series de lava traquítica.<br>Intercalación de basaltos (especialmente en la base).<br>Chimeneas volcánicas de marcada composición fonolítica. | FORMACIÓN DE LOS VOLCANES DE LOS PICOS (Vieja, Teide).<br>Traquifonolitas y vitrofidos (obsidiana), emisiones de piedra pómez, acabando con erupciones de traquita y traquianadita, a veces fonolíticas.<br>Formación de sedimentos volcánicos en las faldas.<br>Resaca de fósiles miocénicos (puzosana etc.).<br>Posible levantamiento y erosión profunda. | SERIE DE BASALTOS DE MESETA: Formando la mitad NO de la isla, desde la zona de fracturas transversales, comprende principalmente basaltos y teofitas muy gruesas y abundantes en cenizas.<br>Potencia creciente de S. a NE.<br>Levantamiento y erosión.  | SERIE DE BASALTOS DE LLANURA (= Basaltos de Pinar) (BT), que cubre la mayor parte del relieve sobre los basaltos de meseta.<br>Formaciones muy antiguas de travertino.<br>Período marcado de erosión.<br>Formación de fosas a lo largo del sistema de fracturas.   | COMPLEJOS BASÁLTICOS CUATERNARIOS.<br>De la misma época que la serie de Llanura de Fuerteventura.<br>Predominantemente basalto olivínico.  |  |
| Vindobonense                      | Chimenea traquítica (atladá). Desconocida la participación de series más profundas.  | Continúa la formación de la cobertura (carbonización, véase arriba).<br>Establecimiento con elevación del espacio erusivo de la caldera.<br>Intrusiones filonómicas muy intensas.<br>Tendencia al levantamiento.<br>Aparición del volcanismo en la cobertura.   | Correlación probable de una sección más profunda de la cobertura de Gomera con la de Tenoragana.   | EVOLUCIÓN DE LA CALDERA DE CANADA.<br>COMPLEJO DE LAVAS Y TOBA DEL VOLCAN DE LA CAÑADA.<br>Lavas sálicas, regreso de las estufas basálticas.<br>Serie fonolítica con intercalaciones de capas basálticas.<br>Fase inicial sálica, traquitas, fonolitas.   | Estratificaciones más antiguas de travertino.<br>SERIE DE BASALTOS DE MESETA: Formando la mitad NO de la isla, desde la zona de fracturas transversales, comprende principalmente basaltos y teofitas muy gruesas y abundantes en cenizas.<br>Potencia creciente de S. a NE.<br>Levantamiento y erosión.   | SERIE DE LOS BASALTOS DE MESETA (BT).<br>Serie potente de basaltos empujados por fracturas y por la erosión en un complejo en forma de mesetas, localmente atravesadas en su base por formaciones residuales de diques con diferenciación ácida (M. Tindaya).<br>Período marcado de erosión.<br>Formación de fosas a lo largo del sistema de fracturas.  | SERIE DE LOS BASALTOS DE MESETA.<br>En forma de horst (limitado por fracturas), continuación de los basaltos de meseta de las islas del Sur.<br>Basaltos olivínicos, corrientemente intercalaciones locales (Puerta Partones) de caliza, de agua dulce, con Helix. |  |
| Paleogeno.                        | Formación de un relieve erosivo durante un largo período de desgaste.  | Erosión de larga duración.  | Erosión de larga duración.   | Epoca de intensas modificaciones de la superficie.<br>Formación de sistemas de fracturas transversales.   | Epoca SEDIMENTARIA:<br>Sedimentos marinos del litoral, presencia de corales, moluscos, equinidos, etc.<br>Rocas: Toba con bloques, cinerita, puzosana, etc. (algunos componentes calizos); rocas de estratos más profundos.<br>Condiciones de formación: Además de estratificación horizontal, adición de corrientes potentes de lodo (coques boueuses, BT).<br>Difusión de residuos: NE. (Las Palmas, San Juan Grande).<br>Epoca Vindobonense (= Helveciense), Cyprester altas, etc.<br>Inmersión marina.<br>Evolución de la caldera de Tejada.<br>Probable fase intrusiva del magma de facies profunda.<br>Estrato final: "fonolita gris", formación de brechas. | La falta de sedimentos en otras islas (Gran Canaria) hace resaltar la importancia histórica temporal.  | Sin referencia en la superficie.   |  |
| Cretáceo, Jurásico o más antiguo. |  | Denudaciones poco potentes.<br>Sedimentos.  | Sedimentos de denudación poco potentes.  | SERIE BASÁLTICA ANTIGUA (basaltos de Teno), inclusive bandas del Sur.<br>Predominan teofitas y capas de basanita, erupciones traquítico-fonolíticas subordinadas.<br>Sistema de diques intensamente desarrollados de igual composición; junto a ellos, fonolitas como diques más potentes.  | SERIE DE LAS RIOLITAS ROJAS:<br>Casi exclusivamente en el SO de la isla.<br>Carácter efusivo dudoso (Hersens), diques intrusivos con posible relación a la sienita.<br>Superficie de erosión (BT).   | Erosión profunda.  |  |  |
|                                   |  | Formación de espilitas (= Trappformation, Hartung), formada con gran potencia en el interior de la caldera.<br>Intensa transformación y caracteres tectónico-erosionales.<br>Intrusión de la "facies profunda" (véase abajo), predominantemente en la sección basáltica, llegando, sin embargo, hasta el techo.   | Formación de espilitas, formada de una serie de rocas basálticas metamorfosadas como en La Palma y en Fuerteventura.<br>Complejo traquítico en la base.<br>Aparición de rocas holocristalinas de facies profunda (véase abajo).        | Ninguna indicación por xenolitos.   | SERIE BASÁLTICA ANTIGUA (BT):<br>Basaltos occidentales. Aspecto reciente, serie superpuesta sin participación importante de materiales sueltos.<br>Serán HH, es completamente otra su posición, la considero como parte de un volcán con basalto de mesetas, equivalentes vulcánicas.  | FORMACIÓN DE ESPILITAS (= Trappformation, Hartung).<br>Serie de capas superpuestas de lava, generalmente muy alteradas, parecidas a las diabásicas de origen dolerítico-traquidolerítico-basáltico.<br>Cubre el macizo de Bolanqueria en el E. S. y N. (contacto intrusivo).   |  |  |
| Premioceno medio.                 | Facies profunda  | FACIES PROFUNDA (rocas holocristalinas y sus xenolitos).  | FACIES PROFUNDA (rocas holocristalinas).   | FACIES PROFUNDA (rocas holocristalinas) y xenolitos.  | FACIES PROFUNDA (rocas holocristalinas y sus XENOLITOS).   | FACIES PROFUNDA (rocas holocristalinas).   | FACIES PROFUNDA O LOS XENOLITOS QUE PROCEDEN DE ELLA.  |  |
| Intrusiones.                      | Desconocido.   | En la Caldera de Taburiente, pequeños diques y apófisis de monzonita, sienita y sienita essexítica (parte alterada, parte fresca). (GA) hipersténica, gabro, peridotita, madrerita (GA).<br>Como xenolitos en la cobertura. Fragmentos de granito (fuera de la caldera) (G).<br>Sistema abundante de diques de composición básica y ácida (basalto), camptonita (bostonita essexítica-porfírita). | Se representan en diques o (rara vez) en núcleos o nodulos, essexitas y diabásicas de grano grueso, hipersténica, gabro, sandinita (GA, NA), peridotita, monzonita.  | Si hay plutonita, debe estar oculta a gran profundidad.<br>Como xenolitos se citan: sandinita (sienita alcalina), del volcán de La Cañada (HH), Terahita-gabro del Pico del Teide (SMU), Botzandesta badiera del Teide (SMU).<br>"Rocas básicas granulares" sueltas en Anaga (HH).  | No se ha observado plutonita en la superficie.<br>Existen: Apófisis o diques de sienita rosados de traquita (barranco Tejada).<br>Son conocidas como xenolitos (en niveles superiores) y otros: Sienita nefelínica (en el conglomérado miocénico en conos sueltos).<br>"Rocas básicas granulares" sueltas en Anaga (HH).<br>Gabro en la serie basáltica básica (Lagunetas).<br>Componentes de las brechas de Nublo: Gabro, piroxenita, sandinita (BT, JE).   | El pluton alcanza la superficie en el macizo de Bolanqueria; en la voladura basico-ultrabásica (?) existen: piroxenita, gabro, essexítica (fábrica, diorita).<br>En el núcleo ácido existen: sienita alcalina, sienita nefelínica, sienita, porfido sienítico coarctado.<br>Lamprofidos bostonico, kersantinito, basáltico.<br>Sistema de diques.<br>Se ofrecen, como masas, pequeños plutones, dentro de la formación de espilitas. | Desconocida en la superficie.<br>Como xenolito (bombas pp.): peridotita, peridotita essexítica (HH), anortosita, olivinita (HH), que proceden de la serie de las mesetas (= "Tableland").  |  |

ENSAYO DE UNA SINOPSIS DE LAS AGRUPACIONES DE ROCAS DE LAS ISLAS CANARIAS

**LEYENDA**

==== Interrupción erusiva.  
R.K. sp. véase texto cap. I.  
Posición dudosa.

**AUTORES CITADOS**

BT = Bourcart.  
GA = Gagel.  
HH = Harsen.  
NA = Navarro.  
RO = Roverto.  
SMU = Smulikowski.

--- De posición totalmente indefinida todavía.

saltos más profundos de la costa occidental un equivalente a los basaltos de Anaga o incluso un producto primario, no alterado, del tipo de la formación de espilitas. Pero ésta es una correlación muy precaria, que apenas puede mantenerse. Al contrario que en Anaga, falta aquí la intercalación piroclástica que aparecía allí con tanta frecuencia y también la diversidad y densidad de diques. Ahora viene la hipótesis de Hausen, que no considera este complejo basáltico como un miembro basal, sino como un fragmento aislado de una formación basáltica, hundida en parte en el mar; en este caso podría ser de igual época que los basaltos de meseta ("plateau").

Aunque desde el borde de los basaltos de meseta ("plateau") hasta Gran Canaria aparecen en la serie profunda volcánica materiales volcánicos de más de 1.000 metros de espesor, en éstos no se puede reconocer aún la formación de espilitas, típica en otras islas, ni tampoco la capa del límite superior a discontinuidad. A la isla le corresponde un perfil especial, otra historia geológica frente a las islas orientales y occidentales próximas a ella.

Resulta acertado, con H. Hausen, buscar el último eslabón de Gran Canaria en la hondonada más profunda, en la Caldera de Tejada. Aquí, según el citado autor, el núcleo está formado por bancos traquíticos esbeltos y escarpados, en los que se incrustan rocas holocristalinas; éstas son rocas sieníticas alcalinas, que hablan de la presencia de un magma bostonítico, mientras que sus alrededores indican la presencia de un magma foyaitico-marquítico (Hausen, 1958, pág. 193). Estas características permiten tal vez relacionar este núcleo con la formación del núcleo de La Palma y Fuerteventura; si bien la formación circundante allí es más básica, es decir, es una formación de espilitas, de época preterciaria. Si excluimos los basaltos occidentales de Bourcart como eslabón profundo, entonces el complejo traqui-fonolítico representa el próximo eslabón más alto sobre "una formación del núcleo de Gran Canaria". Según el tipo de magma, menos que por la situación relativa, se puede relacionar esta serie con las series de lava traqui-fonolítica del volcán de la Cañada de Tenerife. Esto daría a esta serie una posición relativamente alta, ya que en Tenerife se ha de situar la serie de Anaga en el yacente. O por el contrario, ¿se han de situar las lavas de Anaga a una profundidad mayor? A este desplazamiento se opone de nuevo la relación con la serie basáltica de Madeira. Así, nos parece lo más acertado no establecer previamente en la erupción traquifonolítica del volcán de la Cañada y del de la mitad sur de Gran Canaria un nivel estratigráfico demasiado profundo; se podría pensar en una erupción oligocénica.

La serie fonolítica-traquílica de Gran Canaria está cubierta en isla por una capa de riolitas, descubierta por Bourcart, que a su se apoya en el borde sur de la Caldera de Tejada, según Bourcar Los Nublos. Estas rocas ácidas son un caso único en el archipiéla por lo tanto, se escapan de una correlación, a lo sumo, sustancial te, son comparables con el macizo menor de traquiriolitas de la taña Tindaya, en Fuerteventura; pero éste se ha de concebir más como una diferenciación ácida dentro del grupo de basaltos altos inútil también buscar otro ejemplo de Los Nublos, pues éstos so episodio especial en la historia eruptiva del volcán de Tejada. D ser considerados como el producto de explosiones violentas salida la chimenea del volcán de Tejada y anterior a las lavas y tobas, c también a las cineritas ("coulées boueuses du type peleen", s Bourcart). Al bajar desde el Roque Nublo a las ramificaciones s riores del barranco de Tejada, se atraviesan 250-300 metros de las chas volcánicas (fotos 21 y 22), sobre las cuales, en el plano d cumbre del Llano de la Pez, aparecen estratos de toba horizon (foto 23). Se compara con un relleno potente de brechas, que cayó encima de los bordes del volcán de la Tejada. Según esta compara aparece también allí, donde podía estar el punto de erupción, baj componentes, un gran aumento de bloques de las rocas holocris nas como fragmentos arrancados de profundidades mayores de la menea. Faltan las espilitas, claro indicio de que a pesar de al analogías con Fuerteventura, Gran Canaria tiene otra evolución.

Una vez estudiado el perfil de Gran Canaria, en tanto yace de del nivel de comparación miocénico sedimentario, el puente sedi tario nos lleva —considerando al principio el perfil más profundo estudiar la apartada isla de La Palma, en la correlación estratigrá Pues desde hace tiempo se conoce en ella la existencia de formaci sedimentarias que tienen fósiles. Pero hay que repetir que la co sición paleontológica para incluir en el Mioceno el conglomerad Las Angustias constituye una base muy débil. Sea esta suposición cénica —a falta de otra mejor— el punto de partida para comp correlativamente La Palma con las otras islas. En una comparació tratigráfica resulta esencial la superficie de discontinuidad que se un trozo de la formación espilitica del zócalo y que presenta en el de las Angustias, en el techo, una nueva formación clástica, que gún los hallazgos de Reiss, es de época miocénica. El intervalo de t po en La Palma estaría por eso debajo del Mioceno medio (Vind niense) y habría llegado a desaparecer una parte desconocida e zona superior de la formación de espilitas. En cuanto al valor qu

de darse a un tal intervalo en el perfil de La Palma, queda en lo pu ramente hipotético. Ya ha sido interpretado y valorado de distintas formas. T. Gagel, que sin duda era el mejor conocedor de las islas oc cidentales, estableció la casi insostenible teoría de que la formación de espilitas (= diabasas) se debe comparar con las diabasas devónicas de Alemania. Habría entonces que establecer previamente un increi ble y enorme intervalo de tiempo entre la cobertera y la forma ción del zócalo, para lo cual falta un indicio suficiente. Sorprendente mente, H. Hausen atribuye modernamente (1958, pág. 203) edad pa leczoica (herciniana) a la formación de espilitas y su plegamiento, afirmación que es poco convincente al faltar una manifiesta metamor fización. Ya H. Reck indicó en su tiempo que es totalmente improbable que un aparato volcánico haya permanecido durante tan larguísimo tiempo en el mismo sitio y que conservara el mismo tipo de magma, que va desde la roca profunda a la efusiva que la cubre. El grado de la alteración secundaria y el tipo tectónico no son motivos que justi fiquen esta traslación, como lo han hecho los autores españoles. como un auténtico zócalo. De un tan largo intervalo había de esperarse de la erosión correspondiente huellas más importantes en forma de res tos sedimentarios más potentes: pero no existen, o si existen, muy rara vez (Ampuyenta).

La formación de espilitas ha sido ya considerada muchas veces como un equivalente de erupciones geosinclinales ofiolíticas. Tampoco me parece muy fundada esta comparación. Primero, no aparecen los magmas básicos y ultrabásicos en la forma en que, por ejemplo, lo hacen en un geosinclinal alpino; en un eugeosinclinal; y además fal tan totalmente los sedimentos, como los de las erupciones ofiolíticas, por otra parte; además no se sigue desarrollando este magmatismo inicial orogénicamente. Tampoco está el archipiélago canario en una región de geosinclinal, sino que a lo sumo sólo algunas zonas pueden ser consideradas como una represión.

Al estimar la discordancia en la base del conglomerado de Las An gustias, se ha de considerar también que en la parte inferior de esta depresión erosiva —por debajo de La Vigna— las masas clásticas no solo llegan a la formación de espilitas, sino que en la línea barranco de las Angustias-barranco Hermcsillo (al NO. de Los Llanos) los basal tos y tobas-brechas del Pico Bejonado la recubren, por lo tanto, capas volcánicas que pertenecen ya a la cobertera. Por consiguiente, se viene a aceptar aquí dos discontinuidades, que convergen en la profundidad del barranco de las Angustias, lo que quiere decir que cobertera, en la línea citada, estaría eliminada total o casi totalmente, y esto debido a

una mayor erosión, que no coincide con la superficie de discontinuidad del interior de la Caldera de Taburiente. En el curso ulterior debió desaparecer la discordancia superior dentro de la cobertera. Estas conclusiones finales son un motivo más para poner en duda la edad miocénica media del conglomerado de Las Angustias.

Ya se ha dicho que, entre La Palma y Gran Canaria, la formación de espilitas no puede servir para la correlación, ya que ésta, como tal, no aparece en la parte nuclear de la última isla y solamente la analogía de los magmas profundos holocristalinos, inyectados en los estratos más antiguos, crea una semejanza. Ciertamente es más firme el puente que va hacia la isla de Gomera, que ocupa una posición intermedia. Aquí se realiza la comparación de la formación de espilitas, en cuanto al material, a la tectónica y a las rocas de inyección totalmente de isla a isla. Si aceptamos para una de las dos islas, para esta formación más profunda, una época mesozoica inferior, entonces tiene que tener validez esta clasificación para ambos lugares. Esto ya lo ha hecho resaltar C. Gagel, solamente que, según él, existe una separación grande de tiempo entre el zócalo y la cobertera.

Al ocuparnos primero de las correlaciones de los estratos volcánicos, en un nivel del yacente sedimentario-miocénico, resulta aquí oportuno pasar a la isla de Fuerteventura. Ya se ha hecho constar que esta isla oriental tiene una posición clave en todo el archipiélago, pues el surgimiento de formaciones profundas está aquí mejor desarrollado y ocupa mayores extensiones. No cabe duda de que la formación de espilitas, que ya Hartung delimitó con bastante aproximación, llamándola "trappformation" (incluyendo las sienitas), se puede situar, en cuanto al material y a la clasificación estratigráfica, paralelamente a la formación del núcleo de La Palma-Gomera. Esta fue la idea de antiguos autores y tampoco ha sido discutida nunca por los modernos investigadores. A lo sumo cambió la nomenclatura petrográfica y la determinación más exacta de la edad. Aunque es admisible también el paralelismo con una "formación de diabasas" de la costa norte de Madeira (Porto da Cruz), sería necesario poner en claro otras investigaciones. La serie de magmas sieníticos y de gabro inyectados en todos estos lugares en una formación de espilitas, es un punto de apoyo para la correlación, pero no un criterio demostrativo estricto, pues éstos pueden haber penetrado en rocas de distintas edades, si bien el resultado del examen de la Caldera de Taburiente demuestra que allí nunca han sido llevadas por encima del plano principal de discontinuidad, aunque, como ya se ha dicho, terminan bajo la misma.

Ya que en el trayecto entre La Palma-Gomera y Fuerteventura

están las islas de Tenerife y Gran Canaria, que no presentan formación de espilitas, y que tampoco hablan de esta potentísima formación los pocos xenolitos de las lavas más recientes, se podría concluir que existe una falta primaria de ella o, por lo menos, una gran disminución de potencia de la misma. Como el magma diabásico-basáltico de la formación de espilitas debe su origen a erupciones que tuvieron lugar probablemente bajo el mar, es necesario aceptar que dentro de la estratificación es una zona de depresión, es decir, que coincide con una fosa. Si es así, entonces podría coincidir la falta en el espacio entre las islas de Gran Canaria y Tenerife—para la cual no existe ninguna demostración estricta—con una posición de horst en estas islas. En la zona límite de este horst estaría la zona de efusión de las antiguas emisiones basálticas que ha llevado a la acumulación tan potente de la serie de rocas transformada después en espilitas.

Teniendo esta idea a la vista, se deduce que junto a la depresión (¿mesozoica, posterior?) estratificada en sí, existe de nuevo en el Este una forma de horst. Esta viene dada por el margen del continente africano, que tras sumergirse (Golfo de Bas-Dra, del Sahara español, según Choubert, 1952), se eleva claramente en Senon. Una serie de rocas, que habría que correlacionar con la formación de espilitas, pero como ésta no se ha descrito allí (Alia Medina) y en cambio vuelve a aparecer la serie de monzonitas y essexitas (Hernández Pacheco), las rocas de cobertera es allí el basamento herciniano.

Apoyándose en la presencia de una formación de espilitas para establecer una correlación esquemática, quedan fuera de consideración las islas de Hierro y Lanzarote, pues en ellas el nivel de discordancia principal está oculto bajo las lavas más recientes. La presencia de xenolitos permite deducir, a lo sumo, la existencia de estratos más profundos, aunque no con seguridad. Las "rocas gábricas" de Lanzarote, dadas a conocer por Hausen, pertenecen a éstos. En otro lugar se ha dicho ya que no se ha de dar ningún valor a los ammonites cretácicos de Hierro, ya que no se trata de un xenolito, sino de un trozo de roca llevado allí artificialmente (Navarro).

Es tiempo ya que volvamos nuestra atención a la serie volcánica, tan compleja y potente, de la isla de Tenerife. ¿No está allí la discontinuidad principal del Taburiente o su equivalente cronológico del Mioceno de La Palma? No hay respuesta exacta a esta pregunta, ya que el nivel cronológico desaparece en cierto aspecto por los fenómenos volcánicos, y no disponemos de ningún indicio paleontológico-estratigráfico. Un tiempo de intervención de la erosión marcado en las formaciones volcánicas de esta isla está ciertamente en la época previa a la erup-

ción del volcán de La Cañada (véase Cuadro I). Igualmente siguió a éste un tiempo paroxismal, el cual destrozó de nuevo el poderoso volcán estratificado—que debido a las explosiones estaba reducido en una buena parte—lo rebajó y formó los valles en sus flancos. La erupción del volcán de La Cañada es posterior a la acumulación de la potente serie de basaltos de Anaga, pues el material de Anaga aflora en el Este, y en el Oeste, las erupciones más recientes. Por eso parece oportuno intercalar en el “yacente” de la actividad de Anaga una época que separa la erupción diabásico-basáltica y la basáltico-fonolítico-traquítico. Esta disposición de la discontinuidad de Taburiente obliga a colocar la gigantesca potencia de todas las formaciones volcánicas visibles de Tenerife sobre la formación de espilitas de La Palma; mientras que la discontinuidad del Mioceno medio (en la base del conglomerado de Las Angustias) coincide con la fase de erosión que destrozó más aún las ruinas del volcán de La Cañada (véase Cuadro I). Según esto, la formación del volcán de La Cañada tiene posiblemente una edad oligocénica o miocénica inferior, mientras que la formación de Anaga cae dentro del Oligoceno inferior o Eoceno. Esta situación de Anaga está mantenida también en los trabajos de Hausen, pero me parece significar un máximo de posición profunda. Con las últimas consideraciones hemos avanzado bastante en los complejos que siguen a las discontinuidades principales. Volvamos ahora a las agrupaciones volcánicas que permitan fijar el intervalo volcánico de La Palma, el periodo de sedimentación y empecemos esta vez con las relaciones de Gran Canaria, con Tenerife. Partimos de la hipótesis de que el intervalo mayor está más profundo que la intercalación del Mioceno clástico de Las Palmas. Si hacemos esto y si dejamos sin considerar, hasta tener mejor explicación, la posición de los basaltos occidentales de Gran Canaria, entonces se nota que tanto en Gran Canaria como en Tenerife hay un periodo de magmas ácidos abundantes, lo que permite pensar en una coincidencia temporal recíproca. En la primera isla es el grupo traquifonolítico, al que han precedido las emisiones riolíticas, todavía muy ácidas—en el caso de que éstas realmente existan—, en la última isla es el cuerpo principal de los Picos, que es un complejo traquifonolítico, además de basáltico, que hacia arriba se hace más ácido y que como tal puede llevarnos a una comparación y a la aceptación de un equivalente cronológico. No se ha de disimular el resultado poco satisfactorio de que entonces la formación del volcán central de Tenerife estaría colocado en un nivel relativamente profundo, que sería Miocénico inferior o incluso Oligocénico. La comparación sería más aceptable si se refiere sólo a las lavas y tobas del volcán de La Cañada, para las que ya por

otro camino habíamos llegado a incluirlas en el Mioceno superior. La época que coincidiría en Gran Canaria con el descenso por debajo del nivel del mar—sedimentos vindobonianos—habría que buscarla en Tenerife en la época de la destrucción del volcán de La Cañada.

En las demás islas (La Palma, Hierro, Fuerteventura) aparece sobre la discontinuidad principal una potente acumulación de basaltos, que han debido de ir precedidos o ser intercalados en la base de emisiones traquidoleríticas-tefriticas; sólo en Gomera son más abundantes los basaltos en la base y los magmas fonolíticos más altos.

Con esto hemos entrado en la totalidad del complejo de la potente sucesión de emisiones volcánicas que, por su posición, designamos como “cobertura”. Un estado igual puede referirse también a Hierro, donde la “cobertura” llega hasta el reborde más profundo del Golfo-Caldera. Referido a Gran Canaria, con la “cobertura” se llega al Mioceno superior y a los pisos siguientes, mientras que en las islas más occidentales aparece su base, estratigráficamente, antes y muestra discontinuidad, como las que son naturales a la intermitencia de la actividad volcánica.

En las islas más orientales, para lo cual Fuerteventura presenta la estructura más clara, se ha hecho, en la “cobertura” basáltica, la división en basaltos de meseta “basaltes de plateau” (Bourcart) y basaltos de llanura “basaltes de plaine”, clasificación que nosotros hemos aceptado en consideración al autor antes citado. Entre el primero y el último grupo vuelve a aparecer una marcada discontinuidad, durante la cual actuó la erosión y el desgaste. Se intercala entre los basaltos de meseta “Table land” (=basaltes de plateau) de Hausen y los basaltos de llanura, “lowland”, del mismo autor, quien asignaba, además, al piso más profundo una edad bastante anterior (eocénica) a la que nosotros nos inclinamos a dar.

En este nivel volcánico hemos llegado a la zona de intercalaciones sedimentarias locales; éstas son predominantemente de origen continental, rara vez litorales (formaciones de travertino y de arena calcárea), que, aunque localmente, contienen conchas de gasterópodos (helix), no pueden servir para proporcionar una determinación estratigráfica basada en ellas. Los criterios que indican que en estas extensas emisiones, de las que sobresalen, por ejemplo en Lanzarote, la formación de “table-land” (H. Hausen), hemos alcanzado el Cuaternario, tienen más bien un carácter morfológico-comparativo.

Este es el periodo que tiene una mayor unidad de material y de estratificación en todas las islas. Por todas partes predomina el magma basáltico alcalino y forma, generalmente, las lavas más recientes y los conos de cenizas o escorias periféricas. Con esto pasamos del Cuater-

ario superior a la época histórica que, debido a la falta de noticias históricas, corresponde a un pasado próximo. A partir de estas noticias se puede ver que las últimas manifestaciones del vulcanismo no coinciden a veces en las distintas islas. Sin embargo, estos fenómenos solamente parecen de distinta época comparados con la vida breve de los hombres, pero en la medida con que se miden los fenómenos geológicos se pueden considerar simultáneos.

En las posibles correlaciones dentro de las Canarias resulta acertado hacer una pequeña observación sobre las relaciones estratigráficas de las mismas con Madeira. Como ya se ha dicho (véase capítulo H) se han encontrado sedimentos que contienen fósiles (Lyell, Heer, Hartung) dentro y encima de las series volcánicas, de tal manera que resulta posible establecer una correlación basándose en estas capas fósíferas. El que esto no se pueda hacer con seguridad, a pesar de los diversos estudios paleontológicos, se debe—en cuanto a los sedimentos miocénicos se refiere—a que no está clara la forma de estratificación. Si realmente existe su intercalación en la serie basáltica, entonces éstas, en casi su totalidad, posterior al Vindoboniense y ha de relacionarse con la serie basaltos de meseta "table-land" (plateau basalte).

Es claro que se puede establecer un paralelismo entre las más recientes formaciones calizas en la península oriental de Madeira (Sa Lourenço) y las formaciones análogas de Fuerteventura.

Su fauna de moluscos ha sido estudiada por O. Heer y otros investigadores, que la asignaron edad cuaternaria, y se desprende de su posición relativa en la total edad de las series basálticas de Madeira. Según esto, éstas deben ser el último eslabón del vulcanismo anterior Cuaternario. A esta fase final habrá que añadir el pequeño cráter adventicio de Señora de Redade, en la península de San Lourenço, en que aparecen, según Hartung, arenas calcáreas recientes.

A esta época se ha de referir la de las formaciones periféricas de cráteres de Las Canarias, a un episodio de actividad que en Madeira no ha alcanzado las dimensiones que en el archipiélago del Sur. A las arenas de las dunas tenemos que comparar en edad a los lignitos de Sao Jorge, en la costa norte de Madeira, pues su flora, según Heer sólo puede tener carácter diluvial, una comprobación que se opone a la afirmación hecha en aquel tiempo por Hartung de bandas estrechas de lignitos en la serie de lava propiamente dicha, que precisamente allí tenía que pertenecer a un nivel más profundo—cerca de una formación de diabasas con intercalaciones profundas—.

De mayor importancia para la correlación estratigráfica en Madeira es, naturalmente, la presencia del Vindoboniense, que Hartu

descubrió y describió como un estrato intermedio en la sección inferior de la potente formación basáltica de Sao Vicente (cerca de la costa del Norte). Si está colocado ciertamente, como dice este meritorio investigador de Madeira, en la base de la serie de lava basáltica de mil metros de espesor, la totalidad de las series volcánicas de la isla es de época postvindoboniense y la congruencia con la formación de Anaga es, en cuanto al contenido y forma de estratificación, sólo un fenómeno de paralelismo. A las antiguas formaciones de las Canarias corresponde en Madeira sólo un grupo de lapillis poco potente. De la incierta existencia y de la oscura posición de una formación de espilitas en Madeira se habló ya en otro capítulo.

## J. RELACIONES TECTONICAS REGIONALES

Si en las consideraciones geológicas actuales teníamos que mantenernos con demasiada frecuencia en la incertidumbre y en hipótesis, lo mismo ocurre con las consideraciones tectónicas regionales, sobre estas partes de tierra aisladas que están en el amplio Océano. Estudiaremos las cuestiones que se refieren a las relaciones tectónicas dentro de cada isla del archipiélago y con el continente africano. Como carecemos de los medios informativos necesarios, como mapas batimétricos suficientemente detallados del Océano, o mapas geofísicos sobre la cluse y repartición de las isostasias, de las anomalías debidas a la gravedad, carecemos ya de antemano de una base de partida. Y, sin embargo, nos atrevemos a indicar cómo deben proseguirse e interpretarse estas relaciones. Así, pues, aunque de una forma algo vaga, podemos hablar de:

- 1.º La topografía submarina.
- 2.º Las relaciones tectónicas que de ella se deducen.
- 3.º Comparación con el Continente africano; y
- 4.º Relaciones a la masa ibérica (principalmente en cuanto atañe a Madeira).

Las distintas islas, por su posición en el océano, aparecen rodeadas por una plataforma litoral relativamente estrecha o subplataforma, pues nosotros la limitamos más profundamente de lo que comúnmente se hace cuando hacemos llegar hasta 400 - 500 metros de profundidad; a veces esta limitación en profundidad de una isla, por un lado o por otro, puede estar más cerca que el término medio (Comera), pero a veces puede separarse mucho (Gran Canaria). Estas islas —continuadas en cierto aspecto bajo el actual nivel del mar— aproximadamente 3-900 Km., con excepción de Fuerteventura y Lan-

zarote, que se convierten en una unidad aislada orientada hacia NNE.-SSO., forman masas que sobresalen del profundo fondo del mar.

La isóbata de 2.000 metros varía cuando la agrupación de las islas centrales se junta con las orientales hacia un grupo que penetra en el Oeste. Pero la línea de profundidad de 3.000 metros produce el enlace de las Canarias y, por lo tanto, la existencia de un umbral levantado hacia el Oeste, el espolón de las Canarias ("canaren sporus"), que termina por el Oeste en forma de T (La Palma y Hierro, fig. 1). A continuación sigue hacia el Oeste el talud hacia las grandes profundidades del océano. En un mapa plástico del océano (véase diagrama físico gráfico, Pl. I en Hausen, 1959) aparece, a escala 1 : 5.000.000, el espolón de las Canarias como una sierra tan alta como el Himalaya (ca 7.000 metros de diferencia de altura) con agudos picos. El espolón es dentro del "upper continental rise" del citado autor, cuya zona se ubica hacia el Oeste, aun antes las grandes profundidades oceánicas (2.500 metros), al "lower continental rise" y, hacia el Este, al "continental slope" (punto de comienzo de Fuerteventura y Lanzarote), "talud continental", y por último al "continental shelf" (plataforma continental). El espacio del espolón de las Canarias es, prescindiendo de su origen volcánico, un miembro marginal del bloque siálico africano.

Si consideramos un perfil transversal algo más al Norte y todo el espacio del océano de Marruecos-Mauritania, la caída hacia occidente no es definitiva, pues refiriéndonos a la dirección general del borde continental y a diversas estructuras insulares, se observa, en dirección NO., una nueva formación submarina. Esta profunda ondulación está hundida profundamente en su sección mayor y es, por lo tanto, algo problemática. Parece formar el borde del continente, como el principio y el fin del espolón canario soldado volcánicamente. Llamemos a este relieve el umbral de Madeira, ya que aparece en una cierta posición transversal en la acumulación volcánica con la isla de Madeira y luego parece ramificarse en la isla de Porto Santo. En una rama y aparentemente como zona extrema, está bajo el mar el Banco de Jersina; en la dirección de la otra rama aparece el Banco del Seifin; el Banco Haiward (— 662 m.) y el Banco Gettisburg; la última altitud submarina aparece en el relieve ya en relación a Portugal. Aunque estos puntos de relieve positivo, situados por encima y por debajo del océano, tienen origen volcánico, su clasificación tiene importancia tectónica, ya que incluso pueden tener relación con un horts sedimentario situado en la profundidad. En todas partes hay que enlazar estos horts con un antiguo núcleo, con un zócalo, lo que hace aceptar la hipótesis de que la formación volcánica no se realizó desde un

profundidad infinita, sino más bien que tuvo su origen primitivo a través de la formación del horts cuya fragmentación fue la causa principal de la actividad volcánica. Naturalmente, no se puede discutir la profundidad a que se ha producido esta acumulación volcánica sobre un horts de fondo. En las islas, que más se aproximan a una alta posición primitiva de los distintos horts, es de esperar también el mayor volumen de las rocas profundas, sea como macizos de intrusión, sea sólo en forma de xenolitos. El primer caso se refiere a Fuerteventura, el último a Gran Canaria (rocas nubladas). Como ya se ha dicho, realmente no vemos surgir aquí el horts de fondo, sino que solamente deducimos la proximidad, relativamente mayor, de la intrusión de masas en un zócalo cristalino antiguo. La difusión enorme de las formaciones antiguas en Fuerteventura es al mismo tiempo demostración de la mayor altura del horts alzado entre las fosas, siendo la fosa oriental la menos profunda; corresponde al fondo marino dentro del cual están los demás horts sobre volcanes. Está en relación estrecha con lo anterior la proximidad del borde del continente africano, que ciertamente es también un borde de fractura y que está a más de 100 kilómetros (en Villa Bens) de Fuerteventura. 140 kilómetros tierra adentro viene la sierra paleozoica (devónica), a la que siguen rocas profundas, cámbricas y precámbricas; E. Hernández-Pacheco, Alia Medina y colaboradores han descrito esta formación del Sahara Español (1949).

La intercalación de cuerpos ácidos, básicos o ultrabásicos dentro de las antiguas formaciones del Sahara Español no es ningún motivo que nos fuerce a poder establecer una congruencia con las rocas profundas del vulcanismo canario, como en cierto aspecto se dice. Los macizos del continente africano están en una formación más profunda y sus rocas (granito, etc.) aparecen ya en conglomerados cámbricos, una posición que no corresponde a las condiciones canarias, donde la formación de espilitas representa una potente roca que no aparece, que yo sepa, en la parte africana.

Por lo que se refiere a las relaciones de horts a volcanes estratificados, es interesante comparar aquí el Djebel Siroual, de 3.304 metros de altura, con el Pico del Teide, en Tenerife. Aunque su posición regional en relación a las Canarias, es decir, su prolongación más hacia el NO., es en sentido continental (véase fig. 11); así ésta puede indicar cómo un volcán canario grande se puede apoyar en un zócalo. Como es sabido, el Djebel Siroual se alza en un sector de enlace entre el zócalo precámbrico del Antiatlás y el alto Atlas, y más bien hacia el lado del Antiatlás. Esta base antigua es una fase antigua del plegamiento que contiene pliegues de fondo, formada en una fase del plegamiento



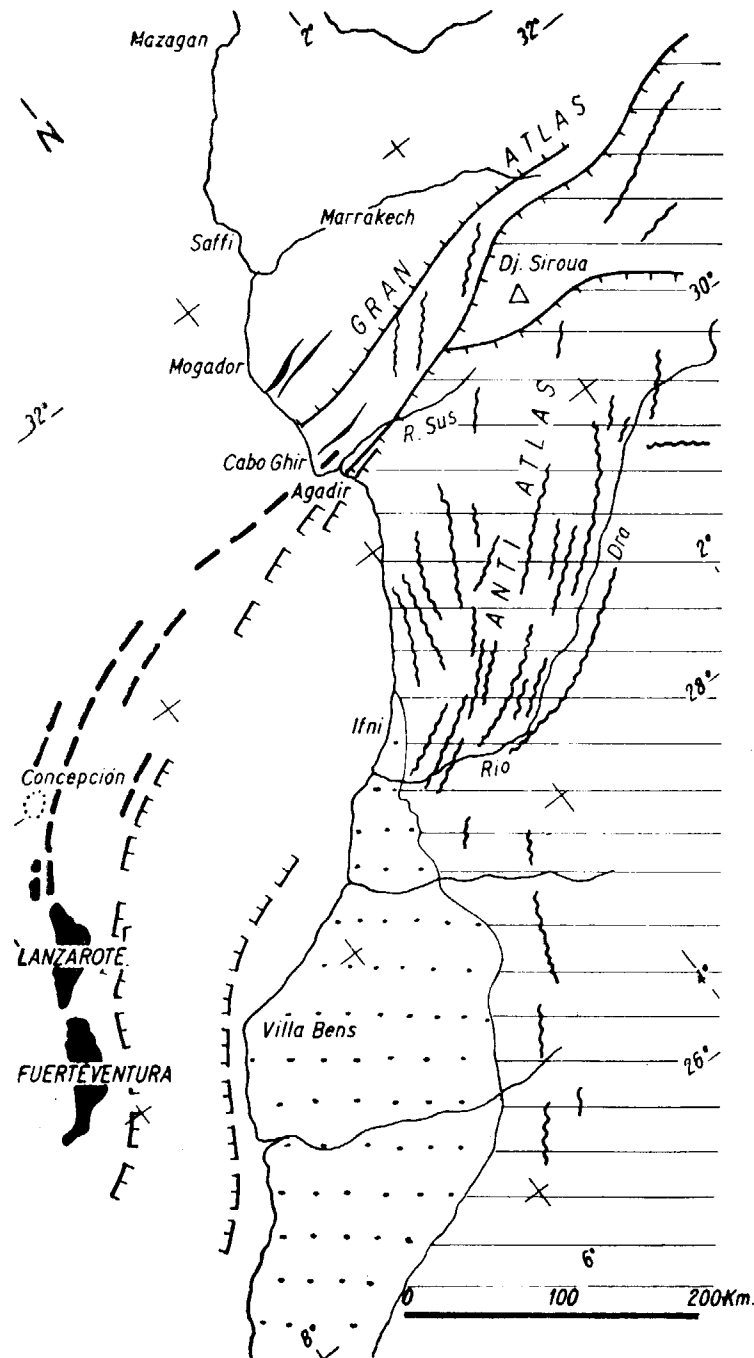


Fig. 11. Representación esquemática sinóptica de las relaciones entre el sistema del Atlas y las Canarias.

Líneas negras gruesas de trazo = Líneas directrices alpino-atlásicas.  
 Líneas onduladas = Líneas hercinianas y prehercinianas.  
 Líneas quebradas = Zonas de fractura y de flexión.  
 Líneas horizontales = Bloque siálico africano, hasta la superficie.  
 Puntos gruesos = Idem cubierto por sedimentos cretácicos y terciarios (teniendo en cuenta solamente la costa de Mauritania).

herciniano (astórico), limitada y atravesada por fracturas. Del Djebel Siroual, que presenta principalmente rocas fonolíticas, dice Choubert (1952, pág. 158): "Se observa allí toda una serie de chimeneas que atraviesan un conjunto volcánico de apariencia caótica, que contiene en el medio una masa fonolítica confusa que, hacia los bordes, pasa a una alternancia de coladas, de brechas y de cineritas... El conjunto está recubierto por un caparazón continuo de dos o tres inmensas coladas." Sólo con poca frecuencia, y en última época, aparecen los basaltos, que, más difundidos cerca de Foum el Koos, contienen también magmas ankaratríticos (como en el sistema de Anaga). Paleontológicamente el Siroua es principalmente pónico o postpónico, ya que sus emisiones pontienses descansan sobre margas pontienses (Choubert). Esta es una época que se podría comparar con el estado de iniciación de picos volcánicos en Tenerife.

Imaginémonos que el continente africano, en cuyo borde norte nos encontramos, en el Antiatlás, es parte de un bloque de síal sobre-elevado; entonces se puede imaginar su relación con el espacio canario, que desde el principio hasta el fin ha sido un sitio de hundimientos, sobre el que luego se fragmentó la masa por amplias fracturas, también transversales; el borde continental fue de modo desigual retrocediendo. Naturalmente, todo esto ocurrió en el curso del desarrollo de un proceso magmático-volcánico que condujo a la formación de los volcanes. El complejo central volcánico de Tenerife estaría en relación al Siroua, como diremos a continuación, dentro de las direcciones que se prolongan en un espacio importante hacia afuera (ONO.).

Parece acertada la idea de que las zonas oceánicas profundas interinsulares, que se pueden referir a las líneas trazadas en dirección SSO.-NNE., reproducen una morfología profunda producida tectónicamente. También la unión de las Purpurarias al continente africano, al conservarse la misma dirección, es digna de ser tenida en cuenta, sobre todo puesto que aquí el estrecho marino no profundo, que desciende poco menos de 1.600 metros, subraya la existencia de una unión con el borde del continente. Si mantenemos también esta dirección para las otras islas occidentales, hemos de reconocerla igualmente allí, especialmente también si se piensa en las profundidades ya citadas y en el espolón que hay al Norte. Las islas redondas, como Gomera y Gran Canaria, se excluyen de estas consideraciones, pero en relación con el conjunto se hace en ellas la dirección purpurari-africana más bien una dirección N.-S.; sin embargo, no del todo (formación nuclear de espilitas?). De ahí la hipótesis de que la totalidad de las islas atlánticas situadas delante del borde del continente marroquí-mauritano

son trozos del continente situados a distintas alturas con coberter volcánica y conservan una dirección aproximada a la meridiana; e decir, que son esencialmente alargadas. Esta es la base de partida par un estudio posterior de los enlaces.

Si imaginamos que los trozos que han quedado en pie en los lugares apropiados estuvieron ocupados desde el Mioceno por formaciones volcánicas crecientes, pericéntricas, al principio, bajo el mar, debía éstos paulatinamente llevarse sobre el nivel del mar. Por ello es plausible que los puntos más activos y los focos volcánicos separados, estén situados en el cruce de las dislocaciones longitudinales y transversales (que limitan horts). Podría hacerse el siguiente cuadro de horts limitados por fracturas:

1. La zona alta de las Purpurarias.
2. El horts aislado de Gran Canaria.
3. El complejo de Tenerife-Gomera, girado hacia el Este.
4. Los horts unidos en profundidad N.-S. Hierro-La Palma.

De distintos resultados obtenidos del examen de la superficie actual se puede deducir que la fragmentación por fracturas transversales en muchos sitios es de importancia —también se han formado depresiones de origen volcánico—. Existe, además, una dirección transversal general que va de NO. a SE., que puede observarse perfectamente. Se han de hacer notar los siguientes casos de traslaciones transversales

1. Fosa de separación. Istmos (istmo de la Pared), que separa la parte principal de la isla de Fuerteventura de la península de Jandia, y que está orientado en dirección NO.-SE.
2. Límite SE.-NO. que cae al occidente de la península de Anag desde Santa Cruz de Tenerife hasta Los Rodeos (La Laguna para luego escindirse y seguir probablemente un curso doble en dirección NNO).
3. Articulación transversal producida por fractura en las partes externas de la falda del volcán de La Cañada, que se manifiesta en los depósitos del bloque de Pedro Gil; dirección SSE.-NNO., pasando a dirección S.-N. y coincidiendo con la depresión del "Ovals de Orotava".
4. Conjunto de Tamaimo-Santiago de Teide; limita el horts de la Sierra de Teno, al SE., y va posiblemente acompañado también al Este por dislocaciones ocultas, que marchan en dirección análoga, en Icod y entre el volcán de Chinyero y Garachic

5. Limitación SO. de Tenerife, en las bandas del sur, de dirección N. 25° O., y sólo comprobable de forma hipotética como dirección de fractura.
6. Dislocación en la dirección transversal de la carretera costera de La Bocaina; separa Fuerteventura de Lanzarote y va en dirección ONO.-ESE. (cubierta por el mar).
7. Fractura transversal de la isla de Gran Canaria, que se extiende desde Agaete (NO.) hacia el nacimiento del barranco de Tiragana (SE.) y, según Bourcart, "antemiocena", con un salto de 700-800 metros.
8. Dirección transversal en la zona central de Lanzarote, entre la zona costera de Arrecife y la de Bahía de Pineo, hacia Tinajo; corresponde a un recubrimiento predominantemente de arena calcárea y separa el curso NNE. del horst de basalto de meseta "table-land" de Guatafe, al NO. del de Tias-Feme; la existencia de esta dislocación transversal es muy hipotética.

Por la enumeración de las dislocaciones transversales, de distintas épocas y de distinta importancia, se nota un predominio de direcciones en el cuadrante ONO.-NNE.; en un trayecto de horst hipotético estarían estas direcciones más o menos en sentido transversal.

Pero junto a esta orientación de las dislocaciones hay otra que va en dirección longitudinal de los bloques horst, de la misma importancia para la génesis volcánica de las islas, incluso para la dirección principal, *a priori*, de estos horst. La dirección longitudinal en el dominio de cada isla se repite por doquier muy claramente. Empezando por Lanzarote, citaremos la importante línea de fractura que va, en la zona occidental, del conjunto de basaltos de meseta "table-land" en dirección de Guatafe-Tiguise, y que ha sido explicada en sus propiedades genéticas y morfológicas por H. Hausen. Posiblemente, como prolongación en distintas épocas, presenta "master fissures", en las cuales está la serie cuaternaria, hasta reciente, de las erupciones recientes de la Montaña de Fuego. Si dejamos las dislocaciones que circundan el bloque fundamental, que sirven de base a las actuales islas y que son totalmente hipotéticas porque están fuera de la observación, al quedar bajo las aguas del mar, nos encontramos con que en el extremo occidental aparece de nuevo la dirección longitudinal. En la isla de La Palma aparece la serie de puntos de salida de lava cuaternarios y recientes, y de los conos de lapillis en la línea media de la isla, trazada hacia el Sur, la cual presenta un predominio de fractu-

ras o líneas de fallas dirigidas de Norte a Sur. Fracturas transversales menores se han formado, además, en el periodo de erupción más reciente en el volcán de Nambroque, 1949 (Ortiz, 1951). Hierro y Gomedan poca información.

Tenerife presenta un caso especial, pues en esta isla, orientada de distinta forma hacia una zona occidental (Anaga-Pedro Gil) se dibuja hoy las líneas de fractura situadas junto a la dirección meridiana, no como dislocaciones longitudinales, sino transversales; también la dislocación que, según Bourcart, recorre transversalmente toda la isla de Gran Canaria, puede ser considerada como una fractura transversa.

Si tratamos de deducir, después de esta breve sinopsis, las causas de un cierto modo reconocible sistema de fracturas, llegamos a la conclusión de que predominan esencialmente las transversales y que éstas desempeñan un papel más importante en el vulcanismo de las islas.

Surge también la pregunta de cómo han podido tener lugar las estrechas relaciones del cortejo plegamientos y de los horst canarios descubiertos por formaciones volcánicas, con el continente africano relativamente próximo, o, en otras palabras, cuál es el tipo de relación con África y, si existe, cuál podría ser su prolongación.

Al discutir estas relaciones, lo más conveniente es, naturalmente, partir de la zona alta próxima al continente, es decir, de la zona formada por las islas de Fuerteventura-Lanzarote (Purpurarias). Estas islas, fisiográfica y climáticamente, especialmente Fuerteventura, tienen afinidad marcadísima con África, pues es también "la mar chica" la que las separa —1.300-1.600 metros, mientras que los demás espacios de separación son de 3.000 metros de profundidad— y a una distancia de sólo 100 kilómetros. Si se prolonga la dirección general de las Purpurarias hacia NNE., entonces se aproxima el extremo occidental al Atlas superior. Sin embargo, sólo se puede hacer una referencia directa entre la dirección atlántica y la de las Canarias orientales, admitiendo un giro de la dirección de las Purpurarias hacia el Este. Esto es una variación de dirección muy aceptable, que, como el alto Atlas en Agadir, va hacia la costa. Estudiemos esto más detenidamente.

El alto Atlas, que se extiende hacia el ENE., termina en Agadir en su segmento más occidental, el "Atlas occidental", mientras que el sector nuclear paleozoico-cristalino, el alto Atlas propiamente dicho, termina a lo largo de la zona sinclinal reciente "du Sous". En el Atlas occidental, que hace al caso para relacionarlo con el espacio canario que existe, según las recientes opiniones de E. Roch (1930), una agrupación de tres anticlinales, que solamente en los elementos del Norte tienen carácter braquicaracter; en la agrupación del Sur (anticlinal du

Lgouz, a 80 kilómetros de trayecto longitudinal con dirección OSO., deja el océano y al mismo tiempo se hunde. La subformación hercínica está orientada de otra forma que la formación mesozoica, al predominar en ella fundamentalmente líneas estructurales principales orientadas casi según el meridiano.

Aquí pasa también la dislocación longitudinal —el anticlinal Lgouz— que separa el alto Atlas del reborde de Sous y encuentra en el puerto de Agadir la costa (1), y tiene quizá también intervención en el enlace submarino.

Así pues, para relacionar tectónicamente los elementos del alto Atlas con la zona de las Canarias orientales (Purpurarias) es necesario considerar dos suposiciones. En primer lugar, necesitamos que haya una variación de dirección y además una persistencia tectónica y una nueva elevación del eje de los pliegues, para poder pensar a la gran distancia (400 Km. aproximadamente) en una equivalencia. Hemos indicado que puede ser típico de las Canarias una tectónica de horsts cuyo miembro más reciente nos es desconocido y, por lo tanto, no puede servir de elemento de comparación con el alto Atlas descendente. Pese a estas lagunas, nos parece acertado situar la parte oriental de las Canarias con el alto Atlas en la misma profundidad en el bloque africano.

Esta y las fosas paralelas situadas en la zona de dislocaciones, en las cuales se produjeron las erupciones basáltico-diabásicas de la formación de espilitas, entran más tarde en el régimen de plegamiento del antepaís, adquiriendo cierta afinidad estructural con el anti Atlas.

Diremos, además, que esta zona apenas puede ser un geosinclinal, sea alpino o varisco. H. Hausen compara las ofiolitas de un geosinclinal con las "rocas verdes de una formación de espilita" —que apenas merecen esta denominación—. Además faltan todos los demás sedimentos, que normalmente acompañan a las auténticas rocas verdes de un sedimento geosinclinal. Pero también R. Staub vio en su "Mecanismo de los movimientos de la tierra", en los espacios marinos de Canarias y Madeira, fragmentos alpinos (interpaíses) (Zwischen massive), al que se unen los geosinclinales parciales. En las Canarias nosotros vemos más bien un elemento africano, pues la zona orogénica alpina termina bruscamente al salir de la masa bética y sus contornos al oeste del estrecho de Gibraltar.

Puesto que se ha hecho antes la comparación del representante

(1) Podría muy bien tener estrecha relación tectónica un rejuvenecimiento de esta falla longitudinal, juntamente con otras transversales secundarias, con los catastróficos terremotos de 29 de febrero de 1960.

más oriental de las Canarias con el alto Atlas —como hacía Hausen—, vía Banco de Concepción (1958, fig. 2) y no con el anti Atlas, que está más cerca, parece indicado hacer una pequeña excursión hacia esta cordillera. Los pliegues del anti Atlas abarcan principalmente Cámbrico hasta Carbonífero (Estefaniense), además de núcleos extensos precámbricos que llegan a la región del bajo Ouad Draa, donde, en sus haces internos del Sur, presentan la dirección general de la cordillera NE.-SO. Según las investigaciones más modernas (Choubert, Marcáis) esta cordillera es de edad westfaliense (Macizo del Erzgebirge) en cuanto afecta a las formaciones superiores (pliegues de cobertera); mientras que el complejo inferior (pliegues de fondo) corresponde a un plegamiento astúrico; ambas partes contienen, por consiguiente, fases del movimiento herciniano (varisco); en total, el sistema montañoso fue afectado después por el plegamiento alpino, pero fue levantado y no plegado a consecuencia de él. Este sistema anti Atlas interno de pliegues, llega a la altura en Aium-Zemzom, se decir, algo más al sur de la costa situada frente a Fuerteventura, doblando hacia el Sur bajo sedimentos más recientes (Cretácico, Eocénico).

La parte plegada externa (más al NO.) del anti Atlas, situada entre la zona de desembocadura del Ouad Draa y Sous, presenta una disposición perceptiblemente distinta, al acercarse aquí la dirección más al meridiano y plegarse aquí los núcleos precámbricos (Kerdous e Ifni). La dirección SSO. hasta SO. sigue siendo predominante en un sector de la costa (Cabo Jubi), situado frente a Fuerteventura. El basamento herciniano está aquí en el "hinterland" de Cabo Jubi; no sigue la dirección regular del anti Atlas hacia el mar y hacia las Canarias, sino que tuerce, más o menos, como la costa, hacia el Sur. Las formaciones más recientes acompañan en igual sentido al núcleo más antiguo. Esto explica por qué las Canarias no pueden tener relación directa con el anti Atlas, muy próximo a ellas. En su parte oriental son una zona paralela al borde del continente, separada de él por fracturas, en la que se repite probablemente, como basamento, una serie análoga de estratos. Si para la parte oriental del archipiélago canario había pocos "indicios" para poder encontrar, más allá del océano, una relación al continente, éstos faltan por completo incluso para las islas más occidentales, que están aisladas. Se explica esto por el recubrimiento volcánico y por la gran distancia al continente. A lo sumo se podría hablar de un determinado paralelismo zonal, que a su vez encuentre apoyo en la topografía submarina. Así se pueden reunir las islas medias, de material distinto, y citarlas como una zona ancha tendida hacia NNO. En esta zona están situadas las islas Salvages y el Banco del

Dacia, separado de las Canarias centrales por un océano de 4.000 metros de profundidad, que se debe considerar como una fosa. El giro hacia el Norte, siguiendo la dirección de las Purpurarias, llegaría a la zona central, la "zona del sub Atlas", y a las zonas de la meseta marroquí; zonas en las que no se puede citar ninguna equivalencia en el material visible.

Todavía más aisladas aparecen las islas occidentales (La Palma y Hierro). La dirección de la primera isla nos lleva fuera, a las profundidades oceánicas (4.000 m.), entre las Canarias y Madeira, a través de las que R. Staub cree poder trazar el plano de plegamiento que enlaza el orógeno alpino (aquí Bético) con un arco Cabo Verde alpino, vuelto hacia el Sur; en el mismo ha de situarse la orientación NE. de las Canarias más occidentales, y esto como el flanco central de una zona hipotética, de la que no se tienen datos (1928, fig. 27). Teniendo en cuenta las interpretaciones tan distintas de las correlaciones atlánticas (Staub, Stille), no hacemos aquí ninguna discusión. Únicamente algunas observaciones sobre la situación de Madeira cerrarán este trabajo. Apoyándose en datos muy inconsistentes sobre la morfología profunda del espacio comprendido entre las Canarias y Madeira, dijimos ya que la isla de Madeira se puede relacionar con el Banco de Josefina, situado más al NNE., en una zona profundamente hundida. Junto a esta zona no claramente limitada hay, sin embargo, una serie de elevaciones submarinas que tienden hacia el NE.; éstas hacen totalmente imposible la relación con el vértice SO. de Portugal; las rocas monchiquíticas-camptoníticas de la Sierra de Monchique, al SO. de Portugal, presentan una analogía magmática con la "facies profunda" de las Canarias, y en una forma menos clara con Madeira.

Si estas relaciones suponen la no existencia de líneas alpinas al otro lado del Estrecho de Gibraltar y la existencia de la tectónica de horts de Africa Occidental hacia el O.-E. y hacia el NO., se deduce otra clasificación muy distinta a la de R. Staub. La orientación E.-O. marcada de la isla de Madeira, que, como la de Anaga en Tenerife, se manifiesta en la formación superior volcánica, según la opinión de este investigador, con seguridad puede ser un fragmento de líneas directrices alpinas. El océano que limita con el bloque ibérico al Oeste, en la depresión portuguesa occidental, es considerado por él como un trozo de meseta hundido, rodeado por líneas alpinas (arco de plegamiento). Un caso semejante podría indicar la dirección E.-O. de la isla de Madeira y de sus satélites del NE. Un espacio mayor separa más hacia el Oeste el espolón de las Azores, que mira hacia Madeira. Esta con-

sideración alpino-tectónica coincide con la existencia o no existencia del paso del Tethys al Atlántico.

Esta participación en una masa de tierra hundida y fragmentada, que después fue recubierta por productos volcánicos, despierta la atención sobre la cuestión de las relaciones con aquel fabuloso continente de la Atlántida. La literatura ha formado una montaña tan alta como el Teide, en la que han contribuido los historiadores y los arqueólogos, los filólogos y los geofísicos, y especialmente los geólogos. Evitamos estudiar estas teorías, pues éste sería un estudio interminable; únicamente las causas internas de la desintegración de la masa africana, del promontorio NO. del continente Godwana, del que se trata, merecerá unas palabras.

Es conocida la hipótesis de la traslación de los bloques siálicos que siguen las corrientes del sima, para buscar en él su equilibrio isostático. Esta tendencia de las corrientes lleva a la ruptura de las paredes más altas, a la fragmentación del borde continental, algunas de cuyas partes se han trasladado hacia el Oeste. Así se han formado los bloques de las Canarias, cuya estructura interna tiene señales de antiguos plegamientos, de bloques grandes separados del cuerpo principal, los cuales subsisten como horts que, soldados de nuevo por el "cemento" del vulcanismo, han aumentado de tamaño.

## BIBLIOGRAFIA

- VAN BEMMELEN, R. W.: "Over de genetische Classificatie van negative vukaa vormen". *Geologie en Minjnbouw*, n.º 1. 1932.
- BOURCART, J., et JÉRÉMINE, E.: "La Grande Canarie. Etude géologique et lithologique". *Bull. Volcanol.*, vol. II, n.º 2. Naples, 1937.
- BOURCART, J., et JÉRÉMINE, E.: "Fuerteventura". *Bull. Volcanologique*, serie II, tome IV. Naples, 1938.
- BRAVO, T.: "Aportación al estudio geomorfológico y geológico de la costa de la fosa tectónica del valle de La Orotava". *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo L, n.º 1. Madrid, 1952.
- BRAVO, T.: "*Lacerta maxima* n. sp. de la fauna continental extinguida del Pleistoceno de las Canarias". *Revista de Estudios Geológicos. Inst. "Lucas Mallada"*. Public. n.º 17. Madrid, 1953.
- BRAVO, T.: "Geografía general de las islas Canarias". T. I. Edic. Goya. Santa Cruz de Tenerife, 1954.
- BLUMENTHAL, M. M.: "Über vulkanische Bergpfade auf den Canaren. Die Alpen". *Quartalheft*, n.º 2. Bern, 1960.
- BURRI, C., und NIGGLI, P.: "Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens". I Teil. Publikat. Stiftung Vulkaninst. Friedländer. Zürich, 1945.
- CHOUBERT, G., et MARÇAIS, J.: "Géologie du Maroc". *Monographies régionales*, 3.ª serie, n.º 6, XIX Congrès Géologique International. 1912.
- COTTEAU, J., et LEMOINE, P.: "Sur la présence du Crétacé aus îles Canaries". *Bull. Soc. Géol. France*, 4.ª serie, tomo 10. 1910.
- FINKH, L.: "Tiefen und Gaggesteine von Fuerteventura". *Zeitschr. d. deutschen geolog. Ges.* Bd. 60. Berlín, 1908.
- FRITSCH, K. VON: "Reisebilder von den Kanarischen Inseln". *Petermanns geogl. Mitteilg. Ergänzungs.* V, Gotha, 1867-68.
- FRITSCH, K. VON, HARTUNG, G., und REISS, W.: "Tenerife. geologisch-

- topographisch untersucht". Ein Beitrag zur Kenntnis vulkanischer Gebirge. Winterthur, 1867.
- FRITSH, K. VON, und REISS, W.: "Geologische Beschreibung der Insel Tenerife". Winterthur, 1867.
- GAGEL, C.: "Das Grundgebirge von La Palma". Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. Bd. 60. Berlin, 1908.
- GAGEL, C.: "Die Caldera von La Palma". Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin. Nr. 3. 1908.
- GAGEL, C.: "Die mittelatlantischen Vulkaninseln". Handb. d. regional. Geologie. Bd. VII. Abt. 10. Heidelberg, 1910.
- GAGEL, C.: "Beiträge zur Geologie der Insel Salvagens Grande". Neues Jahrb. f. Mineralogie, etc. Beil. Bd. XXXI. 1911.
- GAGEL, C.: "Studien über den Aufbau und die Gesteine Madeiras". Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges. Bd. 64. 1912.
- GAGEL, C.: "Begleitworte zu der Karte von Gomera mit einem Anhang über die Calderafrage". Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 77, Heft 4. Stuttgart, 1926.
- GUTZWILLER, A.: "Beitrag zur Kenntnis der Eruptivgesteine von Tenerife". Verh. d. naturf. Ges. in Basel. Bd. XXI. 1910.
- HARTUNG, G.: "Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura". Neue Denkschr. d. allgem. schweizerischen. Ges. f. Naturwissensch. Bd. XV. Zürich, 1857.
- HARTUNG, G.: "Beitrachtungen über Erhebungskrate, ältere und neuere Eruptivmassen etc.". Engelmann. Leipzig, 1862.
- HARTUNG, G.: "Geologische Beschreibung der Inseln Madeira und Porto Santo". Engelmann. Leipzig, 1864.
- HAUSEN, H.: "Hidrografía de las islas Canarias". Studiorum Canariensium Institutum. La Laguna de Tenerife, 1954.
- HAUSEN, H.: "Contributions to the Geology of Tenerife". Societ. Scientiarum Fennica. Commentationes physico-mathematicae, XII, 1. Helsingfors, 1955.
- HAUSEN, H.: "On the Geology of Fuerteventura". Ibid., XXII, 1. Helsingfors, 1958.
- HAUSEN, H.: "On the Geology of Lanzarote". Ibid. XXIII. Helsingfors, 1959.
- HEER, O.: "Über die fossilen Pflanzen von St. Jorge in Madeira". Neue Denkschr. d. allgem. schweiz. Ges. f. de. ges. Naturw. Bd. XV. Zürich, 1857.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: "Estudio geológico de Lanzarote y de las isletas Canarias". Mem. de la Real Soc. Esp. Hist. Nat. T. VI. Madrid, 1909.

- HERNÁNDEZ-PACHECO y ALIA MEDINA, M. (y colaboradores): "El Sahara pañol". Estudio geológico y botánico. Parte II, cap. I. Madrid, 1949.
- HERSEN, B. C., THARB, M., & EWING, M.: "The floors of the oceans". I. The North Atlantic. Spec. Papel n.º 59. 1959.
- JÉRÉMINE, E.: "Contribution à l'étude petrographique des trois îles de l'Archipel Canarien: Tenerife, La Palma et Gran Canaria". Bull. d. l. Soc. Franc. d. Minéralogie. T. 56. Paris, 1933.
- VON KNEBEL, W.: "Studien zur Oberflächengestaltung der Inseln Palma und Ferro Globus". XC, Nr. 20 & 21. 1906.
- KÜNZLI, D. E.: "Petrographische Resultate einer Teneriffareise". Mitteilg. d. naturf. Ges. in Solothurn. Bericht XVI, Heft IV. Solothurn, 1911.
- MARTELL y SANGIL, M. M.: "Génesis del Archipiélago Canario". Estudio geológico del Inst. "Lucas Mallada", núm. 13. Madrid, 1951.
- MATEOS, J. P., y SANGIL, M. M.: "La península de Anaga y estudio de algunos arenales del litoral de Tenerife". Anales de Edafología y Fisiología vegetal. T. XIII, núm. 9-10. Madrid, 1954.
- MEYER, H.: "Die Insel Tenerife, Wanderungen im kanarischen Hoch und Tiefland. Leipzig, S. Hirzel, 1894.
- NAVARRO, F. L.: "Observaciones geológicas en la isla de Hierro". Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat. T. V, núm. 2. Madrid, 1908.
- NAVARRO, F. L.: "Sur la structure et la composition petrographique du Pic de Teide". Copt. Rend. Acad. des Sciences. Paris, 1917.
- NAVARRO, F. L.: "Sur la non-existence du Crétacé dans l'île de Hierro (Canaries)". Compt. Rend. Acad. des Sciences. Paris, 1918.
- NAVARRO, F. L.: "Observaciones geológicas en la isla de Gomera". Trabajos del Museo Nac. de Cienc. Nat. Ser. geol., núm. 23. Madrid, 1918.
- NAVARRO, F. L.: "Islas Canarias". Guía A-7 del XIV Congreso Geológico Internacional. Madrid, 1926.
- ORTIZ, J. R.: "La erupción del Nambroque, en la isla de La Palma". Boletín Inst. Geol. y Min. de España. T. LXIII. Madrid, 1951.
- PADILLA, S. B.: "Ensayo de síntesis geológica del archipiélago canario". Publicaciones del "Museo Canario". Las Palmas, 1945.
- PREISWERK, H.: "Beitrag zur Kenntnis der Eruptivgesteine von Teneriffa". Verh. d. naturf. Ges. in Basel. Bd. XXI. 1910.
- RECK, H.: "Zur Deutung der vulkanischen Geschichte und der Calderabilung auf der Insel La Palma". Zeitschr. für Vulkanologie, Bd. XI. 1927.
- REISS, W.: "Die Diabas und Lavenformation der Insel La Palma". Reidel. Wiesbaden, 1861.

- RITTMAN, A.: "Vulkane und ihre Tätigkeit". Enke, Stuttgart, 1930.
- ROCH, E.: "Etudes géologiques dans la région meridional du Maroc occidental". Notes et Mem. Serv. Mines et Carte géologique Maroc, n.º 9. 1930.
- ROTHPLETZ, A.: "Das Thal von Orotava auf Tenerife". Petermanns Mitteilg. Bd. 35. Gotha, 1889.
- ROTHPLETZ, A., und SIMONELLI: "Die marinen Ablagerungen auf Gran Canaria". Zeitschr. d. Deutch. Geol. Ges. Bd. 42. 1890.
- ROVERETO, G.: "Dal Pico del Teide alla Caldera de Taburiente". L'Universo, n.º 1. 1927.
- SAPPER, K.: "Beiträge zur Kenntnis von Palma und Lanzarote". Petermanns Mitteilg. Bd. 52. Gotha, 1906.
- SMULIKOWSKI, K. (et collaborateurs): "Contribution à la petrographie des Iles Canaries". Archives de Minéralogie, etc., de la Soc. des Sciences et de Lettres de Varsovia. Warszawa, 1946.
- STAUB, R.: "Der Bewegungsmechanismus der Erde Borntäger". Berlin, 1928.
- STÜBEL, A.: "Über die genetische Verschiedenheit vulkanischer Berge". Veröffentl. d. vulkanolog. Abt. d. Grassi-Museums zu Leipzig. 1903.
- WILLIAMS, H.: "Caldeiras and their origin". University of California Public. Vol. XXV. Berkeley, 1941.
- VON WOLFF, F.: "Der Vulkanismus", II. Band. 2, Teil, Alte Welt: Atlant. Ozean, Stuttgart, F. Enke. 1931.

En consideración a los trabajos de mayor valor histórico o noticias sobre erupciones o investigaciones petrográficas aisladas que aquí no han sido citadas, consúltese la Bibliografía de HAUSEN (1955, 1958 y 1959).



Foto 1.—La costa sur de Anaga, en Santa Cruz de Tenerife. Las canteras, en el yacente del basalto de Anaga, en el extremo sur de la Mesa del Ramonal, aparecen detrás de un grupo de "Cardones" ("Euphorbia canariensis" L.), más allá se ve el muelle y la zona costera de la ciudad de Sta. Cruz.

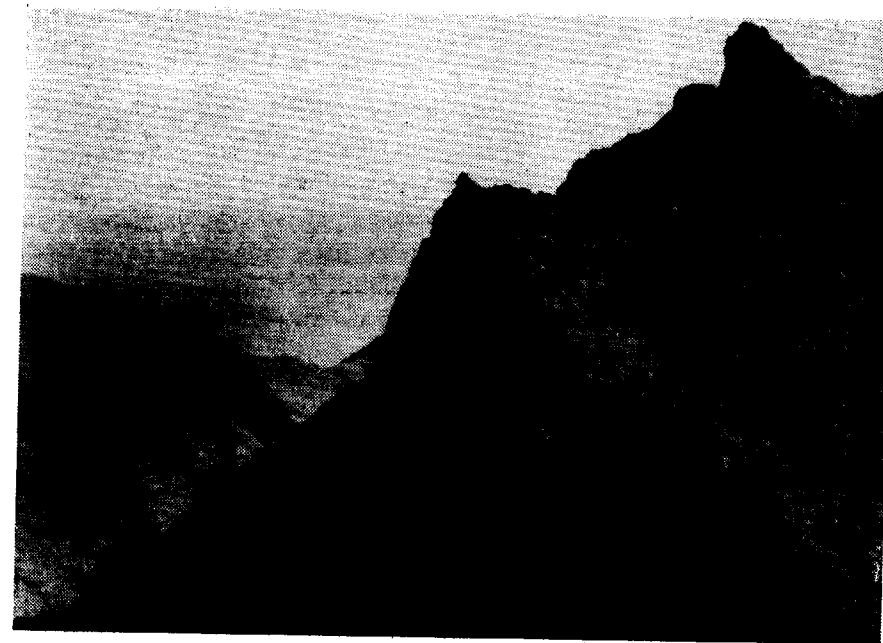
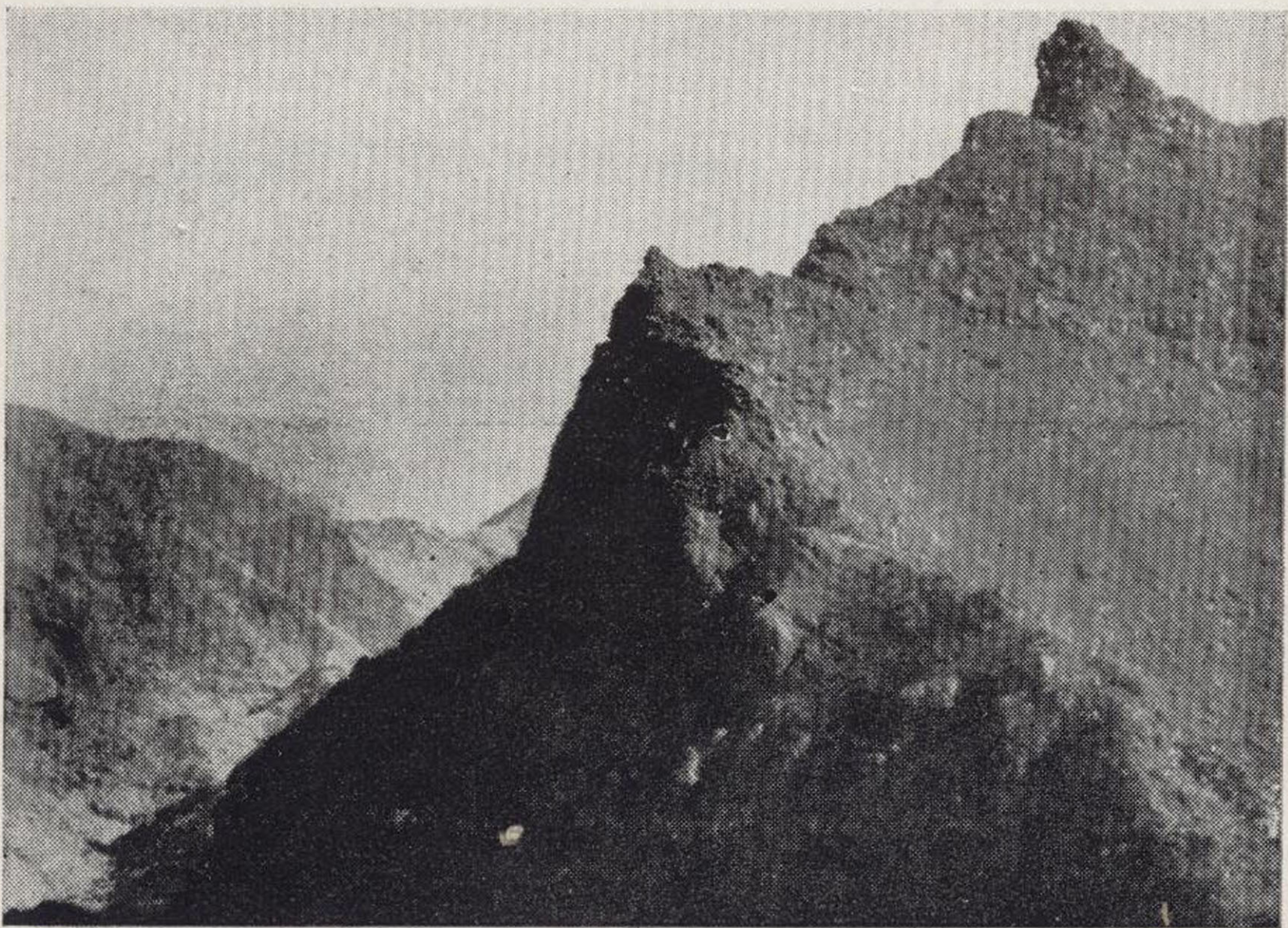


Foto 2.—El abrupto escarpe del Roque de la Fortaleza frente al Valle de Bufadero. Bajo los basaltos de Anaga aparece la formación de lapillis (en la sombra del centro); forma también la pendiente del Valle de Bufadero, con intercalaciones de capas basálticas.



**Foto 1.—La costa sur de Anaga, en Santa Cruz de Tenerife.**

Las canteras, en el yacente del basalto de Anaga, en el extremo sur de la Mesa del Ramonal, aparecen detrás de un grupo de "Cardones" ("Euphorbia canariensis" L.), más allá se ve el muelle y la zona costera de la ciudad de Sta. Cruz.



**Foto 2.—El abrupto escarpe del Roque de la Fortaleza frente al Valle de Bufadero.**

Bajo los basaltos de Anaga aparece la formación de lapillis (en la sombra del centro); forma también la pendiente del Valle de Bufadero, con intercalaciones de capas basálticas.





**Foto 3.**—Terreno entre la Montaña Guerra y Santa Cruz, en el barranco de Los Santos.

Claramente, y a la izquierda, aparece la ladera sur del volcán de la Guerra. En primer plano, y en el centro, se extiende la zona plana de los basaltos de La Laguna, en los que está el suburbio de La Candelaria, cerca del cual puede verse la profunda cortadura de la erosión del barranco de Los Santos. Las formaciones en sombra corresponden a los basaltos de Anaga. En el fondo, el Océano con la ciudad de Santa Cruz.



**Foto 3 a.**—El volcán parásito de la Montaña de Guerra entre Sta. Cruz y Laguna. Se ve desde el Noroeste, sobre el cono de 443 m. de altura (claro), cuyo cráter es bien visible. Los materiales del cono son escorias, bombas y tobas, mientras que en el fondo del barranco de Los Santos aparecen bancos de lava muy inclinados.

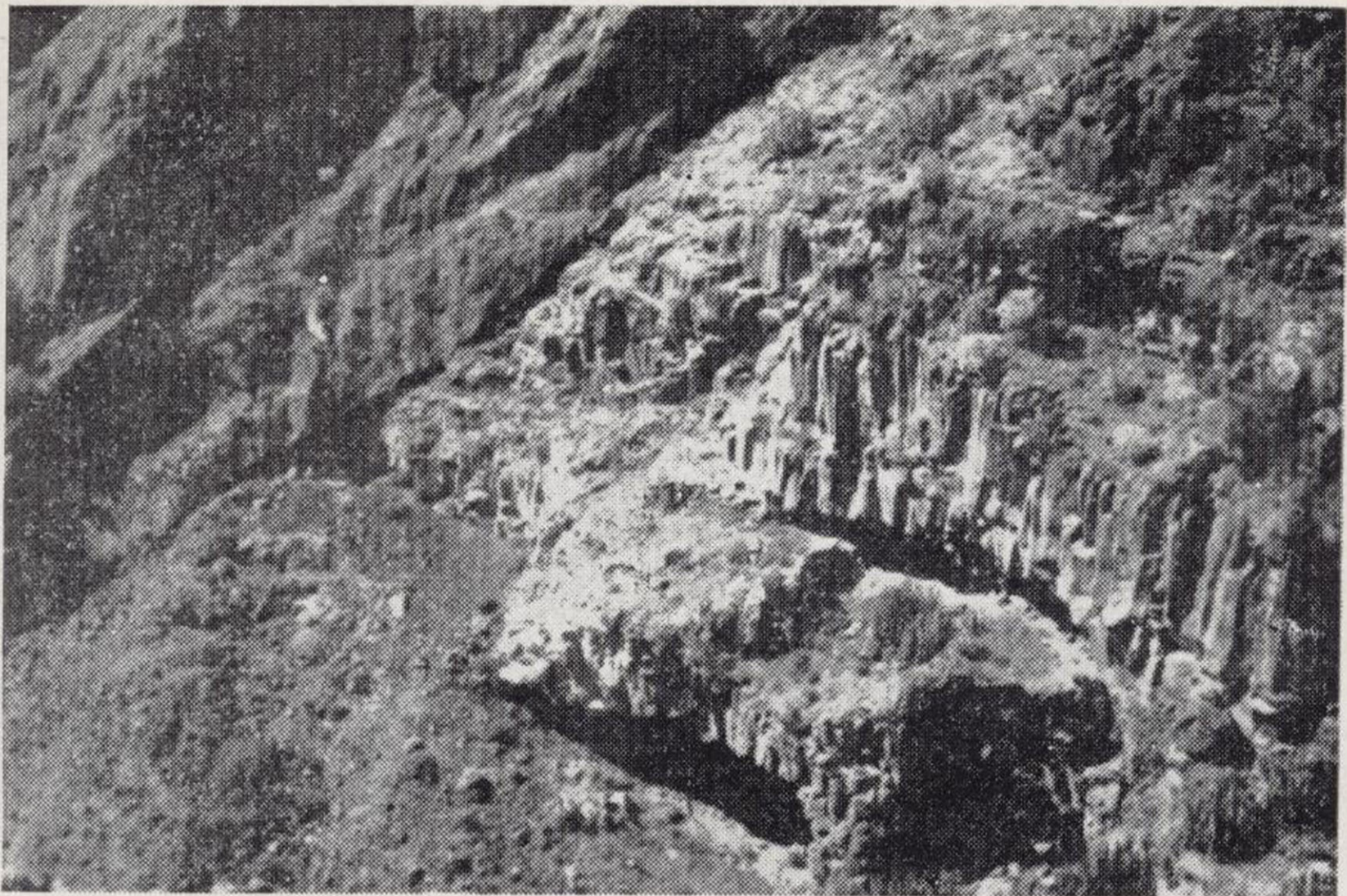


Foto 4.—Superposición de los basaltos de Guerra sobre los basaltos de Anaga, en el barranco de Los Santos

Cerca del pequeño "pantano", en el citado barranco, están las lavas de la Montaña de Guerra, unas con una inclinación de  $25^{\circ}$ ; otras, escarpadas, en marcada discordancia sobre los basaltos más planos de Anaga (a la derecha), que presentan disyunción columnar.

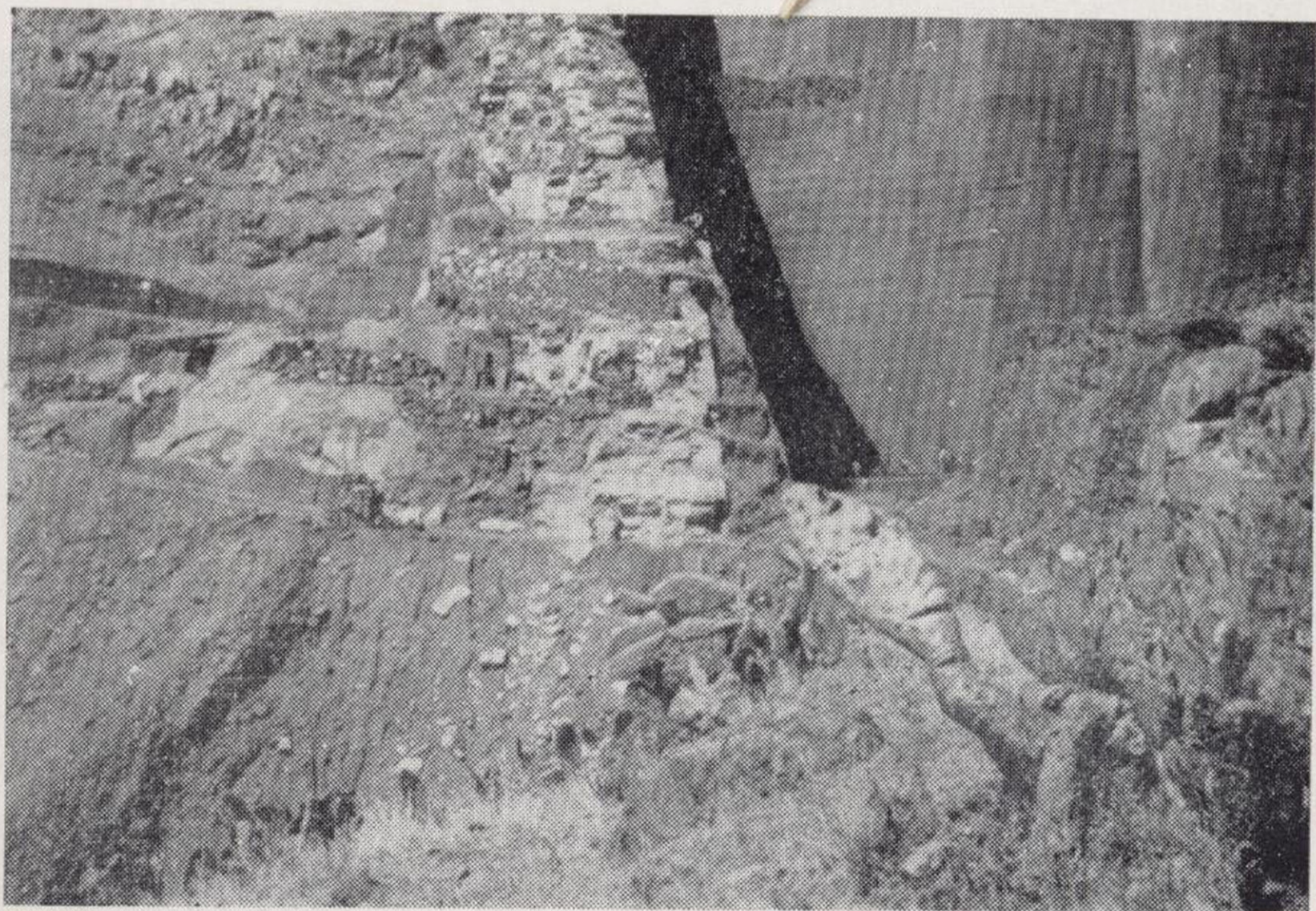


Foto 5.—Entrada a la formación del "Murette colorado", en el valle superior de Tahodio.

Sobre el tronco-opuncia del primer plano está la entrada a la gran "Tosca". A la izquierda de la misma se ve un dique de basalto de seis metros de potencia; mientras que la formación de lapillis en la cumbre—localmente,  $25^{\circ}$  aprox. de buzamiento al Norte—de la bóveda.



Foto 6.—Interior de la formación del “Murette colorado” (valle de Tahodio). En primer plano, bloques prismáticos de tosca amontonados. El fondo plano de la cantera está rodeado por paredes firmes, verticales.



Foto 7.—Fotografía de la vegetación y posición del pueblo de Taganana, en el flanco norte de la bóveda de Anaga.

En el centro de la fotografía, un ejemplar de “*Dracaena Draco*” L., endémico, de Las Canarias. A la izquierda y a la derecha del mismo los dos sectores del pueblo de Taganana.



**Foto 8.—Peñascón en la costa norte de Anaga, en Las Palmas. Roque de la Tierra.**  
La roca, no examinada de cerca, está formada, en la parte izquierda de la fotografía, por un grueso dique, que se presenta aislado (fonolítico?), mientras que la base (por debajo de las puntas inferiores de La Palma) corresponde a un basalto de Anaga.



**Foto 9.—Las líneas axiales de la cumbre de la península de Anaga, en Bailadero.**  
La cumbre abarca la estrecha zona comprendida entre el Roque Guaniaca (borde izquierdo, fonolítico?) y la región (fondo) del Pico de Mimante (953 m.); allí mismo está la zona de bosque de la cumbre ("Ficus Laurus", etc.). Al final de la línea blanca de la carretera está Bailadero; a la derecha, la bifurcación del valle de San Andrés.



**Foto 10.—Flanco derecho del valle de Afur, con los picos de “Cumbrecillos”.**  
Se puede reconocer en las pendientes escarpadas un sistema de diques prácticamente verticales (principalmente basálticos). En la profundidad del valle de Afur se ve una fonolita, que no llega, sin embargo, hasta la cumbre de “Cumbrecillos”.



**Foto 11.—El picacho del Roque de las Animas, en Taganana.**  
Esta roca es esencialmente una fonolita, pero está atravesada por diques más recientes. Más allá se puede ver, a lo lejos, el Cuerno del Roque de Taborno (basalto de Anaga).

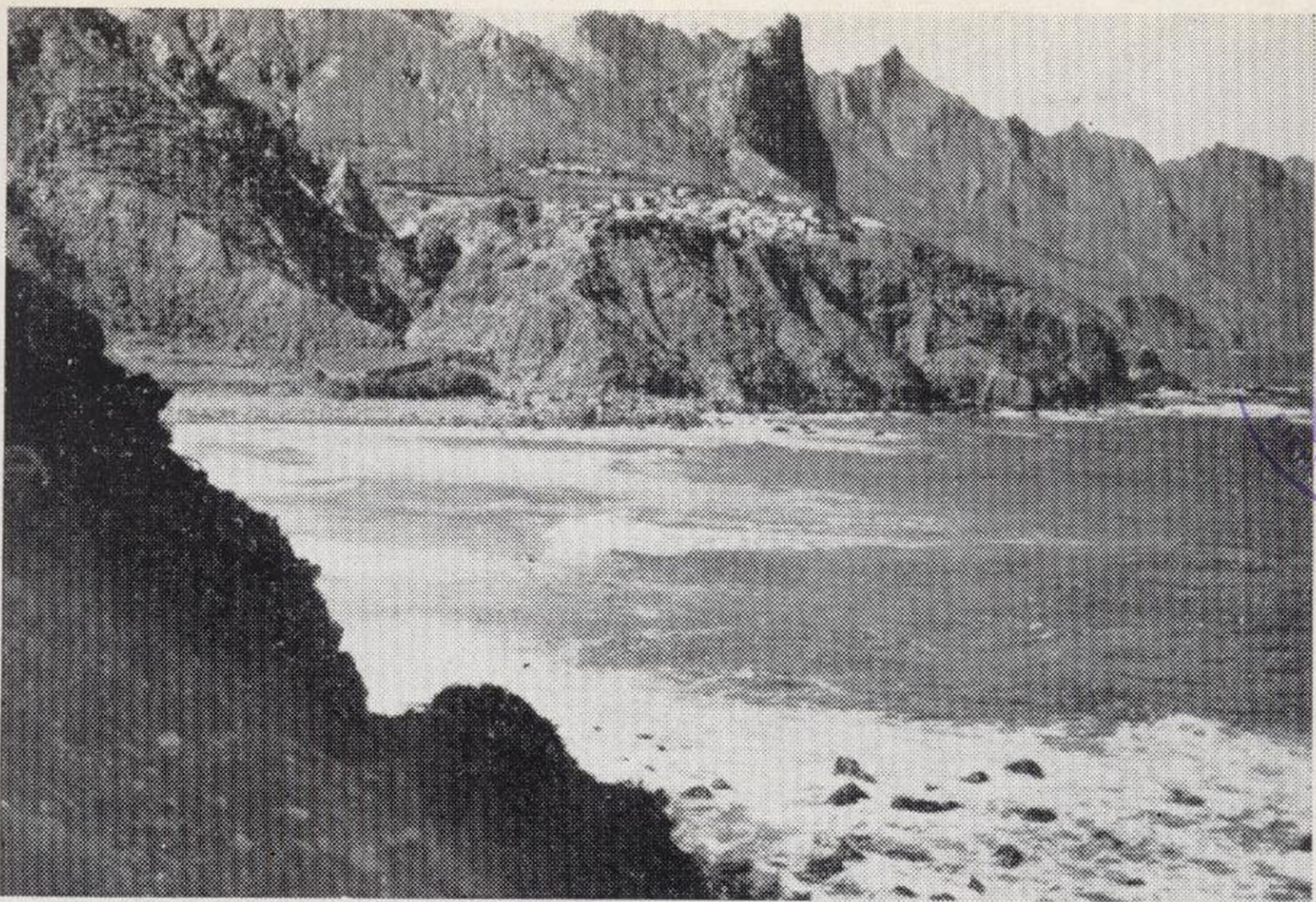


Foto 12.—La accidentada costa norte de la península de Anaga, en el pueblo de Almaciga.

En la fotografía aparece, a la derecha, los "Cumbrecillos"; delante de éstos, el Roque de las Animas, y en el centro, el pueblo de Almaciga, que está sobre un cono de cenizas.

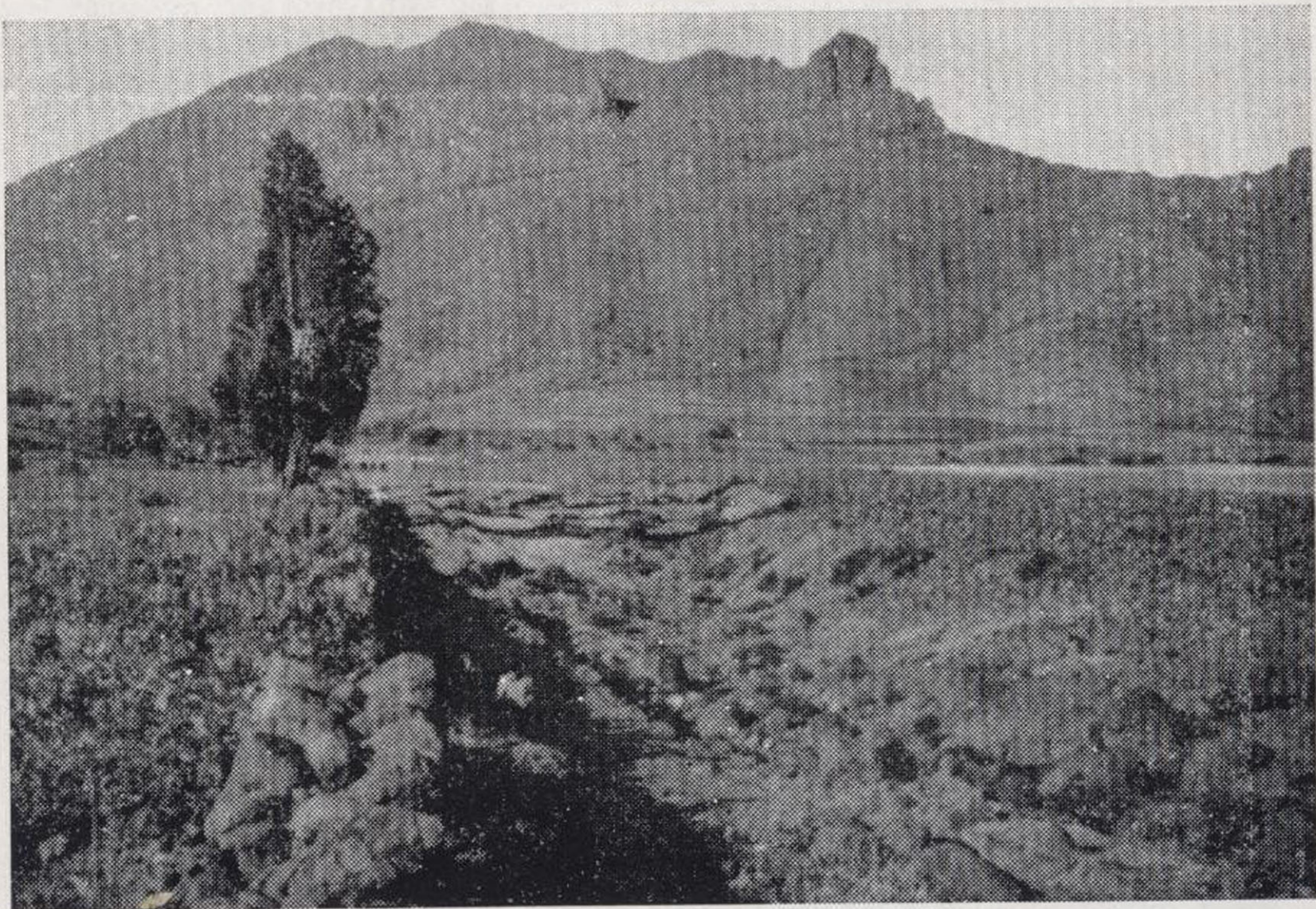


Foto 13.—El borde abrupto de la montaña de Teno, en relación a la base del volcán central en Santiago del Teide.

La vista abarca desde el Valle de Arriba, en Santiago (al Nornoroeste), hasta la laguna de Loma de Masca. En la pendiente aparecen las antiguas lavas de la Sierra de Teno; la hondonada del primer plano está rellena por lavas basálticas más recientes del crater adventicio (Montaña de Bilma), cuyos productos han sido arrojados al muro del borde escarpado o han sido arrastrados.



**Foto 13a.—El Chinyero (1.602 m.), visto desde el Este.**

Este cráter adventicio sólo se conserva en su mitad norte. Por debajo de este medio volcán está el cráter por el que salió hacia la izquierda la potente corriente de lava del año 1909. Es posible que esta última corriente de lava hiciera desaparecer la mitad sur de la pared del cráter; o que su desaparición sea debida a una erupción anterior. En el primer plano aparecen tres corrientes de lava de distintas épocas, que se puede reconocer por el grado de alteración, en la anterior (a lo suma algunos cientos de años) se ha desarrollado la vegetación.



**Foto 13b.—Vista del borde de la sierra de Teno frente al volcán central.**

En el horizonte se alzan el Pico del Teide (a la izquierda) y el Pico Viejo (a la derecha). En las laderas, inclinadas hacia el Este (en algunas zonas, con muchos pinos), se encuentran varios cráteres adventicios (entre ellos el de Chinyero; el más grande (en el centro de la fotografía), en la montaña de Bima, desde el cual las corrientes de lava, a través de un canal de irrigación (raya blanca), llegan a la hondonada de Santiago de Teide. (Se ve también el cementerio.) En primer plano, junto a las brechas de lava (pertenecientes



**Foto 13c.**—La zona marginal entre el terreno al pie del volcán central de Tenerife y la sierra de Teno.

Toda la mitad derecha de la fotografía está ocupada por las corrientes de lava que vienen de la montaña Bima, hasta las cuales llegan las paredes abruptas de Teno (ángulo izquierdo). Al pie de la última está el pueblo de Santiago del Teide. A modo de península sobresale, al fondo, el espolón de Tomaseche (1.270) correspondiente al substrato de Teno. Por encima de éste pasa la carretera que va a Icod de los Vinos.



**Foto 14.**—Vista del fondo de las cañada-calderas de la falda de la Montaña de Chahorra.

Claramente se ven, en el fondo, las paredes de las cañadas, separadas de las lavas del Chahorra que llenan el fondo de la caldera. Las paredes de la caldera abarcan el sector comprendido entre las Cumbres de Uanca (2.500 m. aprox.), a la izquierda, y la sección de la Boca de Tauce (estrecho). El primer plano está ocupado por las lavas "thefritoideas" (Jeremine) del volcán de Chahorra (1.798).





**Foto 15.—El Pico Viejo visto desde el Pico del Teide.**

El cráter, en forma de caldera, tiene una profundidad relativamente grande; parece que sus corrientes de lava son prehistóricas (siempre en el calendario cristiano). Están en el paso entre Pico Viejo y Teide, sobre estratos de piedra pómez (gris en la fotografía). La estrecha colada permite reconocer el profundo canal (túnel de lava).



**Foto 16.—El cono del Teide visto desde Pico Viejo.**

Toda la parte central de la fotografía está ocupada por los fragmentos de piedra pómez, antes citados. Por encima, las corrientes de lava, obsidiana, que aquí van hacia el N. de la Rambleta, sobre la que se ve el pico del Teide.



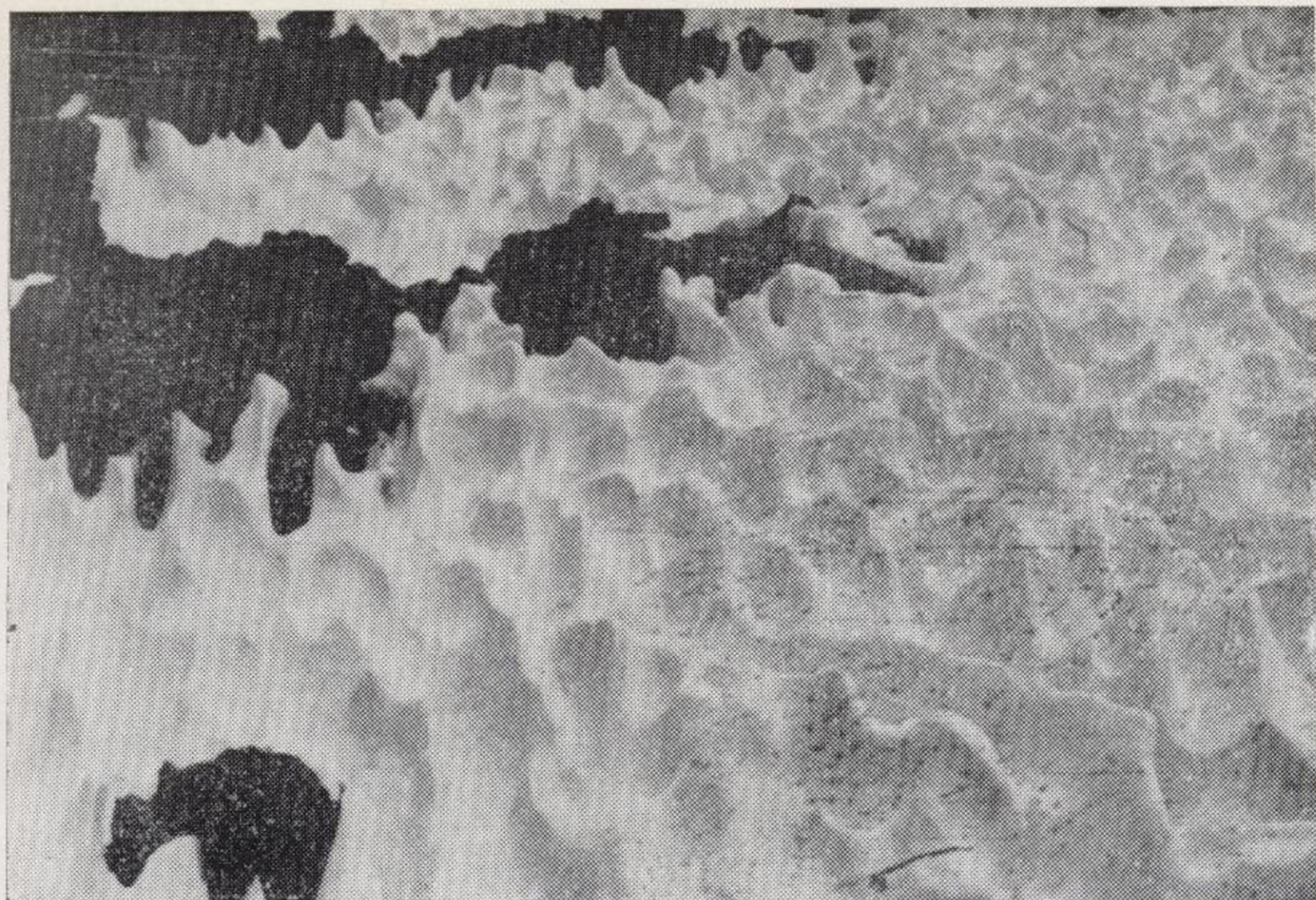
**Foto 15.—El Pico Viejo visto desde el Pico del Teide.**

El cráter, en forma de caldera, tiene una profundidad relativamente grande; parece que sus corrientes de lava son prehistóricas (siempre en el calendario cristiano). Están en el paso entre Pico Viejo y Teide, sobre estratos de piedra pómez (gris en la fotografía). La estrecha colada permite reconocer el profundo canal (túnel de lava).



**Foto 16.—El cono del Teide visto desde Pico Viejo.**

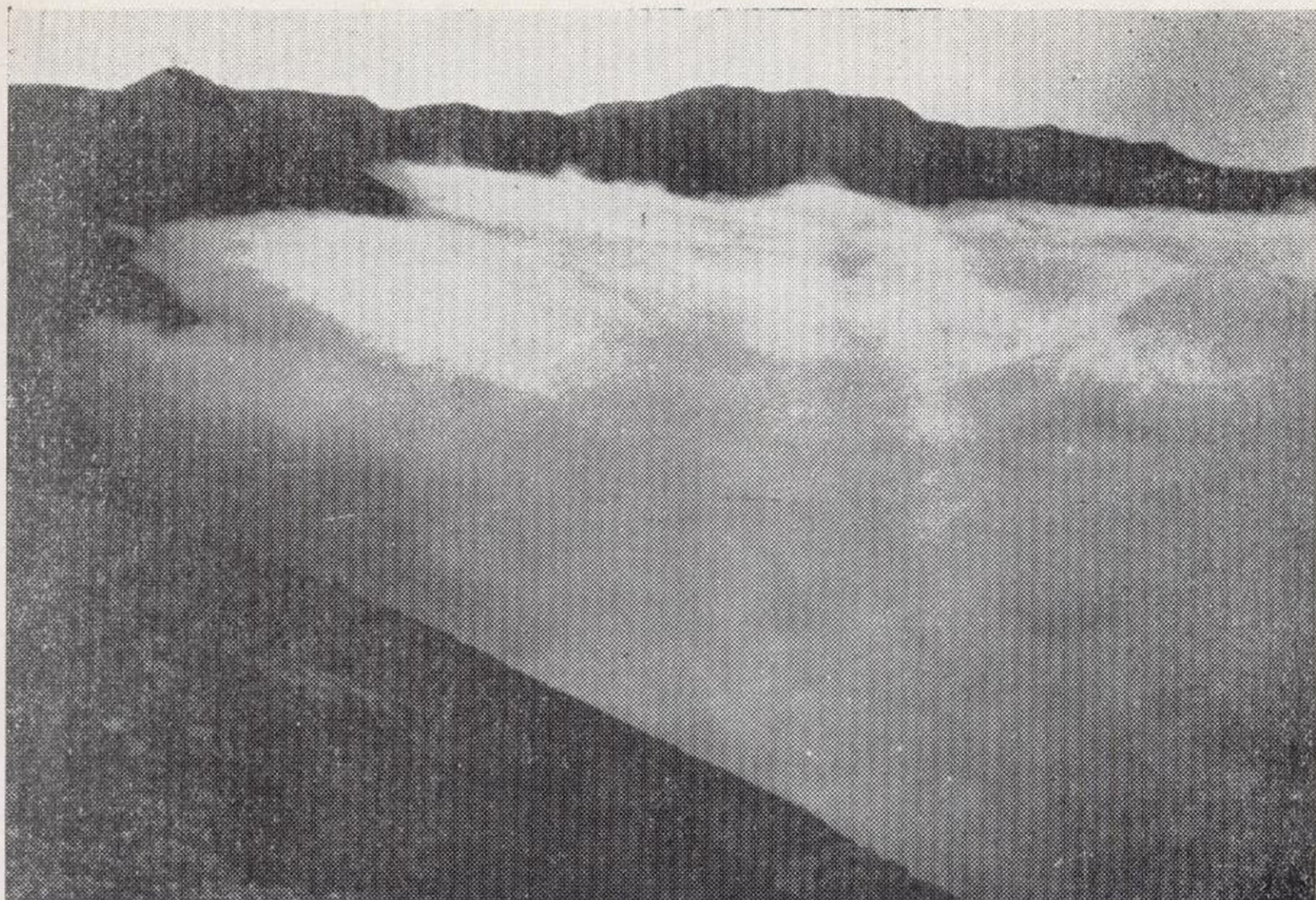
Toda la parte central de la fotografía está ocupada por los fragmentos de piedra pómez, antes citados. Por encima, las corrientes de lava, obsidiana, que aquí van hacia el N. de la Rambleta, sobre la que se ve el pico del Teide.



**Foto 17.—Nieves “penitentes” en la lava de la Rambleta del Pico del Teide.**  
En menos cantidad, también en el Teide aparece la “nieve penitente” de los Andes, en la primavera. La foto es de fecha 7 de mayo de 1958, y la nieve no tardó unas semanas en tomar la forma de “nieves penitentes” (Büsseraschnee).



**Foto 18.—Relieve de las “nieves penitentes” del Pico del Teide (3.500 metros aproximadamente sobre el nivel del mar).**  
La nieve está cubierta por polvo de lava, que no influye en la dirección del deshielo; éste es principalmente la de la dirección del viento.



**Foto 19.—Vista sobre el Golfo-Caldera en la isla de Hierro.**

La excavación de la semi-caldera está cubierta por la niebla matutina. Por encima llega la línea de la cresta del borde de la caldera, que aquí, en la Montaña Tenerife (al fondo), alcanza los 1.500 m.



**Foto 20.—Vista del fondo de la Caldera en la isla de Hierro.**

Al pie de la abrupta ladera o pendiente inferior del borde de la caldera se reconocen las pequeñas agrupaciones del municipio de Frontera (cultivo de vino); el punto blanco aislado corresponde a la pequeña iglesia de El Hoyo, que ha sido edificada junto al borde del cono adventicio de cenizas dentro de la caldera. Iluminado por el sol se ve en el primer plano, junto al borde superior de la caldera, un dique vertical erosionado.



Foto 21.—La ladera sur de la parte más alta (La Culata) del valle de Tejada en Gran Canaria Central.

Vista de las capas más o menos horizontales del volcán central de Tejada, sobre las que sobresalen las brechas de Nublo, picacho agudo (Roque Nublo, en el borde superior de la fotografía).

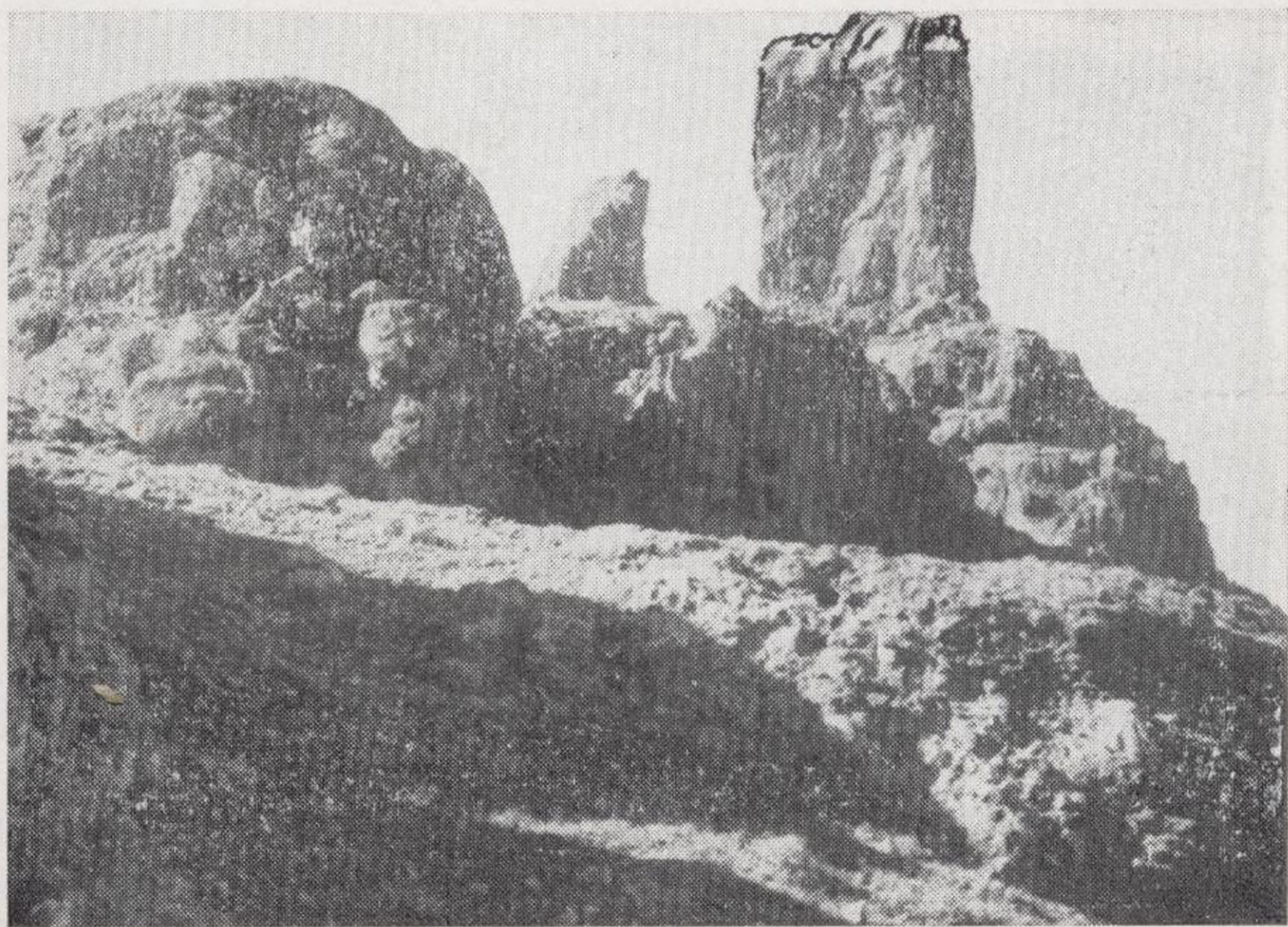


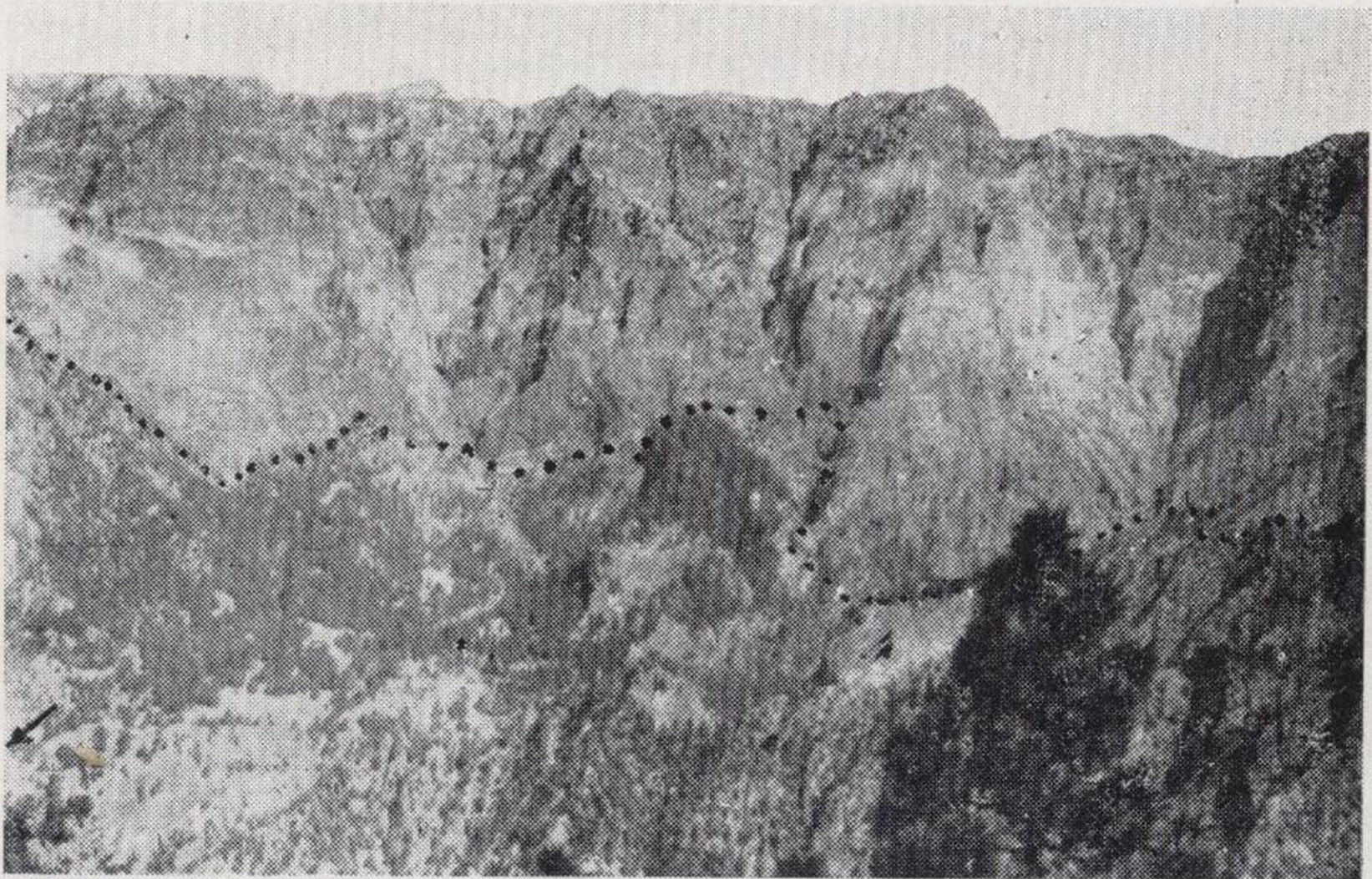
Foto 22.—Las brechas Nublo y el agudo pico del Roque Nublo.

Al subir al pico se ve una brecha compacta de gruesos elementos, erosionada, con multitud de componentes holocristalinos.



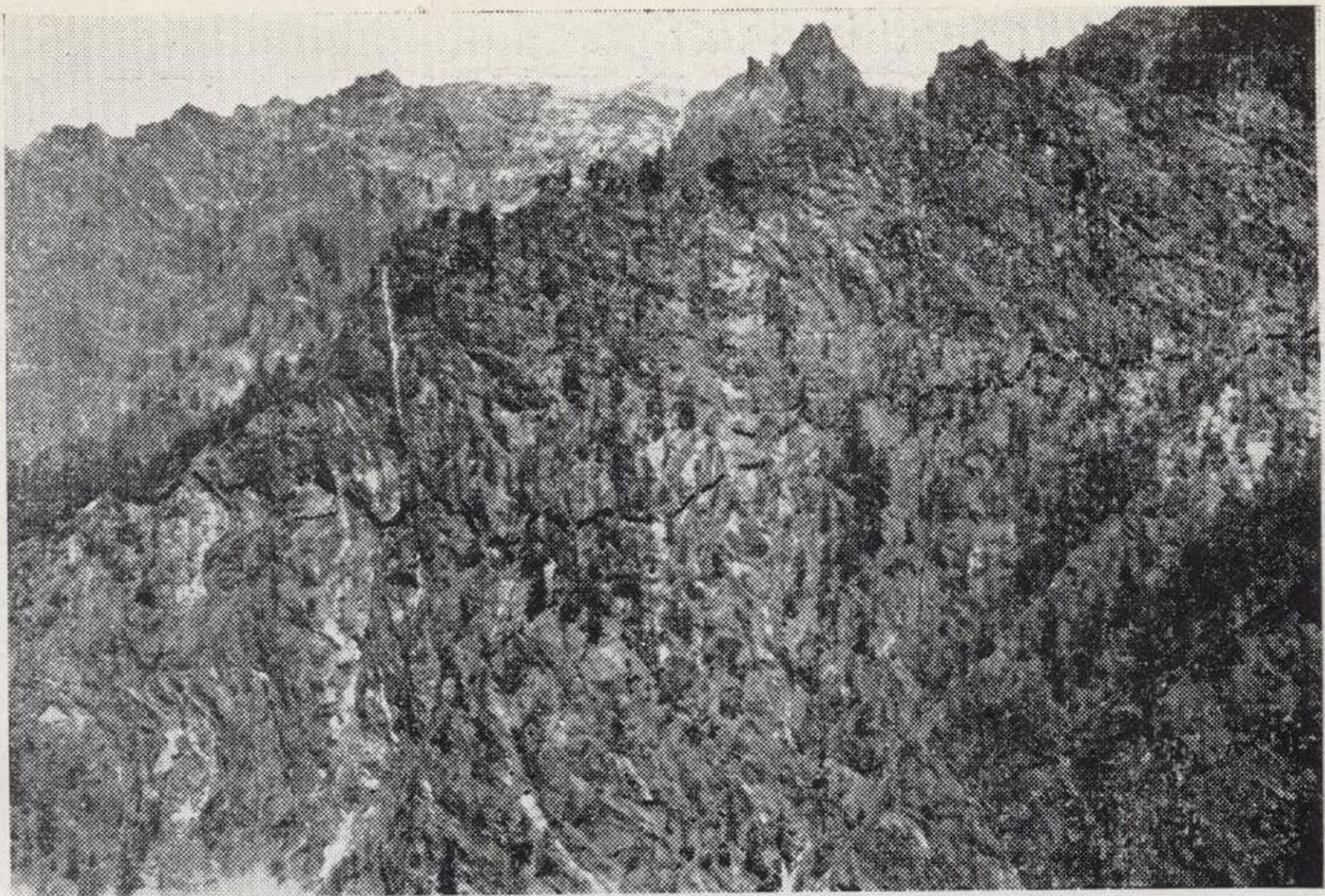
**Foto 23.—Vista sobre el Llano de la Pez desde el Pico de las Nieves (1.950 m.).**

En primer plano, bloques "in situ" de brechas de Nublo. Detrás y por encima del bloque apuntado, en la profundidad del cono de recepción del valle de Tejada, la estratificación poco discordante del basalto (correspondiente a los basaltos de meseta) con los productos del volcán de Tejada (más claro). Los basaltos oscuros descansan sobre la planicie del Llano de la Pez, y en el Pico de las Nieves, al fondo, está el punto culminante orográfico de la isla.



**Foto 24.—Las paredes circundantes de la caldera de Taburiente en el sector del Pico de la Cruz (2.351).**

La vista parte de una de las bifurcaciones superiores del Barranco de Alfonso Verdura y permite reconocer claramente la línea de separación entre la covertera y la formación del núcleo (línea de puntos). Bajo la misma, la profunda cortadura de la bifurcación del Barranco Alfonso Verdura, dentro de la formación de espilitas. Todas las corrientes de agua se encuentran en el Barranco de Taburiente (flecha). El Roque de los Muchachos se sale de nuestra fotografía (borde izquierdo superior).



**Foto 25.—El contacto entre la cobertera y la formación del núcleo en la bifurcación superior del Barranco de Alfonso Verdura.**

Las cumbres de la izquierda contienen arriba la cobertera reciente (más oscuro) (De), que descansa sobre la formación de espilitas del núcleo (más claro). La línea de separación (línea de rayas) se sigue fácilmente. Desde la formación yacente, con fuerte buzamiento al E., en parte confusamente estratificada, la atraviesan los diques (La-Ba); uno blanco aparece junto al pico más próximo a De, sin orden en la De; en clara discordancia (distintos bloques con buzamiento fuerte al E.).



**Foto 26.—Sector de las rocas de Capaderos en la Caldera de Taburiente.**

Los cerros testigos aparecen en forma discordante sobre la formación de espilitas y están formados de brechas, tobas y otros conglomerados. Se puede comparar, en cuanto a la antigüedad, con el conglomerado de las Angustias. El barranco de Taburiente aparece en la profundidad.

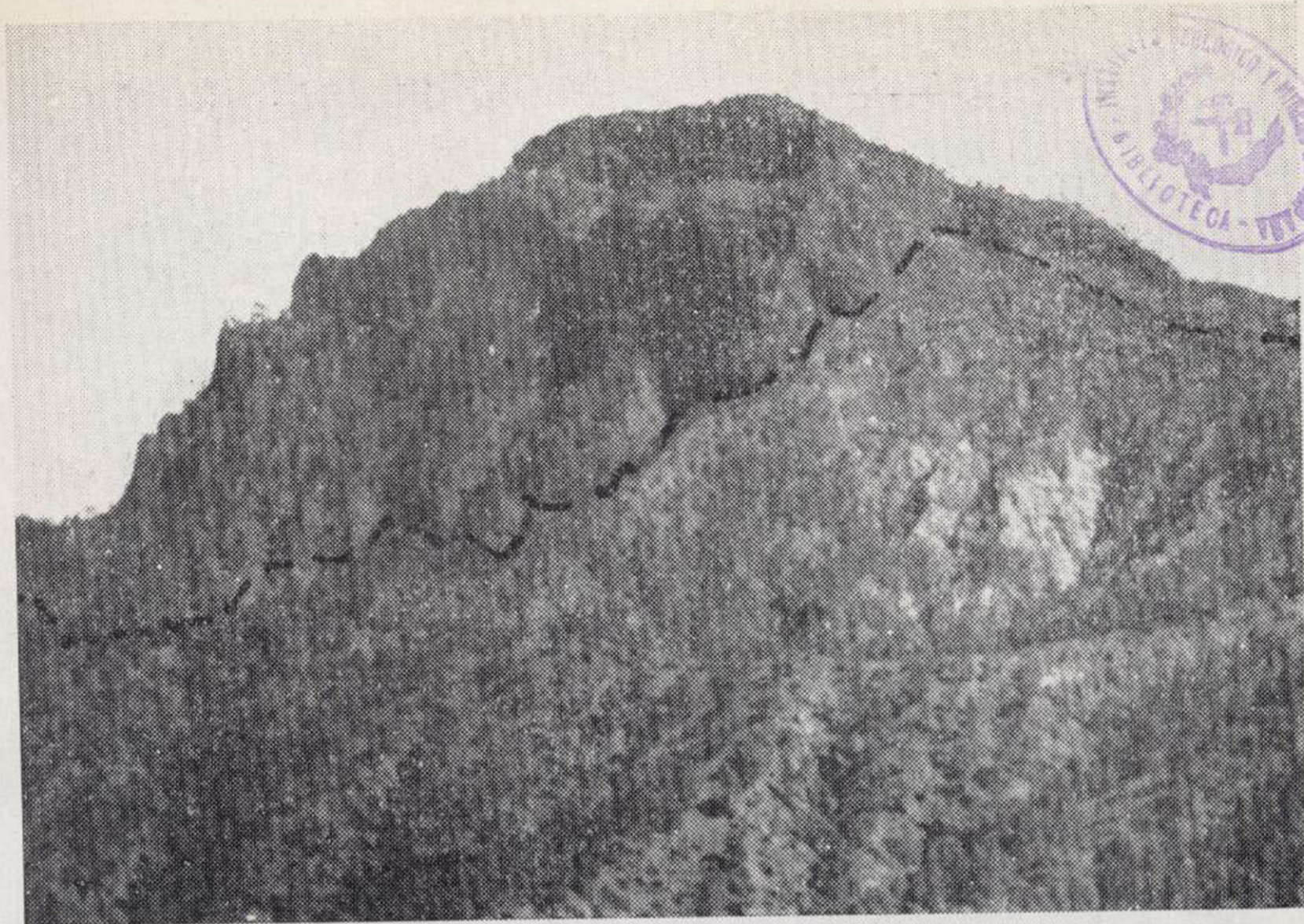


Foto 27.—La abrupta pendiente del Pico de Bejonado.

Este sector sur, análogo a las demás paredes del resto de la caldera, está situado sobre la formación de espilitas (línea de contacto a trazos). A la izquierda está el portillo de erosión del Paso de la Cumbrecita, todavía en el material de espilita, s. l.

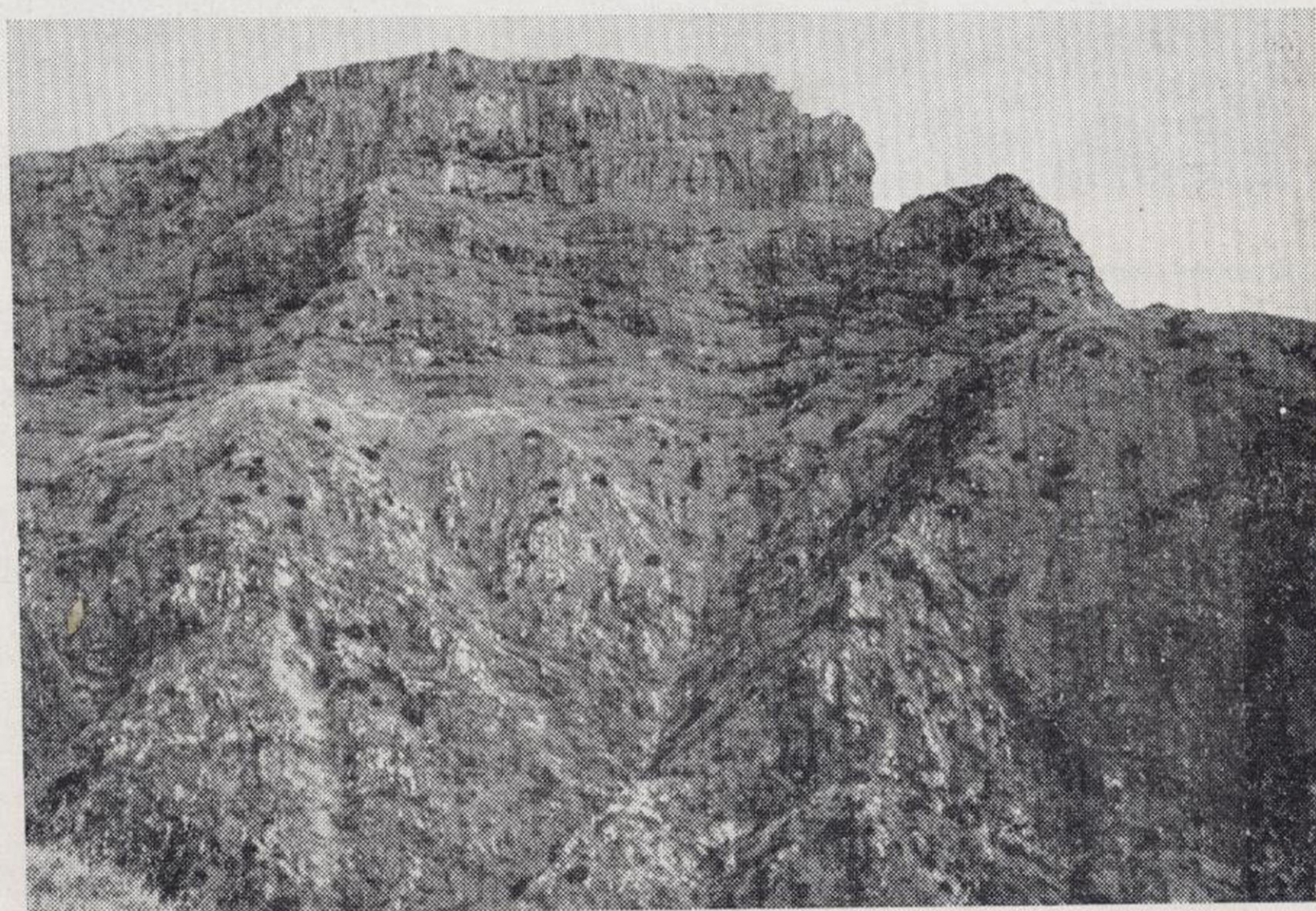
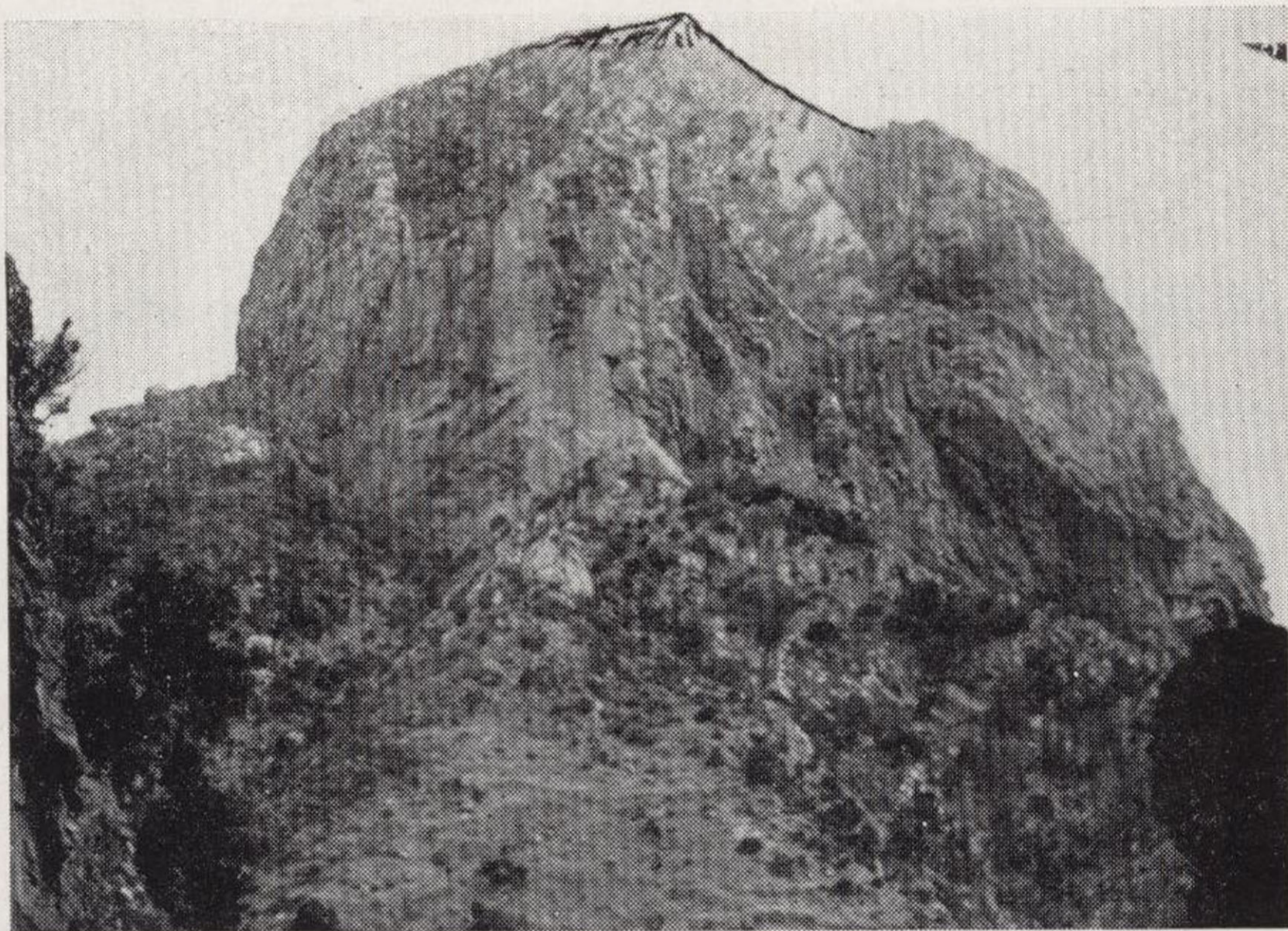


Foto 28.—Superposición del complejo basáltico principal de Gomera a la formación de espilitas en el barranco Tagora, en Agulo.

En la línea de separación de ambas unidades se ha desarrollado, como un estrato de base, una fina capa roja, de erosión, bajo la cual aparece muy escarpada la formación de espilitas. El basalto superior (¿o fonolita?) que la cubre presenta una clara disyunción columnar.





**Foto 29.**—El lado más ancho del Roque del Cano, en Vallehermoso (Gomera). Se trata de una chimenea fonolítica dejada al descubierto por la erosión, cuyas paredes están orientadas en distintas direcciones. Aparece una chimenea fonolítica erosionada, que muestra distintas orientaciones.

*OBSERVACION.*—Las fotografías fueron hechas por el profesor Blumenthal. Una serie de fotografías complementarias está contenida en *Lit. Blumenthal (1960)*.

**Paleobioquímica de lamelibranquios  
y gasterópodos del Mioceno marino  
de la Península Ibérica**

por

Juan Manuel López de Azcona  
M.<sup>a</sup> Concepción López de Azcona Fraile

## INDICE

|   | <u>PÁGS.</u> |
|---|--------------|
| Resumen .....   | 5            |
| Summary .....   | 5            |
| I. Presentación .....   | 7            |
| II. Introducción .....  | 9            |
| III. Situación geográfica .....   | 13           |
| IV. Clasificación, limpieza y preparación de las muestras .....               | 19           |
| V. La técnica espectroquímica: su sensibilidad y precisión .....              | 29           |
| VI. La práctica del análisis espectroquímico .....                            | 37           |
| VII. Los resultados de las valoraciones .....                                 | 43           |
| VIII. Comentario a las valoraciones .....                                     | 51           |
| 1.º De elementos .....  | 51           |
| 2.º De géneros y, dentro de éstos, por localidades .....                      | 58           |
| 3.º De situación geográfica y, dentro de ésta, por géneros .....              | 63           |
| IX. Aspecto paleobioquímico .....   | 73           |
| A) Consideraciones generales .....  | 73           |
| B) Clasificación de los elementos hallados, según su interés bioquímico ..... | 73           |
| C) Posible significación bioquímica de los elementos encontrados .....        | 77           |
| D) Tabla paleobioquímica de la Península Ibérica .....                        | 84           |
| X. Análisis de algunas muestras actuales .....                                | 87           |
| 1. Resultado de los análisis .....  | 88           |
| 2. Comentario por elementos .....   | 89           |
| 3. Comentario por géneros .....   | 91           |
| XI. Conclusiones .....  | 93           |
| XII. Bibliografía .....   | 99           |

## RESUMEN

Se ha efectuado un estudio paleobioquímico consistente en la aplicación de las técnicas espectroquímicas a los seres marinos miocenos con el empleo de este análisis a 291 muestras pertenecientes a 28 géneros y 32 parajes. El estudio se completa con el análisis de 25 muestras actuales correspondientes a 9 de los géneros estudiados en las fósiles. Los 23 cationes identificados se consideran en su aspecto químico, biológico y paleontológico, lo que ha permitido establecer las correspondientes conclusiones y formar una tabla periódica paleobioquímica del Mioceno marino de la Península Ibérica. Se dan las razones de las concentraciones encontradas para los distintos cationes y las posibles causas de su carencia o enriquecimiento.

## SUMMARY

A paleobiochemical study has been made consisting of the application of spectrochemical techniques to the Marine Miocene inhabitants; this analysis has been applied to 291 specimens belonging to 28 genera and 32 sites. The study was completed with the analysis of 25 specimens corresponding to 9 of the genera studied in the fossils. The 23 cations identified have been considered from chemical biological and paleontological aspects, which has permitted the establishment of the corresponding conclusions and the formation of a periodic paleobiochemical table of the Marine Miocene of the Iberian Peninsula. The reasons are given for the concentrations found of the different cations and the possible causes of their paucity or profusion.

# Paleobioquímica de lamelibranquios y gasterópodos del Mioceno marino de la Península Ibérica

POR

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA  
M.<sup>a</sup> CONCEPCION LOPEZ DE AZCONA FRAILE (1)

## I.—PRESENTACION

Desde el año 1897, con motivo de los estudios de Bertrand, se da cada vez más importancia a los elementos contenidos en los seres vivos en pequeñísimas cantidades, los cuales quedan generalmente en sus restos después de su muerte y fosilización. La inquietud por estos elementos surgió entre los espectroscopistas españoles en 1934, en el campo vegetal, con el estudio sobre algunas maderas de España y Fernando Póo, publicado un año después (I-1), y en 1936 en el animal, con motivo del estudio que se hizo en los cobayas (I-2).

Estos estudios se intensificaron en 1945, en que los doctores Santos Ruiz y López de Azcona, con varios colaboradores, iniciaron una serie sistemática de investigaciones que dieron lugar a varias publicaciones y tres tesis doctorales (I-3).

Nos planteamos, como problema interesante, la iniciación de estos estudios en las conchas fósiles, y dentro de ellas, con preferencia, las más recientes, por estar generalmente mejor conservadas y por ello ser las más adecuadas para nuestros primeros pasos en el campo de la paleobioquímica.

Manifestamos nuestra gratitud a la Dirección del Instituto Geológico y Minero por habernos proporcionado los fósiles con los que hicimos los primeros ensayos; a los Profesores de Paleontología de la Universidad de Madrid y Barcelona, al Profesor de Geología de la Universidad de Granada y al Director del Museo de la ciudad de Sabadell, por habernos proporcionado muestras muy interesantes y bien conservadas, así como indicaciones de los sitios donde se podrían lograr buenos ejemplares.

(1) Parte de este trabajo pertenece a la tesis para el grado de Doctor en Ciencias Geológicas de María Concepción López de Azcona, apadrinada por el Profesor B. Meléndez, que obtuvo la calificación de sobresaliente, por unanimidad, el día 7 de febrero de 1961.

Las muestras de fósiles portugueses fueron proporcionadas por Museu e Laboratorio Mineralógico y Geológico de la Universidad de Lisboa.

Las actuales nos las entregó el Profesor de Invertebrados no Artropodos de la Universidad de Madrid.

Expresamos nuestro agradecimiento a los Profesores de la Facultad de Ciencias de Madrid, Meléndez y Alvarado (R.), y de la de Farmacia Santos Ruiz, así como al Dr. Dean Guelbenzu por el valioso asesoramiento que nos han prestado.

## II.—INTRODUCCION

La valoración de los descubrimientos de la química inorgánica en la Biología se considera de manera muy divergente. Los investigadores que trabajan en este campo suelen proceder de dos tipos de formaciones, los fisicoquímicos y los naturalistas. Los primeros consideran que es de gran importancia el descubrimiento de que un elemento esté en un determinado órgano de un ser, así como su valoración precisa, mientras que los segundos, dentro de ser más escépticos en cuanto a estos resultados y dar poca importancia a la precisión de la valoración, les interesa y pretenden descubrir el papel de este nuevo catión en la biología del ser a que pertenece.

No será raro, que si varias escuelas analizan las mismas muestras, encuentren notables diferencias en sus resultados, así como en sus conclusiones, dado que cada investigador orienta generalmente los temas de acuerdo con aquellas variantes que son más de su agrado o afición. Dentro del mismo análisis espectroquímico, el empleo de técnicas diferentes puede conducir a resultados dispares, aunque en líneas generales sean análogos. En el caso de nuestros análisis hemos trabajado en la zona de 2.280 a 5.000 A.<sup>o</sup>; esto da lugar a que, como algunos elementos en dicha zona son poco sensibles, no figuren dichos cationes en las tablas de los resultados. Dentro de la misma técnica, también puede acontecer que se den por no presentes el indio (4101,77) y el rubidio (4201-4215), por darse la circunstancia de que, al haber utilizado electrodos de grafito, las bandas de Swan nos impiden apreciar bien las líneas últimas cuando están en concentraciones mínimas. Con estos mismos electrodos ocurre que, por haber utilizado técnicas muy sensibles, siempre aparecen las líneas del boro procedente de los seres que dieron lugar a la acumulación del carbono con el que se preparó el grafito, aunque la firma industrial que los purifica asegura son carentes de boro; por ello no hemos podido pasar, en este elemento, de la sensibilidad de 0,001 %.

Son conocidas de antiguo las propiedades que pueden tener las circunstancias geográficas, climatológicas y en general ambientales, sobre la asimilación catiónica. Importa tanto la nutrición, y por ello los cationes que tenían estos alimentos, como el ambiente, o sea los contenidos por aquellas aguas salinas donde se multiplicaban.

Como geólogos estamos en mejores condiciones para ver el aspecto químico del problema; fundados en esta faceta, establecemos las conclusiones que figuran al final de este trabajo, que son un primer paso para otras conclusiones más importantes, y con el continuo progreso de la bioquímica, es de esperar llegue un momento en que se pueda dar una orientación biológica más firme a nuestros resultados. Fueron precisamente los geólogos quienes apreciaron que la importancia del estudio bioquímico, tanto desde el punto de vista de las formaciones orgánicas como de las inorgánicas, cada vez es mayor; dando entrada a una nueva ciencia denominada paleobioquímica.

El problema que hemos estudiado, ligado a múltiples aspectos, físicos, químicos, geológicos y biológicos, se pueden designar más ampliamente por una voz que ya se utilizó anteriormente; nos referimos a la BIOGEOQUÍMICA, definida por Vernadsky en 1939 (II-1), cuando trabajaba en el "Laboratorio de Biogeoquímica" de la Academia de Ciencias de la U. R. S. S., al considerarla para denominar la parte de la geoquímica que precisa la expresión cuantitativa matemática de la subsistencia natural en su relación indisoluble con el medio externo, figurando entre sus problemas principales la distribución de los átomos.

La trascendencia de la posible variación de los compuestos orgánicos en los procesos de fosilización, la vimos claramente en las comunicaciones presentadas en el Symposium de la Geoquímica del Petróleo, celebrado el 4 de junio de 1959 en la Fordham University de New York, donde se dio cuenta de trabajos de investigación de cerca de cuarenta años de realización, llegándose en algunos de ellos a estudiar la influencia de los microorganismos en la composición, lo cual ha permitido proponer la teoría de que en los procesos de formación del petróleo la síntesis bioquímica tiene lugar por antiguos microorganismos y no por procesos no biológicos, como los que ocurren actualmente en la superficie de la tierra.

A la variación en la composición elemental de los restos inorgánicos o química mineral de los fósiles, se les ha dado hasta la fecha menos importancia, por su menor interés industrial y financiero; por ello son reducidísimas las comunicaciones presentadas a congresos y publicaciones sobre dicho tema, no habiendo logrado tener datos de más de una decena de investigaciones sobre el particular.

Hoy los elementos están divididos por los bioquímicos en dos grandes grupos, los plásticos y los catalíticos u oligoelementos: los oligoelementos plásticos, según los biólogos, forman parte de la composición del esqueleto interno y externo de las membranas celulares y de las sustancias sólidas y líquidas que se acumulan como reservas, y en general pueden considerarse como el material constituyente de la materia viva a la que el ser debe la forma: los podemos considerar como elementos pasivos. La misión de los oligoelementos es diferente; son elementos esencialmente activos, interviniendo de una manera necesaria y continua en las transformaciones de la vida, habiéndolos clasificado Bertrand como elementos en cantidades infinitésimamente pequeñas, catalíticos por excelencia.

Los oligoelementos son, pues, esencialmente biocatalizadores, pero su actuación en los procesos biológicos en que intervienen presenta una gran variedad de modalidades. Unas veces constituyen el núcleo activo de moléculas o forman grupos especializados en las macromoléculas, a las cuales imprimen sus peculiaridades; otras catalizan la formación o favorecen la acción de los pigmentos, principios enzimáticos, vitaminas u hormonas. Estas intervenciones pueden tener un carácter más o menos específico, y así es muy corriente observar asociaciones oligosinérgicas en las que es imprescindible el concurso de todos los elementos que las constituyen, como también es frecuente la sustitución de unos oligoelementos por otros químicamente afines; asimismo son dignos de consideración los efectos inhibitorios y antagonismo de los oligoelementos entre sí y en relación con los demás biocatalizadores.

A poco que se profundice en el estudio de la literatura científica, puede intuirse fácilmente la gran variedad de facetas o aspectos que presenta la investigación bioquímica de los oligoelementos y, por consiguiente, las distintas orientaciones que pueden imprimirse y la inmediata aplicación que reciben de ellas la Fisiología, Patología, Terapéutica, Bromatología, Microbiología, Toxicología, Agricultura, Ganadería, etc.; siendo la Paleontología una rama en que todavía no se han estudiado.

Los análisis generales sistemáticos, incluso de tipo estadístico y químico, a veces, sin una definida orientación previa, nos dan una idea bastante aproximada de la distribución de los oligoelementos en los distintos materiales fósiles y base para un estudio ulterior mediante el empleo de técnicas más finas. La comprobación de la constancia de un elemento en un ser nos orienta, indirectamente, sobre su carácter de imprescindible y nos hace sospechar su intervención en algún pro-

ceso metabólico. Si esto es en una región, pero en diferentes géneros, nos indica su abundancia en el medio.

En trabajos posteriores se puede intentar la comprobación de dicho carácter de imprescindible y tratar de averiguar el grado de especificidad de la presunta intervención del oligoelemento.

Hasta ahora, nuestras investigaciones se han dirigido preferentemente en el sentido de conseguir una orientación general acerca del contenido y distribución de los oligoelementos en los materiales estudiados, para lo cual hemos utilizado una técnica de análisis espectrográfico por emisión, con excitación por arco, que nos ha permitido obtener simultáneamente datos cuantitativos de más de una veintena de los elementos contenidos en cada muestra analizada y con ellos formar la correspondiente tabla periódica biopaleontológica.

La clasificación elemental anterior no es rígida; se da la circunstancia de que el calcio, elemento base de los caparazones que se han estudiado, o sea que desempeña un papel marcadamente plástico, lo encontramos como catalítico en la transformación de protipsina en tripsina y de protrombina en trombina.

Nuestro programa era referirnos a los elementos puramente catalíticos, es decir, a los que por ley natural no se deben encontrar en el caparazón; por ello pensamos descartar los once plásticos por excelencia: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, sodio, potasio, calcio, magnesio, azufre, fósforo y cloro, pero hemos considerado oportuno consignar los datos del magnesio y del sodio por haber observado diferencias considerables de unos seres a otros, pues los valores varían desde 0,001 a 1,4 % y de 0,001 a 0,023 % respectivamente.

### III.—SITUACION GEOGRAFICA

Para el análisis que nos proponíamos realizar, vimos la conveniencia de elegir fósiles procedentes de terrenos lo suficientemente modernos para que no estuvieran alterados, que se conservasen perfectamente fosilizados y que se encontrasen en cantidad suficiente en sitios distantes entre sí dentro de la Península Ibérica. La formación de donde proceden todos es el Mioceno marino, generalmente de los tramos inferior y medio, y nos hemos limitado a gasterópodos y lamelibranquios, con la excepción de los escafópodos (*Dentalium*) por considerarse intermedios entre unos y otros, y que también hemos analizado.

En el mes de julio del año 1958 hicimos la recogida de fósiles en la provincia de Barcelona. Los parajes de donde tomamos la mayor parte de las muestras fueron: San Saturnino de Noya, San Pablo de Ordal y San Vicente de Calders. Estas muestras se encontraban en terrenos Helveciense, Tortoniense y Burdigaliense, bien datados por varios estratígrafos especialistas, del Mioceno inferior y medio.

Los fósiles de la provincia de Granada los recogimos en mayo del año 1959. Dentro de estas muestras, por los resultados obtenidos de los análisis, resulta interesante la colección de *Dentalium* de Fuente del Hervidero (La Zubia) en terrenos helvecienses. La casi totalidad del resto son de Fuente del Hervidero, El Almejar, Alfacar (Puerto Lobo) y Beas de Granada.

Los de Portugal fueron enviados por el geólogo Telles Antunez, de la Universidad de Lisboa.

También se analizaron algunos fósiles del Mioceno de las provincias de Málaga, Murcia y Sevilla, con el objeto de ver las variaciones que tenían en estas provincias los oligoelementos de los fósiles y si se siguen en líneas generales las conclusiones que establecimos en nuestros trabajos.

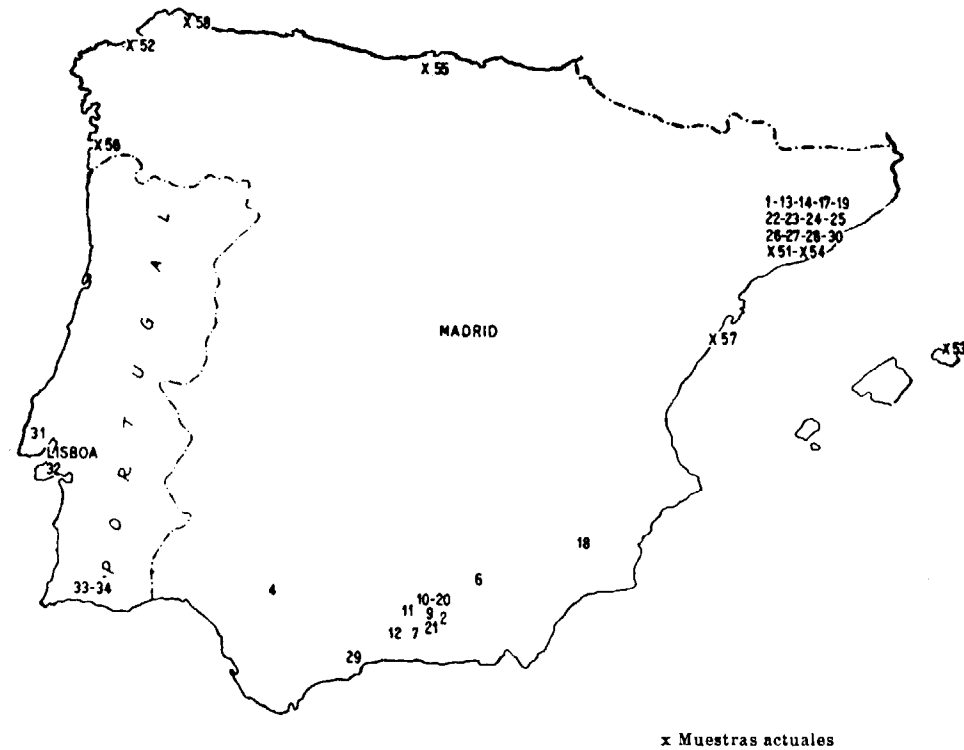
El ideal hubiera sido hacer análisis de varios cientos de muestras de diferentes sitios de la Península, pues cuanto mayor sea el número



de ellos más peso tienen nuestras conclusiones y, por consiguiente, más precisos son los resultados estadísticos, pero esperamos que, si no somos nosotros, habrá otros investigadores que continúen aplicando el análisis espectroquímico a la Paleontología.

La situación geográfica de las muestras actuales también se procuró fuera bastante dispersa, y por ello se analizaron ejemplares de Baleares, Cataluña, Galicia y Santander.

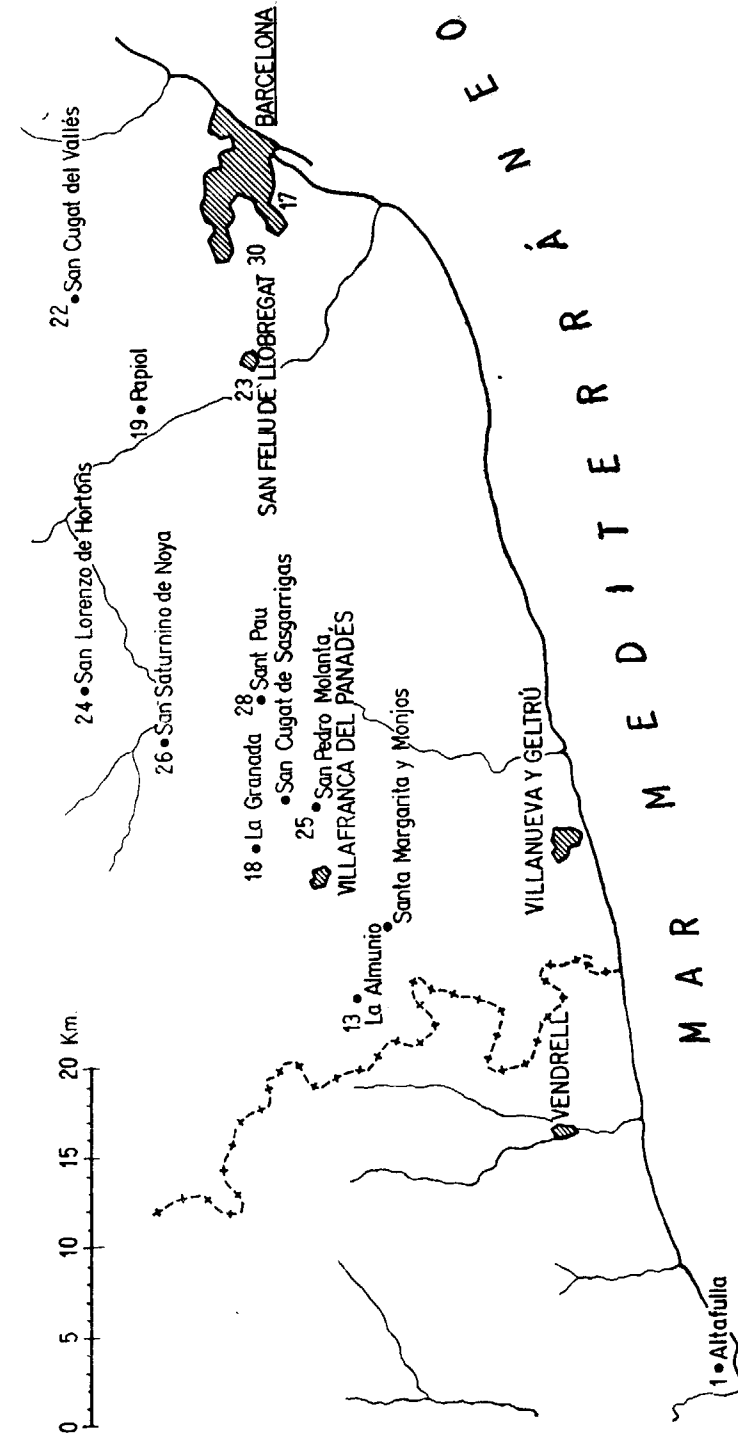
Para poder situar geográficamente, y con la mayor facilidad posible, las localidades de las muestras, hemos formado por orden alfabé-



Situación de los yacimientos fosilíferos

tico el cuadro adjunto, en el que figuran los municipios, partidos judiciales y provincias a que pertenecen los diversos parajes.

Como en el mapa de conjunto, en que están situados los yacimientos fosilíferos, da lugar a que en algunos puntos se superpongan las indicaciones, es por lo que además se dan dos croquis de detalle para su mejor localización.



Yacimientos fosilíferos de la zona catalana



PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS FOSILES ESTUDIADAS  
ESPAÑA

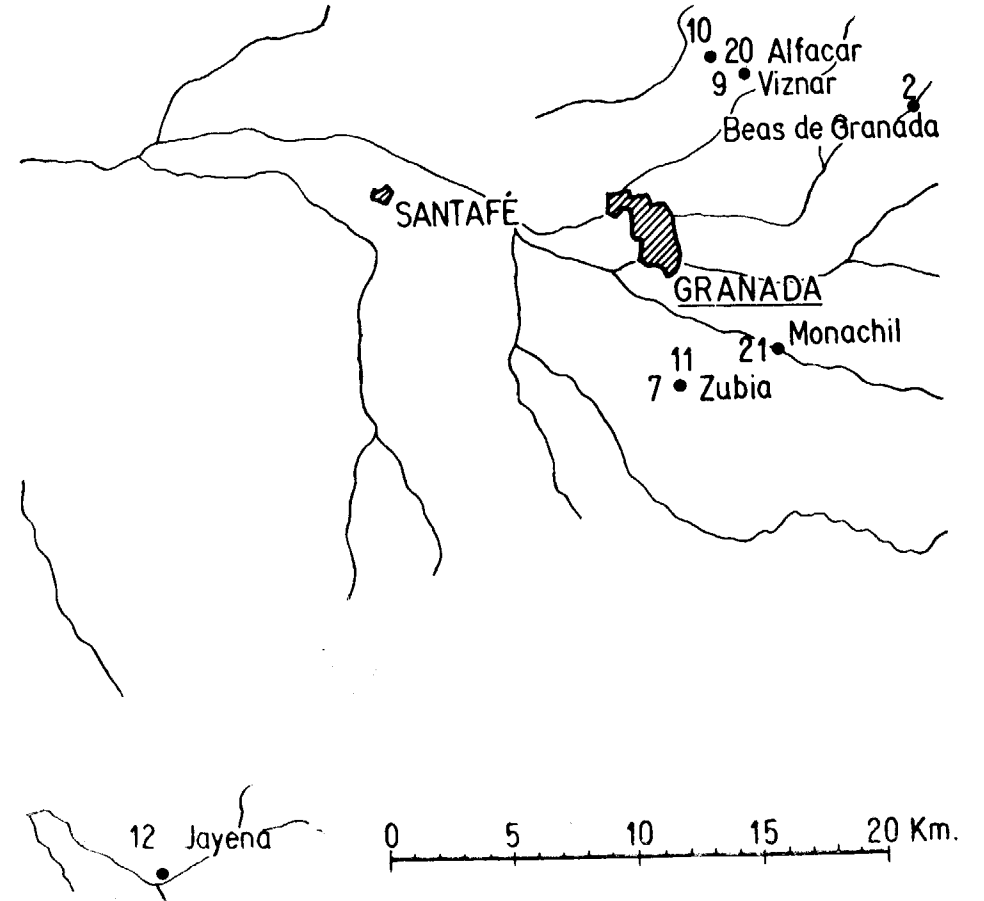
| N.º    | Paraje                 | Municipio              | Partido                 | Provincia  |
|--------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| 1      | Altafulla..            | Altafulla              | Vendrell                | Tarragona. |
| 2      | Beas de Granada...     | Beas de Granada        | Granada                 | Granada.   |
| 3      | Cantillana...          |                        |                         | Sevilla.   |
| 4      | Carmona...             | Carmona                | Carmona                 | Sevilla.   |
| 6      | Cerrada de Bodurria    | Caniles                | Baza                    | Granada.   |
| 7      | Cerro de las Pipas.    | La Zubia               | Granada                 | Granada.   |
| 7 bis. | Cope..                 |                        |                         | Murcia.    |
| 8      | El Almejar...          | Viznar                 | Granada                 | Granada.   |
| 10     | Fuente Grande..        | Alfacar.               | Granada                 | Granada.   |
| 11     | Fuente del Hervidero   | La Zubia               | Granada                 | Granada.   |
| 12     | Jayena                 | Jayena                 | Alhama de Granada       | Granada.   |
| 13     | La Almunia..           | Castellví de la Marca  | Villafranca del Panadés | Barcelona. |
| 14     | La Granada..           | La Granada             | Villafranca del Panadés | Barcelona. |
| 17     | Montjuich              | Barcelona              | Barcelona               | Barcelona. |
| 18     | Mula                   | Mula                   | Mula                    | Murcia.    |
| 19     | Papiol..               | Papiol                 | San Feliú de Llobregat  | Barcelona. |
| 20     | Puerto Lobo..          | Alfacar.               | Granada                 | Granada.   |
| 21     | Purche                 | Monachil               | Granada                 | Granada.   |
| 22     | San Cugat del Vallés   | San Cugat del Vallés   | Tarrasa                 | Barcelona. |
| 23     | San Feliu de Llobregat | San Feliu de Llobregat | San Feliú de Llobregat  | Barcelona. |
| 24     | San Lorenzo de Hortons | San Lorenzo de Hortons | San Feliú de Llobregat  | Barcelona. |
| 25     | San Pedro Molanta      | San Cugat              | Villafranca del Panadés | Barcelona. |
| 26     | San Saturnino de Noya  | San Saturnino de Noya  | Villafranca del Panadés | Barcelona. |
| 27     | San Vicente de Calders | Calders                | Manresa                 | Barcelona. |
| 2º     | San Pau d'Ordal        | Subirats               | Villafranca del Panadés | Barcelona. |
| 29     | Santa Inés             | Málaga                 | Málaga                  | Málaga.    |
| 30     | Torre Melino           | Esplugas               | San Feliú de Llobregat  | Barcelona. |

PORTUGAL

|    |                                      |          |
|----|--------------------------------------|----------|
| 31 | Mioceno de Lisboa, al norte del Tajo | Almada.  |
| 32 | Mioceno de Lisboa, al sur del Tajo   | Almada.  |
| 33 | Cacela algarve                       | Algarve. |
| 34 | Riba de Cacela                       | Algarve. |

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS ACTUALES ESTUDIADAS

| N.º | Localidad     | Provincia          |
|-----|---------------|--------------------|
| 51  | Castelldefels | Barcelona.         |
| 52  | Coruña        | Coruña.            |
| 53  | Mahón         | Menorca (Balears). |
| 54  | Mataró        | Barcelona.         |
| 55  | Santander     | Santander.         |
| 56  | Vigo          | Pontevedra.        |
| 57  | Vinaroz       | Castellón.         |
| 58  | Vivero        | Lugo.              |



Yacimiento fosilifero de la zona de Granada

#### IV.—CLASIFICACION, LIMPIEZA Y PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Llegadas las muestras al Laboratorio, se procede a la numeración de los ejemplares, selección y clasificación; generalmente sólo damos el género, por sernos imposible llegar a la especie, ya que el estado de las muestras, a pesar de ser seleccionadas, en la mayoría de los casos nos lo impide. La clasificación se efectuó basándose en las obras de los Profesores Piveteau (IV-1), Almela (IV-2) y Meléndez (IV-3).

La clasificación algunas veces no se ha podido hacer hasta después de la limpieza en los lamelibranquios, por ser difícil estudiar sus charnelas, que estaban generalmente empastadas en caliza o margas duras.

Clasificados los fósiles, se van colocando en distintas cápsulas, a las que se les pone un marbete con el número que les corresponde, procediéndose a su limpieza, en la que se pueden presentar los siguientes casos:

Fósiles en *margas*. Si son duros, es suficiente lavarlos al chorro del agua, frotándolos con un cepillo fuerte, y pasarlos posteriormente por agua destilada. Si son blandos, los dejamos en la cápsula con agua destilada hasta que la marga se desprenda sola (no se frota con cepillo, para evitar deterioro); los gasterópodos siempre se depositarán en agua destilada por ser difícil limpiar totalmente el interior; algunas veces es necesario servirse de un punzón en el que se enrolla papel de filtro.

Fósiles en *calizas*. Los colocamos en unas fuentes con serrín (una vez pasados por agua destilada) y ponemos sobre ellos unas lentejitas de potasa químicamente pura para que actúen cuarenta y ocho horas; se les da la vuelta y, si es necesario, nuevamente se depositan lentejas de potasa durante otras cuarenta y ocho horas. De esta manera se consigue fácilmente que se desprenda la caliza y, con la ayuda del cepillo, se dejan totalmente limpios.

Cuando está limpia una tanda de treinta muestras, que son las que forman cada grupo analítico, se procede al secado, el cual se realiza

| ORDEN          | FAMILIA                                   | GENERO            | LOCALIDAD   |
|----------------|---|-------------------|---|
| Taxodonta. ... | Nuculidae...<br>Arcidae...<br>Pinnidae... | Núcula... ..      | Beas de Granada (Granada).<br>San Pablo de Ordal (Barcelona).<br>Lisboa, Norte Tajo (Portugal).   |
|                |   | Pinna ... ..      | Lisboa, Sur Tajo (Portugal).  |
|                |   | Pecten... ..      | Papiol (Barcelona).<br>San Vicente de Calders (Barcelona).<br>Torre Meino (Barcelona).<br>Beas de Granada (Granada).<br>El Almejar (Granada).<br>Fuente Grande, Alfacar (Granada).<br>Purche (Granada).<br>Altafulla (Tarragona).<br>Lisboa, Norte Tajo (Portugal).   |
| Dysodonta. ... | Pectinidae... ..                          | Amussium... ..    | Beas de Granada (Granada).<br>Cerro de las Pipas (Granada).<br>Santa Inés (Málaga).<br>Mula (Murcia).   |
|                |   | Chlamys ... ..    | San Vicente de Calders (Barcelona).<br>Lisboa, Norte Tajo (Portugal).<br>Lisboa, Sur Tajo (Portugal).   |
|                |   | Aequipecten... .. | Cope (Murcia).<br>Mula (Murcia).  |
| Dysodonta. ... | Anomiidae... ..                           | Anomia ... ..     | San Vicente de Calders (Barcelona).<br>Lisboa, Norte Tajo (Portugal).<br>Lisboa, Sur Tajo (Portugal).   |
|                |   | Pycnodonta ... .. | Lisboa, Norte Tajo (Portugal).  |
|                |   | Ostrea... ..      | La Almunia (Barcelona).<br>Montjuich (Barcelona).<br>Papiol (Barcelona).<br>San Cugat del Vallés (Barcelona).<br>San Felú de Llobregat (Barcelona).<br>San Saturnino de Noya (Barcelona).<br>San Vicente de Calders (Barcelona).<br>Beas de Granada (Granada).<br>Cerrada Bodurria (Granada).<br>El Almejar (Granada).<br>Fuente del Hervidero (Granada).<br>Fuente Grande, Alfacar (Granada).<br>Puerto Lobo, Alfacar (Granada). |

**Lameibrangulos.**

|                |  |                                |  |
|----------------|--|--------------------------------|--|
| Taxodonta. ... | Gryphea ... ..<br>Cardita... ..<br>Carditidae... ..  | Lisboa, Norte Tajo ( o ug )    | Lisboa, Norte Tajo ( o ug )  |
|                |  | Fonte del Hervidero (Granada). | Fonte del Hervidero (Granada).   |
|                |  | Venericardia... ..             | Lisboa, Sur Tajo (Portugal).   |
| Dysodonta. ... | Lucinidae... ..<br>Chamidae... ..<br>Cardiidae... .. | Lucina... ..                   | San Saturnino de Noya (Barcelona).<br>San Pedro Molanta (Barcelona).   |
|                |  | Chama... ..                    | Cerro de las Pipas (Granada).  |
|                |  | Cardium ... ..                 | San Saturnino de Noya (Barcelona).<br>Cerrada Bodurria (Granada).<br>Javena (Granada).<br>Lisboa, Norte Tajo (Portugal).<br>Lisboa, Sur Tajo (Portugal). |
| Dysodonta. ... | Veneridae... ..                                      | Venus ... ..                   | San Pablo de Ordal (Barcelona).<br>Cantillana (Sevilla).<br>Carmona (Sevilla).<br>Riba de Caceia (Portugal).   |
|                |  | Meretrix ... ..                | Lisboa, Sur Tajo (Portugal).   |
|                |  | Tapes ... ..                   | Lisboa, Sur Tajo (Portugal).   |
| Dysodonta. ... | Tellinidae... ..                                     | Tellina... ..                  | Cacela Algarve (Portugal).   |
|                |  | Dentalium... ..                | Fuente del Hervidero (Granada).<br>Yacimiento de Santa Inés (Málaga).  |

**ESCAFOPODOS.. DENTALIUM... ..**

| FAMILIA            | SUB-FAMILIA                         | GENERO               | LOCALIDAD  |
|--------------------|-------------------------------------|----------------------|--|
| Loxonematacea...   | Turritellidae... ..                 | Turritella... ..     | Montjuich (Barcelona).<br>Papiol (Barcelona).<br>San Lorenzo de Hortons (Barcelona).<br>San Pablo de Ordal (Barcelona).<br>Purche (Granada).<br>Lisboa, Sur Tajo (Portugal). |
|                    |                                     | Cerithiacea ... ..   | San Lorenzo de Hortons (Barcelona).<br>San Pablo de Ordal (Barcelona).   |
|                    |                                     | Strombacea ... ..    | San Pablo de Ordal (Barcelona).  |
| Fusacea. ... ..    | Buccinidae... ..<br>Cypraidae... .. | Rostellariidae... .. | San Pablo de Ordal (Barcelona).  |
|                    |                                     | Thersiteidae ... ..  | San Pablo de Ordal (Barcelona).  |
|                    |                                     | Pleurotomidae ... .. | San Saturnino de Noya (Barcelona).<br>Lisboa, Sur Tajo (Portugal).   |
| Toxiglossos ... .. | Conidae... ..                       | Pleurotoma ... ..    | Lisboa, Sur Tajo (Portugal).   |
|                    |                                     | Conus... ..          | Lisboa, Sur Tajo (Portugal).<br>Montjuich (Barcelona).   |

**Gasterópodos. ...**

en una vitrina con radiaciones infrarrojas, siendo suficiente la acción de la radiación durante cuatro o cinco minutos para los más pequeños y de 20 a 30 para los de dimensiones mayores.

La trituración sólo se efectúa cuando las dimensiones mayores rebasan los 15 mm. En este caso se envuelven en papel de filtro y se golpean con un martillo hasta que adquieren las dimensiones necesarias.

La porfirización de estos fragmentos se realiza en un mortero de Havi. Todo el polvo obtenido se hace pasar por un cedazo de 0,3 milímetros con el fin de que la muestra sea homogénea, insistiendo hasta que no quede residuo alguno. Una vez que toda la muestra pasó por el mencionado tamiz, se pasan en fracciones de a medio gramo por un mortero de ágata hasta conseguir un polvo impalpable. La muestra preparada se introduce en bolsitas de papel en las que se escribe su número correspondiente, pasándolas al depósito general.

ORDENACION POR PARAJES

|              |                               |  |
|--------------|-------------------------------|--|
|              | La Almunia ... ..             | Ostrea.  |
|              | La Granada... ..              | Anomalocardia.   |
|              | Montjuich.. ..                | { Conus.<br>Turritella.<br>Ostrea.   |
|              | Papiol ... ..                 | { Turritella.<br>Ostrea.<br>Pecten.  |
|              | San Cugat del Vallés... ..    | Ostrea.  |
|              | San Feliu de Llobregat ... .. | Ostrea.  |
|              | San Lorenzo de Hortons.. ..   | { Cerithium.<br>Turritella.  |
| Barcelona... | San Pablo de Ordal ... ..     | { Cerithium.<br>Pereiraia.<br>Rostellaria.<br>Turritella.<br>Arca.<br>Venus. |
|              | San Pedro Molanta ... ..      | Lucina.  |
|              | San Saturnino de Noya ... ..  | { Calumbella.<br>Lucina.<br>Ostrea.  |
|              | San Vicente de Calders ... .. | { Anomia.<br>Chlamys.<br>Ostrea.<br>Pecten.                                  |
|              | Torre Melino.. ..             | Pecten.  |

|               |                               |   |
|---------------|-------------------------------|---|
|               | Alfacar (Fuente Grande). ...  | { Ostrea.<br>Pecten.  |
|               | Alfacar (Puerto Lobo). ... .. | Ostrea.   |
|               | Beas de Granada ... ..        | { Amussium.<br>Núcula.<br>Ostrea.<br>Pecten.  |
|               | Cerrada Bodurria... ..        | { Cardium.<br>Ostrea.   |
| Granada ...   | Cerro de las Pipas.. ..       | { Amussium.<br>Chama.   |
|               | El Almejar ... ..             | { Ostrea.<br>Pecten.  |
|               | Fuente del Hervidero... ..    | { Cardita.<br>Ostrea.<br>Dentalium.   |
|               | Jayena... ..                  | Cardium.  |
|               | Purche... ..                  | { Pecten.<br>Turritella.  |
| Málaga... ..  | Yacimiento de Santa Inés ...  | { Amussium.<br>Dentalium.   |
| Murcia... ..  | Cope ... ..                   | Aeguipecten.  |
|               | Mula ... ..                   | { Aeguipecten.<br>Amussium.   |
| Sevilla... .. | Cantillana ... ..             | Venus.  |
|               | Carmona... ..                 | Venus.  |
| Tarragona..   | Altafulla ... ..              | Pecten.   |
|               | Cacela Algarve... ..          | Tellina.  |
|               | Lisboa, Norte Tajo.. ..       | { Arca.<br>Pecten.<br>Chlamys.<br>Anomia.<br>Pycnodonta.<br>Ostrea.<br>Gryphea.<br>Cardium.   |
| Portugal ...  | Lisboa, Sur Tajo. ... ..      | { Pinna.<br>Chlamys.<br>Anomia.<br>Venericardia.<br>Cardium.<br>Meretrix.<br>Tapes.<br>Turritella.<br>Pereiraia.<br>Ficus.<br>Pleurotoma. |
|               | Riba de Cacela... ..          | Venus.  |

## OBSERVACIONES A LAS MUESTRAS

| Número                      | Comentario                                     |
|-----------------------------|--|
| 13-F <sub>1</sub> ... ..    | Pecten valva inferior.                         |
| 14-F <sub>2</sub> ... ..    | Pecten valva superior.                         |
| 15-H <sub>1</sub> ... ..    | Pecten muy pequeño = 1 cm.                     |
| 16-H <sub>2</sub> ... ..    | Pecten muy pequeño, igual tamaño = 1 cm.       |
| 17-H <sub>3</sub> ... ..    |  |
| 18-I <sub>1</sub> ... ..    | Pecten pequeño = 2 cm.                         |
| 19-I <sub>2</sub> ... ..    | Pecten pequeño = 2 cm.                         |
| 20-4 B <sub>1</sub> ... ..  | Pecten valva inferior.                         |
| 21-4 B <sub>2</sub> ... ..  | Pecten valva inferior.                         |
| 22-4 B <sub>3</sub> ... ..  | Pecten valva superior.                         |
| 23-4 B <sub>4</sub> ... ..  | Pecten valva superior.                         |
| 24-4 B <sub>5</sub> ... ..  | Pecten valva superior.                         |
| 25-4 B <sub>6</sub> ... ..  | Pecten valva superior.                         |
| 26-4 B <sub>7</sub> ... ..  | Pecten valva superior.                         |
| 27-4 B <sub>8</sub> ... ..  | Pecten valva superior.                         |
| 31-1 <sub>1</sub> ... ..    | Pecten muy oscuro.                             |
| 39-9 <sub>1</sub> ... ..    | Pecten muy oscuro.                             |
| 54-E ... ..                 | Pecten valva inferior.                         |
| 83-4 <sub>1</sub> ... ..    | Ostrea muy cristalizada.                       |
| 84-4 <sub>2</sub> ... ..    | Ostrea muy cristalizada.                       |
| 87-17 <sub>1</sub> ... ..   | Ostrea muy clara (color blanco leche).         |
| 88-17 <sub>2</sub> ... ..   | Ostrea muy clara (color blanco leche).         |
| 89-17 <sub>3</sub> ... ..   | Ostrea oscura.                                 |
| 90-17 <sub>4</sub> ... ..   | Ostrea oscura.                                 |
| 92-5 <sub>1</sub> ... ..    | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 94-16 <sub>1</sub> ... ..   | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 95-16 <sub>2</sub> ... ..   | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 96-16 <sub>3</sub> ... ..   | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 97-16 <sub>4</sub> ... ..   | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 98-16 <sub>5</sub> ... ..   | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 99-16 <sub>6</sub> ... ..   | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 100-16 <sub>7</sub> ... ..  | Ostrea muy pequeña = 1 cm.                     |
| 112-4 A <sub>1</sub> ... .. | Ostrea pequeña = 2 cm.                         |
| 113-4 A <sub>2</sub> ... .. | Ostrea grande = 6 cm.                          |
| 116-10 <sub>1</sub> ... ..  | Ostrea grande = 6 cm.                          |
| 117-10 <sub>2</sub> ... ..  | Ostrea grande = 6 cm.                          |
| 118-10 <sub>3</sub> ... ..  | Ostrea pequeña = 2 cm.                         |
| 119-10 <sub>4</sub> ... ..  | Ostrea pequeña = 2 cm.                         |
| 120-10 <sub>5</sub> ... ..  | Ostrea pequeña = 2 cm.                         |
| 123-12 <sub>1</sub> ... ..  | Ostrea grisácea.                               |
| 129-8 <sub>1</sub> ... ..   | Ostrea grisácea.                               |
| 155-6 <sub>1</sub> ... ..   | Ostrea grande y de difícil trituración = 6 cm. |
| 187-11 <sub>1</sub> ... ..  | Lucina pequeña = 2 cm.                         |
| 169-5 <sub>1</sub> ... ..   | Cardium grisácea.                              |
| 170-5 <sub>2</sub> ... ..   | Cardium grisácea.                              |
| 171-6 <sub>1</sub> ... ..   | Cardium grisácea.                              |

|                             |                              |                                |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 187-1. ... ..               | ESCAFOPODOS (DENTALIUM)      | Tamaño grande, diámetro 9 mm.  |
| 188-2. ... ..               |                              |                                |
| 189-3. ... ..               |                              |                                |
| 190-4. ... ..               |                              |                                |
| 191-5. ... ..               |                              |                                |
| 192-6. ... ..               |                              |                                |
| 193-7. ... ..               |                              |                                |
| 194-8. ... ..               |                              |                                |
| 195-9. ... ..               | Tamaño medio, diámetro 6 mm. |                                |
| 196-10. ... ..              |                              |                                |
| 197-11. ... ..              |                              |                                |
| 198-12. ... ..              |                              |                                |
| 199-13. ... ..              |                              |                                |
| 200-14. ... ..              |                              |                                |
| 201-15. ... ..              |                              |                                |
| 202-16. ... ..              |                              | Tamaño pequeño, diámetro 2 mm. |
| 203-17. ... ..              |                              |                                |
| 204-18. ... ..              |                              |                                |
| 205-19. ... ..              |                              |                                |
| 206-20. ... ..              |                              |                                |
| 207-21. ... ..              |                              |                                |
| 208-22. ... ..              |                              |                                |
| 209-23. ... ..              |                              |                                |
| 210-24. ... ..              | Tamaño medio, diámetro 6 mm. |                                |
| 211-25. ... ..              |                              |                                |
| 212-B <sub>1</sub> ... ..   |                              |                                |
| 213-B <sub>2</sub> ... ..   |                              |                                |
| 214-B <sub>3</sub> ... ..   |                              |                                |
| 215-B <sub>4</sub> ... ..   |                              |                                |
| 216-B <sub>5</sub> ... ..   |                              |                                |
| 217-4 <sub>1</sub> ... ..   |                              |                                |
| 218-4 <sub>2</sub> ... ..   |                              |                                |
| 219-4 <sub>3</sub> ... ..   |                              |                                |
| 220-4 <sub>4</sub> ... ..   |                              |                                |
| 221-4 <sub>5</sub> ... ..   |                              |                                |
| 222-2. ... ..               | Tamaño de aumento ↓          | aumento de tamaño              |
| 223-2 <sub>1</sub> ... ..   |                              |                                |
| 224-2 <sub>2</sub> ... ..   |                              |                                |
| 225-2 <sub>3</sub> ... ..   |                              |                                |
| 233-10 ... ..               |                              |                                |
| 234-15 <sub>1</sub> ... ..  |                              |                                |
| 235-15 <sub>2</sub> ... ..  |                              |                                |
| 236-15 <sub>3</sub> ... ..  |                              |                                |
| 245-2 A <sub>1</sub> ... .. |                              |                                |
| 248-12 ... ..               |                              |                                |
| 248-1-26 ... ..             |                              |                                |
| 252-3 <sub>1</sub> ... ..   |                              |                                |
| 253-3 <sub>2</sub> ... ..   |                              |                                |

## DETALLE DE LAS MUESTRAS PORTUGUESAS

## Aquitaniense superior. Zona I. Moladas y arcillas

|                     |                    |                                      |
|---------------------|--------------------|--------------------------------------|
| 161 <sub>2</sub> -1 | Ostrea granensis   | Túnel do Rossio.                     |
| 161 <sub>3</sub> -2 | Ostrea granensis   | 250 metros al NO. de Lumiar.         |
| 75 <sub>2</sub> -3  | Chlamys varia      | Rua Sampaio Bruno, campo de Ourique. |
| 161 <sub>7</sub> -4 | Gryphaea aginensis | Parque Eduardo VII. Lisboa.          |

## Burdigaliense inferior. Zona II

|                     |                        |                  |
|---------------------|------------------------|------------------|
| 161 <sub>1</sub> -5 | Ostrea digitalina      | Carnide.         |
| 75 <sub>3</sub> -6  | Chlamys pseudopandorae | Palença, Almada. |

## Burdigaliense superior. Zona IV a. Arcillas

|                      |                       |                  |
|----------------------|-----------------------|------------------|
| 178 <sub>1</sub> -9  | Meretrix islandi      | Palença, Almada. |
| 233 <sub>2</sub> -10 | Turritella terebralis | Palença, Almada. |
| 249 <sub>1</sub> -11 | Ficus burdigalensis   | Palença, Almada. |
| 248 <sub>2</sub> -12 | Pereiraia gervaisi    | Palença, Almada. |

## Burdigaliense superior. Zona IV b. Arcillas y moladas arenosas

|                      |                     |               |
|----------------------|---------------------|---------------|
| 161 <sub>4</sub> -13 | Gryphaea griphoides | Alto do Pina. |
|----------------------|---------------------|---------------|

## Helveciense inferior. Zona V a. Moladas calizas

|                      |                     |  |
|----------------------|---------------------|--|
| 75 <sub>1</sub> -14  | Chlamys catalaunica | Pedreira do Carrascal, al NE. del Alto de S. João. |
| 161 <sub>9</sub> -16 | Gryphaea griphoides | Quinta do Pombeiro; Chelas.                        |
| 75 <sub>3</sub> -17  | Chlamys scabrella   | Quinta do Pombeiro; Chelas.                        |

## Helveciense medio. Zona V b. Areniscas

|                      |                    |                                       |
|----------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 75 <sub>6</sub> -18  | Chlamys scabrella  | Fonte da Pipa.                        |
| 56 <sub>2</sub> -19  | Pecten subarcuatus | Quinta da Farinheira; Chelas.         |
| 161 <sub>3</sub> -20 | Ostrea crassissima | Quinta da Farinheira; Chelas.         |
| 161 <sub>6</sub> -21 | Ostrea crassissima | Olival da Suzana; Charneca do Lumiar. |

## Helveciense medio. Zona V c. Molada con fósiles espáticos

|                     |                      |                               |
|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| 75 <sub>1</sub> -22 | Chlamys scabriuscula | Quinta da Farinheira; Chelas. |
| 78 <sub>2</sub> -23 | Anomia choffati      | Quinta da Farinheira; Chelas. |

## Helveciense superior. Zona VI a. Arcillas

|                      |                    |                                      |
|----------------------|--------------------|--------------------------------------|
| 171 <sub>2</sub> -24 | Cardium hians      | Corte de Mutela a Cacilhas (Almada). |
| 78 <sub>3</sub> -25  | Anomia choffati    | Xabregas.                            |
| 248 <sub>3</sub> -26 | Pereiraia gervaisi | Margueira.                           |

## Helveciense superior. Zona VI b. Areniscas silíceas y areniscas arcillocalcáreas

|                     |                  |                   |
|---------------------|------------------|-------------------|
| 78 <sub>1</sub> -27 | Anomia ephippium | Cacilhas, Almada. |
|---------------------|------------------|-------------------|

## Helveciense superior. Zona VI c. Moladas calizas

|                     |                      |  |
|---------------------|----------------------|--|
| 78 <sub>3</sub> -28 | Pycnodonta squarrosa | Serres Marvila.                                |
| 56 <sub>3</sub> -29 | Pecten marvilensis   | Corte de carretera Lisboa-Vila Franca Sacavem. |

## Tortonense. Zona VII a. Aureolas de Braço de Prata

|                      |                 |         |
|----------------------|-----------------|---------|
| 10 <sub>1</sub> -32  | Pinna pectinata | Mutela. |
| 178 <sub>2</sub> -33 | Tapes vetula    | Mutela. |

## Tortonense. Zona VII b. Arenisca arcillosa y molada

|                      |                        |                       |
|----------------------|------------------------|-----------------------|
| 75 <sub>3</sub> -34  | Chlamys scabrella      | Reirolas, Cabo Ruivo. |
| 75 <sub>9</sub> -35  | Chlamys scabrella      | Rego.                 |
| 165 <sub>1</sub> -37 | Venericardia matheroni | Rego.                 |
| 171 <sub>3</sub> -38 | Cardium hians          | Casal das Rolas.      |

## Sin situación precisa estratigráfica

|                    |            |                    |
|--------------------|------------|--------------------|
| 179-D <sub>2</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 180-D <sub>3</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 181-D <sub>1</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 182-D <sub>5</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 183-D <sub>6</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 184-D <sub>7</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 185-D <sub>8</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 186-D <sub>1</sub> | Tellina    | Cacela Algarve.    |
| 8-B <sub>1</sub>   | Arca       | Lisboa Norte Tajo. |
| 9-B <sub>2</sub>   | Arca       | Lisboa Norte Tajo. |
| 10-4 B             | Arca       | Lisboa Norte Tajo. |
| 250-C <sub>1</sub> | Pleurotoma | Lisboa Sur Tajo.   |
| 251-C <sub>2</sub> | Pleurotoma | Lisboa Sur Tajo.   |
| 177-A              | Venus      | Riba de Cacela.    |
| 178-4 A            | Venus      | Riba de Cacela.    |

## V.—LA TÉCNICA ESPECTROQUÍMICA: SU SENSIBILIDAD Y PRECISION

**La técnica espectroquímica.**—Vamos a considerar varios aspectos de esta técnica.

1. **GENERALIDADES.**—En los análisis espectroquímicos con fines paleontológicos, es necesario efectuar, según los casos, tres tipos de análisis: los cualitativos, los semicuantitativos y los cuantitativos. Los primeros se efectúan cuando únicamente interesa la identificación de un elemento determinado en un fósil o un ser; los segundos, cuando además de identificar el elemento se necesita saber de qué orden es su contenido en el mismo, no siendo necesaria una precisión mayor por no interesar para el planteamiento y resolución del tema a estudiar o porque varía considerablemente la composición cuantitativa oligoelemental de la muestra con el individuo que se estudia o con el lugar de toma de la muestra. La ciencia exige por último el análisis cuantitativo preciso, al que se tiene que recurrir en muchos casos, como es, por ejemplo, en la asimilación diferencial elemental, en la influencia de la existencia o carencia de un elemento en el medio, etc.

Los elementos que se pueden determinar prácticamente entre 2.000 y 10.000 Å son todos los metales, y de los metaloides, arsénico, boro, carbono, fósforo, azufre, silicio, telurio y los halógenos.

Para la obtención de los espectrogramas y su estudio interesa, con el fin de que las líneas se puedan destacar bien, la elección de unas líneas y condiciones que les den ennegrecimientos considerables con fondos poco subidos; esto depende, además de las propias líneas, de la clase de muestra, de los diversos tipos de excitación y del receptor de la radiación espectral.

El primer punto a considerar es la elección de estas líneas; en todos los análisis de oligoelementos deben ser las líneas últimas las más per-



sistentes o de máxima sensibilidad absoluta, que son aquellas que para la zona y las condiciones empleadas son las primeras en aparecer al aumentar la concentración del elemento o las últimas en desaparecer al disminuirla, o sea las que son consecuencia de saltos electrónicos de mayores probabilidades, como ocurre en los del primer nivel energético fundamental.

Para algunos oligoelementos, con las condiciones que se opera y concentraciones en que están, sucederá que se puedan recoger las emisiones de varias de sus líneas espectrales; en este caso, si se hacen valoraciones se recurrirá a las líneas analíticas o de gran sensibilidad a la concentración, que tienen la particularidad de que su ennegrecimiento aumenta o disminuye marcadamente con las variaciones de concentraciones de los elementos.

2. **CONCENTRACIÓN.**—Cuando los métodos corrientes tienen la sensibilidad suficiente para poder identificar al elemento, la obtención del espectrograma se efectúa directamente; pero en caso contrario, a pesar de elegir la excitación adecuada, se necesita recurrir a una concentración previa o simultánea, que suele efectuarse con técnicas muy variadas con el fin de conseguir que el elemento destaque sobre la base o sobre otras perturbaciones, como bandas originadas por electrodos, etc. Las técnicas de concentración, cuando son con tratamientos químicos, tienen la ventaja de poder llevar el elemento a valorar a una composición analoga a la correspondiente a las muestras-tipo, así como la facilidad de añadir un elemento de referencia lo más adecuado posible, con las desventajas de necesitar más tiempo y manipulaciones, así como una posible contaminación por parte de los reactivos.

Una de las técnicas de concentración más sensibles en apariencia radica en seguir las marchas sistemáticas de química analítica, con el objeto de separar el elemento a valorar de sus acompañantes. Se puede hacer una concentración de algún elemento de las muestras con tratamientos adecuados, para identificar éstos. También son posibles las conseguidas de sus disoluciones con los métodos electrolíticos o los clásicos de fusiones cuando se buscan metales nobles. Como método directo de concentración figura el piroeléctrico, que hemos utilizado satisfactoriamente en muchas ocasiones, pero con otros fines; exige más cantidad de muestra, pero permite análisis interesantes. Como está fundado en la destilación fraccionada, si se emplean cantidades importantes de muestras y efectúan tomas sucesivas, se pueden concentrar y separar los espectros de los elementos muy volátiles, como arsénico,

cadmio, galio, germanio, mercurio, indio, cinc, etc., de los medianamente volátiles, y éstos de los poco volátiles, como las tierras escasas.

3. **EXCITACIÓN POR ARCO.**—La excitación más recomendada para la determinación de las trazas de los elementos es el arco, con el inconveniente de no ser en general la más adecuada para valoraciones cuantitativas muy precisas. Existen en la actualidad diversas clases, como son las de alta y baja tensión, corrientes continua y alterna, excitación continua e intermitente.

Son varios los inconvenientes propios de la excitación por arco, que se consiguen reducir con la acertada elección de las variantes. La más importante quizá sea el consumo elevado de muestra (del orden de mg.) que se reducen en parte utilizando electrodos con diámetro interior muy pequeño; los hemos preparado para efectuar ensayos en grafito con bocas de 0,8 mm.; con ellos obtuvimos resultados muy buenos, pero en nuestro caso se hicieron de 35 mm. La emisión de bandas se debe eliminar; para ello es necesario averiguar su procedencia. En el caso de las del cianógeno, por ejemplo, se consigue su eliminación con el empleo de electrodos auxiliares de metal, como cobre y aluminio, en lugar de carbón, aunque aquéllos dan las bandas correspondientes al óxido de cobre y al óxido de aluminio.

En los análisis, tanto por arco como por chispa, es fundamental el evitar toda contaminación y la elección de los electrodos. Se deposita la sustancia sólida directamente en éstos o se emplean líquidos que se evaporen en los propios electrodos auxiliares; en este caso se suelen utilizar determinadas clases de carbón, por la influencia que tiene la porosidad en la absorción. Los electrodos de carbón y grafito contienen generalmente boro en el límite de sensibilidad; por ello, en los casos en que deseamos identificar sin lugar a dudas este elemento con aquel límite, es necesario recurrir a electrodos de cobre; por ello los valores dados son siempre superiores o iguales a 0,001 %.

La corriente de baja que hemos utilizado para la excitación fue de 220 v.

4. **TÉCNICAS ANALÍTICAS.**—En los análisis espectroquímicos, como indicamos antes, puede suceder que interese saber si una muestra tiene un elemento determinado, qué elementos contienen o en qué porcentaje se encuentran; en nuestra investigación procedíamos primero a su identificación con el análisis cualitativo y después a su valoración con el cuantitativo.

a) *Cualitativas:* El objeto de nuestros análisis cualitativos fue la



detección de los elementos contenidos en un ser. Para ello, después de obtenido el espectrograma se procede a la interpretación.

b) *Semicuantitativas*: La técnica que hemos utilizado primeramente es la semicuantitativa, por ser suficiente, en la mayoría de los casos, el conocimiento de la existencia de un elemento y de qué orden es su contenido. Si nos referimos a los terrenos, el valor preciso del contenido de un elemento cambia ligeramente y, a veces, en cantidades de importancia con el sitio. En las aguas también existe esta variación, la cual debe existir en el fósil según el momento y condiciones de su vida y del momento y circunstancias de la fosilización. Para apreciar la pureza de los productos químicos y farmacéuticos, es suficiente conocer el orden del contenido de los elementos que los impurifican.

Por un análisis semicuantitativo se tiene conocimiento de la carencia o exceso de un elemento que puede ser indispensable o nocivo para la vida, se ponen de manifiesto las anomalías en las concentraciones elementales. Se siguen las asimilaciones de los elementos que no pasan a otros, al menos en proporciones espectrales apropiadas.

Las valoraciones semicuantitativas se efectúan por apreciación visual comparando el espectrograma con otro que contenga los elementos que se valoran en cantidades sucesivamente crecientes obtenidos con una muestra similar, y en caso de duda se comparan las intensidades con las correspondientes a líneas del elemento base o de alguno que esté en cantidad fija formando un par de líneas homólogas. De esta manera se aprecian rápidamente las diferencias entre 0,15 y 0,20 % de molibdeno, y 0,05 y 0,10 % de vanadio, de una muestra que es suficiente en la mayoría de los casos.

c) *Cuantitativas*: Las valoraciones cuantitativas del análisis espectral deben considerarse como relativas, por lo que se suele recurrir a un elemento de referencia, que suele ser un catión añadido en cantidad prefijada, como molibdeno, níquel, etc., o bien emplear el elemento fundamental cuando éste esté en cantidad constante o forme la casi totalidad del problema, como ocurre en nuestro caso con el calcio.

Las valoraciones se fundan en la proporcionalidad de los logaritmos de las relaciones de las desviaciones galvanométricas de las líneas de los elementos a valorar y del de referencia, con los logaritmos de los contenidos de los elementos. De esta manera hemos valorado muestras en las que un elemento está en la proporción de 0,001 % con precisiones de  $\pm 10$  % de este contenido, o sea con  $\pm 0,0001$  % dentro del total, y en general las técnicas cuantitativas no suelen ser aptas para elementos con contenidos superiores al 10 %.

5. **SENSIBILIDAD**.—Las sensibilidades son variables según el elemento y la técnica empleada; en nuestro caso se suele utilizar 0,02 g. de muestra y con ella, según el cuadro adjunto, se pueden apreciar sensibilidades extraordinarias como  $2 \cdot 10^{-9}$  g. para el caso del berilio a  $2 \cdot 10^{-3}$  g. para el rubidio y cesio, que son los menos sensibles en la zona donde se está operando.

Del análisis cualitativo se dedujo la carencia, dentro de la sensibilidad del cuadro, de los siguientes elementos: disprosio, erbio, europio, galio, gadolinio, germanio, holmio, indio, iridio, lantano, lutecio, niobio, neodimio, osmio, paladio, praseodimio, platino, renio, rodio, rutenio, escandio, samario, tántalo, terbio, telurio, talio, torio, tulio, uranio, volfranio, itrio y terbio.

Como consecuencia del primer análisis, se aprecia en los espectrogramas que los elementos de los que se podía hacer la valoración eran los siguientes: aluminio, boro, bario, berilio, cadmio, cromo, cobre, hierro, litio, magnesio, manganeso, sodio, níquel, plomo, silicio, estaño, estroncio, titanio, circonio.

De estos diecinueve elementos, algunos, como el berilio, cadmio, níquel, estaño, no pasaban en las muestras que los contenían de ser meros indicios.

Por este motivo clasificamos los elementos en dos grupos, uno de quince cationes, que lo forman: aluminio, boro, bario, cromo, cobre, hierro, litio, magnesio, manganeso, sodio, plomo, silicio, estroncio, titanio, circonio, del que se hicieron sus correspondientes escalas para poder disponer de unos valores precisos de referencia con los que se dedujeron por interpolación los de las muestras. Con el otro grupo, formado por los cuatro metales berilio, cadmio, níquel y estaño, nos limitamos a comprobar los límites de sensibilidad por diluciones sucesivas y vimos eran los que figuran en el cuadro adjunto. El decir indicios en el cuadro de valoraciones es lo mismo que poner la cifra que representa el límite de sensibilidad.

La sensibilidad espectral de los diversos elementos con nuestras técnicas, la teníamos conocida por los estudios efectuados anteriormente.

Su conocimiento es muy necesario, ya que cuando afirmamos que un elemento no lo hemos identificado, no quiere decir que no lo contenga la muestra; lo que ocurre es que está en menos cantidad que el límite de sensibilidad con que actuamos y por ello no detectamos sus líneas espectrales. Quizás en alguna muestra pudiese quedar algo de fósforo del ser primitivo, pero como este elemento es poco sensible espectral-

mente, ya que sólo lo identificamos en contenidos iguales o superiores del 1 %, es por lo que no figura en los estadillos.

6. **PRECISIÓN.** — En nuestra investigación no tiene demasiada importancia la precisión absoluta, porque el contenido de un elemento puede variar ligeramente de un sitio a otro o de un ser a otro, dentro del mismo yacimiento, además de que pequeñas diferencias en la valoración tampoco tienen importancia en las conclusiones por ser más importante el análisis de muchas muestras que el estudiar pocas con gran precisión.

Las valoraciones en general corresponden a cantidades difíciles de valorar, e incluso de identificar con las técnicas químicas clásicas; las hemos efectuado con un error máximo del 10 % de contenido del elemento. Si en lugar de hacer de cada muestra dos determinaciones, hubiéramos efectuado cinco, el error máximo hubiera descendido al 5 %, pero no consideramos necesaria esta reiteración. Al considerar cualquiera de los varios oligoelementos que están en cantidades del orden del 0,002 %, como el cobre, magnesio, etc., la diferencia del valor deducido con el real es menor de 0,0002 % de dicho elemento. Esta es también la razón de dar solamente dos cifras significativas en los resultados, ya que la tercera no tiene objeto escribirla por ser falsa. Este criterio permite operar con solamente tres cifras de la mantisa de los logaritmos, lo que facilita los cálculos.

### SENSIBILIDAD ESPECTRAL DE LOS ELEMENTOS

| Elemento | Sensibilidad en % | Elemento | Sensibilidad en % |
|----------|-------------------|----------|-------------------|
| Ag       | 0,0001            | In       | 0,0001            |
| Al       | 0,001             | Ir       | 0,01              |
| As       | 0,1               | K        | 0,1               |
| Au       | 0,01              | La       | 0,1               |
| B        | 0,0005            | Li       | 0,01              |
| Ba       | 0,001             | Lu       | 0,0001            |
| Be       | 0,00001           | Mg       | 0,001             |
| Bi       | 0,0001            | Mn       | 0,005             |
| Cd       | 0,001             | Mo       | 0,001             |
| Ce       | 0,01              | Na       | 0,001             |
| Co       | 0,01              | Nb       | 0,1               |
| Cr       | 0,01              | Nd       | 0,1               |
| Cs       | 10                | Ni       | 0,001             |
| Cu       | 0,001             | Os       | 0,1               |
| Dy       | 0,01              | P        | 1                 |
| Er       | 0,001             | Pb       | 0,0001            |
| Eu       | 0,01              | Pd       | 0,01              |
| Fe       | 0,0005            | Pr       | 0,1               |
| Ga       | 0,001             | Pt       | 0,001             |
| Gd       | 0,010             | Rb       | 10                |
| Ge       | 0,0001            | Re       | 0,1               |
| Hf       | 0,01              | Rh       | 0,01              |
| Hg       | 0,01              | Ru       | 0,1               |
| Ho       | 0,001             | Sb       | 0,005             |
| Sc       | 0,001             | Ti       | 0,001             |
| Si       | 0,001             | Tl       | 0,001             |
| Sm       | 0,01              | Th       | 0,001             |
| Sn       | 0,0001            | U        | 0,01              |
| Sr       | 0,001             | V        | 0,0001            |
| Ta       | 0,01              | W        | 0,1               |
| Tb       | 0,01              | Yb       | 0,0001            |
| Te       | 1                 | Yt       | 0,1               |
| Th       | 0,01              | Zn       | 0,1               |
|          |                   | Zr       | 0,001             |

## VI.—LA PRACTICA DEL ANALISIS ESPECTROQUIMICO

Iniciamos el trabajo con la idea de preparar una concentración de los cationes, de acuerdo con lo descrito en el capítulo anterior, tema sobre el que hemos presentado dos comunicaciones en los Congresos del G. A. M. S. (VI-1), pero pudimos comprobar que aunque esta técnica aumentaba la facilidad para la detección de algunos oligoelementos, no compensaba el gran trabajo que representaba, con respecto a las conclusiones que se podían obtener. Además tenía el inconveniente de que hemos indicado en otras ocasiones de ser el tratamiento previo siempre fácil a contaminaciones. Por ello preferimos seguir el criterio que habíamos establecido de efectuar el análisis de muchas muestras para mejorar nuestros resultados estadísticos.

**Técnica seguida.**—La técnica seguida, descrita en la obra de uno de nosotros (J. M.) (VI-2) sobre análisis espectroquímico cuantitativo, consistió en mezclar igual parte en peso de grafito que de finísimo polvo de los caparazones y pesar de esta mezcla 0,04 g. por cada espectrograma que se obtiene, que corresponde a 0,02 g. de muestra.

La excitación es por arco continuo con corriente continua a 220 V. intensidad inicial de 5 A. y final de 10 A., exposición hasta la total volatilización de la muestra, que es como máximo cinco minutos y como ánodo el electro auxiliar inferior, ambos de grafito muy puro con una separación entre los mismos de 3 mm. Los electrodos de 6 mm. de diámetro, tenía el inferior una cavidad cilíndrica de 3,5 mm. de profundidad y de 3,5 mm. de diámetro, y el superior terminado en forma cónica con ángulos de 90°.

La balanza para las pesadas de las muestras es de una precisión de 0,02 mg. y se realizaban simultáneamente dos pesadas de cada muestra para obtener sus dos espectrogramas. La operación de carga del cráter se efectuó con gran cuidado para evitar pérdidas de sustancia.

Las emulsiones fotográficas utilizadas fueron "Valca Universal Or-

tocromática", que responde muy bien en la zona que se ha operado y al mismo tiempo se puede revelar con luz roja, efectuándose con un revelador a base de metol e hidroquinona y fijador ácido a una temperatura de 18° C.

Unas veces utilizamos el espectrógrafo Q-24 y otras el Hilger-E. 1, con una rendija de 0,2 mm. y enfoque del arco sobre el medio dispersor.

Se obtenía generalmente en cada placa un espectrograma del hierro como elemento de referencia de longitudes de onda y 14 de fósiles que corresponden a siete muestras.

La interpretación de los espectrogramas se realizó con el correspondiente proyector, utilizando como atlas el de López de Azcona (VI-3) y como tablas las de Harrison (VI-4).

**Preparación de escalas.**—Las escalas para establecer los valores cuantitativos, debido al efecto de matriz, tienen que prepararse de manera que la base se parezca lo más posible a las muestras que se analizan; por ello tomamos el carbonato de calcio. Los cationes tienen que ser en un polvo finísimo y procuramos, siempre que fue posible, que estuviesen en forma de óxidos, siendo la única excepción la del  $\text{BO}_3\text{H}_3$ , por no haber encontrado el  $\text{BO}_2\text{O}_3$ . Los óxidos utilizados figuran en el siguiente cuadro:

|            |                         |                         |                         |                         |                |                         |                       |                         |                       |                |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| Elemento:  | Al                      | B                       | Ba                      | Be                      | Cd             | Cr                      | Cu                    | Fe                      | Li                    |                |
| Compuesto: | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{BO}_3\text{H}_3$ | BaO                     | BeO                     | CdO            | $\text{Cr}_2\text{O}_3$ | $\text{Cu}_2\text{O}$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{Li}_2\text{O}$ |                |
| %          | 52,91                   | 17,55                   | 89,57                   | 36,03                   | 87,54          | 68,43                   | 88,82                 | 69,94                   | 46,45                 |                |
| Elemento:  | Mg                      | Mn                      | Na                      | Ni                      | Pb             | Si                      | Sn                    | Sr                      | Ti                    | Zr             |
| Compuesto: | MgO                     | $\text{MnO}_2$          | $\text{Na}_2\text{O}_2$ | $\text{Ni}_2\text{O}_3$ | $\text{PbO}_2$ | $\text{SiO}_2$          | SnO                   | SrO                     | $\text{TiO}_2$        | $\text{ZrO}_2$ |
| %          | 60,32                   | 63,19                   | 58,97                   | 70,98                   | 86,62          | 40,08                   | 78,77                 | 84,56                   | 59,96                 | 71,70          |

La manera de preparar cada escala la describimos para el Mg y análogamente se realizan para los demás cationes. Los términos de la escala de este elemento son los correspondientes a las siguientes proporciones: 5 %, 1 %, 0,5 %, 0,1 %, 0,05 %, 0,01 %, 0,005 %, 0,001 %, 0,0005 %. Para elementos como el Mg, con sensibilidad de 0,001 %, se llegó al 0,0005 %.

Al igual que en todos los casos, se preparó un término con concentración inferior al límite de sensibilidad.

El primer término es de 5 %; como se piensa preparar un gramo sin incluir el grafito, el contenido en Mg será de 0,05 g., y como el óxido de Mg está en la proporción de 60,32 %, se necesitarán pesar 0,083 g. de OMg y el resto hasta el gramo, o sea 0,917 g. de carbonato cálcico y 1 g. de grafito.

Para preparar el segundo término, que es el 1 %, se pesa del primero 0,4 g. y del carbonato cálcico y de grafito 0,8 g.

Para preparar el tercer término se pesan 1 g. del segundo, 0,5 g. de carbonato cálcico y otro tanto de grafito, y así sucesivamente, según el esquema adjunto.

## PESO EN GRAMOS

| Término | Ley en % | Oxido | Peso anterior | $\text{Co}_3\text{Ca}$ | Grafito |
|---------|----------|-------|---------------|------------------------|---------|
| 1       | 5        | 0,083 | —             | 0,917                  | 1,0     |
| 2       | 1        | "     | 0,4           | 0,8                    | 0,8     |
| 3       | 0,5      | "     | 1,0           | 0,5                    | 0,5     |
| 4       | 0,1      | "     | 0,4           | 0,8                    | 0,8     |
| 5       | 0,05     | "     | 1,0           | 0,5                    | 0,5     |
| 6       | 0,01     | "     | 0,4           | 0,8                    | 0,8     |
| 7       | 0,005    | "     | 1,0           | 0,5                    | 0,5     |
| 8       | 0,001    | "     | 0,4           | 0,8                    | 0,8     |
| 9       | 0,0005   | "     | 1,0           | 0,5                    | 0,5     |
| 10      | 0,0001   | "     | 0,4           | 0,8                    | 0,8     |

Las fracciones de cada muestra se mezclan íntimamente en mortero de ágata durante diez minutos.

Para la obtención del espectrograma de la escala, que se hacen por quintuplicado poniendo tres términos por placa y revelándolas simultáneamente, se efectúan de menor a mayor concentración para reducir el efecto de contaminación de una muestra con la anterior.

Obtenidos los espectrogramas se fotometran las líneas seleccionadas. Para todas las escalas se utilizó como elemento de referencia la del calcio (Ca I-3150,738) y para esta de valoración del magnesio la Mg II-2802,695. Se utiliza como patrón una línea del calcio para reducir las manipulaciones y adición de un elemento de referencia.

CUADRO PARA EL TRAZADO DE

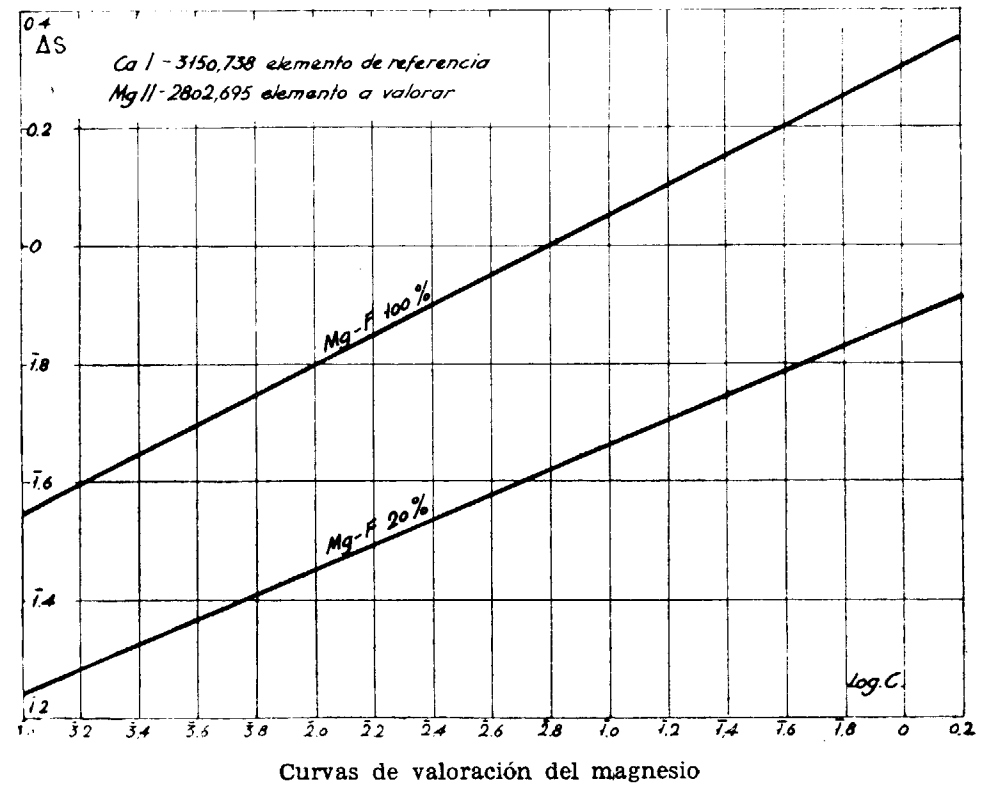
| Término<br>núm. | d <sub>100</sub> | log d <sub>100</sub> | log $\frac{d_{100}}{dCa}$ | d <sub>20</sub> | log d <sub>20</sub> |
|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|-----------------|---------------------|
|                 | 46,1             |                      |                           | 86,4            |                     |
|                 | 45,6             |                      |                           | 85,6            |                     |
|                 | 45,4             |                      |                           | 85,3            |                     |
|                 | 45,8             |                      |                           | 85,5            |                     |
|                 | 45,6             |                      |                           | 86,7            |                     |
| 1               | 45,7             | 1,656                | 1,539                     | 85,9            | 1,909               |
|                 | 31,3             |                      |                           | 66,3            |                     |
|                 | 30,9             |                      |                           | 65,1            |                     |
|                 | 31,1             |                      |                           | 66,3            |                     |
|                 | 30,2             |                      |                           | 65,4            |                     |
| 2               | 30,5             | 1,489                | 1,709                     | 64,0            | 1,818               |
|                 | 30,8             |                      |                           | 65,8            |                     |
|                 | 27,2             |                      |                           | 60,0            |                     |
|                 | 27,4             |                      |                           | 59,9            |                     |
|                 | 28,3             |                      |                           | 61,0            |                     |
|                 | 28,1             |                      |                           | 60,6            |                     |
|                 | 28,5             |                      |                           | 60,5            |                     |
| 3               | 27,9             | 1,445                | 1,778                     | 60,4            | 1,781               |
|                 | 19,1             |                      |                           | 44,1            |                     |
|                 | 20,4             |                      |                           | 45,2            |                     |
|                 | 19,6             |                      |                           | 44,3            |                     |
|                 | 19,5             |                      |                           | 44,6            |                     |
| 4               | 20,2             | 1,298                | 1,942                     | 45,3            | 1,649               |
|                 | 19,1             |                      |                           | 44,7            |                     |
|                 | 16,0             |                      |                           | 37,2            |                     |
|                 | 16,5             |                      |                           | 37,4            |                     |
|                 | 15,8             |                      |                           | 36,1            |                     |
|                 | 16,0             |                      |                           | 36,5            |                     |
|                 | 16,2             |                      |                           | 36,8            |                     |
| 5               | 16,1             | 1,206                | 0,017                     | 36,8            | 1,566               |
|                 | 11,9             |                      |                           | 28,1            |                     |
|                 | 10,4             |                      |                           | 27,3            |                     |
|                 | 10,2             |                      |                           | 27,0            |                     |
|                 | 12,0             |                      |                           | 27,1            |                     |
|                 | 11,5             |                      |                           | 28,0            |                     |
| 6               | 11,2             | 1,049                | 0,191                     | 27,5            | 1,440               |
|                 | 9,1              |                      |                           | 23,4            |                     |
|                 | 9,4              |                      |                           | 23,3            |                     |
|                 | 8,2              |                      |                           | 23,2            |                     |
|                 | 8,5              |                      |                           | 22,7            |                     |
|                 | 9,3              |                      |                           | 23,6            |                     |
| 7               | 8,9              | 0,953                | 0,270                     | 23,1            | 1,36                |
|                 | 7,1              |                      |                           | 19,6            |                     |
|                 | 8,3              |                      |                           | 20,8            |                     |
|                 | 7,2              |                      |                           | 19,4            |                     |
|                 | 8,1              |                      |                           | 20,9            |                     |
|                 | 8,3              |                      |                           | 20,3            |                     |
| 8               | 7,8              | 0,893                | 0,316                     | 20,4            | 1,31                |

CURVA DE VALORACION (Magnesio)

| log $\frac{d_{20}}{dCa}$ | dCa  | log dCa | C %   | log C |
|--------------------------|------|---------|-------|-------|
|                          | 16,1 |         |       |       |
|                          | 15,3 |         |       |       |
|                          | 15,5 |         |       |       |
|                          | 15,4 |         |       |       |
|                          | 16,2 |         |       |       |
| 1,256                    | 15,7 | 1,195   | 0,001 | 3,—   |
|                          | 16,2 |         |       |       |
|                          | 15,9 |         |       |       |
|                          | 15,8 |         |       |       |
|                          | 15,3 |         |       |       |
| 1,380                    | 15,8 | 1,198   | 0,05  | 3,899 |
|                          | 16,1 |         |       |       |
|                          | 16,2 |         |       |       |
|                          | 17,6 |         |       |       |
|                          | 17,2 |         |       |       |
|                          | 16,4 |         |       |       |
| 1,442                    | 16,7 | 1,223   | 0,01  | 2,—   |
|                          | 17,1 |         |       |       |
|                          | 17,8 |         |       |       |
|                          | 17,4 |         |       |       |
|                          | 17,1 |         |       |       |
| 1,591                    | 17,6 | 1,240   | 0,005 | 2,699 |
|                          | 17,4 |         |       |       |
|                          | 16,6 |         |       |       |
|                          | 17,0 |         |       |       |
|                          | 16,4 |         |       |       |
|                          | 16,6 |         |       |       |
| 1,657                    | 16,9 | 1,223   | 0,1   | 1,—   |
|                          | 16,7 |         |       |       |
|                          | 17,8 |         |       |       |
|                          | 17,2 |         |       |       |
|                          | 17,0 |         |       |       |
|                          | 17,3 |         |       |       |
| 1,800                    | 17,7 | 1,230   | 0,5   | 1,699 |
|                          | 17,4 |         |       |       |
|                          | 18,0 |         |       |       |
|                          | 18,1 |         |       |       |
|                          | 17,3 |         |       |       |
|                          | 17,1 |         |       |       |
|                          | 18,0 |         |       |       |
| 1,860                    | 16,7 | 1,223   | 1,—   | 0     |
|                          | 15,9 |         |       |       |
|                          | 16,6 |         |       |       |
|                          | 16,0 |         |       |       |
|                          | 16,0 |         |       |       |
|                          | 16,5 |         |       |       |
| 1,899                    | 16,2 | 1,209   | 1,59  | 0,200 |

## VII.—LOS RESULTADOS DE LAS VALORACIONES

Las muestras fósiles que se han estudiado fueron 291, de las cuales se obtuvieron sus espectrogramas en 44 placas, y en ellas se valoraron 22 elementos, lo que corresponde, incluidas las escalas de valoración, a 13.200 densometrías, a las cuales se tienen que añadir 580 del calcio y 1.794 de las que se efectuaron en dos concentraciones, como ocurrió con varias del estroncio, dando un total de 15.500 densometrías. Con



este material se tuvieron que obtener 31.000 logaritmos, y con sus cifras se dedujeron 8.600 valores en las correspondientes gráficas, de los cuales constan cerca de 3.500 en los estados adjuntos.

Las interpretaciones semicuantitativas fueron dos por muestra y elemento, de los 24 que se comentan en el capítulo VIII, lo que da un total de 28.400.

ABREVIATURAS PARA LOS GENEROS UTILIZADOS EN EL CUADRO  
DE VALORACIONES

|              |         |
|--------------|---------|
| Núcula       | Núcula  |
| Arca         | Arca    |
| Pinna        | Pinna   |
| Pecten       | Pecten  |
| Amussium     | Amus.   |
| Chlamys      | Chlam.  |
| Aequipecten  | Aequip. |
| Anomia       | Anomia  |
| Pycnodonta   | Pycn.   |
| Ostrea       | Ostrea  |
| Gryphea      | Gryph.  |
| Cardita      | Cardit. |
| Venericardia | Vener.  |
| Lucina       | Lucina  |
| Chama        | Chama   |
| Cardium      | Card.   |
| Venus        | Venus   |
| Meretrix     | Meretr. |
| Tapes        | Tapes   |
| Tellina      | Tellin. |
| Turritella   | Turrit. |
| Cerithium    | Cerit.  |
| Rostellaria  | Rostel. |
| Pereiraia    | Pereir. |
| Columbella   | Colum.  |
| Ficus        | Ficus   |
| Pleurotoma   | Pleuro. |
| Conus        | Conus.  |

ABREVIATURAS PARA LAS LOCALIDADES UTILIZADAS EN EL CUADRO  
DE VALORACIONES

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| La Almunia             | La Al.              |
| La Granada             | La Gr.              |
| Montjuich              | Mont.               |
| Papiol                 | Papiol              |
| San Cugat del Vallés   | S. Cug.             |
| San Feliu de Llobregat | S. Fel.             |
| San Lorenzo de Hortons | S. Lor.             |
| San Pablo de Ordal     | S. Pab.             |
| San Pedro de Molanta   | S. Ped.             |
| San Saturnino de Noya  | S. Sat.             |
| San Vicente de Calders | S. Vic.             |
| Torre Melino           | Tor. Me.            |
| Alfacar Fuente Grande  | Alf. F.             |
| Alfacar Puerto Lobo    | Alf. P.             |
| Beas de Granada        | Beas.               |
| Cerrada Bodurria       | Cer. B.             |
| Cerro de las Pipas     | Cer. P.             |
| El Almejar             | El Alm.             |
| Fuente del Hervidero   | F. Her.             |
| Jayena                 | Jayena              |
| Purche                 | Purche              |
| Santa Inés             | S. <sup>a</sup> In. |
| Cope                   | Cope                |
| Mula                   | Mula                |
| Cantillana             | Cant.               |
| Carmona                | Carm.               |
| Altafulla              | Altaf.              |
| Cacela Algarve         | Cac.                |
| Lisboa N. del Tajo     | Lis. N.             |
| Lisboa S. del Tajo     | Lis. S.             |
| Riba de Cacela         | Rib.                |



VECES QUE APARECEN LOS ELEMENTOS EN LOS GENEROS

| Géneros         | Mues-<br>tras | Loca-<br>lida-<br>des | %    | Ag | B  | Ba | Li | Be | Cd | Co | Cr | Cu | Li | Mn | Mo | Ni | Pb | Sn | Zr |
|-----------------|---------------|-----------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Núcula...       | 5             | 1                     | 1,7  | 5  | 5  | 5  |    |    |    | 3  |    | 5  |    |    |    |    | 5  |    |    |
| Arca...         | 8             | 3                     | 2,7  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    | 8  |    |    |    |    | 1  |    |    |
| Pinna...        | 1             | 1                     | 0,35 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |
| Pecten...       | 48            | 10                    | 16,5 | 13 | 44 | 4  | 1  |    |    |    | 34 | 48 |    | 32 |    |    | 29 | 6  | 9  |
| Amusium...      | 13            | 4                     | 4,5  | 6  | 2  | 4  | 4  |    |    |    | 3  | 13 |    | 13 |    |    | 4  |    |    |
| Chlamys         | 14            | 4                     | 4,8  | 1  | 13 | 1  | 1  |    |    |    | 5  | 13 |    | 7  |    |    | 9  |    | 8  |
| Aequipekten...  | 2             | 2                     | 0,7  | 1  | 2  | 2  |    |    |    |    | 2  | 1  |    | 2  |    |    | 1  |    |    |
| Anomia...       | 5             | 3                     | 1,7  | 3  | 3  |    |    |    |    |    |    | 5  |    | 1  |    |    | 4  |    |    |
| Pycnodontia     | 1             | 1                     | 0,35 | 1  | 1  |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    | 1  |    |    | 1  |    |    |
| Ostrea...       | 88            | 14                    | 30   | 48 | 51 | 18 | 2  | 2  | 16 | 34 |    | 78 | 4  | 67 | 2  | 2  | 48 | 10 | 12 |
| Gryphaea        | 3             | 1                     | 1,0  |    | 3  |    |    |    |    |    |    | 3  |    | 3  |    |    | 2  |    |    |
| Cardita...      | 4             | 1                     | 1,4  | 1  | 1  | 4  |    |    |    |    |    | 4  |    | 3  |    |    | 3  |    |    |
| Venericardia... | 1             | 1                     | 0,35 | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    | 1  |    | 1  |
| Lucina...       | 3             | 2                     | 1,0  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    | 3  |    | 3  |    |    | 2  |    |    |
| Chama...        | 1             | 1                     | 0,35 | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    | 1  |    |    |
| Cardium         | 6             | 5                     | 2,1  | 1  | 2  | 2  | 1  |    |    |    |    | 6  |    | 4  |    |    | 5  |    | 3  |
| Venus           | 7             | 4                     | 2,4  | 1  | 2  | 7  |    |    |    |    |    | 7  |    | 2  |    |    | 7  |    |    |
| Meretrix        | 1             | 1                     | 0,35 | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    |    |    |    |
| Tapes           | 1             | 1                     | 0,35 | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    |    |    |    |
| Tellina         | 8             | 1                     | 2,7  |    |    |    |    |    |    |    |    | 8  |    |    |    |    | 8  |    |    |
| Escafópodos     | 35            | 2                     | 12   | 21 | 11 | 11 |    |    |    |    |    | 8  |    | 5  |    |    | 8  |    |    |
| Turritella...   | 13            | 6                     | 4,5  | 2  | 10 | 10 |    |    | 1  |    | 7  | 13 | 1  | 6  |    | 1  | 8  |    | 1  |
| Cerithium...    | 4             | 2                     | 1,4  | 3  | 3  | 1  |    |    |    |    |    | 4  |    | 4  |    |    | 2  |    |    |
| Rostellaria     | 8             | 1                     | 2,7  | 8  | 8  | 8  |    |    |    |    | 1  | 8  |    | 4  |    |    | 4  |    | 1  |
| Pereiraia       | 5             | 2                     | 1,7  | 1  | 5  | 3  |    |    |    |    |    | 5  |    | 1  |    |    | 4  |    |    |
| Columbella      | 1             | 1                     | 0,35 | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    | 5  |    | 1  |
| Ficus           | 1             | 1                     | 0,35 | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    | 1  | 1  |    | 1  |    |    | 1  |    |    |
| Pleurofoma      | 2             | 1                     | 0,7  | 2  | 2  | 2  |    |    |    |    |    | 2  |    | 2  |    |    | 2  |    |    |
| Conus           | 2             | 1                     | 0,7  | 2  | 2  | 2  |    |    |    |    |    | 2  |    | 2  |    |    | 1  |    | 1  |

**RESULTADOS ORDENADOS POR GENEROS**

| Nº              | C                | Género  | Paraje   | Ag | Al     | B       | Ba     | Be | Cd | Co | Cr     | Cu     | Fe      | Li | Mg     | Mn     | Mo | Na      | Ni | Pb  | Si     | Sn | Sr      | Tl     | Zr     |
|-----------------|------------------|---------|----------|----|--------|---------|--------|----|----|----|--------|--------|---------|----|--------|--------|----|---------|----|-----|--------|----|---------|--------|--------|
| 1               | 13 <sub>1</sub>  | Núcula. | Beas.    | i  | 0,051  |         |        |    |    |    |        | 0,0020 | 0,040   |    | <0,001 |        |    | i       |    |     | 0,15   |    | 0,011   | 0,0038 |        |
| 2               | 13 <sub>2</sub>  | "       | "        | >i | 0,028  |         |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,00051 |    | 0,25   |        |    | i       |    |     | 0,12   |    | 0,0080  | 0,0027 |        |
| 3               | 13 <sub>3</sub>  | "       | "        | i  | 0,031  |         |        |    |    |    |        | 0,0020 | 0,0095  |    | 0,0058 |        |    | i       |    |     | 0,11   |    | 0,018   | 0,0024 |        |
| 4               | 13 <sub>4</sub>  | "       | "        | i  | 0,022  |         |        |    |    |    |        | 0,0013 | 0,011   |    | 0,0064 |        |    | i       |    |     | 0,064  |    | 0,016   | 0,0019 |        |
| 5               | 13 <sub>5</sub>  | "       | "        | i  | 0,30   |         |        |    |    |    |        | 0,0080 | 0,01    |    | 0,016  |        |    | i       |    |     | 0,48   |    | 0,090   | 0,036  |        |
| 5 <sub>1</sub>  | E <sub>1</sub>   | Arca.   | La Gr.   |    | 0,040  | 0,0071  | 0,028  |    |    |    | i      | 0,0020 | 0,25    |    | 0,0014 |        |    | i       |    |     | 0,080  |    | 0,032   | 0,0057 |        |
| 5 <sub>2</sub>  | E <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,067  | 0,010   | 0,057  |    |    |    | i      | 0,0022 | 0,80    |    | 0,0013 |        |    | i       |    |     | 0,32   |    | 0,064   | 0,0080 |        |
| 5 <sub>3</sub>  | E <sub>3</sub>   | "       | "        |    | 0,084  | 0,14    | 0,036  |    |    |    | i      | 0,029  | 0,28    |    | 0,0012 |        |    | i       |    |     | 0,12   |    | 0,051   | 0,0057 |        |
| 6               | 2B <sub>1</sub>  | "       | S. Pab.  |    | 0,038  | 0,0040  |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,0084  |    | 0,017  |        |    | i       |    |     | 0,12   |    | 0,016   | 0,0032 |        |
| 7               | 2B <sub>2</sub>  | "       | "        |    | 0,1    | 0,0015  |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,014   |    | 0,040  |        |    | 0,0057  |    | i   | 0,25   |    | 0,011   | 0,0036 |        |
| 8               | B <sub>1</sub>   | "       | Lis. N.  |    | 0,0080 |         | 0,059  |    |    |    |        | 0,0020 | 0,037   |    | 0,0055 |        |    | i       |    |     | 0,16   |    | 0,071   | 0,0057 |        |
| 9               | B <sub>2</sub>   | "       | "        |    | i      |         |        |    |    |    |        | 0,01   | 0,039   |    | 0,0074 |        |    | i       |    | >i  | 0,0064 |    | 0,071   | 0,0018 |        |
| 10              | 4B               | "       | "        |    | 0,0090 |         | 0,020  |    |    |    |        | 0,0040 | 0,41    |    | 0,012  |        |    | i       |    |     | 0,20   |    | 0,080   | 0,0036 |        |
| 10 <sub>1</sub> | 32               | Pinna.  | Lis. S.  |    | 0,021  | 0,00062 |        |    |    |    |        | i      | 0,015   |    | 0,099  | 0,012  |    | i       |    |     | 0,19   |    | 0,084   | 0,0031 |        |
| 11              | 20 <sub>1</sub>  | Pecten. | Papioi.  |    | 0,045  | i       | 0,010  |    |    |    |        | <0,001 | 0,036   |    | <0,001 |        |    | i       |    |     | 0,20   |    | 0,028   | 0,0051 |        |
| 12              | 20 <sub>2</sub>  | "       | "        |    | 0,021  | i       | 0,0090 |    |    |    |        | <0,001 | 0,038   |    | <0,001 |        |    | i       |    |     | 0,051  |    | 0,022   | 0,0028 |        |
| 13              | F <sub>1</sub>   | "       | S. Vic.  |    | 0,0071 | 0,053   |        |    |    |    | 0,018  | <0,001 | 0,026   |    | <0,001 |        |    | i       |    |     | 0,040  |    | i       | 0,0036 |        |
| 14              | F <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,084  | 0,012   |        |    |    |    | 0,018  | <0,001 | 0,025   |    | <0,001 | 0,0080 |    | 0,0036  |    | i   | 0,040  |    | i       | 0,0062 |        |
| 15              | H <sub>1</sub>   | "       | "        |    | 0,020  | i       |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,028   |    | 0,10   | 0,051  |    | i       |    |     | 0,025  |    | 0,001   | 0,0080 |        |
| 16              | H <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,027  | i       |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,037   |    | 0,14   | 0,021  |    | i       |    |     | 0,0020 |    | 0,0010  | 0,010  |        |
| 17              | H <sub>3</sub>   | "       | "        |    | 0,020  | i       |        |    |    |    |        | 0,001  | 0,024   |    | 0,080  | 0,040  |    | i       |    |     | 0,057  |    | 0,00090 | 0,0041 |        |
| 18              | I <sub>1</sub>   | "       | "        |    | 0,084  | i       |        |    |    |    | 0,032  | <0,001 | 0,036   |    | 0,10   | 0,0068 |    | i       |    |     | 0,32   |    | 0,008   | 0,0028 |        |
| 19              | L <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,11   | i       |        |    |    |    | 0,028  | <0,001 | 0,037   |    | 0,16   | 0,0082 |    | i       |    |     | 0,25   |    | 0,008   | 0,0041 |        |
| 20              | 4B <sub>1</sub>  | "       | "        |    | 0,015  | 0,0046  | 0,0025 |    |    |    | 0,024  | <0,001 | 0,55    |    | 0,51   |        |    |         |    |     | 0,055  |    | <0,008  | 0,0057 |        |
| 21              | 4B <sub>2</sub>  | "       | "        |    | 0,018  | 0,00073 | 0,0021 |    |    |    | 0,020  | <0,001 | 0,038   |    | 0,01   |        |    | 0,0025  |    |     | 0,080  |    | 0,0008  | 0,0015 |        |
| 22              | 4B <sub>3</sub>  | "       | "        |    | 0,061  | <0,001  |        |    |    |    | 0,014  | <0,001 | 0,049   |    | 0,40   |        |    | <0,0009 |    | <i  | 0,26   |    | <0,008  | 0,0036 |        |
| 23              | 4B <sub>4</sub>  | "       | "        |    | 0,10   | <0,001  |        |    |    |    | 0,011  | 0,022  | 0,051   |    | 0,36   |        |    | 0,0012  |    | i   | 0,42   |    | <0,008  | 0,0031 |        |
| 24              | 4B <sub>5</sub>  | "       | "        |    | 0,020  | 0,0025  |        |    |    |    | 0,014  | 0,001  | 0,055   |    | 0,51   |        |    | 0,0012  |    | i   | 0,19   |    | <0,008  | 0,0027 |        |
| 25              | 4B <sub>6</sub>  | "       | "        |    | 0,094  | 0,00040 |        |    |    |    | 0,011  | 0,001  | 0,095   |    | 0,32   |        |    | 0,00090 |    | i   | 0,36   |    | 0,008   | 0,0030 |        |
| 26              | 4B <sub>7</sub>  | "       | "        |    | 0,025  | <0,001  |        |    |    |    | 0,0011 | <0,001 | 0,098   |    | 0,25   | 0,0080 |    | 0,0014  |    | i   | 0,25   |    | <0,008  | 0,0020 |        |
| 27              | 4B <sub>8</sub>  | "       | "        |    | 0,064  | <0,001  |        |    |    |    | 0,011  | <0,001 | 0,068   |    | 0,25   |        |    | 0,0016  |    | i   | 0,42   |    | <0,008  | 0,0036 |        |
| 28              | 4B <sub>9</sub>  | "       | "        |    | 0,042  | 0,0015  |        |    |    |    | 0,012  | 0,001  | 0,072   |    | 0,28   |        |    | 0,0015  |    | i   | 0,25   |    | 0,008   | 0,0025 | 0,0053 |
| 29              | 4B <sub>10</sub> | "       | "        |    | 0,055  | 0,001   |        |    |    |    | 0,012  | 0,001  | 0,065   |    | 0,29   |        |    | 0,0018  |    | i   | 0,28   |    | 0,008   | 0,002  |        |
| 30              | 18 <sub>1</sub>  | "       | Tor. Me. | <i | 0,057  |         |        |    |    |    | 0,028  | <0,001 | 0,057   |    | 0,057  | 0,017  |    | 0,0018  |    |     | 0,16   |    | 0,008   | 0,002  |        |
| 31              | 1 <sub>1</sub>   | "       | Beas.    |    | 0,097  | 0,0057  |        |    |    |    |        | 0,01   | 0,057   |    | 0,22   | 0,040  |    | i       |    |     | 0,16   | >i | 0,008   | 0,0071 |        |
| 32              | 1 <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,18   | 0,011   |        |    |    |    |        | i      | 0,0040  |    | 0,16   | 0,053  |    | i       |    |     | 0,16   | >i | 0,0012  | 0,0080 |        |
| 33              | 1 <sub>3</sub>   | "       | "        |    | 0,085  | 0,015   |        |    |    |    |        | i      | 0,064   |    | 0,16   | 0,039  |    | i       |    |     | 0,16   | >i | 0,0011  | 0,0080 |        |
| 34              | 3 <sub>1</sub>   | "       | "        |    | 0,016  | 0,011   |        |    |    |    |        | i      | 0,005   |    | 0,14   | 0,032  |    | i       |    |     | 0,14   | i  | 0,0012  | 0,0080 |        |
| 35              | 4 <sub>1</sub>   | "       | "        |    | 0,028  | 0,011   |        |    |    |    |        | i      | 0,0028  |    | 0,16   | 0,058  |    | i       |    |     | 0,032  |    | 0,0020  | 0,0040 |        |
| 36              | 4 <sub>1</sub>   | "       | "        |    | 0,022  | 0,012   |        |    |    |    |        | i      | 0,0012  |    | 0,25   | 0,0072 |    | i       |    |     | 0,090  |    | 0,0016  | 0,0057 |        |
|                 |                  |         |          |    |        |         |        |    |    |    |        | i      | 0,0020  |    | 0,21   | 0,016  |    | i       |    |     | 0,061  |    | 0,0018  | 0,0049 |        |
| 37              | 4 <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,1    | 0,0090  |        |    |    |    |        | i      | <0,001  |    | 0,071  |        |    | i       |    |     | 0,22   |    | 0,0016  | 0,0057 |        |
| 38              | 4 <sub>3</sub>   | "       | "        |    | 0,09   | 0,0080  |        |    |    |    |        | i      | 0,001   |    | 0,065  |        |    | i       |    |     | 0,19   | i  | 0,0014  | 0,0048 |        |
| 39              | 9 <sub>1</sub>   | "       | "        |    | 0,22   | 0,0090  |        |    |    |    |        | i      | <0,001  |    | 0,080  |        |    | i       |    |     | 0,30   |    | 0,0014  | 0,0071 |        |
| 40              | 10 <sub>1</sub>  | "       | "        |    | 0,090  | i       |        |    |    |    |        | i      | <0,001  |    | 0,051  |        |    | i       |    |     | 0,19   |    | 0,0008  | 0,0040 |        |
| 41              | 11 <sub>1</sub>  | "       | "        |    | 0,095  | i       |        |    |    |    |        | i      | <0,001  |    | 0,045  |        |    | i       |    |     | 0,18   |    | 0,0008  | 0,0045 |        |
| 42              | 16 <sub>1</sub>  | "       | "        |    | 0,14   | 0,006   |        |    |    |    |        | i      | <0,001  |    | 0,001  |        |    | i       |    |     | 0,24   |    | 0,0018  | 0,0015 |        |
| 42              | 16 <sub>2</sub>  | "       | "        |    | 0,040  |         |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,039   |    | 0,1    | 0,21   |    | i       |    |     | 0,18   |    | 0,0008  | 0,0045 |        |
| 44              | 3                | "       | El Alm.  |    | 0,018  |         |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,039   |    | 0,20   | 0,28   |    | i       |    |     | 0,064  |    | 0,001   | 0,0063 |        |
| 45              | 4 <sub>1</sub>   | "       | "        |    | 0,0020 | i       |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,057   |    | 0,080  | 0,30   |    | i       |    |     | 0,001  |    | 0,0016  | 0,001  |        |
| 46              | 4 <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,0021 | i       |        |    |    |    |        | 0,001  | 0,057   |    | 0,080  | 0,30   |    | i       |    |     | 0,012  |    | 0,0016  | 0,0025 |        |
|                 |                  |         |          |    |        |         |        |    |    |    |        | 0,0067 | 0,040   |    | 0,051  | 0,32   |    | i       |    | >>i | 0,012  |    | 0,0018  | 0,0023 |        |
| 47              | 4 <sub>3</sub>   | "       | "        |    | 0,018  | i       |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,011   |    | 0,090  | 0,40   |    | i       |    |     | 0,064  |    | 0,0016  | 0,0031 |        |
| 48              | 5 <sub>1</sub>   | "       | Alf. F.  |    | 0,071  | i       |        |    |    |    |        | i      | 0,0016  |    | 0,059  |        |    | i       |    |     | 0,040  |    | 0,0014  | 0,0045 |        |
| 49              | 5 <sub>2</sub>   | "       | "        |    | 0,0090 | i       |        |    |    |    |        | i      | <0,001  |    | 0,038  |        |    | i       |    |     | 0,10   |    | 0,00090 | 0,0030 |        |
| 50              | 5 <sub>3</sub>   | "       | "        |    | 0,032  | i       |        |    |    |    |        | i      | <0,001  |    | 0,031  |        |    | i       |    |     | 0,064  |    | 0,001   | 0,0027 |        |
| 51              | 5 <sub>4</sub>   | "       | "        |    | 0,020  | i       |        |    |    |    |        | i      | 0,0019  |    | 0,051  |        |    | i       |    |     | 0,040  |    | 0,001   | 0,0051 |        |
| 52              | 11               | "       | "        |    | 0,10   | 0,0057  |        |    |    |    |        | i      | 0,0040  |    | 0,051  |        |    | i       |    |     | 0,001  | i  | 0,0016  | 0,001  |        |
| 53              | 4 <sub>1</sub>   | "       | Purche.  |    | 0,01   |         |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,040   |    | 0,090  | 0,01   |    | i       |    |     | 0,011  |    | 0,0016  | 0,0040 |        |
| 54              | E                | "       | Altaf.   |    | 0,013  | 0,0051  |        |    |    |    | 0,018  | <0,001 | 0,019   |    | 0,10   |        |    |         |    |     | 0,040  |    | i       | 0,0033 |        |
| 55              | 7 <sub>1</sub>   | "       | Cant.    | <i | 0,0020 | 0,00051 |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,0032  |    | 0,080  |        |    | 0,0022  |    | <i  | 0,064  |    | 0,0018  | 0,0020 |        |
| 56              | 7 <sub>2</sub>   | "       | "        | <i | 0,001  | 0,0010  |        |    |    |    |        | <0,001 | 0,0025  |    | 0,10   |        |    | i       |    |     | 0,0025 |    | 0,0036  | 0,0019 |        |

| N.º | C               | Género  | Paraje              | Ag | Al     | B       | Ba     | Be | Cd | Co | Cr    | Cu      | Fe     | Li | Mg     | Mn     | Mo | Na     | Ni      | Pb | Si     | Sn    | Sr      | Ti     | Zr     |
|-----|-----------------|---------|---------------------|----|--------|---------|--------|----|----|----|-------|---------|--------|----|--------|--------|----|--------|---------|----|--------|-------|---------|--------|--------|
| 56  | 19              | Pecten. | Lis. N.             |    | 0,37   | 0,00084 |        | i  |    |    | 0,016 | i       | 0,088  |    | 0,15   |        |    | 0,0030 |         | i  | 0,95   |       | 0,057   | 0,016  |        |
| 56  | 29              | "       | "                   |    | 0,15   | i       |        |    |    |    | 0,024 | i       | 0,17   |    | 0,15   | 0,0099 |    |        |         | i  | 0,30   |       | 0,23    | 0,0070 |        |
| 57  | 10 <sub>1</sub> | Amus.   | Beas.               | i  | 0,0036 | 0,001   |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,0025 |    | 0,1    | 0,0057 |    |        |         | i  | 0,0057 |       | 0,0040  | 0,0039 |        |
| 58  | 10 <sub>2</sub> | "       | "                   | i  | 0,020  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,034  |    | 0,1    | 0,090  |    |        |         | i  | 0,051  |       | 0,0051  | 0,0019 |        |
| 59  | 11 <sub>1</sub> | "       | "                   | i  | 0,020  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,0037 |    | 0,090  | 0,012  |    |        |         | i  | 0,051  |       | 0,0032  | 0,040  |        |
| 60  | 11 <sub>2</sub> | "       | "                   | i  | 0,0071 | 0,00064 |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,0084 |    | 0,14   | 0,020  |    |        |         | i  | 0,0064 |       | 0,0040  | 0,0026 |        |
| 61  | 11              | "       | "                   | i  | 0,01   |         |        |    |    |    | i     | <0,001  | 0,01   |    | 0,14   | 0,0051 |    |        |         | i  | 0,011  |       | 0,0014  | 0,0040 |        |
| 62  | 11 <sub>3</sub> | "       | "                   | i  | 0,012  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,0095 |    | 0,13   | 0,012  |    |        |         | i  | 0,0085 |       | 0,0027  | 0,0036 |        |
| 63  | 2 <sub>1</sub>  | "       | Cer P.              |    | 0,015  |         |        |    |    |    |       | 0,0036  | 0,0084 |    | 0,45   | 0,0051 |    |        |         | i  | 0,036  |       | 0,0014  | 0,0090 |        |
| 64  | E <sub>1</sub>  | "       | S. <sup>a</sup> In. |    | 0,0051 |         | 0,022  | i  |    |    | >i    | *0,0018 | 0,0005 |    | 0,80   | 0,16   |    |        |         | i  | 0,01   |       | 0,018   | 0,0064 |        |
| 65  | E <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,0032 |         | 0,022  | i  |    |    |       | 0,0045  | 0,0005 |    | 0,012  | 0,16   |    |        |         | i  |        |       |         | 0,0016 |        |
| 66  | E <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,0071 |         | 0,032  | i  |    |    |       | 0,0020  | 0,0016 |    | 0,20   | 0,16   |    |        |         | i  | 0,0080 |       | 0,040   | 0,0024 |        |
| 67  | E <sub>3</sub>  | "       | "                   |    | 0,0071 |         | 0,038  | i  |    |    |       | 0,0025  | 0,064  |    | 0,16   | 0,20   |    |        |         | i  | 0,0051 |       | 0,040   | 0,0020 |        |
| 68  | E <sub>4</sub>  | "       | Mula.               |    | 0,01   |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,028  |    | 0,064  | 0,090  |    |        |         | i  | 0,012  |       | 0,016   | 0,0033 |        |
| 69  | B <sub>1</sub>  | "       | "                   |    | 0,0011 |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,022  |    | 0,064  | 0,071  |    |        |         | i  | 0,0051 |       | 0,012   | 0,0051 |        |
| 70  | C <sub>1</sub>  | Chlam.  | S. Vic.             |    | 0,014  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,049  |    | 0,25   |        |    |        |         | i  | 0,064  |       | 0,0040  | 0,0080 |        |
| 71  | 4C <sub>1</sub> | "       | "                   |    | 0,16   | 0,001   |        |    |    |    | 0,011 | <0,001  | 0,052  |    | 0,25   |        |    |        | 0,0018  |    | i      | 0,51  | <0,0008 | 0,0032 | 0,0068 |
| 72  | 4D <sub>1</sub> | "       | "                   |    | 0,032  | 0,001   |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,01   |    | 0,01   |        |    |        | 0,0012  |    | i      | 0,20  | i       | 0,0027 | i      |
| 73  | 4D <sub>2</sub> | "       | "                   | i  | 0,022  | 0,001   |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,079  |    | 0,12   |        |    |        | 0,0032  |    | i      | 0,25  | 0,0008  | 0,0030 | i      |
| 74  | B <sub>1</sub>  | "       | Cant.               |    | 0,32   | 0,012   |        |    |    |    | 0,023 | 0,0011  | 0,064  |    | 0,71   | 0,01   |    |        | 0,0051  |    | i      | 0,16  | i       | 0,018  | i      |
| 75  | B <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,29   | 0,010   |        |    |    |    | 0,025 | 0,0010  | 0,060  |    | 0,75   | 0,01   |    |        | 0,0049  |    |        | 0,14  | i       | 0,017  |        |
| 75  | 3               | "       | Lis. N.             |    | 0,46   | 0,0005  |        |    |    |    | 0,027 | i       | 0,26   |    | 0,21   | 0,015  |    |        | 0,0016  |    |        | 1,10  | 0,26    | 0,030  |        |
| 75  | 6               | "       | "                   |    | 0,17   | 0,0021  |        |    |    |    |       | i       | 0,11   |    | 0,35   | 0,0096 |    |        | 0,036   |    |        | 0,82  | 0,43    | 0,018  |        |
| 75  | 14              | "       | "                   |    | 0,23   | i       |        |    |    |    | 0,027 | 0,00076 | 0,071  |    | 0,087  |        |    |        | 0,00016 |    | i      | 0,43  | 0,10    | 0,0093 |        |
| 75  | 17              | "       | "                   |    | 0,26   | 0,0005  |        |    |    |    |       | i       | 0,10   |    | 0,082  | 0,017  |    |        | 0,0033  |    | i      | 0,85  | 0,035   | 0,0071 |        |
| 75  | 18              | "       | Lis. S.             |    | 0,043  | 0,0037  |        |    |    |    |       | 0,0223  | 0,044  |    | 0,27   |        |    |        | 0,16    |    | i      | 0,22  | 0,58    | 0,0046 |        |
| 75  | 22              | "       | Lis. N.             |    | 0,10   | 0,0033  |        |    |    |    |       | i       | 0,074  |    | 0,30   |        |    |        | 0,064   |    | i      | 0,26  | 0,51    | 0,0062 |        |
| 75  | 34              | "       | "                   |    | 0,59   | 0,0070  |        |    |    |    |       | 0,0012  | 0,30   |    | 0,57   | 0,084  |    |        | 0,059   |    | i      | 1,20  | 0,14    | 0,12   |        |
| 75  | 35              | "       | Lis. S.             |    | 0,26   | 0,0032  |        |    |    |    |       | i       | 0,11   |    | 0,42   | 0,014  |    |        | 0,091   |    | i      | 1,00  | 0,45    | 0,021  |        |
| 76  | G <sub>1</sub>  | Aequip. | Mula.               |    | 0,10   | 0,012   | 0,0051 |    |    |    | 0,020 | 0,0025  | 0,064  |    | 0,51   | 0,012  |    |        |         | i  |        |       | 0,0045  | 0,0057 |        |
| 76  | 7               | "       | Cope.               |    | 0,050  | 0,00016 | 0,006  |    |    |    | 0,019 |         | 0,240  |    | 0,57   | 0,01   |    |        |         | i  |        | 0,12  | 0,03    | 0,0049 |        |
| 77  | F <sub>1</sub>  | Anomia. | S. Vic.             |    | 0,025  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,020  |    | 0,057  |        |    |        |         | i  |        | 0,051 | 0,0008  | 0,0057 |        |
| 78  | FF <sub>1</sub> | "       | "                   |    | 0,026  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,020  |    | 0,055  |        |    |        |         | i  |        | 0,050 | 0,0008  | 0,0055 |        |
| 78  | 23              | "       | Lis. N.             |    | 0,14   | 0,0045  |        |    |    |    |       | 0,0019  | 0,011  |    | 0,12   |        |    |        | 0,25    |    |        | 0,76  | 0,05    | 0,012  |        |
| 78  | 25              | "       | "                   |    | 0,01   | 0,0045  |        |    |    |    |       | 0,0017  | 0,062  |    | 0,37   |        |    |        | 0,14    |    | i      | 0,29  | 0,05    | 0,0042 |        |
| 78  | 27              | "       | Lis. S.             |    | 0,028  | 0,00054 |        |    |    |    |       | i       | 0,049  |    | 0,24   | 0,016  |    |        | 0,064   |    | i      | 0,062 | 0,41    | 0,0035 |        |
| 78  | 28              | Pycn.   | Lis. N.             |    | 0,039  | i       |        |    |    |    | 0,031 | 0,00076 | 0,12   |    | 0,067  |        |    |        |         | i  |        | 0,16  | 0,049   | 0,0035 |        |
| 79  | 3A <sub>1</sub> | Ostrea. | La Al.              |    | 0,016  | 0,011   | 0,0025 |    |    |    |       | 0,001   | 0,042  |    | 0,49   |        |    |        | 0,01    |    | i      | 0,12  | 0,0010  | 0,0030 |        |
| 80  | 3A <sub>2</sub> | "       | "                   |    | 0,052  | 0,0032  | 0,0025 |    |    |    |       | <0,001  | 0,042  |    | 0,51   | 0,11   |    |        | 0,0045  |    | i      | 0,064 | 0,0010  | 0,0025 | i      |
| 81  | 3A <sub>3</sub> | "       | "                   |    | 0,034  | 0,0061  | 0,0024 |    |    |    |       | <0,001  | 0,041  |    | 0,50   |        |    |        | 0,0072  |    | i      | 0,083 | 0,0012  | 0,0080 |        |
| 82  | 3A <sub>4</sub> | "       | "                   |    | 0,032  | 0,0065  | 0,0026 |    |    |    |       | <0,001  | 0,040  |    | 0,52   | 0,10   |    |        | 0,0065  |    | i      | 0,076 | 0,0010  | 0,0025 | i      |
| 83  | 4 <sub>1</sub>  | "       | Mont.               |    | 0,90   | 0,00051 | 0,028  |    |    |    | 0,025 | <0,001  | 0,096  |    | 0,20   | 0,14   |    |        | 0,021   |    | i      |       | <0,0008 | 0,016  | i      |
| 84  | 4 <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,71   | 0,011   | 0,010  |    |    |    |       | 0,016   | 0,0040 |    | 0,32   | 0,12   |    |        | 0,23    |    | i      |       | <0,0008 | 0,057  | i      |
| 85  | 4 <sub>3</sub>  | "       | "                   |    | 0,80   | 0,056   | 0,019  |    |    |    |       | 0,020   | 0,092  |    | 0,26   | 0,13   |    |        | 0,024   |    | i      |       | <0,0008 | 0,037  | i      |
| 86  | 4 <sub>4</sub>  | "       | "                   |    | 0,84   | 0,032   | 0,016  |    |    |    |       | <0,001  | 0,086  |    | 0,24   | 0,12   |    |        | 0,021   |    | i      |       | <0,0008 | 0,032  | i      |
| 87  | 17 <sub>1</sub> | "       | Papiol.             |    | 0,10   | 0,023   |        |    |    |    |       | 0,10    | 0,076  |    | 0,14   | 0,080  |    |        |         | i  |        | 0,11  | 0,0040  | 0,010  |        |
| 88  | 17 <sub>2</sub> | "       | "                   |    | 0,040  | 0,022   |        |    |    |    |       | 0,042   | 0,042  |    | 0,14   | 0,040  |    |        |         | i  |        | 0,051 | 0,0020  | 0,0071 |        |
| 89  | 17 <sub>3</sub> | "       | "                   |    | 0,018  | 0,020   |        |    |    |    |       | 0,071   | 0,071  |    | 0,20   | 0,071  |    |        |         | i  |        | 0,36  | 0,0008  | 0,0071 |        |
| 90  | 17 <sub>4</sub> | "       | "                   |    | 0,064  | 0,021   |        |    |    |    |       | 0,22    | 0,090  |    | 0,25   | 0,090  |    |        |         | i  |        | 0,45  | 0,0020  | 0,010  |        |
| 91  | 17 <sub>1</sub> | "       | "                   |    | 0,095  | 0,021   |        |    |    |    |       | 0,095   | 0,095  |    | 0,18   | 0,071  |    |        |         | i  |        | 0,25  | 0,0022  | 0,0086 |        |
| 92  | 5 <sub>1</sub>  | "       | S. Cug.             | <i | 0,014  | 0,00051 |        |    |    |    |       | 0,0011  | 0,0051 |    | 0,057  |        |    |        |         | i  |        | 0,001 | 0,0045  | 0,0017 |        |
| 93  | 5 <sub>1</sub>  | "       | "                   | <i | 0,010  | 0,00050 |        |    |    |    |       | 0,0012  | 0,0050 |    | 0,056  |        |    |        |         | i  |        | 0,001 | 0,0047  | 0,0019 |        |
| 94  | 16 <sub>1</sub> | "       | S. Fel.             |    | 0,25   | 0,0090  |        |    |    |    | 0,040 | 0,0011  | 0,12   |    | 0,40   | 0,076  |    |        |         | i  |        | 0,36  | 0,001   | 0,0075 |        |
| 95  | 16 <sub>2</sub> | "       | "                   |    | 0,22   | 0,0032  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,090  |    | 0,64   | 0,090  |    |        |         | i  |        | 0,36  | 0,001   | 0,010  |        |
| 96  | 16 <sub>3</sub> | "       | "                   |    | 0,16   | 0,013   | 0,022  |    |    |    |       | 0,039   | 0,084  |    | 0,051  | 0,061  |    |        |         | i  |        | 0,25  | 0,012   | 0,010  |        |
| 97  | 16 <sub>4</sub> | "       | "                   |    | 0,24   | 0,011   |        |    |    |    |       | 0,040   | 0,12   |    | 0,040  | 0,14   |    |        |         | i  |        | 0,51  | 0,0012  | 0,025  |        |
| 98  | 16 <sub>5</sub> | "       | "                   |    | 0,22   | 0,032   | 0,016  |    |    |    |       | 0,045   | 0,80   |    | 0,680  | 0,12   |    |        |         | i  |        | 0,005 | 0,0010  | 0,0021 | 0,051  |
| 99  | 16 <sub>6</sub> | "       | "                   |    | 0,23   | 0,013   |        |    |    |    |       | 0,038   | 0,24   |    | 0,36   | 0,097  |    |        |         | i  |        | 0,29  | 0,0032  | 0,012  |        |
| 100 | 16 <sub>7</sub> | "       | "                   |    | 0,21   | 0,014   | 0,019  |    |    |    |       | 0,039   | 0,18   |    | 0,32   | 0,095  |    |        |         | i  |        | 0,28  | 0,0028  | 0,010  |        |
| 101 | 19 <sub>1</sub> | "       | "                   | <i | 0,040  | 0,0012  |        |    |    |    | <i    | <0,001  | 0,022  |    | <0,001 |        |    |        |         | i  |        | 0,14  | 0,016   | 0,0061 |        |

| N.º | C               | Género  | Paraje  | Ag | Al     | B       | Ba     | Be | Cd | Co | Cr    | Cu      | Fe      | Li    | Mg | Mn | Mo | Na     | Ni    | Pb | Si     | Sn  | Sr       | Ti       | Zr |
|-----|-----------------|---------|---------|----|--------|---------|--------|----|----|----|-------|---------|---------|-------|----|----|----|--------|-------|----|--------|-----|----------|----------|----|
| 102 | 19 <sub>2</sub> | Ostrea. | S. Fel. | ∆  | 0,038  |         |        |    |    |    | < i   | < 0,001 | 0,651   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,080  |     | 0,018    | 0,0051   |    |
| 103 | 19 <sub>3</sub> | "       | "       | ∆  | 0,018  |         |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,0057  |       |    |    |    | i      |       |    | 0,016  |     | 0,011    | 0,0033   |    |
| 104 | 19 <sub>4</sub> | "       | "       | ∆  | 0,025  | 0,0064  | 0,01   |    |    |    |       | 0,0013  | 0,010   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,036  |     | 0,014    | 0,0053   |    |
| 105 | 19 <sub>5</sub> | "       | "       | ∆  | 0,045  | 0,0071  | 0,016  |    |    |    |       | < 0,001 | 0,080   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,090  |     | 0,016    | 0,0071   |    |
| 106 | 19 <sub>6</sub> | "       | "       | ∆  | 0,0057 |         | 0,0051 |    |    |    |       | 0,0018  | 0,010   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,01   | < i | 0,032    | 0,0016   |    |
| 107 | 1A <sub>1</sub> | "       | S. Sat. |    | 0,019  | 0,0071  |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,043   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,064  |     | 0,0014   | 0,0026   |    |
| 108 | 1A <sub>2</sub> | "       | "       |    | 0,017  | 0,0012  |        |    |    |    |       | 0,0018  | 0,025   |       |    |    |    | 0,0057 |       |    | 0,032  |     | 0,0018   | 0,0041   |    |
| 109 | 8 <sub>1</sub>  | "       | "       |    | 0,012  | 0,0051  |        |    |    |    |       | 0,0011  | 0,042   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,012  |     | 0,0036   | 0,0034   |    |
| 110 | 8 <sub>2</sub>  | "       | "       | i  | 0,090  | 0,001   | 0,014  |    |    |    |       | < 0,001 | 0,067   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,18   |     | 0,0036   | 0,0031   |    |
| 111 | 8 <sub>3</sub>  | "       | "       | i  | 0,014  | 0,004   |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,036   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,034  |     | 0,0028   | 0,0040   |    |
| 112 | 4A <sub>1</sub> | "       | S. Vic. |    | 0,017  | < 0,001 | 0,0016 |    |    |    |       | < 0,001 | 0,033   |       |    |    |    | 0,0009 |       | i  | 0,012  |     | < 0,008  | 0,0012   |    |
| 113 | 4A <sub>2</sub> | "       | "       |    | 0,019  | 0,0016  | 0,0025 |    |    |    |       | < 0,001 | 0,032   |       |    |    |    | 0,0012 |       |    | 0,012  |     | < 0,008  | 0,0024   |    |
| 114 | 4E <sub>1</sub> | "       | "       |    | 0,16   | < 0,001 |        |    |    |    |       | 0,0022  | 0,652   |       |    |    |    | 0,0014 |       |    | 0,51   |     | < 0,008  | 0,0064   |    |
| 115 | 4E <sub>2</sub> | "       | "       |    | 0,24   | < 0,001 |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,069   |       |    |    |    | 1      | 0,022 |    | 0,32   |     | < 0,008  | 0,0057   |    |
| 116 | 10 <sub>1</sub> | "       | "       | ∆  | 0,090  | 0,0040  |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,020   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,42   |     | 0,0010   | 0,0064   |    |
| 117 | 10 <sub>2</sub> | "       | "       | ∆  | 0,025  | 0,0090  |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,025   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,16   |     | 0,0016   | 0,0080   |    |
| 118 | 10 <sub>3</sub> | "       | "       | ∆  | 0,030  | 0,00051 |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,020   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,42   |     | 0,001    | 0,0064   | i  |
| 119 | 10 <sub>4</sub> | "       | "       | ∆  | 0,016  | 0,0010  |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,051   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,11   |     | 0,00080  | 0,0035   |    |
| 120 | 10 <sub>5</sub> | "       | "       | ∆  | 0,0020 | 0,00051 |        |    |    |    |       | 0,0057  | 0,051   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,22   |     | 0,00080  | 0,0034   |    |
| 121 | 10 <sub>6</sub> | "       | "       | ∆  | 0,026  | 0,0062  |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,04    |       |    |    |    | i      |       |    | 0,32   |     | 0,0008   | 0,0034   |    |
| 122 | 7 <sub>1</sub>  | "       | Beas.   |    | 0,12   | 0,011   |        |    |    |    |       | 0,0022  | 0,080   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,21   | i   | 0,0018   | 0,01     |    |
| 123 | 12 <sub>1</sub> | "       | "       |    | 0,40   | 0,0064  |        |    |    |    | i     | 0,0012  | 0,0005  |       |    |    |    | i      |       |    | 0,36   |     | 0,0032   | 0,01     |    |
| 124 | 14 <sub>1</sub> | "       | "       | i  | 0,012  | 0,00051 |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,0020  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,016  |     | 0,0025   | 0,0028   | i  |
| 125 | 15 <sub>1</sub> | "       | "       | i  | 0,080  |         | 0,22   |    |    |    |       | 0,0032  | 0,0057  |       |    |    |    | i      |       |    | 0,11   |     | 0,0016   | 0,0038   |    |
| 126 | 17 <sub>1</sub> | "       | "       | i  | 0,063  | 0,00016 |        |    |    |    |       | 0,0013  | 0,00050 |       |    |    |    | i      |       |    | 0,16   |     | 0,22     | 0,0026   |    |
| 127 | 18 <sub>1</sub> | "       | "       | i  | 0,046  | 0,00010 |        |    |    |    |       | 0,0040  | 0,00052 |       |    |    |    | i      |       |    | 0,11   |     | 0,0008   | 0,0040   |    |
| 128 | 7 <sub>1</sub>  | "       | Cer. B. |    | 0,016  |         |        |    |    |    | 0,024 | 0,0045  | 0,084   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,25   |     | 0,0025   | 0,0035   |    |
| 129 | 8 <sub>1</sub>  | "       | "       | i  | 0,0051 |         |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,040   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,0057 |     | 0,0012   | 0,0035   |    |
| 130 | 9 <sub>1</sub>  | "       | "       | i  | 0,071  |         |        |    |    |    |       | 0,0012  | 0,0032  |       |    |    |    | i      |       |    | 0,0057 | i   | 0,021    | 0,0035   |    |
| 131 | 9 <sub>2</sub>  | "       | "       | i  | 0,06   |         |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,07    |       |    |    |    | i      |       |    | 0,005  |     | 0,002    | 0,003    |    |
| 132 | 7 <sub>1</sub>  | "       | "       | i  | 0,016  |         |        |    |    |    | 0,024 | 0,0045  | 0,084   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,25   |     | 0,0008   | 0,0040   |    |
| 133 | 8 <sub>1</sub>  | "       | "       | i  | 0,0051 |         |        |    |    |    |       | < 0,001 | 0,040   |       |    |    |    | i      |       |    | 0,0057 |     | 0,0012   | 0,0035   |    |
| 134 | 9 <sub>1</sub>  | "       | "       | ∇  | 0,071  |         |        |    |    |    |       | 0,0012  | 0,0032  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,0057 | i   | 0,021    | 0,0035   |    |
| 135 | 9 <sub>2</sub>  | "       | "       | i  | 0,06   |         |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,07    |       |    |    |    | i      |       |    | 0,005  |     | 0,001    | 0,003    |    |
| 136 | 1 <sub>1</sub>  | "       | El Alm. |    | 0,032  |         |        |    |    |    | 0,040 | < 0,001 | 0,0005  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,080  |     | 0,001    | 0,0090   |    |
| 137 | 1 <sub>2</sub>  | "       | "       |    | 0,022  | 0,0071  |        |    |    |    | i     | 0,051   | 0,0080  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,080  |     | 0,0022   | 0,0080   | i  |
| 138 | 1 <sub>3</sub>  | "       | "       |    | 0,0020 |         |        |    |    |    | i     | 0,051   | 0,001   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,010  |     | 0,001    | 0,0037   |    |
| 139 | 1 <sub>4</sub>  | "       | "       |    | 0,0020 |         |        |    |    |    | 0,11  | < 0,001 | 0,0051  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,0073 |     | 0,0008   | 0,0019   |    |
| 140 | 1 <sub>5</sub>  | "       | "       |    | 0,018  |         |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,014   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,0016 |     | 0,0011   | 0,0039   |    |
| 141 | 2 <sub>1</sub>  | "       | "       |    | 0,22   |         |        |    |    |    | ∇     | 0,080   | < 0,001 | 0,051 |    |    |    | i      |       | i  | 0,28   |     | 0,0008   | 0,0071   |    |
| 142 | 2 <sub>2</sub>  | "       | "       | i  | 0,0090 |         |        |    |    |    | i     | 0,028   | 0,0025  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,064  |     | < 0,0008 | 0,0038   |    |
| 143 | 2 <sub>3</sub>  | "       | "       | i  | 0,028  |         |        |    |    |    | i     | 0,028   | 0,0018  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,12   |     | < 0,0008 | 0,0057   | i  |
| 144 | 2 <sub>4</sub>  | "       | "       |    | 0,045  |         |        |    |    |    | i     | 0,028   | 0,0080  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,028  |     | 0,001    | 0,0032   |    |
| 145 | 2 <sub>5</sub>  | "       | "       |    | i      |         |        |    |    |    | i     | 0,071   | 0,0028  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,13   |     | 0,00090  | 0,0042   |    |
| 146 | 14 <sub>1</sub> | "       | F. Her. |    | 0,032  |         |        |    |    |    |       | i       | 0,0032  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,0057 |     | < 0,0008 | 0,0032   |    |
| 147 | 14 <sub>2</sub> | "       | "       |    | 0,015  |         |        |    |    |    |       | 0,0032  | 0,070   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,080  |     | 0,0008   | 0,0025   |    |
| 148 | 14 <sub>3</sub> | "       | "       |    | 0,18   |         |        |    |    |    |       | 0,40    | 0,051   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,014  |     | 0,0008   | 0,0045   |    |
| 149 | 14 <sub>4</sub> | "       | "       |    | 0,01   |         |        |    |    |    |       | 0,0012  | 0,090   |       |    |    |    | i      |       | i  | 1,4    |     | 0,0016   | 0,0045   |    |
| 150 | 14 <sub>5</sub> | "       | "       |    | 0,025  |         |        |    |    |    |       | 0,0025  | 0,064   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,032  |     | 0,0008   | 0,0025   |    |
| 151 | 14 <sub>6</sub> | "       | "       |    | 0,015  |         |        |    |    |    |       | 0,0030  | 0,074   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,070  |     | 0,0008   | 0,0035   |    |
| 151 | 5 <sub>1</sub>  | "       | Alf. F. | i  | 0,11   |         |        |    |    |    | i     | 0,054   | 0,0018  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,20   |     | 0,0018   | 0,0037   |    |
| 152 | 5 <sub>2</sub>  | "       | "       |    | 0,57   |         |        |    |    |    | i     | 0,051   | 0,0016  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,45   |     | 0,0008   | 0,014    |    |
| 153 | 5 <sub>3</sub>  | "       | "       | i  | 0,040  |         |        |    |    |    | i     | 0,10    | < 0,001 |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,016  |     | < 0,0008 | 0,0020   |    |
| 154 | 5 <sub>4</sub>  | "       | "       | i  | 0,036  |         |        |    |    |    | i     | 0,10    | < 0,001 |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,016  |     | 0,0008   | 0,0051   |    |
| 155 | 6 <sub>1</sub>  | "       | "       | i  | 0,025  |         |        |    |    |    | i     | 0,0016  | 0,037   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,10   |     | 0,0008   | 0,0057   |    |
| 156 | 12              | "       | "       |    | 0,071  |         |        |    |    |    | i     | 0,0032  | 0,043   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,16   |     | 0,001    | 0,0041   |    |
| 157 | 7 <sub>1</sub>  | "       | Alf. P. | i  | 0,001  |         |        |    |    |    | i     | < 0,001 | 0,00051 |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,0058 |     | 0,0008   | < 0,0019 |    |
| 158 | 8 <sub>1</sub>  | "       | "       |    | 0,064  |         |        |    |    |    | i     | < 0,001 | 0,033   |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,12   |     | 0,0008   | < 0,0027 |    |
| 159 | 9 <sub>1</sub>  | "       | "       |    | 0,025  |         |        |    |    |    |       | 0,0013  | 0,00064 |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,001  |     | 0,0008   | < 0,001  |    |
| 160 | 10 <sub>1</sub> | "       | "       |    | 0,0036 |         |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,00064 |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,001  |     | 0,0008   | 0,001    |    |
| 161 | 10 <sub>2</sub> | "       | "       |    | 0,06   |         |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,0005  |       |    |    |    | i      |       | i  | 0,001  |     | 0,0008   | < 0,001  |    |

| N.º              | C               | Género  | Paraje  | Ag | Al     | B       | Ba     | Be | Cd | Co | Cr    | Cu       | Fe      | Li | Mg     | Mn    | Mo | Na     | Ni | Pb | Si     | Sn | Sr      | Ti     | Zr     |
|------------------|-----------------|---------|---------|----|--------|---------|--------|----|----|----|-------|----------|---------|----|--------|-------|----|--------|----|----|--------|----|---------|--------|--------|
| 161 <sub>2</sub> | 1               | Ostrea. | Lis. N. |    | 0,029  | 0,00087 |        |    |    |    |       | <0,001   | i       |    | 0,11   | 0,088 |    | 0,019  |    | i  | 0,092  |    | 0,43    | 0,0027 |        |
| 161 <sub>3</sub> | 2               | "       | "       |    | 0,36   | 0,0005  |        |    |    |    | 0,024 | 0,001    | 0,19    |    | 0,21   | 0,057 |    | 0,019  |    |    | 0,38   |    | 0,27    | 0,013  |        |
| 161 <sub>4</sub> | 5               | "       | "       |    | i      | 0,0005  |        |    |    |    |       | <0,001   | 0,30    |    | 0,35   | 0,015 |    | 0,028  |    | i  | 0,75   |    | 0,27    | 0,012  | 0,0011 |
| 161 <sub>5</sub> | 20              | "       | "       |    | 0,011  | 0,0005  |        |    |    |    |       | <0,001   | 0,023   |    | 0,099  | 0,012 |    | 0,001  |    | i  | 0,054  |    | 0,10    | 0,0032 |        |
| 161 <sub>6</sub> | 21              | "       | "       |    | 0,24   | i       |        | i  |    |    |       | <0,001   | 0,11    |    | 0,14   | 0,16  |    | 0,001  |    | i  | 0,44   |    | 0,14    | 0,0078 |        |
| 161 <sub>7</sub> | 4               | Gryph.  | "       |    | i      | 0,0024  |        |    |    |    |       | <0,001   | 0,047   |    | 0,16   | 0,094 |    | 0,044  |    | i  | 0,071  |    | 0,43    | 0,0027 |        |
| 161 <sub>8</sub> | 13              | "       | "       |    | 0,099  | 0,0034  |        | i  |    |    |       | <0,001   | 0,12    |    | 0,059  | 0,095 |    | i      |    | i  | 0,35   |    | 0,094   | 0,0052 |        |
| 161 <sub>9</sub> | 16              | "       | "       |    | 0,089  | 0,0005  |        | l  |    |    |       | 0,058    | 0,11    |    | 0,058  | 0,033 |    | 0,0033 |    | i  | 0,21   |    | 0,045   | 0,0042 |        |
| 162              | 5 <sub>1</sub>  | Cardit. | F. Her. |    | 0,0071 |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,0012   | 0,027   |    | 0,10   |       |    | i      |    | <i | 0,0033 |    | 0,028   | 0,0016 |        |
| 163              | 5 <sub>2</sub>  | "       | "       |    | 0,0064 |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,0025   | 0,022   |    | 0,020  |       |    | i      |    | <i | 0,012  |    | 0,0031  | 0,0017 |        |
| 164              | 5 <sub>3</sub>  | "       | "       | i  | i      |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,33     | 0,0025  |    | 0,007  |       |    | i      |    | <i | 0,0057 |    | 0,0064  | 0,0012 |        |
| 165              | 5 <sub>4</sub>  | "       | "       |    | i      |         | 0,003  |    |    |    |       | <0,001   | 0,019   |    | 0,0057 |       |    | i      |    | i  | 0,0025 |    | 0,0036  | 0,0011 | 0,0062 |
| 165 <sub>1</sub> | 37              | Vener.  | Lis. S. |    | 0,14   | i       |        |    |    |    |       | i        | 0,064   |    | 0,033  |       |    | 0,058  |    | <i | 0,44   |    | 1,12    | 0,019  |        |
| 166              | A <sub>1</sub>  | Lucina. | S. Sat. |    | 0,012  |         |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,0051  |    | 0,011  |       |    | i      |    | <i | 0,051  |    | 0,018   | 0,0037 |        |
| 167              | A <sub>2</sub>  | "       | "       |    | 0,011  |         |        |    |    |    |       | 0,0016   | 0,0050  |    | 0,0012 |       |    | i      |    | <i | 0,049  |    | 0,019   | 0,0032 |        |
| 167 <sub>1</sub> | 11 <sub>1</sub> | "       | S. Ped. |    | 0,0032 | 0,011   |        |    |    |    |       | 0,0057   | 0,025   |    | 0,0057 |       |    | i      |    |    | 0,12   |    | 0,032   | 0,0057 |        |
| 168              | 1 <sub>1</sub>  | Chama.  | Cer. P. | i  | 0,020  |         | i      |    |    |    |       | 0,0020   | 0,011   |    | 0,0025 |       |    | i      |    | i  | 0,036  |    | 0,0090  | 0,0090 | i      |
| 169              | 5 <sub>1</sub>  | Card.   | Jayena. |    | 0,21   |         |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,068   |    | 0,14   |       |    | i      |    | i  | 0,30   |    | 0,00080 | 0,0075 |        |
| 170              | 5 <sub>2</sub>  | "       | "       |    | 0,19   |         |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,065   |    | 0,12   |       |    | i      |    | i  | 0,29   |    | 0,001   | 0,0033 |        |
| 171              | 6 <sub>1</sub>  | "       | Cer. B. | i  | 0,0064 |         |        |    |    |    |       | 0,001    | 0,040   |    | 0,16   |       |    | 0,0072 |    | i  | 0,064  |    | 0,001   | 0,0033 |        |
| 171 <sub>1</sub> | 10              | "       | S. Sat. |    | 0,013  |         | i      |    |    |    |       | <0,00063 | 0,014   |    | 0,0041 |       |    | i      |    | i  | 0,066  |    | 0,81    | 0,0042 |        |
| 171 <sub>2</sub> | 24              | "       | Lis. S. |    | 0,057  | 0,0057  |        |    |    |    | 0,035 | 0,0014   | 0,052   |    | 0,088  |       |    | 0,29   |    | i  | 0,33   |    | 1,16    | 0,012  | 0,0013 |
| 171 <sub>3</sub> | 38              | "       | Lis. N. |    | 1,1    | 0,019   | i      | i  |    |    |       | 0,0020   | 0,70    |    | 1,12   |       |    | 0,13   |    | i  | 1,20   |    | 0,38    | 0,15   |        |
| 172              | D <sub>1</sub>  | Venus.  | S. Pab. |    | 0,12   |         | 0,016  |    |    |    |       | 0,001    | 0,0043  |    | 0,001  |       |    | i      |    | i  | 0,20   |    | 0,025   | 0,0090 |        |
| 173              | 8               | "       | "       |    | 0,013  |         | 0,016  |    |    |    |       | 0,00040  | 0,0065  |    | 0,0034 |       |    | i      |    | i  | 0,032  |    | 0,8     | 0,0017 |        |
| 174              | 3 <sub>1</sub>  | "       | Carm.   |    | 0,01   |         | 0,011  |    |    |    |       | <0,001   | <0,0051 |    | 0,001  |       |    | i      |    | i  | 0,022  |    | 0,032   | 0,0051 |        |
| 175              | 3 <sub>2</sub>  | "       | "       |    | 0,011  |         | 0,010  |    |    |    |       | <0,001   | <0,0049 |    | 0,001  |       |    | i      |    | i  | 0,018  |    | 0,034   | 0,0055 |        |
| 176              | 9               | "       | Cant.   |    | 0,011  |         | 0,030  |    |    |    |       | 0,0030   | 0,044   |    | 0,0020 |       |    | i      |    | i  | 0,050  |    | 0,66    | 0,0033 |        |
| 177              | A               | "       | Rib.    |    | 0,032  |         | 0,0057 |    |    |    |       | <0,044   | 0,0090  |    | 0,001  |       |    | 0,16   |    | i  | 0,080  |    | 0,080   | 0,0036 |        |
| 178              | 4A              | "       | "       |    | 0,020  |         | 0,10   |    |    |    |       | 0,0051   | 0,038   |    | 0,25   |       |    | 0,025  |    | i  | 0,051  |    | 0,012   | 0,0036 |        |
| 178 <sub>1</sub> | 9               | Meretr. | Lis. S. |    | 0,57   | 0,00073 |        |    |    |    |       | <0,001   | 0,038   |    | 0,012  |       |    | 0,10   |    |    | 0,20   |    | 1,11    | 0,0036 |        |
| 178 <sub>2</sub> | 33              | Tapes.  | "       |    | 0,039  | i       |        |    |    |    |       | <0,001   | 0,015   |    | 0,0019 |       |    | 0,048  |    | i  | 0,34   |    | 0,61    | 0,0045 |        |
| 179              | D <sub>2</sub>  | Tellin. | Cac.    |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0032   | 0,0028  |    | 0,001  |       |    | i      |    | i  | 0,002  |    | 0,064   | 0,0021 |        |
| 180              | D <sub>3</sub>  | "       | "       |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,019   |    | 0,0044 |       |    | i      |    | i  | 0,0032 |    | 0,045   | 0,0012 |        |
| 181              | D <sub>4</sub>  | "       | "       |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0040   | 0,018   |    | 0,0032 |       |    | i      |    | i  | 0,0051 |    | 0,045   | 0,0016 |        |
| 182              | D <sub>5</sub>  | "       | "       |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,019    | 0,019   |    | 0,0032 |       |    | i      |    | i  | 0,0018 |    | 0,071   | 0,0014 |        |
| 183              | D <sub>6</sub>  | "       | "       |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0080   | 0,020   |    | 0,0032 |       |    | i      |    | i  | 0,0018 |    | 0,084   | 0,0013 |        |
| 184              | D <sub>7</sub>  | "       | "       |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0032   | 0,019   |    | 0,0032 |       |    | i      |    | i  | 0,0051 |    | 0,071   | 0,0020 |        |
| 185              | D <sub>8</sub>  | "       | "       |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0059   | 0,018   |    | 0,0029 |       |    | i      |    | i  | 0,0032 |    | 0,063   | 0,0018 |        |
| 186              | D <sub>9</sub>  | "       | "       |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0026   | 0,0021  |    | 0,0034 |       |    | i      |    | i  | 0,0022 |    | 0,666   | 0,0019 |        |
| 187              | 1               | Escaf.  | F. Her. |    | 0,048  | 0,019   |        |    |    |    |       | 0,0020   | 0,030   |    | 0,0016 |       |    | 0,012  |    | i  | 0,10   |    | 0,028   | 0,0071 |        |
| 188              | 2               | "       | "       |    | 0,0090 |         |        |    |    |    |       | 0,0036   | 0,014   |    | 0,0015 |       |    | 0,01   |    | i  | 0,023  |    | 0,020   | 0,0076 |        |
| 189              | 3               | "       | "       |    | 0,036  |         |        |    |    |    |       | 0,0045   | 0,036   |    | 0,0012 |       |    |        |    | i  | 0,16   |    | 0,013   | 0,013  |        |
| 190              | 4               | "       | "       |    | 0,0071 |         |        |    |    |    |       | 0,0028   | 0,014   |    | 0,0026 |       |    |        |    | i  | 0,023  |    | 0,0085  | 0,0043 |        |
| 191              | 5               | "       | "       |    | 0,0080 | 0,012   |        |    |    |    |       | 0,0012   | 0,0053  |    | 0,0020 |       |    | 0,014  |    | i  | 0,016  |    | 0,045   | 0,0016 |        |
| 192              | 6               | "       | "       |    | 0,016  | 0,001   |        |    |    |    |       | 0,001    | 0,0071  |    | 0,0012 |       |    |        |    | i  | 0,028  |    | 0,071   | 0,0014 |        |
| 193              | 7               | "       | "       |    | 0,0057 | 0,001   |        |    |    |    |       | 0,0011   | 0,0012  |    | 0,012  |       |    |        |    | i  | 0,0064 |    | 0,084   | 0,0013 |        |
| 194              | 8               | "       | "       |    | 0,018  | 0,017   |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,0078  |    | 0,011  |       |    |        |    | i  | 0,022  |    | 0,071   | 0,0020 |        |
| 195              | 9               | "       | "       |    | 0,028  | 0,012   |        |    |    |    |       | 0,0020   | 0,0051  |    | 0,0036 |       |    |        |    | i  | 0,057  |    | 0,084   | 0,0013 |        |
| 196              | 10              | "       | "       |    | 0,012  | 0,010   |        |    |    |    |       | 0,001    | 0,011   |    | 0,0022 |       |    |        |    | i  | 0,012  |    | 0,014   | 0,0030 |        |
| 197              | 11              | "       | "       |    | 0,011  |         |        |    |    |    |       | 0,0025   | 0,0004  |    | 0,0022 |       |    |        |    | i  | 0,020  |    | 0,028   | 0,0071 |        |
| 198              | 12              | "       | "       |    | 0,018  | 0,018   |        |    |    |    |       | 0,0028   | 0,0057  |    | 0,0090 |       |    |        |    | i  | 0,040  |    | 0,020   | 0,0076 |        |
| 199              | 13              | "       | "       |    | 0,016  | 0,017   |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,0030  |    | 0,0021 |       |    |        |    | i  | 0,064  |    | 0,022   | 0,0061 |        |
| 200              | 14              | "       | "       |    | 0,014  | 0,013   |        |    |    |    |       | 0,0022   | 0,0033  |    | 0,0019 |       |    |        |    | i  | 0,058  |    | 0,036   | 0,0058 |        |
| 201              | 15              | "       | "       |    | 0,016  | 0,020   |        |    |    |    |       | 0,0028   | 0,011   |    | 0,0025 |       |    |        |    | i  | 0,090  |    | 0,036   | 0,0058 |        |
| 202              | 16              | "       | "       |    | 0,020  | 0,012   |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,01    |    | 0,0028 |       |    |        |    | i  | 0,025  |    | 0,018   | 0,0068 |        |
| 203              | 17              | "       | "       |    | 0,080  | 0,01    |        |    |    |    |       | 0,001    | 0,040   |    | 0,0064 |       |    |        |    | i  | 0,020  |    | 0,018   | 0,0049 |        |
| 204              | 18              | "       | "       |    | 0,078  | 0,053   |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,048   |    | 0,0036 |       |    |        |    | i  | 0,040  |    | 0,018   | 0,0034 |        |
| 205              | 19              | "       | "       |    | i      | 0,016   |        |    |    |    |       | 0,0040   | 0,01    |    | 0,0028 |       |    |        |    | i  | 0,051  |    | 0,036   | 0,0060 |        |
| 206              | 20              | "       | "       |    | i      | 0,016   |        |    |    |    |       | 0,0018   | 0,0086  |    | 0,0033 |       |    |        |    | i  | 0,064  |    | 0,030   | 0,0055 |        |

| N.º              | C               | Género  | Paraje              | Ag | Al     | B       | Ba     | Be    | Cd | Co | Cr    | Cu     | Fe     | Li    | Mg | Mn     | Mo    | Na | Ni     | Pb | Si     | Sn     | Sr      | Ti      | Zr     |   |
|------------------|-----------------|---------|---------------------|----|--------|---------|--------|-------|----|----|-------|--------|--------|-------|----|--------|-------|----|--------|----|--------|--------|---------|---------|--------|---|
| 207              | 21              | Escaf.  | F. Her.             |    | i      | 0,012   |        |       |    |    |       | 0,0018 | 0,0075 |       |    | 0,0036 |       | i  |        |    | 0,045  |        | 0,032   | 0,0062  |        |   |
| 208              | 22              | "       | "                   |    | 0,011  | 0,0080  |        |       |    |    |       | 0,0012 | 0,0025 |       |    | 0,0025 |       | i  |        |    | 0,014  |        | 0,020   | 0,0035  |        |   |
| 209              | 23              | "       | "                   |    | 0,0036 | 0,0051  |        |       |    |    |       |        | 0,0005 |       |    | 0,0040 |       | i  |        |    | 0,0051 |        | 0,020   | 0,0020  |        |   |
| 210              | 24              | "       | "                   |    | 0,040  | 0,0064  |        |       |    |    |       |        | 0,032  |       |    | 0,0028 |       | i  |        |    | 0,10   |        | 0,020   | 0,0035  |        |   |
| 211              | 25              | "       | "                   |    | 0,036  | 0,0064  |        |       |    |    |       | 0,0012 | 0,014  |       |    | 0,0028 |       | i  |        |    | 0,10   |        | 0,025   | 0,0035  |        |   |
| 212              | B <sub>1</sub>  | "       | "                   |    | i      |         |        |       |    | i  |       | 0,0064 | 0,019  |       |    | 0,0032 |       | i  |        |    | 0,0018 |        | 0,084   | 0,00096 |        |   |
| 213              | B <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,0012 |         |        |       |    | i  |       | 0,0040 | 0,0025 |       |    | 0,010  |       | i  |        |    | 0,0080 |        | <0,0008 | 0,0019  |        |   |
| 214              | B <sub>3</sub>  | "       | "                   |    | i      |         |        |       |    | i  |       | 0,0012 | 0,0022 |       |    | 0,0084 |       | i  |        |    | 0,0072 |        | 0,012   | 0,0016  |        |   |
| 215              | B <sub>3</sub>  | "       | "                   |    | i      |         |        |       |    | i  |       | 0,0012 | 0,018  |       |    | 0,0070 |       | i  |        |    | 0,0070 |        | 0,010   | 0,0018  |        |   |
| 216              | B <sub>3</sub>  | "       | "                   |    | i      |         |        |       |    | i  |       | 0,0014 | 0,0024 |       |    | 0,0064 |       | i  |        |    | 0,0074 |        | 0,010   | 0,0014  |        |   |
| 217              | 4 <sub>1</sub>  | "       | S. <sup>a</sup> In. |    | 0,0071 |         | 0,0032 |       |    |    |       | 0,01   | 0,057  |       |    | 0,025  |       | i  |        | i  | 0,0011 |        | 0,0051  | 0,0038  |        |   |
| 218              | 4 <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,0051 |         | 0,003  |       |    |    |       | 0,0028 | 0,0051 |       |    | 0,010  |       | i  | i      | i  | 0,0054 |        | 0,016   | 0,0014  |        |   |
| 219              | 4 <sub>3</sub>  | "       | "                   |    | 0,0011 |         | 0,003  |       |    |    |       | 0,0064 | 0,057  |       |    | 0,018  |       | i  | i      | i  | 0,0026 |        | 0,014   | 0,0012  |        |   |
| 220              | 4 <sub>4</sub>  | "       | "                   |    | 0,0040 |         | 0,003  |       |    |    |       | 0,0046 | 0,056  |       |    | 0,019  |       | i  |        | i  | 0,0032 |        | 0,015   | 0,0018  |        |   |
| 221              | 4 <sub>5</sub>  | "       | "                   |    | 0,0038 |         | 0,003  |       |    |    |       | 0,0038 | 0,051  |       |    | 0,021  |       | i  |        | i  | 0,0046 |        | 0,016   | 0,0022  |        |   |
| 222              | 2               | Turrit. | Mont.               |    | 0,022  | 0,010   |        |       |    |    | i     | 0,0014 | 0,084  |       |    | 0,071  | 0,057 | i  |        | i  | 0,12   |        | 0,0011  | 0,0039  |        |   |
| 223              | 2 <sub>1</sub>  | "       | "                   |    | 0,19   | 0,010   | 0,055  |       |    |    | 0,038 | 0,0018 | 0,094  |       |    | 0,090  | 0,096 | i  |        |    | 0,36   |        | 0,80    | 0,0080  |        |   |
| 224              | 2 <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,80   | 0,018   | 0,053  |       |    |    | 0,040 | 0,0040 | 0,51   |       |    | 0,51   | 0,14  | i  |        |    | 0,14   |        | 0,90    | 0,016   |        |   |
| 225              | 2 <sub>3</sub>  | "       | "                   |    | 0,40   | 0,011   | 0,049  |       |    |    | 0,022 | 0,0012 | 0,096  |       |    | 0,51   | 0,36  | i  |        | i  | 0,51   |        | 0,90    | 0,016   |        |   |
| 226              | 20              | "       | "                   |    | 0,28   | 0,015   | 0,051  |       |    |    | 0,026 | 0,017  | 0,11   |       |    | 0,18   | 0,22  | i  |        |    | 0,31   |        | 0,85    | 0,014   |        |   |
| 227              | 4               | "       | Papiol.             |    | 0,0064 |         | 0,0045 |       |    |    |       | 0,0012 | 0,0048 |       |    | 0,001  |       | i  |        | i  | 0,020  |        | 0,0045  | 0,0053  |        |   |
| 228              | A <sub>1</sub>  | "       | S. Lor.             |    | 0,84   | 0,025   | 0,051  |       |    | <i | 0,020 | 0,0011 | 0,093  | 0,064 |    | 0,40   | 0,020 |    | 0,020  | i  | 1      |        | 0,0008  | 0,080   | i      |   |
| 229              | 2C <sub>1</sub> | "       | S. Pab.             |    | 0,067  | 0,0024  |        |       |    |    |       | 0,0012 | 0,064  |       |    | 0,020  |       |    | 0,011  | i  | 0,21   |        | 0,012   | 0,0037  |        |   |
| 230              | 2C <sub>2</sub> | "       | "                   |    | 0,26   | <0,001  |        |       |    |    | 0,25  | <0,001 | 0,0014 |       |    | 0,10   |       |    | 0,010  | i  | 0,40   |        | 0,011   | 0,0080  |        |   |
| 231              | 2G <sub>1</sub> | "       | "                   |    | 0,047  | <0,001  | 0,014  |       |    |    |       | <0,001 | 0,014  |       |    | 0,020  |       |    | 0,0032 |    | 0,080  |        | 0,0051  | 0,0036  |        |   |
| 232              | 3 <sub>1</sub>  | "       | Purche.             |    | i      | 0,20    | <i     |       |    |    |       | 0,0020 | 0,064  |       |    | 0,018  |       |    | i      |    | 0,20   |        | 0,0028  | 0,0057  |        |   |
| 233              | 3 <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | i      | 0,19    | <i     |       |    |    |       | 0,0019 | 0,064  |       |    | 0,022  |       |    | i      |    | 0,19   |        | 0,0032  | 0,0062  |        |   |
| 233 <sub>2</sub> | 10              | "       | Lis. S.             |    | 0,015  | i       |        |       |    |    |       | <0,001 | 0,015  |       |    | 0,030  |       |    | 0,074  |    | 0,078  |        | 1,13    | 0,0084  |        |   |
| 234              | 15 <sub>1</sub> | Cerit.  | S. Lor.             |    | 0,018  | 0,00031 |        |       |    |    |       | <0,001 | 0,10   |       |    | 0,012  |       |    | i      |    | 0,090  |        | 0,012   | 0,0026  |        |   |
| 235              | 15 <sub>2</sub> | "       | "                   |    | 0,022  | 0,0005  |        |       |    |    |       | <0,001 | 0,0005 |       |    | 0,01   | 0,16  |    | i      |    | 0,090  |        | 0,016   | 0,0026  |        |   |
| 236              | 15 <sub>3</sub> | "       | "                   |    | 0,040  | 0,00080 |        |       |    |    |       | 0,0012 | 0,14   |       |    | 0,022  | 0,14  |    | i      |    | 0,20   |        | 0,025   | 0,0040  |        |   |
| 237              | 5               | "       | S. Pab.             |    | 0,018  |         | 0,018  |       |    |    |       | <0,001 | 0,0051 |       |    | <0,001 |       |    |        | i  | 0,028  |        | 0,0036  | 0,0053  |        |   |
| 238              | 1 <sub>1</sub>  | Rostel. | "                   |    | <i     | 0,018   | 0,011  |       |    |    |       | 0,001  | 0,037  |       |    | <0,001 |       |    | i      |    | 0,025  |        | 0,036   | 0,0038  |        |   |
| 239              | 1 <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | <i     | 0,01    | 0,011  |       |    |    |       | 0,0012 | 0,010  |       |    | <0,001 |       |    |        | i  | 0,025  |        | 0,032   | 0,0090  |        |   |
| 240              | 2F <sub>1</sub> | "       | "                   |    | i      | 0,031   | 0,011  | 0,022 |    |    |       | 0,13   | 0,017  |       |    | 0,0127 |       |    | 0,011  |    | 0,088  |        | 0,013   | 0,0051  |        |   |
| 241              | 2F <sub>2</sub> | "       | "                   |    | i      | 0,014   | 0,0028 | 0,012 |    |    |       | 0,10   | 0,079  |       |    | 0,0080 |       |    | 0,0057 |    | 0,025  |        | 0,012   | 0,0094  |        |   |
| 242              | 2F <sub>3</sub> | "       | "                   |    | i      | 0,026   | <0,001 | 0,013 |    |    |       | 0,54   | 0,0067 |       |    | 0,016  |       |    | 0,0032 |    | 0,071  |        | 0,0051  | 0,0027  |        |   |
| 243              | 2F <sub>4</sub> | "       | "                   |    | i      | 0,039   | 0,0028 | 0,025 |    |    |       | 0,35   | 0,0067 |       |    | 0,020  |       |    | 0,0032 |    | 0,13   |        | 0,0051  | 0,0037  |        |   |
| 244              | 2F <sub>5</sub> | "       | "                   |    | i      | 0,019   | 0,0028 | 0,013 |    |    |       | 0,0028 | 0,0074 |       |    | 0,0090 |       |    | 0,0036 |    | <i     | 0,064  |         | 0,0051  | 0,0027 |   |
| 245              | 2A <sub>1</sub> | "       | "                   |    | i      | 0,017   | 0,0026 | i     |    |    |       | 0,001  | 0,01   |       |    | 0,0086 |       |    | 0,0057 |    | <i     | 0,051  |         | 0,018   | 0,039  |   |
| 246              | G <sub>1</sub>  | Pereir. | "                   |    | 0,057  | 0,012   | 0,025  |       |    |    | 0,023 | 0,0014 | 0,012  |       |    | <0,001 |       |    | 0,016  |    | <i     | 0,10   |         | 0,012   | 0,0043 |   |
| 247              | 2D <sub>1</sub> | "       | "                   |    | 0,080  | <0,001  | i      |       |    |    |       | <0,001 | 0,040  |       |    | 0,049  |       |    | 0,025  |    | <i     | 0,18   |         | 0,011   | 0,0030 | i |
| 248              | 2E <sub>1</sub> | "       | "                   |    | i      | 0,086   | 0,019  | 0,025 |    |    |       | 0,21   | 0,023  |       |    | 0,040  |       |    | 0,016  |    | i      | 0,94   |         | 0,064   | 0,0080 |   |
| 248 <sub>2</sub> | 12              | "       | Lis. S.             |    | 0,80   | 0,0037  |        |       |    |    |       | i      | 0,39   |       |    | 0,013  |       |    | 0,052  |    | i      | 0,023  |         | 1,12    | 0,0024 |   |
| 248 <sub>3</sub> | 26              | "       | "                   |    | 0,0092 | 0,0014  |        |       |    |    |       | 0,0027 | 0,071  |       |    | 0,11   |       |    | 0,20   |    | i      | 0,073  |         | 1,18    | 0,0070 |   |
| 249              | 6               | Colum.  | S. Sat.             |    | 0,051  |         | 0,0084 |       |    |    |       | <0,001 | 0,0005 |       |    | 0,0016 |       |    |        | i  | 0,21   |        | 0,0036  | 0,0057  |        |   |
| 249 <sub>1</sub> | 11              | Ficus.  | "                   |    | 0,16   | 0,00067 |        |       |    |    | 0,027 | 0,0076 | 0,073  |       |    | 0,033  |       |    | 0,052  |    | i      | 0,33   |         | 1,00    | 0,010  |   |
| 250              | C <sub>1</sub>  | Pleuro. | Lis. S.             |    | 0,020  |         |        |       |    |    |       | 0,0933 | 0,045  |       |    | 0,016  |       |    | i      |    | i      | 0,080  |         | <0,0008 | 0,010  |   |
| 251              | C <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | 0,016  |         |        |       |    |    |       | 0,0025 | 0,033  |       |    | 0,010  |       |    | i      |    | i      | 0,016  |         | <0,0008 | 0,0028 |   |
| 252              | 3 <sub>1</sub>  | Conus.  | Mont.               |    | i      | 0,014   | 0,0064 | 0,080 |    |    |       | 0,0040 | 0,064  |       |    | 0,64   |       |    | i      |    | i      | 0,064  |         | 0,018   | 0,0051 |   |
| 253              | 3 <sub>2</sub>  | "       | "                   |    | i      | 0,0017  | 0,0057 | 0,10  |    |    |       | 0,0012 | 0,0040 |       |    | 0,0051 |       |    | i      |    |        | 0,0064 |         | 0,028   | 0,0049 |   |

TANTO POR CIENTO DE VECES QUE APARECEN LOS ELEMENTOS EN LOS GENEROS

| Géneros      | Mues-<br>tras | Loca-<br>lida-<br>des | %    | Ag  | Ba  | Be  | Cd | Cu  | Cr  | Cu  | Li  | Mu  | Mo | Ni | Pb  | Su | Zr  |
|--------------|---------------|-----------------------|------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|
| Núcula       | 5             | 1                     | 1,7  | 100 | 63  |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 63  |    |     |
| Arca         | 8             | 3                     | 2,7  | 100 | 100 |     | 38 | 100 |     | 100 |     | 100 |    |    | 100 |    |     |
| Pinna        | 1             | 1                     | 0,35 |     |     |     |    |     |     |     |     |     |    |    |     | 13 | 19  |
| Pecten       | 48            | 10                    | 16,5 | 27  | 92  | 2   |    | 100 | 71  | 100 | 67  |     |    |    | 61  |    |     |
| Amusium      | 13            | 4                     | 4,5  | 46  | 31  | 31  |    | 100 | 23  | 100 | 100 |     |    |    | 31  |    |     |
| Chlamys      | 14            | 4                     | 4,8  | 7   | 93  | 7   |    | 93  | 36  | 100 | 50  |     |    |    | 64  |    | 57  |
| Aequipekten  | 2             | 2                     | 0,7  | 100 | 100 |     |    | 100 | 100 | 50  | 100 |     |    |    | 50  |    |     |
| Anomia       | 5             | 3                     | 1,7  | 60  |     |     |    | 100 |     | 100 | 20  |     |    |    | 80  |    |     |
| Pycnodonta   | 1             | 1                     | 0,35 | 100 | 100 |     |    | 100 | 100 | 100 |     |     |    |    | 100 |    |     |
| Ostrea       | 58            | 14                    | 30   | 55  | 58  | 2   | 2  | 89  | 39  | 100 | 5   | 76  | 2  | 2  | 55  | 11 | 14  |
| Gryphea      | 3             | 1                     | 1    |     | 100 | 67  |    | 100 |     | 100 |     | 100 |    |    | 67  |    |     |
| Cardita      | 4             | 1                     | 1,4  | 25  | 100 |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 100 |    |     |
| Venericardia | 1             | 1                     | 0,35 | 100 | 100 |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 100 |    | 100 |
| Lucina       | 3             | 2                     | 1    |     | 33  |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 67  |    |     |
| Chama        | 1             | 1                     | 0,35 | 100 | 100 |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 84  |    | 50  |
| Cardium      | 6             | 4                     | 2,1  | 17  | 33  | 17  |    | 100 |     | 100 | 67  |     |    |    | 100 |    |     |
| Venus        | 7             | 4                     | 2,4  |     | 100 |     |    | 100 |     | 100 | 29  |     |    |    |     |    |     |
| Meretrix     | 1             | 1                     | 0,35 | 100 | 100 |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    |     |    |     |
| Tapes        | 1             | 1                     | 0,35 | 100 | 100 |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    |     |    |     |
| Tellina      | 8             | 1                     | 2,7  |     |     |     |    |     |     |     |     |     |    |    |     |    |     |
| Escafopodos  | 35            | 2                     | 12   |     | 60  |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 100 |    |     |
| Turritella   | 13            | 6                     | 4,5  | 15  | 77  |     |    | 95  |     | 100 | 14  |     | 3  |    | 23  |    | 8   |
| Cerithium    | 4             | 2                     | 1,4  |     | 77  |     | 8  | 100 | 54  | 100 | 46  |     |    |    | 46  |    |     |
| Rostellaria  | 8             | 1                     | 2,7  | 100 | 75  | 25  |    | 100 |     | 100 | 100 |     |    |    | 50  |    |     |
| Pereiraia    | 5             | 2                     | 1,7  | 20  | 100 | 60  |    | 100 | 20  | 100 | 13  |     |    |    | 50  |    | 20  |
| Columbella   | 1             | 1                     | 0,35 |     | 100 | 100 |    | 100 | 100 | 100 |     |     |    |    | 100 |    |     |
| Ficus        | 1             | 1                     | 0,35 |     | 100 |     |    | 100 | 100 | 100 |     |     |    |    | 100 |    |     |
| Fleurotoma   | 2             | 1                     | 0,7  |     | 100 |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 100 |    |     |
| Conus        | 2             | 1                     | 0,7  | 100 | 100 |     |    | 100 |     | 100 |     |     |    |    | 50  |    |     |

TANTO POR CIENTO DE VECES QUE APARECEN LOS ELEMENTOS EN LAS LOCALIDADES

| Localidades           | Mues-<br>tras | %<br>Gé-<br>neros | Ag  | B   | Ba  | Be | Cd | Co  | Cr  | Cu  | Li | Mn  | Mo | Ni | Pb  | Sn  | Zr |
|-----------------------|---------------|-------------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|
| La Almunia. ....      | 4             | 1,4               |     | 100 | 100 |    |    |     |     | 100 |    | 50  |    |    | 100 |     | 50 |
| La Granada ....       | 3             | 1                 |     | 100 | 100 |    |    | 100 |     | 100 | 37 | 82  |    |    | 64  |     |    |
| Montjuich. ....       | 11            | 3,58              | 18  | 100 | 100 |    |    |     | 82  | 100 |    | 62  | 13 |    | 38  |     |    |
| Papiol. ....          | 8             | 2,7               |     | 87  | 38  |    |    |     |     | 38  |    |     |    |    |     |     |    |
| S. Cugat del V. ....  | 2             | 0,7               | 100 | 100 |     |    |    |     |     | 100 |    | 54  | 8  |    | 23  | 8   | 25 |
| S. Feliu del LL. .... | 13            | 4,5               | 45  | 77  | 45  | 8  | 16 | 8   | 70  | 62  |    | 100 |    |    | 50  |     | 5  |
| S. Lorenzo de H. .... | 4             | 1,4               | 100 | 100 | 25  |    |    | 25  | 25  | 100 | 25 | 11  |    |    | 74  |     |    |
| S. Pablo de Or. ....  | 19            | 6,5               | 47  | 84  | 79  |    |    |     | 11  | 100 |    |     |    |    |     |     |    |
| S. Pedro Mol. ....    | 1             | 0,35              | 100 | 100 |     |    |    |     |     | 100 |    | 56  |    |    | 56  |     | 36 |
| S. Saturnino. ....    | 9             | 3,1               | 22  | 56  | 33  |    |    |     | 45  | 96  |    | 30  |    |    | 64  |     |    |
| S. Vicente de C. .... | 33            | 11                | 100 | 90  | 12  |    |    |     | 100 | 100 |    | 100 |    |    | 100 | 100 |    |
| Torre Melino. ....    | 1             | 0,35              | 100 |     |     |    |    |     |     | 100 |    | 100 |    |    | 36  | 18  |    |
| Alfacar F. ....       | 11            | 3,8               | 82  | 46  |     |    |    | 46  | 100 | 100 |    | 100 |    |    | 100 | 100 |    |
| Alfacar P. ....       | 5             | 1,7               | 40  |     |     |    |    |     | 40  | 100 |    | 100 |    |    | 100 | 100 |    |
| Beas de Gr. ....      | 30            | 10                | 53  | 60  | 3   |    |    | 22  | 43  | 100 |    | 84  |    |    | 13  | 17  |    |
| Cerrada B. ....       | 9             | 3,1               | 100 |     |     |    |    |     | 22  | 100 |    | 56  |    |    | 22  | 22  |    |
| Cerro de las P. ....  | 2             | 0,7               | 50  | 21  | 50  |    |    |     |     | 100 |    | 100 |    |    | 100 | 14  |    |
| El Almejar. ....      | 14            | 4,8               | 100 | 54  | 26  |    |    | 57  | 64  | 100 |    | 28  |    | 55 | 31  | 100 |    |
| Fuente del Her. ....  | 39            | 13                | 8   |     |     |    |    |     |     | 100 |    | 100 |    |    |     |     |    |
| Jayena. ....          | 2             | 0,7               | 100 |     |     |    |    |     |     | 100 |    | 33  |    | 11 | 33  |     |    |
| Purche. ....          | 3             | 1                 |     | 67  | 67  |    |    |     |     | 100 |    | 45  |    |    | 100 |     |    |
| Santa Inés. ....      | 9             | 3,1               |     | 100 | 100 | 45 |    |     | 22  | 100 |    | 100 |    |    | 100 |     |    |
| Mula. ....            | 3             | 1                 |     | 33  | 33  |    |    |     | 33  | 100 |    | 100 |    |    | 100 |     |    |
| Cope. ....            | 1             | 0,35              |     | 100 | 100 |    |    |     | 100 | 100 |    | 100 |    |    | 100 |     |    |
| Carmona. ....         | 2             | 0,7               |     | 80  |     |    |    |     | 40  | 100 |    | 40  |    |    | 20  |     |    |
| Cantillana. ....      | 5             | 1,7               |     | 100 | 100 |    |    |     | 100 | 100 |    | 100 |    |    | 100 |     |    |
| Altafulla. ....       | 1             | 0,35              |     | 100 |     |    |    |     |     | 100 |    | 100 |    |    | 100 |     |    |
| Cacela Algarve. ....  | 8             | 2,7               |     |     |     | 7  |    |     | 32  | 100 |    | 59  |    |    | 68  |     | 27 |



RESULTADOS ORDENADOS POR PARAJES

| Número | Paraje  | Género  | Ag | Al     | B       | Ba     | Be | Cd | Co | Cr    | Cu      | Fe     | Li    | Mg     | Mn    | Mo     | Na     | Ni | Pb | Si    | Sn     | Sr     | Ti     | Zr     |  |
|--------|---------|---------|----|--------|---------|--------|----|----|----|-------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--|
| 79     | La Al.  | Ostrea. |    | 0,016  | 0,011   | 0,0025 |    |    |    |       | 0,001   | 0,042  |       | 0,49   |       |        | 0,01   |    | i  | 0,12  |        | 0,0014 | 0,003  |        |  |
| 80     | "       | "       |    | 0,052  | 0,0032  | 0,0025 |    |    |    |       | 0,001   | 0,042  |       | 0,51   | 0,11  | 0,0045 |        |    | i  | 0,064 |        | 0,0010 | 0,0025 | i      |  |
| 81     | "       | "       |    | 0,034  | 0,0061  | 0,0024 |    |    |    |       | 0,001   | 0,041  |       | 0,50   |       | 0,0072 |        |    | i  | 0,083 |        | 0,0012 | 0,0030 |        |  |
| 82     | "       | "       |    | 0,032  | 0,0065  | 0,0026 |    |    |    |       | 0,001   | 0,040  |       | 0,52   | 0,10  | 0,0065 |        |    | i  | 0,076 |        | 0,0010 | 0,0025 | i      |  |
| 254    | La Gr.  | Arca.   |    | 0,040  | 0,0071  | 0,028  |    |    | i  |       | 0,0020  | 0,25   |       | 0,0014 |       |        |        |    | i  | 0,080 |        | 0,0032 | 0,0057 |        |  |
| 255    | "       | "       |    | 0,067  | 0,010   | 0,057  |    |    | i  |       | 0,0022  | 0,80   |       | 0,0013 |       |        |        |    | i  | 0,32  |        | 0,064  | 0,0080 |        |  |
| 256    | "       | "       |    | 0,064  | 0,14    | 0,036  |    |    | i  |       | 0,021   | 0,28   |       | 0,0012 |       |        |        |    | i  | 0,12  |        | 0,051  | 0,0057 |        |  |
| 83     | Mont.   | Ostrea. |    | 0,90   | 0,00051 | 0,028  |    |    |    | 0,025 | 0,001   | 0,096  | i     | 0,20   | 0,14  |        | 0,021  |    | i  |       |        | 0,0008 | 0,016  | i      |  |
| 84     | "       | "       |    | 0,71   | 0,011   | 0,010  |    |    |    | 0,016 | 0,0040  | 0,090  | i     | 0,32   | 0,12  |        | 0,023  |    | i  |       |        | 0,0008 | 0,057  | i      |  |
| 85     | "       | "       |    | 0,80   | 0,056   | 0,019  |    |    |    | 0,020 | 0,0020  | 0,092  | i     | 0,26   | 0,13  |        | 0,024  |    | i  |       |        | 0,0008 | 0,037  | i      |  |
| 86     | "       | "       |    | 0,84   | 0,052   | 0,016  |    |    |    | 0,018 | 0,001   | 0,086  | i     | 0,24   | 0,12  |        | 0,021  |    | i  | i     |        | 0,0008 | 0,032  | i      |  |
| 222    | "       | Turrit. |    | 0,022  | 0,010   | i      |    |    |    | i     | 0,0014  | 0,084  |       | 0,071  | 0,057 |        |        |    | i  |       | 0,12   | 0,0011 | 0,0039 |        |  |
| 223    | "       | "       |    | 0,19   | 0,010   | 0,035  |    |    |    | 0,038 | 0,0018  | 0,094  |       | 0,090  | 0,096 |        |        |    | i  |       | 0,36   | 0,80   | 0,0080 |        |  |
| 224    | "       | "       |    | 0,80   | 0,018   | 0,053  |    |    |    | 0,040 | 0,0040  | 0,51   |       | 0,51   | 0,14  |        |        |    | i  |       | 0,14   | 0,90   | 0,016  |        |  |
| 225    | "       | "       |    | 0,40   | 0,011   | 0,049  |    |    |    | 0,022 | 0,0012  | 0,096  |       | 0,51   | 0,36  |        |        |    | i  |       | 0,51   | 0,90   | 0,016  |        |  |
| 226    | "       | "       |    | 0,28   | 0,015   | 0,051  |    |    |    | 0,026 | 0,0017  | 0,11   |       | 0,18   | 0,22  |        |        |    | i  |       | 0,31   | 0,85   | 0,014  |        |  |
| 252    | "       | Conus.  | i  | 0,014  | 0,0064  | 0,080  |    |    |    |       | 0,0040  | 0,064  |       | 0,64   |       |        |        |    | i  |       | 0,064  | 0,018  | 0,0051 |        |  |
| 253    | "       | "       | i  | 0,0017 | 0,0057  | 0,10   |    |    |    |       | 0,0012  | 0,0040 |       | 0,0051 |       |        |        |    | i  |       | 0,0064 | 0,028  | 0,0049 |        |  |
| 11     | Papiol. | Pecten. |    | 0,045  | i       | 0,010  |    |    |    |       | 0,001   | 0,036  |       | 0,001  |       |        |        |    | i  |       | 0,20   | 0,028  | 0,0051 |        |  |
| 12     | "       | "       |    | 0,021  | i       | 0,0090 |    |    |    |       | 0,001   | 0,038  |       | 0,001  |       |        |        |    | i  |       | 0,051  | 0,022  | 0,0028 |        |  |
| 87     | "       | Ostrea. |    | 0,10   | 0,023   |        |    |    |    |       |         | 0,076  |       | 0,14   | 0,080 |        |        |    | i  |       | 0,11   | 0,0040 | 0,010  |        |  |
| 88     | "       | "       |    | 0,040  | 0,022   |        |    |    |    |       |         | 0,042  |       | 0,14   | 0,040 |        |        |    | i  |       | 0,051  | 0,0020 | 0,0071 |        |  |
| 89     | "       | "       |    | 0,18   | 0,020   |        |    |    |    |       |         | 0,071  |       | 0,20   | 0,071 |        |        |    | i  |       | 0,36   | 0,0008 | 0,0071 |        |  |
| 90     | "       | "       |    | 0,064  | 0,021   |        |    |    |    |       |         | 0,22   |       | 0,25   | 0,090 | i      |        |    | i  |       | 0,45   | 0,0020 | 0,010  |        |  |
| 91     | "       | "       |    | 0,095  | 0,021   |        |    |    |    |       |         | 0,095  |       | 0,18   | 0,071 |        |        |    | i  |       | 0,25   | 0,0022 | 0,0086 |        |  |
| 227    | "       | Turrit. |    | 0,0064 |         | 0,0045 |    |    |    |       | 0,0012  | 0,0048 |       | 0,001  |       |        |        |    | i  |       | 0,020  | 0,0045 | 0,0053 |        |  |
| 92     | S. Cug. | Ostrea. | <i | 0,014  | 0,00051 |        |    |    |    |       | 0,0011  | 0,0051 |       | 0,057  |       |        |        |    | i  |       | <0,001 | 0,0045 | 0,0017 |        |  |
| 93     | "       | "       | <i | 0,010  | 0,00050 |        |    |    |    |       | 0,0012  | 0,0050 |       | 0,056  |       |        |        |    | i  |       | <0,001 | 0,0047 | 0,0019 |        |  |
| 94     | S. Fel. | "       |    | 0,25   | 0,0090  |        |    | i  |    | 0,040 | 0,0011  | 0,12   |       | 0,40   | 0,076 |        |        |    | i  |       | <0,001 | 0,001  | 0,0075 |        |  |
| 95     | "       | "       |    | 0,22   | 0,0032  |        |    | i  |    | 0,028 | <0,001  | 0,090  |       | 0,64   | 0,090 |        |        |    | i  |       | 0,36   | 0,001  | 0,010  |        |  |
| 96     | "       | "       |    | 0,16   | 0,013   | 0,022  |    |    |    |       | 0,039   | 0,084  |       | 0,051  | 0,061 |        |        |    | i  |       | 0,25   | 0,012  | 0,010  |        |  |
| 97     | "       | "       |    | 0,24   | 0,011   |        |    |    | i  |       | 0,040   | 0,12   |       | 0,040  | 0,14  |        |        |    | i  |       | 0,51   | 0,0012 | 0,025  |        |  |
| 98     | "       | "       |    | 0,22   | 0,032   | 0,016  | i  |    |    |       | 0,045   | 0,80   |       | 0,680  | 0,12  | i      |        |    | i  |       | 0,005  | 0,0010 | 0,0021 |        |  |
| 99     | "       | "       |    | 0,23   | 0,013   |        |    |    |    |       | 0,038   | 0,24   |       | 0,36   | 0,097 | i      |        |    | i  |       | 0,29   | 0,0032 | 0,012  | 0,051  |  |
| 100    | "       | "       |    | 0,21   | 0,014   | 0,019  |    |    |    |       | 0,039   | 0,18   |       | 0,32   | 0,095 |        |        |    | i  |       | 0,28   | 0,0028 | 0,010  |        |  |
| 101    | "       | "       | i  | 0,040  | 0,0012  |        |    |    |    |       | i       | 0,001  |       | 0,022  | 0,001 |        |        |    | i  |       | 0,14   | 0,0016 | 0,0051 |        |  |
| 102    | "       | "       | i  | 0,038  |         |        |    |    |    |       | i       | 0,001  |       | 0,051  | 0,001 |        |        |    | i  |       | 0,080  | 0,018  | 0,0051 |        |  |
| 103    | "       | "       | i  | 0,018  |         |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,0057 |       | 0,001  | 0,001 |        |        |    | i  |       | 0,016  | 0,011  | 0,0033 |        |  |
| 104    | "       | "       | i  | 0,025  | 0,0064  | 0,01   |    |    |    |       | 0,0013  | 0,010  |       | 0,001  | 0,001 |        |        |    | i  |       | 0,036  | 0,014  | 0,0053 |        |  |
| 105    | "       | "       | i  | 0,045  | 0,0071  | 0,016  |    |    |    |       | 0,001   | 0,080  |       | 0,0012 |       |        |        |    | i  |       | 0,090  | 0,016  | 0,0071 |        |  |
| 106    | "       | "       | i  | 0,0057 |         | 0,0051 |    |    |    |       | 0,0018  | 0,010  |       | 0,001  |       |        |        |    | i  |       | 0,01   | i      | 0,032  | 0,0016 |  |
| 228    | S. Lor. | Turrit. |    | 0,84   | 0,025   | 0,051  |    |    | i  | 0,020 | 0,0011  | 0,093  | 0,064 | 0,40   | 0,020 |        | 0,020  |    | i  |       | 1      | 0,0008 | 0,080  | i      |  |
| 234    | "       | Cerit.  |    | 0,018  | 0,00051 |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,10   |       | 0,012  | 0,12  |        |        |    | i  |       | 0,090  | 0,012  | 0,0026 |        |  |
| 235    | "       | "       |    | 0,022  | 0,00051 |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,0005 |       | 0,01   | 0,16  |        |        |    | i  |       | 0,090  | 0,012  | 0,0026 |        |  |
| 236    | "       | "       |    | 0,040  | 0,00080 |        |    |    |    |       | 0,0012  | 0,14   |       | 0,022  | 0,14  |        |        |    | i  |       | 0,090  | 0,016  | 0,0026 |        |  |
| 6      | S. Pab. | Arca.   |    | 0,032  | 0,0040  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,0084 |       | 0,017  |       |        |        |    | i  |       | 0,20   | 0,025  | 0,0040 |        |  |
| 7      | "       | "       |    | 0,10   | 0,0015  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,014  |       | 0,040  |       |        |        |    | i  |       | 0,12   | 0,016  | 0,0032 |        |  |
| 172    | "       | Venus.  |    | 0,12   |         | 0,016  |    |    |    |       | <0,001  | 0,014  |       | 0,040  |       |        |        |    | i  |       | 0,25   | 0,011  | 0,0036 |        |  |
| 173    | "       | "       |    | 0,013  |         | 0,016  |    |    |    |       | <0,001  | 0,0043 |       | 0,001  |       |        |        |    | i  |       | 0,20   | 0,025  | 0,0090 |        |  |
| 229    | "       | Turrit. |    | 0,087  | 0,0024  |        |    |    |    |       | 0,00040 | 0,0065 |       | 0,0034 |       |        |        |    | i  |       | 0,032  | 0,80   | 0,0017 |        |  |
| 230    | "       | "       |    | 0,26   | 0,001   |        |    |    |    | 0,25  | 0,0012  | 0,064  |       | 0,020  |       |        |        |    | i  |       | 0,21   | 0,012  | 0,0037 |        |  |
| 231    | "       | "       |    | 0,047  | 0,001   | 0,014  |    |    |    |       | <0,001  | 0,0014 |       | 0,10   |       |        |        |    | i  |       | 0,40   | 0,011  | 0,0080 |        |  |
| 237    | "       | Cerit.  |    | 0,018  |         | 0,018  |    |    |    |       | <0,001  | 0,014  |       | 0,020  |       |        |        |    | i  |       | 0,080  | 0,0051 | 0,0036 |        |  |
| 238    | "       | Rostel. |    | 0,018  | 0,011   | 0,057  |    |    |    |       | <0,001  | 0,0051 |       | 0,001  | 0,080 |        |        |    | i  |       | 0,028  | 0,0036 | 0,0053 |        |  |
| 239    | "       | "       | <i | 0,01   | 0,011   | i      |    |    |    |       | 0,001   | 0,037  |       | 0,001  |       |        |        |    | i  |       | 0,025  | 0,036  | 0,0038 |        |  |
| 240    | "       | "       | <i | 0,01   | 0,011   | i      |    |    |    |       | 0,0012  | 0,010  |       | 0,001  |       |        |        |    | i  |       | 0,025  | 0,032  | 0,0090 |        |  |
| 241    | "       | "       | i  | 0,031  | 0,011   | 0,022  |    |    |    |       | 0,13    | 0,017  |       | 0,0127 |       |        |        |    | i  |       | 0,088  | 0,013  | 0,0051 |        |  |
| 242    | "       | "       | i  | 0,014  | 0,0028  | 0,012  |    |    |    |       | 0,10    | 0,079  |       | 0,0080 |       |        |        |    | i  |       | 0,025  | 0,012  | 0,0034 |        |  |
| 243    | "       | "       | i  | 0,026  | <0,001  | 0,013  |    |    |    |       | 0,54    | 0,0067 |       | 0,016  |       |        |        |    | i  |       | 0,071  | 0,0051 | 0,0027 |        |  |
| 244    | "       | "       | >i | 0,019  | 0,0028  | 0,013  |    |    |    |       | 0,35    | 0,0067 |       | 0,020  |       |        |        |    | <i |       | 0,13   | 0,0051 | 0,0037 |        |  |
|        |         |         |    |        |         |        |    |    |    |       | 0,0028  | 0,0074 |       | 0,0090 | 0,11  |        | 0,0036 |    | <i |       | 0,064  | 0,0051 | 0,0027 |        |  |

| Número | Paraje   | Género  | Ag | Al     | E       | Ba     | Be | Cd | Co | Cr    | Cu      | Fe     | Li      | Mg     | Mn     | Mo    | Na      | Ni | Pb | Si     | Sn | Sr      | Ti     | Zr     |
|--------|----------|---------|----|--------|---------|--------|----|----|----|-------|---------|--------|---------|--------|--------|-------|---------|----|----|--------|----|---------|--------|--------|
| 245    | S. Pab.  | Rostel. | i  | 0,017  | 0,0026  | i      |    |    |    |       | 0,001   | 0,01   |         | 0,0086 |        |       | 0,0057  |    |    | 0,051  |    | 0,018   | 0,0039 |        |
| 246    | "        | Pereir. |    | 0,057  | 0,012   | 0,025  |    |    |    | 0,023 | 0,0014  | 0,012  |         | <0,001 |        |       | 0,010   |    | i  | 0,016  |    | 0,012   | 0,0043 |        |
| 247    | "        | "       |    | 0,080  | <0,001  | i      |    |    |    |       | <0,001  | 0,040  |         | 0,049  |        |       | 0,0025  |    | <i | 0,18   |    | 0,011   | 0,0030 | i      |
| 248    | "        | "       | i  | 0,086  | 0,019   | 0,025  |    |    |    |       | 0,21    | 0,023  |         | 0,040  |        |       | 0,016   |    | i  | 0,94   |    | 0,064   | 0,0080 |        |
| 167    | S. Ped.  | Lucina. |    | 0,032  | 0,011   |        |    |    |    |       | 0,0057  | 0,025  |         | 0,0057 |        |       | i       |    |    | 0,12   |    | 0,014   | 0,0064 |        |
| 107    | S. Sat.  | Ostrea. |    | 0,019  | 0,0071  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,043  |         | 0,12   | 0,11   |       | 0,0028  |    | i  | 0,064  |    | 0,0014  | 0,0026 |        |
| 108    | "        | "       |    | 0,017  | 0,0012  |        |    |    |    |       | 0,0018  | 0,025  |         | 0,32   | 0,19   |       | 0,0057  |    |    | 0,032  |    | 0,0018  | 0,0041 |        |
| 109    | "        | "       |    | 0,012  | 0,0051  |        |    |    |    |       | 0,0011  | 0,042  |         | 0,45   | 0,051  |       | i       |    |    | 0,012  |    | 0,0036  | 0,0034 |        |
| 110    | "        | "       | i  | 0,090  | <0,001  | 0,014  |    |    |    |       | 0,001   | 0,067  |         | 0,45   | 0,061  |       | i       |    |    | 0,18   |    | 0,0036  | 0,0031 |        |
| 111    | "        | "       | i  | 0,014  | 0,004   |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,036  |         | 0,38   | 0,07   |       | i       |    |    | 0,034  |    | 0,0028  | 0,0040 |        |
| 166    | "        | Lucina. |    | 0,012  |         |        |    |    |    |       | 0,0018  | 0,0051 |         | 0,0011 |        |       | i       |    | <i | 0,051  |    | 0,018   | 0,0037 |        |
| 167    | "        | "       |    | 0,011  |         |        |    |    |    |       | 0,0016  | 0,0050 |         | 0,0012 |        |       | i       |    | <i | 0,049  |    | 0,019   | 0,0032 |        |
| 171    | "        | Card.   |    | 0,013  |         | i      |    |    |    |       | 0,00063 | 0,014  |         | 0,0041 |        |       | i       |    | i  | 0,066  |    | 0,81    | 0,0042 |        |
| 249    | "        | Colum.  |    | 0,051  |         | 0,0084 |    |    |    |       | <0,001  | 0,0005 |         | 0,0016 |        |       | i       |    | i  | 0,21   |    | 0,0036  | 0,0057 |        |
| 13     | S. Vic.  | Pecten. |    | 0,0071 | 0,053   |        |    |    |    | 0,018 | <0,001  | 0,026  |         | <0,001 |        |       | 0,0036  |    | i  | 0,040  |    | i       | 0,0036 | i      |
| 14     | "        | "       |    | 0,064  | 0,012   |        |    |    |    | 0,018 | <0,001  | 0,025  |         | <0,001 | 0,0080 |       | 0,0064  |    | i  | 0,040  |    | i       | 0,0032 | i      |
| 15     | "        | "       |    | 0,020  | i       |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,028  |         | 0,051  |        |       | i       |    | i  | 0,025  |    | 0,001   | 0,0080 |        |
| 16     | "        | "       |    | 0,027  | i       |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,037  |         | 0,14   |        |       | i       |    | i  | 0,0020 |    | 0,0010  | 0,010  | i      |
| 17     | "        | "       |    | 0,020  | i       |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,024  |         | 0,080  |        |       | i       |    | i  | 0,057  |    | 0,00090 | 0,0041 |        |
| 18     | "        | "       |    | 0,084  | i       |        |    |    |    | 0,032 | <0,001  | 0,036  |         | 0,10   | 0,0068 |       | i       |    | i  | 0,32   |    | 0,0008  | 0,0028 |        |
| 19     | "        | "       |    | 0,11   | i       |        |    |    |    | 0,028 | <0,001  | 0,037  |         | 0,16   | 0,0082 |       | i       |    | i  | 0,25   |    | 0,0008  | 0,0041 |        |
| 20     | "        | "       |    | 0,015  | 0,0046  | 0,0025 |    |    |    | 0,024 | <0,001  | 0,55   |         | 0,51   |        |       | 0,0025  |    | i  | 0,055  |    | 0,0008  | 0,0057 |        |
| 21     | "        | "       |    | 0,018  | 0,00073 | 0,0021 |    |    |    | 0,020 | <0,001  | 0,038  |         | 0,01   |        |       | <0,0009 |    | i  | 0,080  |    | 0,0008  | 0,0075 | i      |
| 22     | "        | "       |    | 0,061  | <0,001  |        |    |    |    | 0,014 | <0,001  | 0,049  |         | 0,40   |        |       | 0,0012  |    | i  | 0,26   |    | <0,0008 | 0,0036 | i      |
| 23     | "        | "       |    | 0,10   | <0,001  |        |    |    |    | 0,011 | 0,022   | 0,051  |         | 0,36   |        |       | 0,0020  |    | i  | 0,42   |    | <0,0008 | 0,0031 | i      |
| 24     | "        | "       |    | 0,020  | 0,0025  |        |    |    |    | 0,014 | 0,001   | 0,055  |         | 0,51   |        |       | 0,0012  |    | i  | 0,19   |    | <0,0008 | 0,0027 |        |
| 25     | "        | "       |    | 0,094  | 0,00040 |        |    |    |    | 0,011 | 0,001   | 0,095  |         | 0,32   |        |       | 0,00090 |    | i  | 0,36   |    | 0,0008  | 0,0030 |        |
| 26     | "        | "       |    | 0,025  | <0,001  |        |    |    |    | 0,011 | <0,001  | 0,098  |         | 0,25   | 0,0080 |       | 0,0014  |    | i  | 0,25   |    | <0,0008 | 0,0020 |        |
| 27     | "        | "       |    | 0,064  | <0,001  |        |    |    |    | 0,011 | <0,001  | 0,068  |         | 0,25   |        |       | 0,0016  |    | i  | 0,42   |    | <0,0008 | 0,0036 | 0,0053 |
| 28     | "        | "       |    | 0,042  | 0,0015  |        |    |    |    | 0,012 | 0,001   | 0,072  |         | 0,28   |        |       | 0,0015  |    | i  | 0,25   |    | 0,0008  | 0,0025 |        |
| 29     | "        | "       |    | 0,055  | 0,001   |        |    |    |    | 0,012 | 0,001   | 0,065  |         | 0,29   |        |       | 0,0018  |    | i  | 0,28   |    | 0,0008  | 0,002  | i      |
| 70     | "        | Chlam.  |    | 0,014  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,049  |         | 0,25   |        |       | i       |    | i  | 0,064  |    | 0,0040  | 0,0080 |        |
| 71     | "        | "       |    | 0,16   | <0,001  |        |    |    |    | 0,011 | <0,001  | 0,052  |         | 0,25   |        |       | 0,0018  |    | i  | 0,51   |    | <0,0008 | 0,0032 | 0,0068 |
| 72     | "        | "       |    | 0,032  | <0,001  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,01   |         | 0,12   |        |       | 0,0012  |    | i  | 0,20   |    | i       | 0,0027 | i      |
| 73     | "        | "       |    | 0,022  | <0,001  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,079  |         | 0,12   |        |       | 0,0032  |    | i  | 0,25   |    | 0,0008  | 0,0030 | i      |
| 77     | "        | Anomia. |    | 0,025  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,020  |         | 0,057  |        |       | i       |    | i  | 0,051  |    | 0,0008  | 0,0057 |        |
| 78     | "        | "       |    | 0,026  |         |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,020  |         | 0,055  |        |       | i       |    | i  | 0,050  |    | 0,0008  | 0,0055 |        |
| 112    | "        | Ostrea. |    | 0,017  | <0,001  | 0,0016 |    |    |    |       | <0,001  | 0,033  |         | 0,10   |        |       | 0,0009  |    | i  | 0,012  |    | <0,0008 | 0,0012 |        |
| 113    | "        | "       |    | 0,019  | 0,0016  | 0,0025 |    |    |    |       | <0,001  | 0,032  |         | 0,20   |        |       | 0,0012  |    |    | 0,12   |    | <0,0008 | 0,0024 |        |
| 114    | "        | "       |    | 0,16   | <0,001  |        |    |    |    |       | 0,002   | 0,052  |         | 0,11   |        |       | 0,0014  |    |    | 0,51   |    | <0,0008 | 0,0064 |        |
| 115    | "        | "       |    | 0,24   | <0,001  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,069  |         | 1      | 0,022  |       | 0,0051  |    |    | 0,32   |    | <0,0008 | 0,0057 |        |
| 116    | "        | "       | <i | 0,090  | 0,0040  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,020  |         | 0,19   | 0,013  |       | i       |    | i  | 0,42   |    | 0,0010  | 0,0064 |        |
| 117    | "        | "       | <i | 0,025  | 0,0090  |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,0025 |         | 0,32   | 0,010  |       | i       |    |    | 0,16   |    | 0,0016  | 0,0080 |        |
| 118    | "        | "       | <i | 0,080  | 0,00051 |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,020  |         | 0,14   |        |       | i       |    |    | 0,42   |    | 0,001   | 0,0064 | i      |
| 119    | "        | "       | <i | 0,016  | 0,0010  |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,051  |         | 0,080  |        |       | i       |    |    | 0,11   |    | 0,00080 | 0,0035 |        |
| 120    | "        | "       | <i | 0,020  | 0,00051 |        |    |    |    |       | 0,0057  | 0,051  |         | 0,090  |        |       | i       |    |    | 0,22   |    | 0,00080 | 0,0034 |        |
| 121    | "        | "       | <i | 0,026  | 0,0062  |        |    |    |    |       | 0,001   | 0,04   |         | 0,21   |        |       | i       |    |    | 0,32   |    | 0,0008  | 0,0034 |        |
| 30     | Tor. Me. | Pecten. | <i | 0,057  |         |        |    |    |    | 0,028 | 0,001   | 0,057  |         | 0,057  |        | 0,017 | i       |    | i  | 0,16   | >i | 0,0008  | 0,0071 |        |
| 48     | Alf. F.  | "       | i  | 0,071  | i       |        |    |    |    |       | i       | 0,0016 |         | 0,059  |        | 0,64  | i       |    |    | 0,040  |    | 0,0014  | 0,0045 |        |
| 49     | "        | "       | i  | 0,0090 | i       |        |    |    |    |       | <0,001  | 0,038  |         | 0,080  |        | 0,22  | i       |    |    | 0,010  |    | 0,00090 | 0,0030 |        |
| 50     | "        | "       | i  | 0,032  | i       |        |    |    |    |       | i       | <0,001 | 0,031   | 0,10   | 0,20   |       | i       |    |    | 0,064  |    | 0,001   | 0,0027 |        |
| 51     | "        | "       | i  | 0,020  | i       |        |    |    |    |       | i       | 0,0019 | 0,051   | 0,12   | 0,25   |       | i       |    |    | 0,040  |    | 0,001   | 0,0051 |        |
| 52     | "        | "       | i  | 0,10   | 0,0057  |        |    |    |    |       | i       | 0,0040 | 0,051   | 0,20   | 0,18   |       | i       |    |    | 0,001  |    | i       | 0,0016 | 0,001  |
| 151    | "        | Ostrea. | i  | 0,11   |         |        |    |    |    |       | i       | 0,0018 | 0,051   | 0,12   | 0,20   |       | i       |    |    | 0,20   |    | 0,0018  | 0,0037 |        |
| 152    | "        | "       | i  | 0,57   |         |        |    |    |    |       | i       | 0,0016 | 0,076   | 0,10   | 0,22   |       | i       |    | >i | 0,45   |    | 0,0008  | 0,014  |        |
| 153    | "        | "       | i  | 0,040  |         |        |    |    |    |       | i       | 0,10   | <0,001  | 0,067  | 0,071  |       | i       |    | >i | 0,016  |    | <0,0008 | 0,0020 |        |
| 154    | "        | "       | i  | 0,036  |         |        |    |    |    |       | i       | <0,001 | 0,037   | 0,16   | 0,13   |       | i       |    |    | 0,016  |    | 0,0008  | 0,0051 |        |
| 155    | "        | "       | i  | 0,025  |         |        |    |    |    |       | i       | 0,0016 | 0,039   | 0,57   | 0,40   |       | i       |    |    | 0,10   |    | 0,0008  | 0,0057 |        |
| 156    | "        | "       | i  | 0,071  |         |        |    |    |    |       | i       | 0,0032 | 0,043   | 0,20   | 0,21   |       | i       |    | i  | 0,16   | >i | 0,001   | 0,0041 |        |
| 157    | "        | "       | i  | 0,001  |         |        |    |    |    |       | i       | <0,001 | 0,00051 | 0,057  | 0,12   |       | i       |    | i  | 0,0058 | >i | <0,0008 | 0,0019 |        |

| Número | Paraje  | Género  | Ag | Al     | B       | Ba   | Be | Cd | Co | Cr | Cu      | Fe      | Li | Mg     | Mn     | Mo | Na | Ni | Pb     | Si | Sn      | Sr     | Ti | Zr |
|--------|---------|---------|----|--------|---------|------|----|----|----|----|---------|---------|----|--------|--------|----|----|----|--------|----|---------|--------|----|----|
| 158    | Alf. F. | Ostrea. | i  | 0,064  |         |      |    |    |    | i  | <0,001  | 0,033   |    | 0,10   | 0,20   |    | i  | i  | 0,12   | i  | <0,0008 | 0,0027 |    |    |
| 159    | "       | "       | "  | 0,025  |         |      |    |    |    | "  | 0,0013  | 0,00064 |    | 0,10   | 0,20   |    | i  | i  | 0,001  | i  | <0,0008 | 0,001  |    |    |
| 160    | "       | "       | "  | 0,0036 |         |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,00064 |    | 0,10   | 0,12   |    | i  | i  | 0,001  | i  | 0,0008  | 0,001  |    |    |
| 161    | "       | "       | "  | 0,06   |         |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,0005  |    | 0,10   | 0,12   |    | i  | i  | 0,001  | i  | <0,0008 | 0,001  |    |    |
| 1      | Beas.   | Núcula. | i  | 0,051  |         |      |    |    |    | "  | 0,0020  | 0,040   |    | <0,001 |        |    | i  | i  | 0,15   |    | 0,011   | 0,0038 |    |    |
| 2      | "       | "       | i  | 0,028  |         |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,00051 |    | 0,25   |        |    | i  | i  | 0,12   |    | 0,0080  | 0,0027 |    |    |
| 3      | "       | "       | i  | 0,031  |         |      |    |    |    | "  | 0,0020  | 0,0095  |    | 0,0058 |        |    | i  | i  | 0,11   |    | 0,018   | 0,0024 |    |    |
| 4      | "       | "       | i  | 0,022  |         |      |    |    |    | "  | 0,0013  | 0,011   |    | 0,0064 |        |    | i  | i  | 0,004  |    | 0,016   | 0,0019 |    |    |
| 5      | "       | "       | i  | 0,30   |         |      |    |    |    | "  | 0,0080  | 0,01    |    | 0,016  |        |    | i  | i  | 0,48   |    | 0,090   | 0,036  |    |    |
| 31     | "       | Pecten. |    | 0,097  | 0,0057  |      |    |    |    | i  | 0,01    | 0,057   |    | 0,22   | 0,040  |    | i  | i  | 0,16   | i  | 0,0012  | 0,0080 |    |    |
| 32     | "       | "       | "  | 0,18   | 0,011   |      |    |    |    | i  | 0,0040  | 0,064   |    | 0,16   | 0,053  |    | i  | i  | 0,16   |    | 0,0011  | 0,0080 |    |    |
| 33     | "       | "       | "  | 0,085  | 0,015   |      |    |    |    | i  | 0,005   | 0,055   |    | 0,14   | 0,039  |    | i  | i  | 0,14   | i  | 0,0012  | 0,0080 |    |    |
| 34     | "       | "       | "  | 0,016  | 0,011   |      |    |    |    | i  | 0,0028  | 0,058   |    | 0,16   | 0,032  |    | i  | i  | 0,032  |    | 0,0020  | 0,0040 |    |    |
| 35     | "       | "       | "  | 0,028  | 0,011   |      |    |    |    | i  | 0,0012  | 0,058   |    | 0,25   | 0,0072 |    | i  | i  | 0,090  |    | 0,0016  | 0,0057 |    |    |
| 36     | "       | "       | "  | 0,022  | 0,012   |      |    |    |    | i  | 0,0020  | 0,054   |    | 0,21   | 0,016  |    | i  | i  | 0,061  |    | 0,0018  | 0,0049 |    |    |
| 37     | "       | "       | "  | 0,1    | 0,0090  |      |    |    |    | i  | <0,001  | 0,071   |    | 0,16   | 0,090  |    | i  | i  | 0,22   | i  | 0,0016  | 0,0057 |    |    |
| 38     | "       | "       | "  | 0,09   | 0,0080  |      |    |    |    | i  | 0,001   | 0,0065  |    | 0,14   | 0,085  |    | i  | i  | 0,19   | i  | 0,0014  | 0,0048 |    |    |
| 39     | "       | "       | "  | 0,22   | 0,0090  |      |    |    |    | i  | <0,001  | 0,080   |    | 0,25   | 0,033  |    | i  | i  | 0,30   |    | 0,0014  | 0,0071 |    |    |
| 40     | "       | "       | "  | 0,090  | i       |      |    |    |    | i  | <0,001  | 0,051   |    | 0,14   | 0,23   |    | i  | i  | 0,19   |    | 0,0008  | 0,0040 |    |    |
| 41     | "       | "       | "  | 0,095  | i       |      |    |    |    | i  | <0,001  | 0,045   |    | 0,12   | 0,24   |    | i  | i  | 0,18   |    | 0,0008  | 0,0045 |    |    |
| 42     | "       | "       | "  | 0,14   | 0,006   |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,001   |    | 0,25   | 0,64   |    | i  | i  | 0,24   |    | 0,0018  | 0,0015 |    |    |
| 43     | "       | "       | "  | 0,040  |         |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,039   |    | 0,1    | 0,21   |    | i  | i  | 0,064  |    | 0,001   | 0,0063 |    |    |
| 57     | "       | Amus.   | i  | 0,0036 |         |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,0025  |    | 0,1    | 0,057  |    | i  | i  | 0,0057 |    | 0,0040  | 0,0039 |    |    |
| 58     | "       | "       | i  | 0,020  |         |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,034   |    | 0,1    | 0,090  |    | i  | i  | 0,051  |    | 0,0051  | 0,0019 |    |    |
| 59     | "       | "       | i  | 0,020  |         |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,0037  |    | 0,090  | 0,012  |    | i  | i  | 0,051  |    | 0,0032  | 0,040  |    |    |
| 60     | "       | "       | i  | 0,0071 | 0,00064 |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,0084  |    | 0,14   | 0,020  |    | i  | i  | 0,0064 |    | 0,0040  | 0,0026 |    |    |
| 61     | "       | "       | i  | 0,01   |         |      |    |    |    | i  | <0,001  | 0,018   |    | 0,14   | 0,0051 |    | i  | i  | 0,011  |    | 0,0014  | 0,0040 |    |    |
| 62     | "       | "       | i  | 0,012  |         |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,095   |    | 0,13   | 0,012  |    | i  | i  | 0,0085 |    | 0,0027  | 0,0036 |    |    |
| 122    | "       | Ostrea. | "  | 0,12   | 0,011   |      |    |    |    | "  | 0,0022  | 0,080   |    | 0,25   | 0,094  |    | i  | i  | 0,21   | i  | 0,0018  | 0,01   |    |    |
| 123    | "       | "       | i  | 0,40   | 0,0064  |      |    |    |    | i  | 0,0012  | 0,0005  |    | 0,51   | 1,4    |    | i  | i  | 0,36   |    | 0,0032  | 0,01   |    |    |
| 124    | "       | "       | i  | 0,012  | 0,00051 | 0,22 |    |    |    | "  | <0,001  | 0,0020  |    | 0,1    | 0,023  |    | i  | i  | 0,016  |    | 0,0025  | 0,0028 | i  |    |
| 125    | "       | "       | i  | 0,080  |         |      |    |    |    | "  | 0,0032  | 0,0057  |    | 0,28   | 0,28   |    | i  | i  | 0,11   |    | 0,0016  | 0,0038 |    |    |
| 126    | "       | "       | i  | 0,063  | 0,00016 |      |    |    |    | "  | 0,0013  | 0,00050 |    | 0,0081 | 0,014  |    | i  | i  | 0,16   |    | 0,22    | 0,0026 |    |    |
| 127    | "       | "       | i  | 0,046  | 0,00010 |      |    |    |    | "  | 0,00040 | 0,00052 |    | 0,0073 | 0,013  |    | i  | i  | 0,11   |    | 0,20    | 0,0046 |    |    |
| 128    | Cer. B. | "       | i  | 0,016  |         |      |    |    |    | "  | 0,0045  | 0,084   |    | 0,14   | 0,033  |    | i  | i  | 0,025  |    | 0,0008  | 0,0040 |    |    |
| 129    | "       | "       | i  | 0,0051 |         |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,040   |    | 0,1    | 0,025  |    | i  | i  | 0,0057 |    | 0,0012  | 0,0035 |    |    |
| 130    | "       | "       | i  | 0,071  |         |      |    |    | i  | "  | 0,0012  | 0,0032  |    | 0,001  |        |    | i  | i  | 0,0057 | i  | 0,021   | 0,0035 |    |    |
| 131    | "       | "       | i  | 0,06   |         |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,07    |    | 0,08   |        |    | i  | i  | 0,005  |    | 0,002   | 0,003  |    |    |
| 132    | "       | "       | i  | 0,016  |         |      |    |    |    | "  | 0,0045  | 0,084   |    | 0,14   | 0,033  |    | i  | i  | 0,025  |    | 0,0006  | 0,0040 |    |    |
| 133    | "       | "       | i  | 0,0051 |         |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,040   |    | 0,1    | 0,025  |    | i  | i  | 0,0057 |    | 0,0012  | 0,0035 |    |    |
| 134    | "       | "       | i  | 0,071  |         |      |    |    |    | "  | 0,0012  | 0,0032  |    | <0,001 |        |    | i  | i  | 0,0057 | i  | 0,021   | 0,0035 |    |    |
| 135    | "       | "       | i  | 0,06   |         |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,07    |    | 0,08   |        |    | i  | i  | 0,005  |    | 0,001   | 0,003  |    |    |
| 171    | "       | Card.   | i  | 0,0064 |         |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,040   |    | 0,16   | 0,0072 |    | i  | i  | 0,0064 |    | 0,001   | 0,0033 |    |    |
| 63     | Cer. P. | Amus.   | "  | 0,015  |         |      |    |    |    | "  | 0,0036  | 0,0084  |    | 0,45   | 0,0051 |    | i  | i  | 0,036  |    | 0,0014  | 0,0090 |    |    |
| 168    | "       | Chama.  | i  | 0,020  |         | i    |    |    |    | "  | 0,0020  | 0,011   |    | 0,0025 |        |    | i  | i  | 0,036  |    | 0,0032  | 0,0057 |    |    |
| 44     | El Alm. | Pecten. | i  | 0,018  |         |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,039   |    | 0,20   | 0,28   |    | i  | i  | 0,001  |    | 0,0016  | 0,001  |    |    |
| 45     | "       | "       | i  | 0,0020 | i       |      |    |    |    | "  | 0,001   | 0,0057  |    | 0,080  | 0,30   |    | i  | i  | 0,012  |    | 0,0016  | 0,0025 |    |    |
| 46     | "       | "       | i  | 0,0021 | i       |      |    |    |    | "  | 0,0067  | 0,040   |    | 0,051  | 0,32   |    | i  | i  | 0,012  |    | 0,0018  | 0,0023 |    |    |
| 47     | "       | "       | i  | 0,018  | i       |      |    |    |    | "  | <0,001  | 0,011   |    | 0,090  | 0,40   |    | i  | i  | 0,064  |    | 0,0016  | 0,0031 |    |    |
| 136    | "       | Ostrea. | i  | 0,032  |         |      |    |    | i  | "  | <0,001  | 0,0005  |    | 0,13   | 0,14   |    | i  | i  | 0,080  |    | 0,001   | 0,0090 |    |    |
| 137    | "       | "       | i  | 0,022  | 0,0071  |      |    |    | i  | "  | 0,051   | 0,0080  |    | 0,035  | 0,080  |    | i  | i  | 0,080  |    | 0,0022  | 0,0080 | i  |    |
| 138    | "       | "       | i  | 0,0020 |         |      |    |    | i  | "  | 0,001   | 0,0064  |    | 0,080  | 0,51   |    | i  | i  | 0,010  |    | 0,001   | 0,0037 |    |    |
| 139    | "       | "       | i  | 0,0020 |         |      |    |    | "  | "  | 0,11    | <0,001  |    | 0,0051 | 0,38   |    | i  | i  | 0,0073 |    | 0,0008  | 0,0019 |    |    |
| 140    | "       | "       | i  | 0,018  |         |      |    |    | "  | "  | 0,001   | 0,014   |    | 0,080  | 0,22   |    | i  | i  | 0,016  |    | 0,0011  | 0,0039 |    |    |
| 141    | "       | "       | i  | 0,22   |         |      |    |    | >i | "  | 0,080   | <0,001  |    | 0,051  | 0,34   |    | i  | i  | 0,28   |    | 0,0008  | 0,0071 |    |    |
| 142    | "       | "       | i  | 0,0090 |         |      |    |    | i  | "  | 0,028   | 0,0025  |    | 0,061  | 0,30   |    | i  | i  | 0,064  |    | <0,0008 | 0,0038 |    |    |
| 143    | "       | "       | i  | 0,045  |         |      |    |    | i  | "  | 0,028   | 0,0018  |    | 0,035  | 0,064  |    | i  | i  | 0,12   |    | 0,001   | 0,0051 | i  |    |
| 144    | "       | "       | i  | i      |         |      |    |    | i  | "  | 0,028   | 0,0080  |    | 0,0005 | 0,001  |    | i  | i  | 0,028  |    | 0,001   | 0,0032 |    |    |
| 145    | "       | "       | i  | i      |         |      |    |    | i  | "  | 0,071   | 0,0028  |    | 0,057  | 0,090  |    | i  | i  | 0,18   |    | 0,00090 | 0,0042 |    |    |
| 146    | F. Her. | "       | i  | 0,032  |         |      |    |    | "  | "  | 0,0032  | 0,076   |    | 0,71   | 0,067  |    | i  | >i | 0,0057 |    | 0,0008  | 0,0032 |    |    |

| Número          | Paraje  | Género  | Ag | Al     | B       | Ba     | Be | Cd | Co | Cr    | Cu     | Fe     | Li | Mg     | Mn    | Mo | Na | Ni | Pb | Si     | Sn | Sr      | Ti      | Zr |
|-----------------|---------|---------|----|--------|---------|--------|----|----|----|-------|--------|--------|----|--------|-------|----|----|----|----|--------|----|---------|---------|----|
| 147             | F. Her. | Ostrea. | i  | 0,015  |         |        |    |    |    |       | 0,40   | 0,051  |    | 0,16   | 0,014 |    | i  | i  | >i | 0,080  |    | 0,0008  | 0,0025  |    |
| 148             | "       | "       |    | 0,18   |         |        |    |    |    |       | 0,0012 | 0,090  |    | 1,4    | 0,071 |    | i  | i  | >i | 0,30   |    | 0,0016  | 0,0045  |    |
| 149             | "       | "       |    | 0,01   |         |        |    |    |    |       | 0,0025 | 0,064  |    | 0,64   | 0,090 |    | i  | i  | >i | 0,032  |    | 0,0008  | 0,0025  |    |
| 150             | "       | "       |    | 0,015  |         |        |    |    |    |       | 0,0030 | 0,074  |    | 0,56   | 0,080 |    | i  | i  | >i | 0,070  |    | 0,0008  | 0,0035  |    |
| 162             | "       | Cardit. |    | 0,0071 |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,0012 | 0,027  |    | 0,010  |       |    | i  | >i | >i | 0,0033 |    | 0,028   | 0,0016  |    |
| 163             | "       | "       |    | 0,0064 |         | <0,003 |    |    |    |       | 0,0025 | 0,022  |    | 0,020  |       |    | i  | >i | >i | 0,012  |    | 0,0031  | 0,0017  |    |
| 164             | "       | "       | i  | i      |         | <0,003 |    |    |    |       | 0,33   | 0,025  |    | 0,007  |       |    | i  | >i | >i | 0,0057 |    | 0,0064  | 0,0012  |    |
| 165             | "       | "       |    | i      |         | <0,003 |    |    |    |       | <0,001 | 0,019  |    | 0,0057 |       |    | i  | >i | >i | 0,0025 |    | 0,0036  | 0,0011  |    |
| 187             | "       | Escaf.  |    | 0,048  | 0,019   |        |    |    |    |       | 0,0020 | 0,030  |    | 0,0016 | 0,012 |    | i  | i  | i  | 0,10   |    | 0,012   | 0,012   |    |
| 188             | "       | "       |    | 0,0090 |         |        |    |    |    |       | 0,0036 | 0,014  |    | 0,0015 | 0,01  |    | i  | i  | i  | 0,023  |    | i       | 0,0055  |    |
| 189             | "       | "       |    | 0,036  |         |        |    |    |    |       | 0,0045 | 0,036  |    | 0,0012 |       |    | i  | i  | i  | 0,16   |    | i       | 0,013   |    |
| 190             | "       | "       |    | 0,0071 |         |        |    |    |    |       | 0,0028 | 0,014  |    | 0,0026 |       |    | i  | i  | i  | 0,023  |    | i       | 0,0085  |    |
| 191             | "       | "       |    | 0,0080 | 0,012   |        |    |    |    |       | 0,0012 | 0,0053 |    | 0,0020 | 0,014 |    | i  | i  | i  | 0,016  |    | i       | 0,0043  |    |
| 192             | "       | "       |    | 0,016  | 0,001   |        |    |    |    |       | 0,001  | 0,0071 |    | 0,0012 |       |    | i  | i  | i  | 0,028  |    | i       | 0,0033  |    |
| 193             | "       | "       |    | 0,0057 | 0,001   |        |    |    |    |       | 0,0011 | 0,0012 |    | 0,012  |       |    | i  | i  | i  | 0,0064 |    | i       | 0,0022  |    |
| 194             | "       | "       |    | 0,018  | 0,017   |        |    |    |    |       | 0,0018 | 0,0078 |    | 0,0011 |       |    | i  | i  | i  | 0,022  |    | i       | 0,0068  |    |
| 195             | "       | "       |    | 0,028  | 0,012   |        |    |    |    |       | 0,0020 | 0,0051 |    | 0,0036 |       |    | i  | i  | i  | 0,057  |    | i       | 0,0047  |    |
| 196             | "       | "       |    | 0,012  | 0,010   |        |    |    |    |       | 0,001  | 0,011  |    | 0,0022 |       |    | i  | i  | i  | 0,012  |    | 0,014   | 0,0030  |    |
| 197             | "       | "       |    | 0,011  |         |        |    |    |    |       | 0,0025 | 0,0094 |    | 0,0022 |       |    | i  | i  | i  | 0,020  |    | 0,028   | 0,0071  |    |
| 198             | "       | "       |    | 0,018  | 0,018   |        |    |    |    |       | 0,0028 | 0,0057 |    | 0,0090 |       |    | i  | i  | i  | 0,040  |    | 0,020   | 0,0076  |    |
| 199             | "       | "       |    | 0,016  | 0,017   | i      |    |    |    |       | 0,0018 | 0,0030 |    | 0,0021 |       |    | i  | i  | i  | 0,064  |    | 0,022   | 0,0061  |    |
| 200             | "       | "       |    | 0,014  | 0,013   |        |    |    |    |       | 0,0022 | 0,0033 |    | 0,0019 |       |    | i  | i  | i  | 0,058  |    | 0,036   | 0,0058  |    |
| 201             | "       | "       |    | 0,016  | 0,020   |        |    |    |    |       | 0,0028 | 0,011  |    | 0,0025 |       |    | i  | i  | i  | 0,090  |    | 0,036   | 0,0083  |    |
| 202             | "       | "       |    | 0,020  | 0,012   |        |    |    |    |       | 0,0018 | 0,01   |    | 0,028  |       |    | i  | i  | i  | 0,025  |    | 0,018   | 0,0068  |    |
| 203             | "       | "       |    | 0,080  | 0,01    |        |    |    |    |       | 0,001  | 0,040  |    | 0,0064 |       |    | i  | i  | i  | 0,020  |    | 0,018   | 0,0049  |    |
| 204             | "       | "       |    | 0,078  | 0,053   |        |    |    |    |       | 0,0018 | 0,048  |    | 0,0036 |       |    | i  | i  | i  | 0,0040 |    | 0,018   | 0,0034  |    |
| 205             | "       | "       |    | i      | 0,016   |        |    |    |    |       | 0,0040 | 0,01   |    | 0,0028 |       |    | i  | i  | i  | 0,051  |    | 0,036   | 0,0060  |    |
| 206             | "       | "       |    | i      | 0,016   |        |    |    |    |       | 0,0018 | 0,0086 |    | 0,0033 |       |    | i  | i  | i  | 0,064  |    | 0,030   | 0,0055  |    |
| 207             | "       | "       |    | i      | 0,012   |        |    |    |    |       | 0,0018 | 0,0075 |    | 0,0036 |       |    | i  | i  | i  | 0,045  |    | 0,032   | 0,0062  |    |
| 208             | "       | "       |    | 0,011  | 0,0080  |        |    |    |    |       | 0,0012 | 0,0025 |    | 0,0025 |       |    | i  | i  | i  | 0,014  |    | 0,020   | 0,0035  |    |
| 209             | "       | "       |    | 0,0036 | 0,0051  |        |    |    |    |       |        | 0,0005 |    | 0,0040 |       |    | i  | i  | i  | 0,0051 |    | 0,020   | 0,0020  |    |
| 210             | "       | "       |    | 0,040  | 0,0064  |        |    |    |    |       |        | 0,032  |    | 0,0028 | i     |    | i  | i  | i  | 0,10   |    | 0,020   | 0,0035  |    |
| 211             | "       | "       |    | 0,036  | 0,0064  |        |    |    |    |       | 0,0012 | 0,014  |    | 0,0028 | i     |    | i  | i  | i  | 0,10   |    | 0,025   | 0,0035  |    |
| 212             | "       | "       |    | i      |         | i      |    |    |    |       | 0,0064 | 0,019  |    | 0,0032 |       |    | i  | i  | i  | 0,018  |    | 0,084   | 0,00096 |    |
| 213             | "       | "       |    | 0,0012 |         | i      |    |    |    |       | 0,0040 | 0,0025 |    | 0,010  |       |    | i  | i  | i  | 0,0080 |    | 0,0008  | 0,0019  |    |
| 214             | "       | "       |    | i      |         | i      |    |    |    |       | 0,0012 | 0,0022 |    | 0,0084 |       |    | i  | i  | i  | 0,0072 |    | 0,012   | 0,0016  |    |
| 215             | "       | "       |    | i      |         | i      |    |    |    |       | 0,0012 | 0,018  |    | 0,0070 |       |    | i  | i  | i  | 0,0070 |    | 0,010   | 0,0018  |    |
| 216             | "       | "       |    | i      |         | i      |    |    |    |       | 0,0014 | 0,0024 |    | 0,0064 |       |    | i  | i  | i  | 0,0074 |    | 0,010   | 0,0014  |    |
| 169             | Jayena. | Card.   |    | 0,21   |         |        |    |    |    |       | 0,0018 | 0,068  |    | 0,14   | 0,064 |    | i  | i  | i  | 0,30   |    | 0,00090 | 0,0090  | i  |
| 170             | "       | "       |    | 0,19   |         |        |    |    |    |       | 0,0018 | 0,065  |    | 0,12   | 0,062 |    | i  | i  | i  | 0,29   |    | 0,00080 | 0,0085  | i  |
| 53              | Purche. | Pecten  | i  | 0,01   |         |        |    |    |    |       | <0,001 | 0,040  |    | 0,090  | 0,01  |    | i  | i  | i  | 0,011  |    | 0,0016  | 0,0040  |    |
| 232             | "       | Turrit. | i  | 0,20   |         | <i     |    |    |    |       | 0,0020 | 0,064  |    | 0,018  |       |    | i  | i  | i  | 0,20   |    | 0,0028  | 0,0057  |    |
| 233             | "       | "       | i  | 0,19   |         | <i     |    |    |    |       | 0,0019 | 0,064  |    | 0,022  |       |    | i  | i  | i  | 0,19   |    | 0,0032  | 0,0062  |    |
| 64              | S. In.  | Amus.   |    | 0,0051 |         | 0,022  | i  |    |    | i     | 0,0018 | 0,0005 |    | 0,80   | 0,16  |    | i  | i  | >i | 0,01   |    | 0,018   | 0,0064  |    |
| 65              | "       | "       |    | 0,0032 |         | 0,022  | i  |    |    |       | 0,0045 | 0,0005 |    | 0,012  | 0,16  |    | i  | i  | >i | 0,0061 |    | 0,028   | 0,0016  |    |
| 66              | "       | "       |    | 0,0071 |         | 0,032  | i  |    |    |       | 0,0020 | 0,0016 |    | 0,20   | 0,16  |    | i  | i  | >i | 0,0080 |    | 0,040   | 0,0024  |    |
| 67              | "       | "       |    | 0,0071 |         | 0,038  | i  |    |    | i     | 0,0025 | 0,064  |    | 0,16   | 0,20  |    | i  | i  | >i | 0,0051 |    | 0,040   | 0,0020  |    |
| 217             | "       | Escaf.  |    | 0,0071 |         | 0,0032 |    |    |    |       | 0,01   | 0,057  |    | 0,025  |       |    | i  | i  | i  | 0,0011 |    | 0,0051  | 0,0038  |    |
| 218             | "       | "       |    | 0,0051 |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,0028 | 0,0051 |    | 0,010  |       |    | i  | i  | >i | 0,0054 |    | 0,016   | 0,0014  |    |
| 219             | S. In.  | Escaf.  |    | 0,0011 |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,0064 | 0,057  |    | 0,018  |       |    | i  | i  | i  | 0,0026 |    | 0,014   | 0,0012  |    |
| 220             | "       | "       |    | 0,0040 |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,0046 | 0,056  |    | 0,019  |       |    | i  | i  | i  | 0,0032 |    | 0,015   | 0,0018  |    |
| 221             | "       | "       |    | 0,0038 |         | 0,003  |    |    |    |       | 0,0038 | 0,051  |    | 0,021  |       |    | i  | i  | i  | 0,0046 |    | 0,016   | 0,0022  |    |
| 68              | Mula.   | Amus.   |    | 0,01   |         |        |    |    |    |       | 0,001  | 0,028  |    | 0,064  | 0,090 |    | i  | i  | i  | 0,012  |    | 0,016   | 0,0033  |    |
| 69              | "       | "       |    | 0,0011 |         |        |    |    |    |       | 0,001  | 0,022  |    | 0,064  | 0,071 |    | i  | i  | i  | 0,0051 |    | 0,012   | 0,0051  |    |
| 76              | "       | Aequip. |    | 0,10   | 0,012   | 0,0051 |    |    |    | 0,020 | 0,0025 | 0,064  |    | 0,51   | 0,012 |    | i  | i  | i  | i      |    | 0,045   | 0,0057  |    |
| 76 <sub>1</sub> | Cope.   | "       |    | 0,050  | 0,00016 | 0,006  |    |    |    | 0,019 |        | 0,240  |    | 0,57   | 0,01  |    | i  | i  | i  | 0,12   |    | 0,03    | 0,0049  |    |
| 174             | Carm.   | Venus.  |    | 0,010  |         | 0,011  |    |    |    |       | <0,001 | 0,0051 |    | 0,001  |       |    | i  | i  | i  | 0,022  |    | 0,032   | 0,0051  |    |
| 175             | "       | "       |    | 0,011  |         | 0,010  |    |    |    |       | <0,001 | 0,0049 |    | 0,001  |       |    | i  | i  | i  | 0,018  |    | 0,034   | 0,0055  |    |
| 176             | Cant.   | "       |    | 0,011  |         | 0,030  |    |    |    |       | 0,0030 | 0,044  |    | 0,0020 |       |    | i  | i  | i  | 0,050  |    | 0,06    | 0,0033  |    |

| Número           | Paraje  | Género  | Ag | Al     | B       | Ba      | Be | Cd | Co | Cr    | Cu      | Fe     | Li | Mg     | Mn | Mo     | Na      | Ni | Pb     | Si     | Sn | Sr      | Ti     | Zr     |
|------------------|---------|---------|----|--------|---------|---------|----|----|----|-------|---------|--------|----|--------|----|--------|---------|----|--------|--------|----|---------|--------|--------|
| 55               | Cant.   | Pecten. | <i | 0,0020 | 0,00051 |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,0032 |    | 0,080  |    |        | i       |    |        | 0,0064 |    | 0,0018  | 0,0020 |        |
| 56               | "       | "       | <i | <0,001 | 0,0010  |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,0025 |    | 0,10   |    |        | i       |    |        | 0,0025 |    | 0,0036  | 0,0019 |        |
| 74               | "       | Chlam.  |    | 0,32   | 0,012   |         |    |    |    | 0,023 | 0,0011  | 0,064  |    | 0,71   |    | 0,01   | 0,0051  |    |        | 0,16   |    | i       | 0,018  |        |
| 75               | "       | "       |    | 0,29   | 0,010   |         |    |    |    | 0,025 | 0,0010  | 0,060  |    | 0,75   |    | 0,01   | 0,0049  |    |        | 0,14   |    | i       | 0,017  |        |
| 54               | Altaf.  | Pecten. |    | 0,013  | 0,0051  |         |    |    |    | 0,018 | <0,001  | 0,019  |    | 0,10   |    |        | 0,0022  |    | <i     | 0,040  |    | i       | 0,0033 |        |
| 179              | Cac.    | Tellin. |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,0032  | 0,0028 |    | 0,001  |    |        | i       |    | <i     | 0,002  |    | 0,064   | 0,0021 |        |
| 180              | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,0018  | 0,019  |    | 0,0044 |    |        | i       |    | <i     | 0,0032 |    | 0,045   | 0,0012 |        |
| 181              | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,0040  | 0,018  |    | 0,0032 |    |        | i       |    | <i     | 0,0051 |    | 0,045   | 0,0016 |        |
| 182              | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,019   | 0,019  |    | 0,0032 |    |        | i       |    | <i     | 0,0018 |    | 0,071   | 0,0014 |        |
| 183              | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,0080  | 0,020  |    | 0,0032 |    |        | i       |    | <i     | 0,0018 |    | 0,084   | 0,0013 |        |
| 184              | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,0032  | 0,019  |    | 0,0032 |    |        | i       |    | <i     | 0,0051 |    | 0,071   | 0,0020 |        |
| 185              | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,0059  | 0,018  |    | 0,0029 |    |        | i       |    | <i     | 0,0032 |    | 0,063   | 0,0018 |        |
| 186              | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,0026  | 0,0021 |    | 0,0034 |    |        | i       |    | <i     | 0,0022 |    | 0,066   | 0,0019 |        |
| 8                | Lis. N. | Arca.   |    | 0,0080 |         | 0,059   |    |    |    |       | 0,0020  | 0,057  |    | 0,0055 |    |        | i       |    | <i     | 0,16   |    | 0,071   | 0,0057 |        |
| 9                | "       | "       |    | i      |         |         |    |    |    |       | 0,01    | 0,039  |    | 0,0074 |    |        | i       |    | <i     | 0,0064 |    | 0,071   | 0,0018 |        |
| 10               | "       | "       |    | 0,0090 |         | 0,020   |    |    |    |       | 0,0040  | 0,041  |    | 0,012  |    |        | i       |    | <i     | 0,20   |    | 0,080   | 0,0036 |        |
| 56 <sub>1</sub>  | "       | Pecten. |    | 0,37   | 0,00084 |         | i  |    |    | 0,016 | <0,001  | 0,088  |    | 0,15   |    |        | 0,0030  |    | <i     | 0,95   |    | 0,057   | 0,016  | 0,0024 |
| 56 <sub>2</sub>  | "       | "       |    | 0,15   | i       |         |    |    |    | 0,024 | <0,001  | 0,17   |    | 0,15   |    | 0,0099 | i       |    | <i     | 0,30   |    | 0,23    | 0,0070 |        |
| 75 <sub>2</sub>  | "       | Chlam.  |    | 0,46   | 0,0005  |         |    |    |    | 0,027 | <0,001  | 0,26   |    | 0,21   |    | 0,015  | 0,0016  |    | <i     | 0,10   |    | 0,26    | 0,030  | 0,0034 |
| 75 <sub>4</sub>  | "       | "       |    | 0,23   | i       |         |    |    |    | 0,027 | 0,00076 | 0,071  |    | 0,087  |    |        | 0,00016 |    | <i     | 0,43   |    | 0,10    | 0,0093 | 0,001  |
| 75 <sub>5</sub>  | "       | "       |    | 0,26   | 0,0005  |         | i  |    |    |       | <0,001  | 0,10   |    | 0,082  |    | 0,017  | 0,0033  |    | <i     | 0,85   |    | 0,035   | 0,0071 | 0,0010 |
| 75 <sub>7</sub>  | "       | "       |    | 0,10   | 0,0033  |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,074  |    | 0,30   |    |        | 0,064   |    | <i     | 0,26   |    | 0,51    | 0,0062 |        |
| 75 <sub>8</sub>  | "       | "       |    | 0,59   | 0,0070  |         |    |    |    |       | 0,0012  | 0,30   |    | 0,57   |    | 0,084  | 0,059   |    | <i     | 1,20   |    | 0,14    | 0,12   |        |
| 78 <sub>2</sub>  | "       | Anomia. |    | 0,14   | 0,0045  |         |    |    |    |       | 0,0019  | 0,011  |    | 0,12   |    |        | 0,025   |    | <i     | 0,29   |    | 0,76    | 0,012  |        |
| 78 <sub>3</sub>  | "       | "       |    | 0,01   | 0,0045  |         |    |    |    |       | 0,0017  | 0,062  |    | 0,37   |    |        | 0,14    |    | <i     | 0,062  |    | 0,65    | 0,0042 |        |
| 78 <sub>3</sub>  | "       | Pycn.   |    | 0,039  | i       |         |    |    |    | 0,031 | <0,001  | 0,12   |    | 0,067  |    |        | i       |    | <i     | 0,1    |    | 0,049   | 0,0035 |        |
| 161 <sub>2</sub> | "       | Ostrea. |    | 0,029  | 0,00067 |         |    |    |    |       | 0,001   | i      |    | 0,11   |    | 0,088  | 0,019   |    | <i     | 0,092  |    | 0,43    | 0,0027 |        |
| 161 <sub>3</sub> | "       | "       |    | 0,36   | 0,0005  |         |    |    |    | 0,024 | <0,001  | 0,19   |    | 0,21   |    |        | 0,019   |    | <i     | 0,38   |    | 0,27    | 0,013  |        |
| 161 <sub>4</sub> | "       | "       |    | i      | 0,0005  |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,30   |    | 0,35   |    | 0,015  | 0,028   |    | <i     | 0,75   |    | 0,27    | 0,012  | 0,0011 |
| 161 <sub>5</sub> | "       | "       |    | 0,011  | 0,0005  |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,023  |    | 0,099  |    | 0,012  | 0,001   |    | <i     | 0,054  |    | 0,10    | 0,0032 |        |
| 161 <sub>6</sub> | "       | "       |    | 0,24   | i       |         | i  |    |    |       | <0,001  | 0,11   |    | 0,14   |    | 0,16   | 0,001   |    | <i     | 0,44   |    | 0,14    | 0,0076 |        |
| 161 <sub>7</sub> | "       | Gryph.  |    | i      | 0,0024  |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,047  |    | 0,16   |    | 0,094  | 0,044   |    | <i     | 0,071  |    | 0,43    | 0,0027 |        |
| 161 <sub>8</sub> | "       | "       |    | 0,099  | 0,0034  |         | i  |    |    |       | <0,001  | 0,12   |    | 0,059  |    |        | i       |    | <i     | 0,35   |    | 0,094   | 0,0052 |        |
| 161 <sub>9</sub> | "       | "       |    | 0,069  | 0,0005  |         | i  |    |    |       | 0,058   | 0,11   |    | 0,058  |    |        | 0,0033  |    | <i     | 0,21   |    | 0,045   | 0,0042 |        |
| 171 <sub>3</sub> | "       | Card.   |    | 1,1    | 0,019   |         | i  |    |    | 0,035 | 0,0020  | 0,70   |    | 0,12   |    | 0,096  | 0,13    |    | <i     | 1,20   |    | 0,38    | 0,15   | 0,0013 |
| 177 <sub>1</sub> | Rib.    | Venus.  |    | 0,032  |         | 0,00057 |    |    |    |       | 0,0090  | 0,044  |    | 0,001  |    | 0,16   | i       |    | >>><i  | 0,080  |    | 0,080   | 0,0036 |        |
| 178              | "       | "       |    | 0,020  |         | 0,10    |    |    |    |       | 0,0051  | 0,038  |    | 0,25   |    | 0,025  | i       |    | >>><i  | 0,051  |    | 0,012   | 0,0036 |        |
| 10 <sub>1</sub>  | Lis. S. | Pinna.  |    | 0,021  | 0,00062 |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,015  |    | 0,099  |    |        | 0,19    |    | <i     | 0,084  |    | 0,80    | 0,0031 |        |
| 75 <sub>3</sub>  | "       | Chlam.  |    | 0,17   | 0,0021  |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,11   |    | 0,35   |    | 0,0096 | 0,036   |    | <i     | 0,82   |    | 0,43    | 0,018  | 0,001  |
| 75 <sub>6</sub>  | "       | "       |    | 0,043  | 0,0037  |         |    |    |    |       | 0,0023  | 0,044  |    | 0,27   |    |        | 0,16    |    | <i     | 0,22   |    | 0,58    | 0,0046 |        |
| 75 <sub>9</sub>  | "       | "       |    | 0,26   | 0,0032  |         |    |    |    |       | i       | 0,11   |    | 0,42   |    | 0,014  | 0,091   |    | 0,0002 | 1,00   |    | 0,45    | 0,021  | 0,018  |
| 78 <sub>4</sub>  | "       | Anomia. |    | 0,028  | 0,00054 |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,049  |    | 0,24   |    | 0,016  | 0,064   |    | <i     | 0,16   |    | 0,41    | 0,0035 |        |
| 165 <sub>1</sub> | "       | Vener.  |    | 0,14   | i       |         | i  |    |    |       | <0,001  | 0,064  |    | 0,033  |    |        | 0,058   |    | <i     | 0,44   |    | 1,12    | 0,019  | 0,0062 |
| 171 <sub>2</sub> | "       | Card.   |    | 0,057  | 0,0057  |         |    |    |    |       | 0,0014  | 0,052  |    | 0,088  |    |        | 0,29    |    | <i     | 0,33   |    | 1,16    | 0,012  |        |
| 178 <sub>1</sub> | "       | Meretr. |    | 0,57   | 0,00073 |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,038  |    | 0,012  |    |        | 0,10    |    | <i     | 0,20   |    | 1,11    | 0,0036 |        |
| 178 <sub>2</sub> | "       | Tapes.  |    | 0,039  | i       |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,015  |    | 0,0019 |    |        | 0,048   |    | <i     | 0,34   |    | 0,61    | 0,0045 |        |
| 233 <sub>2</sub> | "       | Turrit. |    | 0,015  | i       |         |    |    |    |       | 0,00076 | 0,015  |    | 0,030  |    |        | 0,074   |    | <i     | 0,078  |    | 1,13    | 0,0084 |        |
| 248 <sub>2</sub> | "       | Pereir. |    | 0,80   | 0,0037  |         |    |    |    |       | <0,001  | 0,039  |    | 0,013  |    |        | 0,052   |    | <i     | 0,023  |    | 1,12    | 0,0024 |        |
| 248 <sub>3</sub> | "       | "       |    | 0,0092 | 0,0014  |         |    |    |    |       | 0,0027  | 0,071  |    | 0,11   |    |        | 0,20    |    | <i     | 0,073  |    | 1,18    | 0,0070 |        |
| 249 <sub>1</sub> | "       | Ficus.  |    | 0,16   | 0,00067 |         |    |    |    | 0,027 | 0,0076  | 0,073  |    | 0,033  |    |        | 0,052   |    | <i     | 0,33   |    | 1,00    | 0,010  |        |
| 250              | "       | Pleuro. |    | 0,020  |         |         |    |    |    |       | 0,0033  | 0,045  |    | 0,016  |    |        | i       |    | >>><i  | 0,080  |    | <0,0008 | 0,010  |        |
| 251              | "       | "       |    | 0,016  |         |         |    |    |    |       | 0,0025  | 0,033  |    | 0,010  |    |        | i       |    | >>><i  | 0,016  |    | <0,0008 | 0,0028 |        |

VECES QUE APARECEN LOS ELEMENTOS EN LA LOCALIDAD

| Localidades           | Mues-<br>tras | %    | Gé-<br>neros | Ag | B  | Ba | Ba | Re | Cd | Co | Cr | Cu | Li | Mn | Mo | Ni | Pb | Sn | Zr |
|-----------------------|---------------|------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| La Almunia. ....      | 4             | 1,4  | 1            |    | 4  | 4  |    |    |    |    |    | 4  |    | 2  |    |    | 4  |    | 2  |
| La Granada ....       | 3             | 1    | 3            |    | 3  | 3  |    |    |    | 3  |    | 3  |    |    |    |    |    |    |    |
| Montjuich. ....       | 11            | 3,58 | 3            | 2  | 11 | 11 |    |    |    | 3  | 9  | 11 | 4  | 9  |    |    | 7  |    |    |
| Papiol. ....          | 8             | 2,7  | 3            |    | 7  | 3  |    |    |    |    |    | 3  | 5  | 5  | 1  |    | 3  |    |    |
| S. Cugat del V. ....  | 2             | 0,7  | 1            | 2  | 2  |    |    |    |    |    |    | 2  |    |    |    |    |    |    |    |
| S. Feliu del LL. .... | 13            | 4,5  | 1            | 6  | 10 | 6  | 1  | 1  | 2  | 1  | 9  | 8  |    | 7  | 1  |    | 3  | 1  |    |
| S. Lorenzo de H. .... | 4             | 1,4  | 2            |    | 4  | 1  |    |    |    | 1  | 1  | 4  | 1  | 4  |    |    | 2  |    |    |
| S. Pablo de Or. ....  | 19            | 6,5  | 6            | 9  | 16 | 15 |    |    |    |    | 2  | 19 |    | 2  |    |    | 14 |    | 1  |
| S. Pedro Mol. ....    | 1             | 0,35 | 1            |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |
| S. Saturnino. ....    | 9             | 3,1  | 4            | 2  | 5  | 3  |    |    |    |    |    | 9  |    | 5  |    |    | 5  |    |    |
| S. Vicente de C. .... | 33            | 11   | 4            |    | 30 | 4  |    |    |    |    | 15 | 32 |    | 10 |    | 27 |    |    | 12 |
| Torre Melino. ....    | 1             | 0,35 | 1            | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    |
| Alfacar F. ....       | 11            | 3,8  | 2            | 9  | 5  |    |    |    |    | 5  | 11 | 11 |    | 11 |    | 4  | 4  | 2  |    |
| Alfacar P. ....       | 5             | 1,7  | 1            | 2  |    |    |    |    |    |    | 2  | 5  |    | 5  |    | 5  | 5  | 5  |    |
| Beas de Gr. ....      | 30            | 10   | 4            | 16 | 18 | 1  |    |    |    | 2  | 13 | 30 |    | 25 |    | 4  | 4  | 5  |    |
| Cerrada B. ....       | 9             | 3,1  | 2            |    |    |    |    |    |    |    | 2  | 9  |    | 5  |    | 2  | 2  | 2  |    |
| Cerro de las P. ....  | 2             | 0,7  | 1            | 1  |    | 1  |    |    |    |    | 9  | 2  |    | 1  |    |    |    |    |    |
| El Almejar. ....      | 14            | 4,8  | 2            | 14 | 3  | 1  |    |    |    | 8  | 9  | 14 |    | 14 |    |    | 14 |    | 2  |
| Fuente del Her        | 39            | 13   | 3            | 3  | 21 | 10 |    |    |    |    |    | 37 |    | 11 |    | 2  | 12 |    | 2  |
| Jayena. ....          | 2             | 0,7  | 1            |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    | 2  |    |    | 2  |    |    |
| Purche. ....          | 3             | 1    | 2            | 3  |    | 2  |    |    |    |    |    | 3  |    | 1  |    | 1  | 1  |    |    |
| Santa Inés. ....      | 9             | 3,1  | 2            |    |    | 9  | 4  |    |    |    | 2  | 9  |    | 4  |    | 1  | 9  |    |    |
| Mula. ....            | 3             | 1    | 2            |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  | 3  |    | 3  |    |    |    |    |    |
| Cope. ....            | 1             | 0,35 | 1            |    | 2  | 1  |    |    |    |    | 2  |    |    | 1  |    |    | 1  |    |    |
| Carmona. ....         | 2             | 0,7  | 1            | 1  |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    | 1  |    | 2  | 2  |    |    |
| Cantillana. ....      | 5             | 1,7  | 3            |    | 4  |    |    |    |    |    | 2  | 5  |    | 2  |    | 1  | 1  |    |    |
| Altafulla. ....       | 1             | 0,35 | 1            |    | 1  |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |
| Cacela Algarve. ....  | 8             | 2,7  | 1            |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 8  |    |    |    |    | 8  |    | 6  |
| Lisboa N. ....        | 22            | 7,6  | 8            |    | 19 | 3  | 6  |    |    | 7  |    | 22 |    | 13 |    |    | 15 |    | 6  |
| Lisboa S. ....        | 15            | 5,1  | 10           |    | 11 | 2  |    |    |    |    |    | 15 |    | 3  |    |    | 9  |    | 2  |
| Riba de Cacela. ....  | 2             | 0,7  | 1            |    |    | 2  |    |    |    |    |    | 2  |    | 2  |    |    | 2  |    |    |

## VIII.—COMENTARIO A LAS VALORACIONES

Con el fin de que el comentario sea lo más completo posible, para poder establecer mejor las conclusiones de esta investigación, hemos seguido un triple criterio:

- 1.º De elementos.
- 2.º De géneros, y dentro de éstos, por localidades.
- 3.º De situación geográfica, y dentro de ésta, por géneros.

De esta manera se pueden apreciar todas las singularidades encontradas en las anomalías, ya que pueden existir particularidades de un elemento y que pasen desapercibidas unas concentraciones específicas de un género por ser su asimilación más fácil o en una localidad por las circunstancias ambientales en que vive el ser fosilizado.

### 1.º De elementos

**PLATA.**—La sensibilidad de la plata es de 0,0001 % y se encontró en 90 muestras, todas con cobre; con la particularidad que las que tienen más de 1 % de cobre siempre contienen plata, elementos ambos de la misma columna. Las muestras que los contienen son 48 Ostreas, 13 Pecten, 8 Rostellarias, Núculas, 6 Amussium, 2 Conus y 2 Turritellas, y 2 Pereiraias, Chlamys, Cardita, Chama y Cardium.

**ALUMINIO.**—El aluminio se ha encontrado en todas las muestras, biéndose operado con la sensibilidad de 0,001 %. Este catión dio 1,1 % en el Cardium 171<sub>3</sub> y concentración de hasta 0,8 %, como en las Turritellas 228 y 224, en la Pereiraia 248<sub>2</sub> y en la Ostrea 83.

**BORO.**—La sensibilidad del boro es de 0,0005 %, lo que permite iden-

tificarlo en todas las muestras, resultado concordante con la teoría de los espectroscopistas, que lo conocen como elemento existente en todos los restos orgánicos. El contenido en los electrodos es del orden de la sensibilidad, pero en todos se ven reforzadas las líneas, lo que permite dar un mínimo de concentración para todas las muestras estudiadas de 0,001 %. La concentración máxima es de 0,14 % en la Anomalocardia 53 de La Granada.

**BARIO.**—En 84 muestras del total de las analizadas, se aprecia en sus espectrogramas las líneas del bario, que alcanza una sensibilidad de 0,001 %. Si consideramos el elemento más ligero de su columna, el Be, vemos que las 5 muestras que lo contienen en cantidades importantes dan contenidos elevados de bario, que son 0,016, 0,022, 0,022, 0,032 y 0,038 %. Las concentraciones máximas de Ba corresponden a la Venus 178 con 0,10 % y a la Ostrea 125 con 0,22 %, ambas con concentraciones elevadas de Mg 0,25 y 0,28 %. Con el otro elemento de su misma columna, el estaño, identificado en todas las muestras estudiadas, no hay relación apreciable.

**BERILIO.**—Este elemento, de extraordinaria sensibilidad con nuestra técnica 0,00001 %, sólo se puede identificar en 11 muestras; la 98, que es una Ostrea muy pequeña de San Felú de Llobregat, que la considerábamos al tratar del molibdeno por ser una de las dos que dieron este catión, la relación de los tres elementos de la misma columna es Be/Ba 1/1.600, Be/Mg 1/68.000 y B/Sr 1/100, y en el grupo de cuatro Amussium de Santa Inés de Málaga, éste tiene una particularidad, y es que en el mismo sitio se estudiaron tres Dentalium y ninguna dio berilio. ¿Es que tienen más facilidad para su asimilación los Amussium? Estas cuatro muestras también tienen la particularidad de tener valores considerablemente superiores a los normales para los demás elementos de la misma columna Mg, Sr y Ba, siendo las relaciones medias Be/Mg 1/17.000, Be/Sr 1/4.000 y Be/Ba 1/3.000. La asimilación de estos elementos no se observa en los otros ocho Amussium estudiados como los del Cerro de las Pipas, Beas de Granada y Mula. Creemos que la razón es que no se encontraba este catión en cantidades tan elevadas en el medio en que vivieron. Como conclusión establecemos que los Amussium de Santa Inés asimilaban mejor los elementos del grupo del Be que los Dentalium. En seis muestras de Lisboa N. se ha encontrado indicios de berilio, lo que indica su procedencia de una zona rica en este catión.

**CADMIO.**—El cadmio, a pesar de haber trabajado con una sensibilidad de 0,001 %, sólo se pudo identificar en las muestras 94 y 95, que son dos Ostreas muy pequeñas de San Felú de Llobregat y que lo contienen del orden de la sensibilidad. De los otros dos elementos de la misma columna, berilio y magnesio, identificados en los fósiles que hemos estudiado, el primero no da línea alguna en estas muestras y el segundo tiene cantidades verdaderamente extraordinarias, ya que son el 0,40 y el 0,64 %. Las dos muestras estudiadas estaban juntas y consideramos muy significativa esta asimilación del cadmio con el magnesio, en la relación 1/500, como si existiese una sustitución o una asociación del primero al segundo.

**COBALTO.**—La sensibilidad analítica del cobalto fue de 0,01 %, o sea la décima parte de su compañero el níquel. Está contenido este elemento en 20 muestras; de ellas lo vemos en la 134, que es una Ostrea de Bodurria y no se encuentra en las dos restantes ni en el Cardium de la misma procedencia. En El Almejar se encuentra en ocho de las diez Ostreas estudiadas de dos puntos diferentes y en ninguno de los tres Pecten ni en el Pseudopecten, como si tuvieran las Ostreas más facilidad para absorber el cobalto. De las muestras estudiadas de Alfacar, se encuentra el cobalto en las cuatro Ostreas de Fuente Grande y no en los Pecten del mismo punto ni en las Ostreas cercanas de Puerto Lobo. En una de las Ostreas muy pequeñas de San Felú de Llobregat, la 97 también se encuentra, pero no en las cuatro restantes del mismo punto y en los cuatro de otro sitio cercano.

En las tres Arcas de La Granada, ricas en hierro, se encuentra cobalto, pero en este lugar no tuvimos Ostreas y por eso no podemos saber si se hubiera concentrado en ellas. La impresión es que las Ostreas tienen gran facilidad para asimilar el cobalto, como se demuestra en la particularidad, en varios casos, de encontrarse en ellas y no en otras especies que estaban en contacto. Todas estas muestras son ricas en hierro del orden de 0,1 %, o sea que está el cobalto con el hierro en la relación de 1/10.

También se encuentra cobalto en un Turritella 228 de San Llorens de Hortons.

**CROMO.**—Estudiado el cromo con una sensibilidad de 0,01 %, se identificó en 88 muestras, siendo el contenido máximo de 0,25 % en una Turritella de San Pablo de Ordal; 0,08 % pertenece a la Ostrea 2, del Almejar. La distribución es de 34 Ostreas, 34 Pecten, 7 Turritellas, 5 Chlamys, 3 Amussium, 1 Perirraia, 2 Aequipecten, 1 Pycnodonta y



1 Ficus. En las dos Ostreas que contienen Mo en la proporción de 0,001 % se da la circunstancia de que la 98 tiene 0,045 % de Cr y la 90 0,01 %. Como conclusión se llega a que en este catión parece que la máxima facilidad de asimilación corresponde a los Pecten y a los Ostreas.

**HIERRO.**—Todos los caparazones estudiados contienen hierro; la sensibilidad fue del 0,0005 % y hay tres muestras con contenidos superiores al 0,5 %, que son el Pecten 20, con 0,55 %; la Anomalocardia 5<sub>2</sub>, con 0,80 %, y el Cardium 171<sub>3</sub>, con 0,70 %.

**POTASIO.**—Un elemento que vimos no tenía interés su valoración fue el potasio. La sensibilidad para este alcalino es de 0,0001 %, y a la conclusión que se llegaba es de que todas las muestras tienen potasio en esta cantidad y que las limpias con potasa tenían cantidades superiores al 0,1 %, a pesar del lavado posterior. Por este motivo no figura este elemento en los cuadros de valoraciones.

**LITIO.**—Los análisis del litio en la zona espectral y con las condiciones estudiadas sólo alcanzaron una sensibilidad de 0,01 %, y se puede determinar en esta concentración en las Ostreas 83, 84, 85 y 86 de Montjuich y con 0,06 % en la Turritella de San Llorens de Hortons. Como dato peculiar y simultáneo de estas cinco muestras, vemos la carencia de plata de la misma columna, contenidos bajos de cobre iguales o ligeramente inferiores a 0,004 % y contenidos altos en sodio mayores de 0,02 %, muy superiores a los normales.

Estas muestras también tienen cantidades superiores a las normales de aluminio, con 0,90, 0,71, 0,80 y 0,84 %, respectivamente, del orden de 0,02 % de cromo, de 0,09 % de hierro, de 0,3 % de magnesio, de 0,15 % de manganeso; de 0,02, 0,06, 0,04, 0,03 y 0,08 %, respectivamente, de titanio; de 0,03, 0,01, 0,02 y 0,05 % de bario, y las tres indicios de circonio.

Se observa que las cinco muestras que contienen litio, tienen en general muchos cationes y son de dos puntos diferentes.

**MAGNESIO.**—Otro de los elementos contenidos en todos los caparazones estudiados fue el magnesio, con una sensibilidad de 0,001 %, en una Ostrea de Fuente del Hervidero, la 148, y entre 1 % y 0,5 % se encuentra en 15 muestras, que son las Ostreas 80, 92, 95, 98, 146, 149, 155; en el Pecten 20, 24; Turritella 224, 225; Conus 252; Chlamys 75<sub>2</sub>, y Anomalocardia 52.

**MANGANESO.**—Con una sensibilidad de 0,005 % se estudió el manganeso encontrado en la mitad de las muestras y con la máxima concentración de 1,4 % en la Ostrea 123 de Beas de Granada, y con cantidades superiores al 0,5 % se identificaron cuatro muestras, las Ostreas 139, 145 y 154 y el Pecten 42. En general se observa un enriquecimiento mayor de manganeso en las Ostreas y hay seis de ellos con contenidos elevados, como algunos de Almejar y de Alfacar.

**MOLIBDENO.**—Las únicas muestras que dieron molibdeno con la sensibilidad que se ha operado de 0,001 % fueron dos Ostreas de diferente procedencia. La Ostrea 98, de San Feliu de Llobregat, dio un análisis muy interesante; es una de las cinco muestras que dieron berilio, muy rica en los elementos de la misma columna que éste, tiene 0,68 % de magnesio, o sea 1/600, de estroncio una cantidad normal, pero rica en bario 0,016, o sea la relación de 1/16, y es la más rica en circonio, 0,051 %. También tiene contenidos superiores a los normales de aluminio, boro, hierro y manganeso de cromo, de la misma columna del molibdeno 0,045 %, o sea en relación 1/45. La Ostrea 90 de Papiol dio contenidos superiores a los normales de hierro, manganeso y magnesio. Como las dos son de procedencia diferente, y del sitio de cada una se analizaron varios ejemplares sin dar molibdeno, no se pueden establecer más conclusiones, ya que sólo hemos encontrado este catión en las Ostreas.

**SODIO.**—La sensibilidad del sodio fue del 0,001 %, aunque contenido en todas las muestras, lo es en cantidades pequeñas. Es natural que como seres marinos contengan todos sodio, e incluso parece extraño que lo sea en cantidades tan pequeñas de 0,02 a 0,001 %, como la tiene la generalidad de ellos.

Salvo en algunas muestras de Lisboa, en que las cantidades son superiores al 0,1 %, como las Anomia 78<sub>2</sub>, con 0,25; Anomia 78<sub>3</sub>, con 0,14, y Cardium 171<sub>3</sub>, con 0,13 de Lisboa Norte; Pinna 10<sub>1</sub>, con 0,19; Chlamys 75<sub>2</sub>, con 0,16; Cardium 171<sub>2</sub>, con 0,29; Meretrix 178<sub>1</sub>, con 0,10, y Pereiraia 248<sub>3</sub>, con 0,20 %, de Lisboa Sur.

**NÍQUEL.**—Las valoraciones del níquel se han efectuado con una sensibilidad de 0,001 %, y lo hemos detectado en tres muestras: en la 218, que es un Dentalium de Santa Inés, y en las 147 y 148, que son unas Ostreas de Fuente del Hervidero. ¿Qué ocurre con los otros elementos de la misma columna de hierro y cobalto? El contenido del primero es análogo en las tres muestras; es como mínimo de 0,05 % superior al

normal y carecen del segundo. En general los contenidos en los demás elementos son los normales.

**PLOMO.**—Uno de los elementos más sensibles con las técnicas que hemos utilizado es el plomo, que se puede identificar en 0,0001 %, casi la concentración media de la corteza terrestre. Más de la tercera parte de las muestras lo contienen en esta concentración. El 70 % de las muestras que dieron estaño dan plomo, lo que indica una posible afinidad para la asimilación simultánea de ambos elementos de la misma columna.

**SILICIO.**—Otro de los elementos contenidos en todas las muestras es el silicio; operamos con la sensibilidad de 0,001 % y las concentraciones máximas alcanzadas fueron de 1,2 % en los *Chlamys* 75<sub>1</sub>, 75<sub>2</sub> y el *Cardium* 171<sub>1</sub>, y de 1 % en la *Turritella* 228, y con concentraciones superiores al 0,5 % en el *Pecten* 56<sub>1</sub>, con 0,95 %; la *Pereiraia* 248, con 0,94 %; el *Chlamys* 75<sub>2</sub>, con 0,85 %; el 75<sub>3</sub>, con 0,827 %; el *Chlamys* 71 y la *Turritella* 225, con 0,51 %, lo que demuestra la buena preparación que se hizo de los caparazones, dejándoles sin residuos extraños a los mismos, observándose una preponderancia del silicio en los *Chlamys*.

**ESTAÑO.**—Para la identificación del estaño, se trabajó con una sensibilidad de 0,0001 %, que es del orden de la concentración en que se encuentra en las 16 muestras, con líneas de este elemento en sus respectivos espectrogramas. Sólo se identificó este elemento en 10 *Ostreas* y en 6 *Pecten*. En éstas lo está en la 130 y 134 de Cerrada Bodurria, que son de las pocas que tienen cobalto; en las cinco estudiadas de Puerto Lobo, 175 a 161, las dos primeras también con plata; en la 156 de Fuente Grande; la 106 de San Feliú, que también da indicios de plata; en la 122 de Beas de Granada. El plomo se identificó en todo este grupo de muestras, menos en el *Pecten* 37, 38 y 52. El otro elemento de la misma columna, el germanio, no se encontró en ninguna de las muestras. En los *Pecten* aparecen en el 53 de Purche, con indicios de plata; el 52 de Alfacar (Fuente Grande); el 31 de Beas de Granada, con indicios de plomo, y el 30 de Torre Melino, con indicios de plata y plomo.

Vemos como conclusión que los géneros más fáciles de asimilar el estaño son las *Ostreas* y los *Pecten*.

**ESTRONCIO.**—No tenía que sorprendernos encontrar el estroncio en todos los caparazones con la sensibilidad analítica de 0,001 %, elemen-

to de la misma columna que el calcio, pero lo que merece destacarse es que en muchas muestras la concentración es tan elevada como si procediese de una sustitución; por ello hemos tenido que trabajar con el filtro que sólo deja pasar el 4 %. En una serie de muestras de Lisboa Sur se encuentran cantidades extraordinarias de estroncio y carencia de bario, que son las 165 *Venericardia*, con 1,12 %; 171<sub>2</sub> *Cardium*, con 1,16 %; 178, *Meretrix*, con 1,11 %; 223<sub>2</sub> *Turritella*, con 1,13 %; 248<sub>2</sub> *Pereiraia*, con 1,12 %; así como la 248<sub>3</sub>, con 1,18 %, y el *Ficus* 249, con 1,00 %. Hay tres muestras, que son unas *Turritellas* cristalizadas con grano grueso de Montjuich, las 222, 223 y 224, que alcanzan la concentración de 0,80, 0,90 y 0,90 %. Estas tres muestras tienen cantidades superiores a las normales del otro elemento de la misma columna, el bario, que son 0,055, 0,053 y 0,049 %, y también cantidades importantes de aluminio, boro, cromo, hierro, magnesio y manganeso. Se da la circunstancia de que del mismo punto hay dos *Conus*, el 252 y 253, también cristalizados en grano grueso, pero que su contenido de estroncio son normales 0,018 y 0,028, respectivamente, aunque más ricos en bario, 0,080 y 0,10 %. Este resultado parece presentarnos una conclusión, y es una mayor facilidad de las *Turritellas* con relación a los *Conus* para asimilar el estroncio.

Otro de los valores mayores de este elemento, pero inferior a la proporción de 0,6 % en que se encuentra actualmente en los tejidos marinos de 183 que corresponde a una *Tellina* portuguesa del Tortoniense de Cacela Algarve, dándose la circunstancia de haberse analizado cinco muestras más, correspondientes a otros tantos ejemplares de la misma especie y paraje y todas ellas tienen valores elevados en estroncio, 0,064, 0,045, 0,045, 0,075, 0,075 %, siendo normales el contenido de los demás cationes y carentes de bario. Otra serie que destaca por su elevado contenido de estroncio es la de San Pablo de Ordal, donde los contenidos de las 19 muestras, 14 tienen leyes entre 0,010 y 0,064 %. En los *Dentalium* de Fuente del Hervidero, de Granada, se estudiaron 30 ejemplares ordenados en el cuadro por sus dimensiones y se observa la particularidad de que en los grandes el estroncio está por los límites de sensibilidad de 0,001 a 0,0005 %, mientras que en las 21 menores con diámetro inferior a dos milímetros, su contenido es del orden de 0,010 %. ¿Es que este tamaño tiene más facilidad para asimilar el estroncio? ¿Es que las mismas circunstancias ambientales que favorecieron la asimilación del estroncio lo perdieron durante el crecimiento? ¿Qué razón hay para que el contenido no sea del mismo orden en las treinta. Los ejemplares carecen de bario.

**TITANIO.**—El titanio se puede identificar en una concentración de 0,001 %, habiéndose encontrado en todos los fósiles analizados. Algunos tienen concentraciones superiores a las normales, las mayores son 0,15 en el *Cardium* 171, de Lisboa Norte, la *Turritella* 228, con 0,08 %, y la *Ostrea* 84, con 0,057 %. Todas con circonio de la misma columna.

**VANADIO.**—Los carbones espectralmente puros, a pesar de los certificados de garantía de las casas, de carecer de este catión, tienen un contenido en bario del orden del 0,0001 %, igual o ligeramente inferior al contenido en los caparazones que hemos estudiado. Esto fue causa de que sólo podamos decir que todas las muestras estudiadas tienen vanadio entre 0,001 y 0,0001 %, sin poder dar cifras más precisas.

**CIRCONIO.**—Con la sensibilidad de 0,001 % se puede identificar el circonio en 35 muestras, que son: 12 *Ostreas*, 9 *Pecten*, 8 *Chlamys*, 3 *Cardium*, una *Turritella*, una *Pereiraia* y una *Venericardia*, todas en cantidades de indicios o algo superior, salvo en la *Ostrea* 98, con 0,051 %, que es la que lo tiene en mayor proporción; el *Chlamys* 71, con 0,0681 %, y el *Pecten* 13, con 0,0053 %. De los elementos de la misma columna no hay duda de que contendrán a su inseparable en su estado natural, el hafnio, pero en cantidades inferiores al límite de sensibilidad, y el titanio, identificado en todas las muestras estudiadas; en éstas está siempre en cantidades superiores al 0,0025 %; alcanza 0,15 % en el *Cardium* 171, y 0,08 % en la *Turritella* 228, cantidad verdaderamente extraordinaria. De las 35 muestras, 31 dieron indicios de Pb, lo que representa el 89 %. Otra particularidad que se aprecia es que las muestras pertenecen prácticamente a tres zonas, que son Lisboa y los partidos judiciales de Manresa y del Vallés Panadés, quizás por ser el Zr un elemento más frecuente en las zonas donde vivieron estos últimos, y entre ellos se aprecia más fácil asimilación por las *Ostreas*, que representan el 35 % de los ejemplares con circonio.

Los elementos investigados y no encontrados en ninguna muestra son: Sb, Hg, Zn, Rb, Cs e Y.

## 2.º De géneros y, dentro de éstos, por localidades

### LAMELIBRANQUIOS

**NÚCULA.**—Las cinco muestras estudiadas 1 a 5, y que representan el 1,7 %, pertenecen a Beas de Granada, todas con indicios de plata, estroncio de 0,01 a 0,09 % y aluminio de 0,02 a 0,3 %.

**ARCA.**—Las ocho muestras estudiadas, 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>3</sub> y 6 a 10, que representan el 2,7 %, pertenecen a La Granada, a San Pablo de Ordal y a Lisboa Norte; las tres primeras y las tres últimas con estroncio del 0,03 al 0,07 %; las ocho carecen de cromo y de manganeso; las cinco últimas tienen indicios de plomo, y las tres primeras y cuatro de las portuguesas tienen bario de 0,06 a 0,01 %.

Este resultado nos induce a pensar en una posible concentración más elevada de estroncio en La Granada y en Forno do Tipolo que en San Pablo de Ordal. Vimos como anomalía la carencia de bario por parte de la 9 y el contenido de cobalto en las muestras 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub> y 5<sub>3</sub>.

**PINNA.**—La única muestra de Pinna estudiada fue la número 10, de Lisboa Sur, con cantidad elevada de estroncio, ya que dio 0,80 %, propio de otros géneros de esta zona.

**PECTEN.**—De los lamelibranquios hay dos géneros que por su frecuencia fueron de los que se hizo un estudio más completo; éstos son los *Pecten* y las *Ostreas*.

Se analizaron 48 *Pecten*, del 11 al 56, que representan el 17 % y que se distribuyen en 10 puntos de la siguiente manera: dos de Papiol, 11 y 12; diecisiete de San Vicente de Calders, uno de Torre Melino, trece de Beas, cuatro de Almejar, cinco de Fuente Grande (Alfacar), dos de Cantillana, dos de Lisboa Norte, uno de Altafulla y uno de Purche.

Vamos a considerar los elementos que contienen estas muestras para hacer un índice de frecuencia: La plata en trece, el circonio en nueve de ellos en la 27, con 0,0053 %; estaño en seis, estroncio inferior a 0,03 %, salvo las dos portuguesas, aluminio normal; el boro llega al 0,05 %, cobre en todas con el máximo de 0,01 %, cromo en 34, magnesio en todas, llegando en la 20 y 24 a 0,5; manganeso en treinta y dos, algunas con 0,64 %, como en la 42; titanio normal, plomo en veintinueve y bario en cuatro.

Se observa en algunas muestras una mayor concentración en determinados elementos propios de los parajes donde se desarrollaron, como ocurre con el estroncio.

**AMUSSIUM.**—Las 13 Amussium estudiadas del 57 al 69 que representan el 4,5 % proceden de Beas de Granada, Cerro de las Pipas, Santa Inés y Mula.

Se encuentra la plata en las seis de Beas de Granada; berilio, plomo y bario en las cuatro de Santa Inés, demostración de que la asimilación cuando existe en el medio en que viven, la realizan perfectamente los

**Amussium.** Sólo los de Santa Inés y uno de Beas de Granada dan cromo; el magnesio se encuentra del orden del 0,1 %.

**CHLAMYS.**—Las 14 muestras de Chlamys estudiadas, 70 al 75, que representan el 4,8 %, pertenecen a San Vicente de Calders, a Cantillana, a Lisboa Norte y a Lisboa Sur.

El 71 da 0,007 % de circonio, el 72 y 73 dan indicios, cinco portuguesas lo contienen en cantidad algo superior a indicios, todos en cantidades bajas de estroncio, salvo las portuguesas, y cantidades de magnesio superiores o iguales a 0,01 %.

**AEQUIPECTEN.**—Las únicas muestras estudiadas, 76 y 76', proceden de Mula y Cope, y tienen como particularidad un elevado contenido en cromo de 0,02 %, magnesio superior al 0,5 % y bario al 0,005 %.

**ANOMIA.**—Proceden de San Vicente de Calders las dos muestras estudiadas 77 y 78 y tres de Lisboa; dieron análisis sin particularidad alguna las de San Vicente, mientras que las portuguesas son ricas en estroncio y en silicio.

**PYCNODONTA.**—Se estudió una muestra de Pycnodonta de Lisboa Norte sin particularidad alguna.

**OSTREA.**—Las 88 Ostreas estudiadas, 79 a 161, representan el 30 %; proceden de 14 sitios diferentes: 4 de La Almunia, 4 de Montjuich, 5 de Papiol, 2 de San Cugat de Vallés, 13 de San Feliu de Llobregat, 5 de San Saturnino de Noya, 10 de San Vicente de Calders, 6 de Beas de Granada, 8 de Cerrada Bodurria, 10 de Almejar, 5 de Fuente del Hervidero, 6 de Fuente Grande, 5 de Puerto Lobo y 5 de Lisboa Norte. Como se puede apreciar, las españolas están concentradas en las provincias de Barcelona y de Granada.

**GRYPHEA.**—Las tres Grypheas analizadas proceden de Lisboa Norte, son ricas en silicio y estroncio y las 161, y 161, contienen berilio.

**CARDITA.**—Las 4 muestras de cardita estudiadas, 162 a 165, que representan el 1,4 %, proceden de Fuente del Hervidero, carecen de cromo y de manganeso, el hierro es del orden de 0,02 %, el magnesio de 0,001 %, todos con indicios de plomo, y la 164 con una proporción de cobre de 0,33 %, muy elevada y al mismo tiempo totalmente esporádica, ya que las tres muestras restantes tienen 0,0012, 0,0025 y 0,001 %.

**VENERICARDIA.**—La única Venericardia que tuvimos a nuestra disposición procede de Lisboa Sur y es riquísima en estroncio, 1,12 %, con 0,0062 de circonio y 0,019 de titanio.

**CHAMA.**—Procede del Cerro de las Pipas la Chama 168, única analizada. Contiene indicios de plata y bario, y carece de cromo y manganeso; no tiene particularidad alguna.

**CARDIUM.**—Granadinos son los 4 Cardium estudiados, 169 al 171; el 171 de Cerrada Bodurria y las 169 y 170 de Jayena, 171' es de San Sadurní de Noya, 171 da indicios de plata y 169 y 170 con indicios de circonio; ambas carecen de cromo y bario, y son ricas en magnesio, de 0,14 a 0,12 %, y el 171 da 0,16 %.

Las dos muestras de Lisboa Norte y Sur son interesantes; la primera por la riqueza de aluminio, hierro, sodio, silicio, estroncio, titanio y contener 0,0013 % de Zr, y la segunda por la abundancia de Na, Si y Sr.

**VENUS.**—De cuatro localidades proceden las 7 Venus; de San Pablo de Ordal, las 172 y 173; de Cantillana, la 176; de Carmona, las 174 y 175, y de Riba de Cachelha las 177 y 178, las cuales representan el 2,4 %.

Las 7 tienen indicios de plomo y bario en cantidades del orden de 0,01 %, salvo la 178, que llegó al 0,1 %; el estroncio es superior al normal de 0,01 a 0,8 %; el magnesio, que en 4 es normal, en la 178 es de 0,25 %. En las dos muestras portuguesas se observa que la de más concentración en magnesio lo es menos en manganeso, llegando la 177 a 0,16 % de manganeso.

**MERETRIX.**—Sólo hay un ejemplar de Lisboa Sur rico en aluminio, sodio, silicio y estroncio, este último en cantidad de 1,11 %.

**TAPES.**—Un ejemplar de Tapes de Lisboa Sur fue el único analizado, con 0,34 % de silicio y 0,61 % de estroncio.

**TELLINA.**—Las ocho únicas muestras estudiadas de Tellina son de acela Algarve, 179 a 186, todas con cantidades de estroncio del orden de 0,05 %, con indicios de plomo, sin aluminio, cromo, manganeso y ario.

## ESCAFOPODOS

**DENTALIUM.**—Los escafópodos que hemos podido estudiar son de dos procedencias, los *Dentalium* de Fuente del Hervidero, 187 a 216, y de Santa Inés, 217 a 221; en total 35, que representan el 12 %.

Todas carecen de cromo, manganeso salvo las 187, 188, 191 sin cromo y las 210 y 211 sin manganeso. De plomo sólo dan indicios los de Santa Inés y los 197, 202 y 204 de Fuente del Hervidero. Se aprecia en las pequeñas mayor contenido de estroncio.

## GASTEROPODOS

**TURRITELLA.**—Son de seis procedencias las 13 *Turritellas* estudiadas: cinco de Montjuich, 222 a 226; una de Papiol, la 227; otra de San Lorenzo de Hortons, 228; tres de San Pablo de Ordal, 229-231; dos de Purche, 232 y 233, y una de Lisboa Sur, la 233, lo que representa el 4,5 %.

Las de Montjuich son muy ricas en estroncio, aluminio, boro, cromo, hierro, magnesio, manganeso, silicio y bario, dando dos indicios de plomo. La de Papiol tiene características parecidas a las anteriores, salvo el enriquecimiento en estroncio. La de San Lorenzo de Hortons, además de las características ya indicadas, contiene cobalto, circonio, litio y manganeso, y da un enriquecimiento muy grande de titanio, pues llega al 0,08 %. Las de San Pablo de Ordal tienen resultados muy parecidos a las de Montjuich. Las de Purche dan plata y carecen de boro, cromo y manganeso. La de Lisboa es rica en estroncio.

Vemos que en general la *Turritella* es un género que asimila los diversos cationes o sustituye el calcio por ellos durante la vida del ser.

**CERITHIUM.**—De San Lorenzo de Hortons, 234-236, y de San Pablo de Ordal la 237, proceden los cuatro *Cerithium* estudiados.

Aunque las de San Lorenzo de Hortons han enriquecido en estroncio, la única particularidad común es el enriquecimiento en manganeso de todas las muestras estudiadas y la carencia de cromo.

**ROSTELLARIA.**—Proceden de San Pablo de Ordal las ocho *Rostellarias* estudiadas, 238-245, que representan un 2,7 %.

En todas las muestras aparecen las líneas de la plata, son ricas en estroncio, carecen de cromo, manganeso excepto la 244 y algunas dan indicios de plomo y todas de bario.

La única particularidad es el enriquecimiento en estroncio.

**PEREIRAIA.**—Son cinco las *Pereiraias* estudiadas, 246 a 248, procedentes de San Pablo de Ordal y Lisboa; son ricas en estroncio, carecen de manganeso y las cinco tienen plomo; las tres españolas dan bario; la 248 tiene plata.

**COLUMBELLA.**—La *Columbella* 249, única estudiada, procede de San Saturnino de Noya; da una composición normal, carece de boro, cromo y manganeso. De los elementos contenidos, sólo por algunas muestras hemos encontrado el plomo y el bario.

**FIGUS.**—Sólo tuvimos a nuestra disposición una muestra de *Ficus* que es de Lisboa Sur, la 249; contiene 0,16 % de aluminio, 0,33 % de silicio y 1 % de estroncio.

**PLEUROTOMA.**—Proceden de Portugal, de Lisboa Norte, las *Pleurotomas* 250-251, únicas estudiadas, en las que no se encuentra particularidad alguna.

**CONUS.**—De Montjuich son los *Conus* 252 y 253 que figuran entre las muestras analizadas, ambas con indicios de plata, bastante estroncio; una, la 252, con mucho magnesio, indicios de plomo y carentes ambas de cromo y manganeso.

### 3.º De situación geográfica y, dentro de ésta, por géneros

#### PROVINCIA DE BARCELONA

**LA ALMUNIA.**—De esta localidad se estudiaron cuatro muestras, la 79, 80, 81 y 82 *Ostreas*, pobres en estroncio, ricas en magnesio del orden de 0,5 %, lo que indica la concentración importante de este elemento en dicho lugar; dos con manganeso 0,1 % y pobres en bario, 0,0026 %.

**LA GRANADA.**—Tres *Arcas* proceden de La Granada, con números 254, 255 y 256, todas con composición parecida; tienen indicios de cobalto, el estroncio del orden de 0,05 %, con bastante boro, principalmente la 256, con 0,14 %; 0,02 de cobre, bastante hierro, de 0,3 a 0,8 %, de 0,0012 a 0,0014 % de magnesio y bario de 0,03 a 0,057. Esta composición idéntica nos induce a pensar que en aquel lugar están estos elementos durante la vida o en el momento de fosilización con una concentración superior a la normal, principalmente el cobalto.

**MONTJUICH.**—Se estudiaron de esta procedencia los *Conus* 252-253, las *Turritellas* 222, 223, 224, 225 y 226, y las *Ostreas* 83, 84, 85 y 86, en total once muestras que representan el 3,5 %.

Este grupo de muestras es de gran interés, pues en él cada género da una composición muy análoga; las *Turritellas* tienen de específico una elevadísima riqueza en estroncio, 0,9 %, bastante aluminio, hasta 0,8 %; de boro, 0,1 %; mucho cromo del orden de 0,03 %; hierro, 0,1 %; mucho magnesio, hasta 0,5 %; bastante manganeso, de 0,1 a 0,3 %, y bario del orden de 0,05 %. Si toda la zona de Montjuich era análoga, vemos que este género tiene una gran facilidad de asimilación y que, dentro de la uniformidad, la 224 tiene valores máximos de estroncio, aluminio, cromo, hierro, magnesio, manganeso y bario. ¿Es que estaba en un punto con ambiente catiónico más concentrado? ¿Es que por su edad, u otras circunstancias, le fue más fácil la asimilación?

Los dos *Conus* tienen plata, un estroncio elevado, ya que es del orden de 0,02 %, una de ellas, la 252, mucho magnesio, la cual también tiene indicios de plomo; ambas tienen de bario 0,1 % y carecen de plata, cromo y manganeso.

Las cuatro *Ostreas* contienen, además de circonio, litio y plomo, poca cantidad de estroncio, mucho aluminio, 0,8 %; de cromo, 0,02 %; de hierro, 0,09 %; de magnesio, 0,3 %; de manganeso, 0,13 %; de sodio, 0,02 %, y de bario, 0,02 %. Se observará que el sodio es sensiblemente superior al normal, salvo en lo que se refiere al estroncio, que son muy ricas las *Turritellas*, los cationes en que éstas se enriquecen, también se enriquecen las *Ostreas*.

La conclusión es de que el mar de Montjuich en la época de estos fósiles era muy rico catiónicamente considerado.

**PAPIOL.**—Procedentes de Papiol son una *Turritella*, la 227; cinco *Ostreas*, las 87, 88, 89, 90 y 91, y dos *Pecten*, los 11 y 12; en total, ocho muestras, que representan el 2,7 %.

La *Turritella* tiene una composición normal, con 0,005 de bario; las cinco *Ostreas* dan una composición normal algo elevada en magnesio, 0,2 %, sin bario, y los *Pecten* como única particularidad presentan el 0,1 % de bario.

La conclusión es de que nos encontramos en un punto con la composición catiónica normal.

**SAN CUGAT DEL VALLÉS.**—Dos *Ostreas*, las 92-93, únicos caparazones estudiados en San Cugat del Vallés; en ellos hay indicios de plata y ninguna otra anomalía.

**SAN FELÍU DE LLOBREGAT.**—Fueron trece *Ostreas* las que representan el 4,5 %, las muestras de San Felíu de Llobregat, que son las 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105 y 106.

Nos encontramos, en primer lugar, en un sitio con grandes variedades de cationes, pero diferentes del paraje de la serie 90 al de la serie 100. De la primera, en una muestra se encuentra circonio y molibdeno; en otra, cobalto; en dos, cadmio, y en tres, bario; en las siete primeras hay bastante cromo, del orden de 0,04; mucho magnesio, hasta 0,68 %; manganeso, 0,06 %, y en dos plomo.

**SAN LORENZO DE HORTONS.**—De las cuatro muestras de San Lorenzo de Hortons, las 234, 235 y 236 son *Cerithium* y la 228 *Turritella*.

Los tres *Cerithium* son de composición parecida; el estroncio, 0,02 %; el cobre, 0,001 %; el magnesio, 0,01 %; el manganeso, 0,15 %, o sea que hay enriquecimiento en estroncio y manganeso. La *Turritella* es normal en estroncio y manganeso, pero tiene cobalto, circonio, litio, cromo, plomo, bario y mucho titanio, ya que llega al 0,08 %.

**SAN PABLO DE ORDAL.**—Hay varias muestras de San Pablo de Ordal, que son un *Cerithium*, 237; tres *Pereiraias*, 246, 247 y 248; ocho *Rostellarias* 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244 y 245; tres *Turritellas*, 229, 230 y 231; dos *Arcas*, 6 y 7, y dos *Venus*, 172 y 173; en total 19, que representan el 6,5 %.

El *Cerithium* da resultados normales. Las tres *Pereiraias* son algo más ricas en estroncio y contienen plomo, bario y además la 247 da circonio. Las *Rostellarias* dan plata y bario, ricas en cobre la 240, 241, 242 y 243, y la 244 da 0,11 de manganeso; en ellas se observa mucho más estroncio que en la 238 y 239. Las tres *Turritellas*, la 229 y 230 dan estroncio del orden de 0,01 %, indicios de plomo y la 231 da bario. Las dos *Arcas* contienen estroncio, 0,01 %, e indicios de plomo, y las dos *Venus* con 0,025 y 0,80 % de estroncio, indicios de plomo y bario, 0,016 %.

Llegamos a la conclusión de que en San Pablo de Ordal hubo un momento en el mar mioceno que correspondió un enriquecimiento considerable de estroncio en sus aguas y un momento en que también hubo, pero menor, de bario coincidente con el del estroncio.

**SAN PEDRO DE MOLANTA.**—La *Lucina* 11, de San Pedro de Molanta da indicios de plata, 0,014 % de estroncio y los demás cationes normales.

**SAN SATURNINO DE NOYA.**—En las nueve muestras de San Saturnino

de Noya, que representa el 3,1 %, son la *Columbella* 249, las dos *Lucinas*, 166 y 167; las cinco *Ostreas*, 107, 108, 109, 110 y 111, y el *Cardium*, 171.

La *Columbella* no tiene particularidades, salvo el 0,008 % de bario; las *Lucinas* tienen 0,02 % de estroncio e indicios de plomo, y las *Ostreas*, 107 y 108, tienen más manganeso del normal, 0,1 %; magnesio, 0,2 %, y las 109 y 110, 0,04 y 0,45 %, respectivamente, cada catión.

Se aprecia la particularidad de este enriquecimiento en magnesio y manganeso en las *Ostreas* con relación a los otros fósiles. ¿Es que aquéllos no lo asimilaron o que vivieron en momentos diferentes?

**SAN VICENTE DE CALDERS.**—Una de las entidades de mayor representación fue San Vicente de Calders, con 33 muestras, que corresponden al 11 % del total; de ella proceden las *Anomyas*, 77 y 78; los *Chlamys*, 70, 71, 72 y 73; las *Ostreas*, del 112 al 121, y los *Pecten*, del 13 al 29.

Las *Anomyas* tienen análisis normal, con indicios de plomo. Los *Chlamys* son ricos en magnesio, 0,1 %; el 71 da circonio, 0,007 %, y los otros, indicios de plomo. Las *Ostreas* en general son normales, salvo alguna con manganeso; la 118 con indicios de circonio, y plata de la 116 a la 121. Los *Pecten*, 21, 22 y 23, dan indicios de circonio y de cromo; el 16 también da circonio; los dos *Pecten* pequeños, 18 y 19, dan de cromo 0,03 %, y entre ellos el 27, con 0,0053 % de circonio.

La impresión es de que estamos en una zona enriquecida en circonio y cromo.

**TORRE MELINO.**—El *Pecten*, 30, procede de Torre Melino, y aparte de cromo, plomo y plata, la única mención de interés es el estaño.

## PROVINCIA DE GRANADA

**ALFACAR (FUENTE GRANDE).**—Procedente de Fuente Grande (Alfacar) se han estudiado seis *Ostreas*, 151 a 156, y cinco *Pecten*, del 48 al 52.

Tanto uno como el otro género son ricos en manganeso, 0,2 %, llegando el *Pecten* 48 a 0,64 %; todos tienen cromo, llegando en la 153 a 0,1 %; de magnesio, de 0,1 a 0,6 %; las 151 a 155 tienen cobalto e indicios de plata, todas menos la 152.

**PUERTO LOBO (ALFACAR).**—De Puerto Lobo (Alfacar) se estudiaron

las *Ostreas* 157 a 161, que representan el 1,7 %. Contienen indicios de plata la 157 y 158 y dan todas indicios de estaño, la 157 y 158 de cromo, las cinco con plomo y contienen cantidades superiores a las normales de magnesio y manganeso.

Se aprecia, pues, un enriquecimiento de estaño, magnesio y manganeso.

**BEAS DE GRANADA.**—De Beas de Granada se estudiaron seis *Amussium*, 57 a 62; cinco *Nuculas*, 1 a 5; seis *Ostreas*, 122 a 127 y trece *Pecten*; en total 30 muestras que representan el 10,0 %.

Las seis *Amussium* dan plata y carecen de otras particularidades. En las cinco *Nuculas*, como única particularidad, se aprecia la plata. De las seis *Ostreas*, además de indicios de plata se aprecia un enriquecimiento importante en manganeso y magnesio que llega en la 123 al 1,4 y 0,5 %, respectivamente. En los *Pecten* no hay plata, como si este catión no lo hubieran asimilado, teniendo cantidades superiores a las normales de manganeso y magnesio.

Se aprecia en Beas de Granada un enriquecimiento de plata, de manganeso y de magnesio.

**CERRADA BODURRIA.**—Un *Cardium*, 171, y ocho *Ostreas*, de la 128 a la 135, fueron las muestras estudiadas de Cerrada Bodurria, que representan el 3,1 %.

Las nueve tienen indicios de plata; las *Ostreas* 130 y 134 dan cobalto y estaño; la 132 da 0,02 % de cromo y carecen de otra particularidad.

Vemos este punto como uno más de procedencia de Granada, con enriquecimiento en plata.

**CERRO DE LAS PIPAS.**—Un *Amussium*, 63, y una *Chama*, 168, son las muestras estudiadas de Cerro de las Pipas. La 168 da indicios de plata y de bario.

**EL ALMEJAR.**—Diez *Ostreas*, 136 a 145, y cuatro *Pecten*, 44 a 47, son las muestras estudiadas del Almejar, equivalentes al 4,8 %.

Todas las muestras dan indicios de plata y plomo, las *Ostreas* dan indicios de cobalto y las 137 y 143 de circonio; en general todas tienen contenidos elevados de magnesio y manganeso; las *Ostreas* tienen cromo y la 137 da indicios de bario.

**FUENTE DEL HERVIDERO.**—Se han estudiado de Fuente del Hervidero

cuatro Carditas, 162 a 165; cinco Ostreas, 146 a 150; 30 Dentalium, 187 a 216; en total 39, que representan el 13 %.

Las Carditas carecen de boro, tienen bario y dan indicios de plomo; sólo la 164 da plata y es la más rica en cobre, 0,33 %, mientras que las otras contienen del orden de 0,002 %. Las Ostreas dan todos indicios de plomo y las 146 y 147 dan plata; esta última también da indicios de níquel y además es muy rica en cobre, 0,4 %, mientras que las demás tienen 0,002 %. Todas contienen manganeso, cerca del 0,02 %, y de magnesio encima del 0,2 %, llegando en la 148 a 1,4 %. De los Dentalium sólo seis dan indicios de bario, el 199 y del 212 al 216; otros tres dan indicios de plomo, 197, 202 y 204, y en general se aprecia que cuanto mayores son las dimensiones la riqueza en estroncio es inferior; todos carecen de cromo y el 204 es muy rico en boro, 0,05 %.

En general los Dentalium son más pobres en bario que las Carditas y carecen de éste las Ostreas.

JAYENA.—Solamente los Cardium 169 y 170 son los representantes de Jayena, con la única particularidad de tener indicios de circonio y de plomo.

PURCHE.—Un Pecten, el 53, las Turritellas 232 y 233 son las muestras que proceden de Purche.

Las tres tienen indicios de plata, la 53 de manganeso y plomo y las 232 y 233 de bario.

#### PROVINCIA DE MÁLAGA

SANTA INÉS.—Los cuatro Amussium, 64 a 67, y los cinco Dentalium, 217 a 221, representan a la provincia de Málaga, por proceder de Santa Inés.

Encontramos en estas muestras una particularidad muy interesante, y es que los Amussium dan todos berilio, como si lo asimilasen más fácilmente, y además son ricos en manganeso; tienen de 0,16 a 0,20 %; dos dan indicios de cromo y todos bario y plomo. De los Dentalium, da el 218 níquel, carecen de cromo, manganeso y sodio, y contienen plomo y bario.

Se encuentra en los Amussium gran facilidad para la asimilación del berilio y del manganeso.

#### PROVINCIA DE MURCIA

MULA.—Un Aequiptecten, el número 76, y dos Amussium, los 68 y 69, son las muestras procedentes de Mula.

El primero da cromo, bario y manganeso; los segundos, 68 y 69, no dan cromo ni bario, pero son más ricos en manganeso y estroncio.

COPE.—La única muestra estudiada en Cope fue la 76, que es un Aequiptecten; está enriquecida en estroncio y da cromo, manganeso y plomo.

#### PROVINCIA DE SEVILLA

CARMONA.—Se estudian dos Venus de Carmona señaladas con los números 174 y 175, las cuales dan indicios de plomo y 0,01 % de bario, careciendo de otra particularidad.

CANTILLANA.—Procede de Cantillana el Venus 176, que da indicios de plomo y 0,03 % de bario. Los Chlamys 74 y 75, y los Pecten 55 y 56.

Los Chlamys contienen cromo, son ricos en magnesio, 0,7 %, y los Pecten dan indicios de plata.

#### PROVINCIA DE TARRAGONA

ALTAFULLA.—El Pecten 54 procede de Altafulla y la única particularidad es los indicios de plomo.

#### PORTUGAL

CACELA ALGARVE.—De esta localidad portuguesa, Cacula Algarve, proceden ocho Tellinas numeradas del 179 al 186, con estroncio, del orden de 0,05 %; carecen de boro, cromo, manganeso y bario y dan todos indicios de plomo.

LISBOA NORTE.—De una amplia zona de Lisboa, al norte del Tajo, se efectuó la selección de 22 muestras, que representan el 7,6 % del total de las estudiadas y corresponden a tres Arcas, dos Pecten, cinco Chlamys, dos Anomias, una Pycnodonta, cinco Ostreas, tres Grypaeas y un Cardium.

En estas muestras vemos que el aluminio llega a concentraciones



muy elevadas en los *Chlamys*, como el 75<sub>2</sub> y 75<sub>3</sub>, con 0,46 y 0,59 %, respectivamente; el *Cardium* llega al 1,1 %, que es el máximo valor alcanzado entre las muestras estudiadas; el boro es normal; sólo en el *Cardium* alcanza el valor 0,019 %; en seis muestras aparece berilio, lo que parece indicar la vida de estos seres en un ambiente rico en dicho elemento; siete tienen cromo; el cobre es normal, de hierro; el *Cardium* también es muy rico, ya que contiene 0,70 %; el magnesio es más bien elevado; en 19 hay plomo, que representa el 87 % de las muestras analizadas de Lisboa Norte; el estroncio está en cantidades elevadas, pero menores que en el grupo de muestras de Lisboa Sur; dos dan mucho titanio, la 75<sub>3</sub>, con 0,12 %, y el *Cardium* 171<sub>3</sub>, con 0,15 %, máximo encontrado en los fósiles miocenos estudiados; por último, del circonio diremos que aparece en seis muestras, que equivale al 27 %.

En este grupo hay dos muestras que se destacan por las elevadas cantidades de varios elementos, que son el *Chlamys* 75<sub>2</sub> y el *Cardium* 171<sub>3</sub>.

**LISBOA SUR.**—De la zona de Lisboa situada al sur del Tajo son las muestras que denominamos Lisboa Sur; son 15, equivalentes al 5,1 % del total. Estas son una *Pinna*, dos *Chlamys*, una *Anomia*, una *Venericardia*, un *Cardium*, un *Meretrix*, un *Tapes*, una *Turditella*, dos *Pereiraia*s, un *Ficus* y dos *Pleurotomas*.

De este grupo de muestras, los contenidos de aluminio y boro son normales, la mayoría carecen de bario, no tienen cadmio ni cobalto; sólo contiene cromo el *Ficus* 249<sub>1</sub>; es normal el cobre; el hierro se presenta algo enriquecido; carecen de litio; el magnesio en algunas muestras pasa del 0,1 %, llegando en el *Chlamys* 75<sub>2</sub> a 0,42 %; carecen la mayoría de manganeso, ninguna contiene molibdeno; el plomo está en once, equivalente al 74 %; el titanio es normal y en un *Chlamys* y una *Venericardia* hay circonio.

Se encuentra en esta zona una particularidad muy interesante, que es el enriquecimiento en estroncio, superior todavía al de Lisboa Norte. Hay siete muestras que pasan del 1 % de este catión, o sea casi la mitad, llegando a 1,18 % en la *Pereiraia* 248<sub>3</sub>, máximo encontrado en las 29 muestras analizadas.

**RIBA DE CACELA.**—Los *Venus* 177 y 178 son de Riba de Cacela, los dos con plomo y bario; éste en la 178 es del 0,1 % y el 177 tiene 0,16 % de manganeso; el 178, 0,25 % de magnesio. Carecen ambos de boro y cromo.

## RESUMEN DE FRECUENCIAS Y CONCENTRACIONES

| Elementos | Veces encontrado | Frecuencia % | Cantidad máxima % | Cantidad Mínima % |
|-----------|------------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Ag        | 90               | 31           | >i                | <i                |
| Al        | 291              | 100          | 1,1               | i                 |
| B         | 181              | 62           | 0,14              | i                 |
| Ba        | 84               | 29           | 0,22              | i                 |
| Be        | 11               | 4            | i                 | i                 |
| Cd        | 2                | 1            | i                 | i                 |
| Co        | 20               | 7            | i                 | i                 |
| Cr        | 88               | 31           | 0,25              | i                 |
| Cu        | 277              | 96           | 0,54              | i                 |
| Fe        | 291              | 100          | 0,80              | i                 |
| Li        | 5                | 2            | 0,064             | i                 |
| Mg        | 291              | 100          | 1,40              | <0,001            |
| Mn        | 148              | 52           | 1,4               | i                 |
| Mo        | 2                | 1            | i                 | i                 |
| Na        | 291              | 100          | 0,29              | i                 |
| Ni        | 3                | 1            | i                 | i                 |
| Pb        | 159              | 55           | i                 | <i                |
| Si        | 291              | 100          | 1,20              | i                 |
| Sn        | 16               | 6            | i                 | i                 |
| Sr        | 291              | 100          | 1,18              | i                 |
| Ti        | 291              | 100          | 0,15              | 0,00096           |
| Zr        | 35               | 12           | 0,051             | i                 |

## IX.—ASPECTO PALEOBIOQUIMICO

### A) Consideraciones generales

Las propiedades de los animales actuales permiten a veces deducir las de aquéllos que desaparecieron en épocas remotas, ya que, como ha dicho Osborne, podemos interpretar el pasado mediante el presente y quizá viceversa en algún caso.

Los estudios que se realizan por los paleontólogos sobre los restos o vestigios llamados fósiles, de origen vegetal o animal, que se observan en las capas de la corteza terrestre, han llevado, en un afán de perfección del conocimiento de aquellos seres que fueron, a la llamada paleobiología; trata esta parte de las ciencias naturales de saber de los organismos fósiles y de sus condiciones de vida y adaptación. Para alcanzar su objetivo se han investigado las condiciones biológicas de los organismos vivos, procurando descubrir sus relaciones con el medio ambiente y deducir así analogías con el mundo de los fósiles. Sus métodos se basan en la suposición de que las condiciones de desarrollo de los fósiles debieron ser las mismas que hoy rigen para los organismos vivos. Estas investigaciones han traído de la mano el conocer la química de los fósiles y, en consecuencia, a la que podríamos llamar paleobioquímica. Los ensayos químicos biológicos se han efectuado sobre los restos de los que existieron en edades geológicas pretéritas y que, ya petrificados o conservados en condiciones especiales, han llegado hasta nuestros días.

Dado el enorme tiempo transcurrido, siempre creyeron los paleontólogos en particular, y los científicos en general, que del estudio de las partes duras de los animales fósiles, como huesos, conchas, etc., poco o nada podría deducirse de interés biológico relacionado con la química de aquellos extintos seres. Sin embargo, P. H. Abelson (IX-1), del Laboratorio Geofísico del Instituto Carnegie, de Washington, ha

comprobado la existencia de sustancias orgánicas en fósiles de unos trescientos millones de años; y, lo que es más, ha podido identificar, en gran parte, la composición de dichas materias carbonadas, la cual recoge, fundamentalmente, entre otros, en un artículo publicado en *Scientific American* del mes de julio de 1956.

Entre las sustancias orgánicas halladas en fósiles se encuentran diversos aminoácidos y pigmentos, entre los que cabe destacar alguna porfirinas; éstas, incluso, poseen mayor estabilidad que los otros pigmentos a través de los siglos. La proteína de la concha tiene una disposición laminar que la protege contra los ataques externos y en especial contra los microbianos.

Por la composición química puede deducirse el grado de fosilización y, en consecuencia, la antigüedad relativa de los fósiles, pudiéndose diagnosticarse sobre la autenticidad de piezas en litigio. Los resultados químicos orgánicos tan recientes, que acabamos de citar, son de la mayor trascendencia, pero no se pueden, ni deben, soslayar los análisis químicos inorgánicos, más accesibles y más clásicos, que tan han contribuido al esplendor de las ciencias paleontológicas.

Los resultados obtenidos en el análisis espectrográfico de fósiles pueden tener interés, no solamente geoquímico, sino también paleo-bioquímico. Evidentemente, son considerables las dificultades que existen para una interpretación exacta de dichos resultados, desde un punto de vista bioquímico, por lo que, en la mayor parte de los casos solamente será posible establecer, más que conclusiones definitivas, conjeturas de un valor hipotético más o menos cercanas a la desconocida realidad.

Entre las condiciones que han influido en la actual composición elemental mineral del fósil analizado, cabe distinguir las siguientes:

1.º Aspecto bioquímico: Fenómenos de asimilación y desasimilación que tuvieron lugar en vida del ser fosilizado. Elementos asimilados y depositados en forma inorgánica para formar el endo o exoesqueleto. Otros que ejercieron funciones complejas posiblemente en orden biocatalítico, integrados en moléculas orgánicas (metalproteínas, pigmentos de naturaleza enzimática) quedan asimilados y depositados en forma idéntica, parecida o diferente. No cabe duda que, al lado de los restos de sustancias orgánicas que hay o que hubo en los fósiles, podrán encontrarse los oligoelementos correspondientes a aquellos compuestos, o sistemas, de carácter biocatalítico.

2.º En el aspecto anterior influyen, no solamente las propiedades

biológicas específicas del ser vivo ulteriormente fosilizado, su capacidad selectiva de asimilación, etc., sino también las condiciones ambientales en el período de su vida.

3.º Durante la descomposición de la sustancia orgánica se producen reacciones que modifican la solubilidad de algunos elementos, y dan lugar al arrastre por las aguas de elementos solubilizados y al depósito de otros procedentes del medio en este período.

En lo que respecta a la bioquímica de los oligoelementos, cabe preguntarse si siempre será correcta la suposición, a que hemos aludido en principio, de que las condiciones de desarrollo de los fósiles debieron ser las mismas que hoy rigen para los organismos vivos. La composición elemental del medio ambiente sin duda es, o ha sido, distinta en diferentes épocas geológicas y lugares o parajes geográficos. Y aun teniendo en cuenta la posible, pero en cierto modo limitada, capacidad específica de selección, por parte de los organismos, de los elementos a su alcance, es evidente que la absorción y asimilación de los mismos depende, en gran parte, de la composición de dicho medio y de las demás condiciones ambientales; es decir, condiciones físicas del suelo, factores climáticos, temperatura, humedad, acidez o pH, microorganismos y materia orgánica, etc., todos ellos factores variables que, junto con las demás características químicas, o sea, composición elemental cualitativa y cuantitativa, y, sobre todo, proporciones relativas entre unos y otros elementos y forma más o menos asimilable en que se encuentran, influyen extraordinariamente sobre la disponibilidad de los mismos para plantas y animales y, por lo tanto, sobre su absorción y asimilación. Y si los seres vivos, como es lógico y dentro de los normales límites fisiológicos, utilizan para sus funciones metabólicas los elementos, en cada caso idóneos, que se hallan a su alcance, es también muy lógico pensar que en diversas condiciones ambientales hayan podido utilizar, en mayor o menor proporción, distintos elementos, de propiedades químicas o fisiológicas afines, para las mismas funciones metabólicas o fisiológicas.

Si admitimos, aunque sea de modo limitado, lo que acabamos de decir, cabe muy bien buscar una explicación lógica, desde un punto de vista bioquímico, a algunos resultados obtenidos en el análisis químico o espectrográfico de los materiales fósiles. Porque si bien los elementos biogénicos, considerados actualmente como indispensables para todos o la mayoría de los seres vivos, son relativamente pocos (entre los numerosos hallados en los organismos vegetales y animales),

esto no excluye la posibilidad de una utilización, quizá mayor en épocas prehistóricas, de otros elementos diferentes que actuaran como coadyuvantes (acción sinérgica), o incluso como sucedáneos en sentido absoluto, en las funciones fisiológicas de aquellos organismos hoy fosilizados.

En las conclusiones obtenidas en la "Semana sobre los problemas de los oligoelementos en la vida vegetal y animal", celebrada en la Academia Pontificia de Ciencias (IX-2), en 1955, figuran como elementos esenciales para todas las plantas, en cantidades variables, quince, a saber: nueve elementos "plásticos", carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio, y seis oligoelementos, hierro, manganeso, boro, cobre, molibdeno y cinc. Otros elementos posiblemente indispensables, según trabajos más recientes, son cloro y vanadio, y algunas algas necesitan además sodio y cobalto. Los animales, además de los quince elementos primeramente citados (menos el boro, cuya necesidad no se ha establecido para los mismos) precisan para su vida iodo, cloro, cobalto y sodio.

Las necesidades de sustancias minerales de los animales y de las plantas no son las mismas; estas diferencias (especialmente en cuanto a las exigencias cuantitativas de calcio, fósforo, sodio, cloro y hierro) son más patentes en las partes extremas, finales, de las escalas taxonómicas respectivas. Es muy probable, sin embargo (y aunque el asunto no esté suficientemente estudiado no creemos sea demasiado aventurado el decirlo), que las diferencias no sean tan manifiestas en las especies y géneros incluidos en los grupos taxonómicos más inferiores de ambas escalas de seres vivos.

El breve recuerdo y puntualización de estas ideas generales que acabamos de esbozar puede servirnos de base inicial para el intento de buscar una explicación bioquímica lógica de los resultados analíticos de las muestras de fósiles que han sido objeto de estudio en este trabajo.

### B) Clasificación de los elementos hallados, según su interés bioquímico

Los elementos buscados y hallados en todas o algunas de las muestras de fósiles en estudio son, en total, veintidós, que podemos clasificar en los siguientes grupos:

1.º Elementos bioquímicamente indispensables hallados en todas las muestras (frecuencia 100 %): calcio, hierro, magnesio y sodio.

2.º Elementos indispensables hallados, pero no en todas las muestras: boro (62 %), cobalto (7 %), cobre (96 %), manganeso (52 %) y molibdeno (1 %).

3.º Elementos no indispensables hallados en todas las muestras (frecuencia 100 %): aluminio, silicio, estroncio y titanio.

4.º Elementos no indispensables hallados, pero no en todas las muestras: plata (31 %), bario (29 %), berilio (4 %), cadmio (1 %), cromo (31 %), litio (2 %), níquel (1 %), plomo (55 %), estaño (6 %) y circonio (12 %).

De la lista completa de elementos indispensables faltan, en estos resultados, los siguientes:

Carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, azufre, cloro y iodo, que no son investigables por la técnica analítica utilizada por nosotros.

El potasio no se ha buscado por poder proceder en algunas muestras de la limpieza del fósil.

El vanadio es una impureza de los electrodos, que le poseen en proporción de 0,005 %, superior al posible contenido de las muestras.

Es realmente sorprendente la carencia de cinc en todas las muestras analizadas. Cabe suponer que fue eliminado por solubilización a través de los procesos de fosilización y de las ulteriores transformaciones geoquímicas, y los indicios que pudieron quedar no son acusables con la técnica espectral con que se trabaja.

### C) Posible significación bioquímica de los elementos encontrados

#### a) ELEMENTOS PLÁSTICOS.

1.º *Calcio, sodio y magnesio.* — Por las razones que acabamos de apuntar, solamente encontramos en los resultados obtenidos, tres elementos, que son calcio, sodio y magnesio, de los que suelen catalogarse como plásticos indispensables; esto no excluye la posibilidad de actuaciones de tipo biocatalítico, como la del magnesio (acciones activantes en peptidasas, enzimas que transfieren el fosfato, enolasa, carboxilasa, algunas deshidrogenasas y fosfatasas, colinoesterasa, etc.). De todas formas, el capítulo más importante de la bioquímica del sodio y del magnesio está íntimamente ligado a la del potasio y calcio, respectivamente; sus funciones son de tipo físico-químico, más que biocatalítico.

propriamente dicho; actúan como reguladores del transporte, del intercambio hídrico y metabolismo del agua e iones. Aparte de esto, otra función de carácter típicamente plástica del magnesio es la de contribuir, junto con el calcio y otros elementos, a la formación del endo o exoesqueleto de muchos animales.

Constituye el calcio la base fundamental de todas las muestras, y es, por tanto, un macroconstituyente cuya determinación no tiene interés, aunque desde determinados puntos de vista de detalle, la facilidad de asimilación de un oligoelemento puede tener su relación con el calcio en contenido atómico. Por estos motivos, las escalas para las valoraciones se prepararon con carbonato cálcico como diluyentes base.

Las muestras estudiadas contienen, todas ellas, magnesio en proporciones variables, que en algunas pasa del 0,5 %, correspondiendo siempre las máximas concentraciones a las Ostreas; un ejemplar de Fuente del Hervidero llega a tener 1,40 %. Parece evidente, por lo tanto, en ellas la función plástica del magnesio.

Respecto al sodio, aparte de lo ya indicado, conviene señalar que a pesar de la procedencia marina de las muestras, sólo aparece en cantidades de 0,29 % o inferiores, lo cual se puede explicar por su pérdida por solubilización o cambios iónicos a lo largo de tantas vicisitudes seculares.

2.º *Otros elementos con posible función plástica.* — El estroncio puede actuar como sucedáneo o como colaborador del calcio, principalmente en cuanto se refiere a sus funciones de carácter plástico. En este hecho es posible hayan influido las circunstancias ambientales a que antes hemos aludido. Hace pensar en tal posibilidad el observar que el estroncio se halla precisamente en la totalidad de los ejemplares fósiles analizados, así como en los actuales; en bastantes de ellos la proporción es mayor que 0,05 %; así, en Tellina de Cacela Algarve llega a 0,08 %, al igual que en una Nucula de Beas de Granada; dos Ostreas de este mismo lugar llegan a 0,20 y 0,22 %; pero las mayores proporciones de estroncio corresponden a Montjuich y Lisboa Norte, ya que las Turrítellas de Montjuich dan 0,8 y 0,9 %, y 1,18 una de las Pereiraías de Lisboa Sur, de donde se analizaron un 47 % de muestras con más del 1 % de estroncio.

En la serie de los Dentalium procedentes de Granada y Málaga se da el caso curioso de que los de tamaño grande sólo tienen indicios de estroncio, mientras que es abundante en los pequeños. Esto puede significar que existió una mayor utilización, de estroncio, en las primeras edades que en las edades adultas de los Dentalium, por ser ma-

yores entonces sus necesidades de alcalinotérreos, que más tarde serían sustituidos parcialmente en su función plástica por otros elementos, como silicio, aluminio, etc.

Análoga explicación cabría dar a algunas anomalías que pueden observarse en la distribución del estroncio. Así, por ejemplo, en San Pablo de Ordal hay muestras del mismo género que tienen cantidades elevadas, mientras que otras lo presentan en proporciones mínimas. La asimilación del estroncio depende, por lo tanto, de las necesidades variables del ser fosilizado, en elementos alcalinotérreos, y de la mayor o menor abundancia de los mismos en el medio en que se desarrolló su vida.

Otro elemento con evidente función plástica es el silicio, hallado en la totalidad de las muestras; solamente seis dan más de 0,5 %, todas de la provincia de Barcelona, a saber: 0,51 % de un Chlamys de San Vicente de Caldés; 0,94 % en una Pereiraia de San Pablo de Ordal; 0,51 % en dos Ostreas de San Felú de Llobregat y de San Vicente de Caldés, y 0,51 y 1,00 % en Turrítellas de Montjuich y de San Llorens de Hortons. En Portugal tenemos 1,20 % en Chlamys y en un Cardium de Lisboa Norte.

También se hallan con 100 % de frecuencia en los fósiles estudiados, y en los actuales el aluminio y titanio. Ninguno de los dos se consideran como oligoelementos indispensables, aunque está comprobada su intervención eventual como activadores o coadyuvantes de ciertos procesos biocatalíticos, el primero en el sistema succinodeshidrogenasa-citocromooxidasa y el segundo como posible sucedáneo del hierro o otros oligoelementos de su grupo, en procesos de oxidación-reducción. Sin desechar la posibilidad de estas funciones biocatalíticas nos inclinamos más bien a pensar que la presencia de ambos elementos en todas las muestras analizadas se debe, preferentemente, al desempeño de una misión de carácter plástico. Las concentraciones mayores de aluminio se encuentran: en un Cardium de Lisboa, con 1,1 %; en dos Turrítellas de San Llorens de Hortons y de Montjuich, con 0,84 y 0,80 %; en dos Ostreas de Montjuich, con 0,90 y 0,85 %, y otra de Alfacar, con 0,57 %. Las máximas de titanio se encuentran en un Cardium de Lisboa Norte, con 0,15 %, y en una Chama de la misma procedencia, con 0,12 %; en una Ostrea de Montjuich, que tiene 0,057 %, y una Turrítella de San Llorens de Hortons, con 0,08 %.

3.º *Otros elementos de carácter más bien nutriense que catalítico.* El boro es uno de los oligoelementos imprescindibles para los vegetales; forma compuesto de adición con compuestos polihidroxilados, como

son los azúcares y alcoholes superiores, y desde este punto de vista se concibe a este oligoelemento en una función de transporte de los glúcidos. Su metabolismo está también relacionado con los de calcio y de potasio. Ya hemos dicho que los autores, en general, no consideran al boro elemento imprescindible para los animales, aunque lo hemos encontrado en todos los actuales. No sabemos si habría podido ejercer alguna función bioquímica de las indicadas en los seres fosilizados que nos ocupan, pero más bien nos inclinamos a pensar que su reducción al 62 % de los mismos obedece, probablemente, a otras circunstancias externas. Por lo tanto, en unión con el aluminio, silicio y otros, le asignase una función de carácter plástico en la formación de la materia mineral del fósil.

Las concentraciones mayores de boro corresponden a los géneros *Rostellaria*, *Conus* y *Anomalocardia*; en este último, una muestra de La Granada llega al 0,14 %; en otras las concentraciones son del orden de las impurezas de los electrodos, como ocurre en los treinta y cinco esclafópodos. El máximo enriquecimiento de boro corresponde a las provincias de Barcelona, Tarragona y Teruel, y el mínimo a las muestras portuguesas.

#### b) OLIGOELEMENTOS ENCONTRADOS.

1.º *Oligoelementos respiratorios*.—Los oligoelementos respiratorios hierro, cobre y manganeso, se encuentran, el primero, en la totalidad de las muestras fósiles y actuales (frecuencia 100 %); el segundo, solamente resulta negativo en 14 muestras fósiles (frecuencia 96 %) existe en todas las actuales, y el tercero, sólo aparece en 148 muestras de fósiles (frecuencia 52 %) y en siete de las actuales (frecuencia 28 %).

Es obvio recordar la absoluta necesidad que los seres vivos tienen de estos tres oligoelementos para sus funciones respiratorias celulares y para el desarrollo normal de muchos procesos metabólicos, ya que los tres se integran en diversas moléculas de enzimas e intervienen como activadores indispensables de otros sistemas enzimáticos. Según esto, sólo cabe explicar la falta de cobre y manganeso en algunas muestras por razones de límite de sensibilidad de la técnica analítica o por otras causas de orden geoquímico anteriormente aludidas.

Los valores máximos para el hierro corresponden: a una *Turritella* de Montjuich y un *Pecten* de San Vicente de Caldes, ambas con un 0,55 %, y una *Ostrea* de San Felíu de Llobregat y una *Anomalocardia* de la Granada, que tiene 0,80 %, todas ellas de la provincia de Barcelona, y en un *Cardium* de Lisboa Norte, con 0,70 %.

La mayor cantidad de cobre se encuentra en una *Rostellaria* de San Pablo de Ordal, que tiene un 0,54 %.

Los géneros *Pecten*, *Amussium*, *Ostrea*, *Turritella* y *Cerithium* son los que muestran mayores valores de manganeso, especialmente los procedentes de Granada. Un *Pecten* de Beas de Granada aparece con un 0,64 %, y cuatro *Ostreas*, procedentes dos de ellas de Almejar, una de Alfacar, Fuente Grande, y otra de Beas de Granada, contienen, respectivamente, 0,51, 0,73, 0,64 y 1,40 %.

2.º *Otros oligoelementos indispensables hallados*.—Dos de los oligoelementos hallados que también se incluyen en la lista de los indispensables para los seres vivos en general, son el cobalto, que sólo se encuentra con un 7 % de frecuencia y en ninguna de las actuales, y el molibdeno, cuya frecuencia es aún menor, 1 %, mientras que en las actuales llega al 16 %.

Hemos indicado antes que al cobalto, en general, no se le considera imprescindible para las plantas, salvo la excepción de algunas algas; en cambio se ha demostrado su imprescindibilidad para el hombre y los animales; de un modo especial el metabolismo de este oligoelemento, así como el del cobre, es crítico para los rumiantes.

La imprescindibilidad de molibdeno para los vegetales se comenzó a sospechar a partir de los trabajos de Arnon y Stout (IX-3), entre otros, que comprobaron los efectos de sus deficiencias en tomates, así como también en otras especies (avena, variedades de Brassica, etc.). De Renzo (IX-4) y sus colaboradores iniciaron investigaciones para lograr identificar la xantina-oxidasa como una molibdoflavoproteína y demostrar la existencia de alguna relación entre los ingresos de molibdeno y los niveles de xantina-oxidasa en tejidos de ratas; no lograron sus propósitos por ser estas especies poco exigentes en molibdeno, pero otros autores han comprobado su necesidad para otras especies.

Es conveniente aclarar que la lista de oligoelementos indispensables es válida y aplicable a las plantas y animales superiores, pero las necesidades concretas de las especies inferiores, por el momento, no son del todo conocidas.

En nuestro trabajo, el cobalto se ha identificado sólo en veinte muestras de seis procedencias de las provincias de Barcelona y Granada. El molibdeno sólo se encuentra en dos *Ostreas*, una de Papiol y otra de San Felíu de Llobregat.

De todas maneras, el hecho de hallar ambos elementos con tan escasa frecuencia es debido a que suelen encontrarse en los seres vivos.

en proporciones mínimas, especialmente el cobalto, siempre lindando con los límites de sensibilidad de la técnica analítica utilizada.

c) POSIBLE SIGNIFICACIÓN DE OTROS ELEMENTOS HALLADOS.

1. *Plomo y bario*.—Dada la gran sensibilidad de la técnica analítica para el plomo y su gran difusión en la naturaleza, es lógico que lo hayamos encontrado con frecuencia bastante alta, 55 % (más de la mitad de las muestras analizadas). Con iguales frecuencias, e incluso mayores, lo hemos hallado muchas veces en tejidos animales y vegetales. Sin embargo, no se puede deducir, por esta razón, que desempeñe alguna función fisiológica interesante. Los organismos captan el plomo si lo encuentran en su medio de vida, pero su presencia en los mismos, y por lo tanto en los fósiles analizados, debemos considerarla como cosa puramente accidental, más si tenemos en cuenta que en los actuales sólo se encuentra en el 12 % de las muestras analizadas.

También el bario es relativamente frecuente en los organismos y suele considerarse como accidental. El 29 % de los fósiles estudiados tienen bario; lo vemos en los géneros *Cardita*, *Venus*, *Turritella*, *Rostellaria*, *Anomalocardia*, etc. Las concentraciones mayores se hallan en una *Venus* de Ribas de Cacela, que posee 0,10 % de bario, y en una *Ostrea* de Beas de Granada, con 0,22 %. Modernos estudios sobre el metabolismo de los elementos calcio, estroncio y bario, con isótopos indicadores, demuestran que los tres se metabolizan, aunque se eliminan más pronto el bario y el estroncio que el calcio (Underwood, IX-5). Puede ser que el bario encontrado en el 16 % de las muestras actuales, al igual que hemos indicado para el estroncio, le corresponda, en los seres fosilizados, un papel de coadyuvante o sucedáneo de los otros elementos alcalinotérreos, especialmente en cuanto se refiere a su función plástica.

2. *Plata y cromo*.—La frecuencia del 31 % con que aparece la plata, especialmente en *Núculas*, *Rostellaria* y *Ostreas*, se debe solamente a su concentración, superior a la normal, en las aguas marinas miocenas de San Felíu de Llobregat, Calbareda, Alfacar (Fuente Grande), Beas de Granada y Almejar, opinión confirmada al analizar los estudios actuales encontrados con frecuencia del 12 %.

No sabemos si el cromo, con la misma frecuencia del 31 %, habría podido desempeñar alguna función biocatalítica, como sucedáneo del molibdeno, especialmente en los *Pecten*, *Ostreas* y *Turritellas*; las máximas concentraciones corresponden a dos *Ostreas* de Alfacar (Fuente

Grande) con 0,05 %, y otra de Almejar (Granada), con 0,08 %. En las muestras actuales, una frecuencia del 44 %.

Sin desechar totalmente dicha posibilidad, lo más prudente es considerar la presencia de cromo y plata en las muestras de estudio, como cosa puramente accidental y sin mayor trascendencia bioquímica.

3. *Circonio y estaño*.—El circonio, con una frecuencia del 12 %, se halla en *Chlamys*, *Pecten* y *Ostreas* de diversas procedencias; la mayor concentración es la de una *Ostrea* de San Felíu; en las actuales se encuentra con una frecuencia del 8 %.

El estaño, con frecuencia del 6 %, se halla en *Ostreas* y *Pecten* procedentes de las provincias de Barcelona y Granada. En las actuales la frecuencia es de 4 %.

4. *Litio y berilio*.—El litio, con una frecuencia del 2 %, sólo aparece en cuatro *Ostreas* de Montjuich y una *Turritella* de San Llorens de Hortons, todas de Barcelona.

El berilio, con frecuencia del 4 %, se encuentra solamente en once muestras, y da la coincidencia que está en los cuatro únicos *Amussium* estudiados de Santa Inés; las muestras de escafópodos de la misma procedencia no contienen berilio. También está en una *Ostrea* de San Felíu y en seis muestras de Lisboa Norte. Por ahora, no se considera que el berilio pueda tener un valor fisiológico. A pesar de su situación en la tabla periódica, apenas se parece a los metales alcalinotérreos; tiene analogías solamente con el magnesio, pero por su pequeño volumen atómico las presenta también con sus vecinos el cinc, e incluso el aluminio y el boro; todas estas analogías y diferencias se aprecian también en el terreno biológico. En ciertos aspectos, el berilio se comporta como el cinc y, naturalmente, en otros muchos como el magnesio, al que sustituye produciendo serias alteraciones en los sistemas enzimáticos.

De estos dos cationes carecen las muestras actuales.

5. *Cadmio y níquel*.—El cadmio sólo se encuentra en dos *Ostreas* de San Felíu de Llobregat.

Un *Dentalium* de Santa Inés y dos *Ostreas* de Fuente del Hervidero son las únicas muestras que contienen níquel, que representan una frecuencia del 1 %. A este oligoelemento se le concibe únicamente como colaborador del cobalto, pero ya vemos que la frecuencia de éste, con ser muy pequeña, es siete la del níquel. Debemos considerar, por lo tanto, su hallazgo en las citadas muestras como cosa puramente accidental. En las muestras actuales analizadas sólo aparece en un *Cardium*.

### D) Tabla paleobioquímica de la Península Ibérica

Damos la adjunta tabla periódica paleobioquímica del Mioceno marino como síntesis de estos comentarios.

1.<sup>o</sup> Explicación de la tabla.—La interpretación del cuadro es la siguiente: Vamos a tomar, por ejemplo, el litio del grupo 1.<sup>o</sup> del período 2. Para él, decimos:

|    |     |
|----|-----|
| Li | 1   |
| 3  | 1   |
| L  | 4,7 |
| —  | 2,4 |
| 4  | 0,0 |

relacionados con los números siguientes:

|   |    |
|---|----|
| 1 | 6  |
| 2 | 7  |
| 3 | 8  |
| 4 | 9  |
| 5 | 10 |

El 1 del recuadro corresponde a Li, que es el símbolo; el 2 del recuadro corresponde al 3, que es el número atómico; el 3, al L, que es el carácter predominante (litófilo); el 4, a la raya horizontal, es decir, que no es necesario ni a enzimas, ni a plantas, ni a animales; el 5, al 4, que es la sensibilidad espectral; el 6, al 1, que es contenido en menos del 50 % en trazas (en las muestras estudiadas); el 7, al otro 1, es en menos del 50 % abundante en la biosfera; el 8, al 4,7, que es la abundancia en el mar; el 9, al 2,4, abundancia en la corteza, y el 10, al 0,0, que es la abundancia en el cosmos (IX-6).

Con el fin de destacar más los puntos de interés paleobioquímico de esta tabla, se han marcado con un ángulo en continuo los símbolos de los elementos encontrados en las muestras y con trazos los dos elementos que no damos, por ser uno el que se ha utilizado en la limpieza de las muestras, el potasio, y el otro por contenerlo los electrodos auxiliares, el vanadio.

Los elementos necesarios en todos los animales tienen subrayado e continuo la letra A, y los que sólo son necesarios en algunos está subrayada en puntos la a (IX-7) de la cuadrícula 4.<sup>a</sup>

Los elementos imprescindibles en todos los animales y que no s

| 1a        | 2a       | 3a  | 4a  | 5a      | 6a     | 7a      | 8       | 1b      | 2b   | 3b      | 4b       | 5b     |         |         |       |
|-----------|----------|---|---|---------|--------|---------|---------|---------|--|---------|----------|--------|---------|---------|-------|
| Li 1      | B 1      | <b>TABLA PERIODICA PALEOBIOQUIMICA</b><br>(MIOCENO MARINO).   |   |         |        |         |         | B 2     | C 3  | N 4     | 5        | 6      |         |         |       |
| 3 1       | 4 1      | <ol style="list-style-type: none"> <li>Símbolo</li> <li>Número atómico</li> <li>Carácter predominante:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Atmofilo</li> <li>L. Litófilo</li> <li>C. Calcófilo</li> <li>S. Siderófilo</li> </ul> </li> <li>Necesidad en algunos o en todos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>E. Enzimas</li> <li>P. Plantas</li> <li>A. Animales</li> </ul> </li> <li>Sensibilidad espectral en -log(A en tanto por 1)</li> </ol> |   |         |        |         |         | 5       | 3  | 6       | 5        | 7      | 5       |         |       |
| L 4,7     | -        |   |   |         |        |         |         | 1 6     | Abundancia en las muestras estudiadas          | 5       | 3        | 6      | 5       | 7       | 5     |
| - 2,4     | - 3,7    |   |   |         |        |         |         | 2 7     | Abundancia en la biosfera                      | L 3,4   | ASP 2,8  | A 5,2  |         |         |       |
| 4 0,0     | 7 0,7    |   |   |         |        |         |         | 3 8     | Abundancia en el mar -log(A en g atomos/g)     | 5       | 0,62     | - 4,5  | - 4,8   |         |       |
|           |          |   |   |         |        |         |         | 4 9     | Abundancia en la corteza -log(A en g atomos/g) |         |          |        |         |         |       |
|           |          | 5 10  | Abundancia en el cosmos -log(A en g atomos/g) |         |        |         |         |         |  |         |          |        |         |         |       |
| Na 3      | Mg 3     | Las letras minusculas tienen menos valor que las mayúsculas.  |   |         |        |         |         | Au 3    | Si 3   | P 4     |          |        |         |         |       |
| 11 4      | 12 4     | 13 2  | 14 3  | 15 4    | 16 4   | 17 4    |         |         |  |         |          |        |         |         |       |
| L 0,34    | L 1,3    | L 5   | L 4,8   | S 6     | S 5,8  |         |         |         |  |         |          |        |         |         |       |
| EpA -0,09 | EPA 0,08 | - 0,48  | EpA 0,99                                      | EPA 1,4 |        |         |         |         |  |         |          |        |         |         |       |
| 5 -2,6    | 5 -4,0   | 5 -3,0  | 5 -4,0  | 2 -2,0  |        |         |         |         |  |         |          |        |         |         |       |
| K 19      | Ca 20    | Sc 21   | Ti 22   | V 23    | Cr 24  | Mn 25   | Fe 26   | Co 27   | Ni 28  | Cu 29   | Zn 30    | Ge 31  | As 32   | Se 33   | Br 34 |
| 4 20      | Lc 2,0   | L 9,1   | Lc 7,7  | Lc 7    | Lc 7,4 | Lc 7,1  | SCP 6,0 | SCP 7,8 | SCP 7,3  | C 6,5   | CC 6,1   | CP 8,1 | ScP 7,9 | CsP 6,7 |       |
| EPA 0,18  | EpA 0,04 | - 4,0   | - 1,0   | pa 2,7  | - 2,4  | EPA 1,7 | EPA 0,5 | EpA 3,4 | - 2,9  | EPA 3,2 | EPA 3,0  | - 3,7  | - 4,6   | - 4,6   |       |
| 3 -1,5    | - 2,7    | 5 0,55  | 5 1,4   | 6 -0,34 | 4 1,9  | 5 1,8   | 6 3,8   | 4 1,3   | 5 2,4  | 5 0,37  | 3 0,69   | 5 1,0  | 6 0,38  | 3 1,4   |       |
| Rb 37     | Sr 38    | Y 39  | Zr 40   | Nb 41   | Mo 42  | Tc 43   | Ru 44   | Rh 45   | Pd 46  | Ag 47   | Cd 48    | In 49  | Sn 50   | Sb 51   |       |
| 5 6       | L 3,8    | L 8,5   | L -   | Ls -    | Sc 8   | -       | Sc -    | Sc -    | Sc -   | C 8,7   | CC 9,3   | CP -   | ScP 7,6 | C 8,8   |       |
| - 2,3     | a 2,3    | - 3,3   | - 2,8   | - 2,8   | EP 5,0 | -       | 8,0     | - 8,0   | - 7,0  | - 6,0   | 5,7      | 6,1    | - 4,6   | - 5,0   |       |
| 1 1,2     | 5 0,62   | 3 1,0   | 5 0,26  | 3 0,26  | 5 1,7  | -       | 3 1,8   | 4 2,7   | 4 2,2  | 6 2,5   | 5 2,0    | 6 3,0  | 6 1,9   | 5 2,7   |       |
| Cs 55     | Ba 56    | La 57   | Hf 72   | Ta 73   | W 74   | Re 75   | Os 76   | Ir 77   | Pt 78  | Au 79   | Hg 80    | Tl 81  | Pb 82   | Bi 83   |       |
| L 7,8     | L 6,4    | L 8,7   | L -   | Ls -    | Ls -   | 9,3     | S 9     | Sc -    | Sc -   | Sc -    | 11 C 9,8 | CP -   | CsP 7,6 | C 9     |       |
| - 5,1     | a 2,5    | - 3,9   | - 4,6   | - 5,0   | - 5,3  | - 8,3   | - 8,3   | - 8,3   | - 7,3  | - 7,3   | 5,6      | 5,3    | 4,1     | - 6,0   |       |
| 1 2,3     | 5 1,4    | 3 1,7   | 4 2,4   | 4 3,2   | 6 2,3  | 3 3,0   | 3 2,0   | 4 2,1   | 5 1,8  | 4 3,0   | 4 2,5    | 5 3,0  | 6 2,3   | 6 3,0   |       |



han encontrado, va su símbolo marcado con un ángulo en puntos, y la anomalía geoquímica del Ge, con doble línea de puntos.

2.º *Comentario de la tabla.*—La presencia de los elementos en los fósiles estudiados decrece a medida que aumentamos en el período; así vemos cómo en los períodos 2 y 3 solamente faltan los elementos del grupo 5b; en el período 4, aparte del potasio y el vanadio, faltan cinco grupos; en el período 5 faltan siete y en el 6 todos, a excepción del 2a y el 4b.

El período 7 no se ha representado en la tabla por no ser imprescindibles sus elementos para la vida orgánica y no haberse encontrado ninguno de ellos en las muestras analizadas.

Todos los elementos necesarios en los animales, es decir, todos los correspondientes al cuadro 4 que llevan A o a, se han identificado en las muestras, a excepción del nitrógeno, del fósforo y del cinc. El nitrógeno no es investigable (por no ser detectable ningún elemento gaseoso con la técnica empleada). El fósforo, de haberlo contenido el animal en el caparazón, se ha reducido a menos del 0,5 %, que es la sensibilidad de nuestra técnica, durante la fosilización, y el cinc no aparece por su pequeña sensibilidad.

Vemos con la abundancia en el mar, corteza o cosmos no tienen nada que ver con la asimilación de los elementos por el fósil, pues a pesar de ser marinos, elementos químicos muy abundantes en el mar, han sido asimilados en cantidades pequeñísimas.

En esta tabla, que hemos procurado hacerla con el menor error posible, se ve claramente la abundancia de los elementos en las muestras del Mioceno marino estudiadas y su relación con una serie de factores de interés biológico.

## X.—ANÁLISIS DE ALGUNAS MUESTRAS ACTUALES

Un complemento de la investigación que venimos realizando es el estudio de algunos de los géneros miocenos que hemos analizado y que todavía subsisten.

Con este fin seleccionamos 25 muestras correspondientes a nueve géneros, con las que hemos empleado las mismas técnicas de preparación y análisis que con las fósiles.

### CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS ACTUALES

|                 | Orden                            | Familias      | Géneros    | Localidades   |
|-----------------|----------------------------------|---------------|------------|---------------|
| Lamelibranchios | Taxodonta. Suborden (ctenodonta) | Arcidae       | Arca       | Vinaroz       |
|                 |                                  | Dysodonta     | Pectinidae | Chlamys       |
|                 | Anomiidae                        |               | Anomia     | Santander     |
|                 | Ostreidae                        |               | Ostrea     | Galicia       |
|                 | Heterodonta                      | Cardiidae     | Cardium    | Castelldefels |
|                 |                                  | Veneridae     | Venus      | Galicia       |
| Tellinidae      |                                  | Tellina       | Vigo       |               |
| Gasterópodos    | Archeogasterópodos               | Turritellidae | Turritella | Castelldefels |
|                 |                                  | Bucciniae     | Columbella | Mahón         |

A los análisis de las muestras esquematizadas en el cuadro adjunto les hacemos un doble comentario, por elementos y por géneros.

### 1. Resultados de los análisis

En la tabla periódica resumen comparativo de los cationes valorados en muestras actuales y fósiles, seguimos la misma notación que en la tabla periódica paleobioquímica, que es:

|   | 1a   | 2a   | 3a  | 4a   | 5a   | 6a   | 7a   | 8    | 1b   | 2b   | 3b                                    | 4b                      | 5b   |      |         |
|---|------|------|---|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------------|-------------------------|------|------|---------|
| 2 | Li 1 | Be 1 | TABLA PERIODICA COMPARATIVA ENTRE SERES MARINOS ACTUALES Y MIOCENOS |      |      |      |      |      | B 2  | C 5  | N -                                   |                         |      |      |         |
|   | 4 0  | 7 0  | 1. Símbolo  |      |      |      |      |      | 1    | 5    | 3 abundancia en las muestras fósiles  | 5 Const. pres. en elev. | 5    | 3    | - 5 - - |
| 3 | Na 3 | Mg 3 | 2. Sensibilidad espectral en $-\log(A \text{ en tanto por } 1)$     |      |      |      |      |      | 2    | 4    | 4 abundancia en las muestras actuales | 2 max 50% " "           | 5 3  | 5 4  | 2 -     |
|   | 5 4  | 5 4  |   |      |      |      |      |      |      |      |                                       | 1 menos 30% " "         | 5 3  | 5 4  | 2 -     |
| 4 | K 2? | Ca 5 | Sc -  | Ti 3 | V 2? | Cr 1 | Mn 2 | Fe 3 | Co 1 | Ni 1 | Cu 3                                  | Zn -                    | Ga - | Ge - | As -    |
|   | 3 2? | 5 5  | 5 -   | 5 3  | 6 4  | 4 1  | 5 1  | 6 2  | 4 0  | 5 1  | 5 3                                   | 3 -                     | 5 -  | 6 -  | 3 -     |
| 5 | Rb - | Sr 3 | Y -   | Zr 1 | Nb - | Mo 1 | Tc - | Ru - | Rh - | Pd - | Ag 1                                  | Cd 1                    | In - | Sn 1 | Sb -    |
|   | L -  | 5 3  | 3 -   | 5 1  | 3 -  | 5 1  | - -  | 3 -  | 4 -  | 4 -  | 6 1                                   | 5 1                     | 6 -  | 6 1  | 5 -     |
| 6 | Cs - | Ba 1 | La -  | Hg - | Ta - | W -  | Re - | Os - | Ir - | Pt - | Au -                                  | Hg -                    | Tl - | Pb 2 | Bi -    |
|   | 1 -  | 5 1  | 3 -   | 4 -  | 4 -  | 6 -  | 3 -  | 3 -  | 4 -  | 5 -  | 4 -                                   | 4 -                     | 5 -  | 6 2  | 6 -     |

1 indica que aparecen en menos del 50 % de las muestras en trazas; el 2, que aparecen en más del 50 % en trazas; el 3, constante presencia en trazas; el 4, presencia constante en concentraciones medias, y el 5, presencia constante en elevadas.

Los números del lugar 4 corresponden a las muestras actuales y los del lugar 3 a las miocenas.

Los elementos que se han encontrado son: litio, berilio, boro, carbono, sodio, magnesio, aluminio, silicio, calcio, titanio, vanadio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre, estroncio, circonio, molibdeno, plata, cadmio, estaño, bario y plomo.

En los ACTUALES NO APARECE litio, berilio, cobalto.

En los ACTUALES APARECE claramente el vanadio.

En los ACTUALES AUMENTAN las cantidades y frecuencias de boro, magnesio, sodio, silicio.

En los ACTUALES DISMINUYEN las cantidades y frecuencias de cromo, manganeso, hierro, plomo.

El resto de los elementos aparecen en igual proporción en las muestras actuales y miocenas.

### 2. Comentario por elementos

**PLATA.**—Este catión lo hemos identificado en tres muestras, lo que representa el 12 % de las estudiadas, correspondiendo a un Chlamys, una Tellina y una Turritella.

**ALUMINIO.**—Se ha encontrado este elemento en todas las muestras estudiadas, correspondiendo las máximas concentraciones al género Turritella.

**BORO.**—El boro es un elemento que aparece en todas las muestras estudiadas, siendo las concentraciones máximas las de las Ostreas y Venus.

**BARIO.**—El bario es un catión que en muchos géneros lo tenían todos los fósiles, como ocurre con los Aequipecten, Cardita, Chama, Venus, Rostellaria, Columbella y Conus; en los vivientes sólo se ha encontrado en cuatro Turritellas, lo que representa el 50 % de las estudiadas, mientras que de las trece fósiles el 77 % lo tenían, lo que induce a pensar en un catión que se aportó durante la fosilización o después.

**BERILIO.**—En las muestras fósiles sólo lo encontramos en once; de las estudiadas actuales no aparece en ninguna.

**CADMIO.**—En los fósiles hemos encontrado este metal en las Ostreas, apareciendo en el 2,4 % de ellas; en las actuales solamente lo hemos identificado en las Turritellas, y en ellas en el 75 %, con la circunstancia de ser las más ricas en magnesio, fenómeno paralelo a lo observado en los fósiles.

**COBALTO.**—Ninguna muestra contiene este catión.

**CROMO.**—El cromo se encontró en el 55 % de las *Turritellas* fósiles y en el 75 % de las actuales, mientras que en los *Cardium* lo hemos identificado en todos los actuales y en ninguno de los fósiles.

**HIERRO.**—Al igual que en los caparazones fósiles, todos los actuales contienen hierro, y en su comparación cuantitativa vemos que las mayores concentraciones corresponden a las *Turritellas*.

**LITIO.**—Ninguna de las muestras actuales tiene este alcalino.

**MAGNESIO.**—Otro catión contenido en todos los ejemplares fósiles y contemporáneos es el magnesio, correspondiendo las mayores concentraciones a las *Anomias* y *Turritellas*.

**MANGANESO.**—Este catión es menos frecuente en los seres actuales que en los fósiles y sólo se ha encontrado en el Arca y en siete *Turritellas*, que representan el 32 %.

**MOLIBDENO.**—El molibdeno es un elemento que estamos convencidos que sólo se encuentra esporádicamente; en los fósiles se encontró en el 2,4 % de *Ostreas* y en los actuales en el 50 % de las *Turritellas*, todas de la misma procedencia.

**SODIO.**—Este alcalino, que como máximo alcanza en los fósiles estudiados concentraciones de 0,29 %, en las muestras actuales está en todas comprendidas entre 0,1 y 0,5 %.

**NÍQUEL.**—Otro catión que se encuentra esporádicamente en el níquel; en los fósiles se encontró en el 2,4 % de las *Ostreas* y 2,9 % de los *escafópodos*; ahora lo hemos identificado en un *Cardium*.

**PLOMO.**—El plomo es un catión encontrado en la casi totalidad de las muestras fósiles estudiadas, entre ellas en el 83 % de los *Cardium* y de los vivientes en el 60 %; esto nos induce a pensar que se trata de otro elemento aportado en el proceso de fosilización.

**SILICIO.**—A pesar del cuidado con que se limpiaron todas las muestras, este catión aparece en general en todas las muestras vivientes, en mayores concentraciones que en las fósiles, principalmente en las *Turritellas*, donde tiene concentraciones entre 0,2 y 5 %.

**ESTAÑO.**—Otro de los elementos casuales es el estaño; en los fósiles sólo se encontró en los *Pecten* y las *Ostreas*; en los actuales apareció en la única Arca estudiada.

**ESTRONCIO.**—Al igual que en los fósiles, se ha encontrado en todas las muestras actuales estudiadas, correspondiendo las máximas concentraciones a los *Cardium*, todas con 0,5 %.

**TITANIO.**—Todas las muestras vivientes y fósiles estudiadas tienen titanio, y se aprecia que las *Turritellas* son las que tienen máximas concentraciones, llegando una de ellas a cerca del 0,2 %.

**VANADIO.**—Todas las muestras estudiadas fósiles y actuales tienen vanadio; las concentraciones son superiores en las vivientes.

**CIRCONIO.**—El circonio lo hemos identificado en treinta y cinco muestras fósiles, entre ellas en el 8 % de las *Turritellas*; de las actuales sólo aparece en el 25 % de las *Turritellas*.

### 3. Comentario por géneros

**ARCA.**—Sólo se ha estudiado una muestra que representa el 4 %, y a diferencia de las fósiles, destacamos que el manganeso en la actual llega a 0,001 %, mientras que las fósiles carecen de él. En la única muestra actual que hemos encontrado estaño fue en el Arca analizada.

**CHLAMYS.**—Se han estudiado dos ejemplares que representan el 8 % y en uno de ellos se ha encontrado plata, mientras que en las fósiles sólo se ha encontrado en el 7 % de las analizadas.

**ANOMIA.**—No presentan particularidad alguna las dos muestras de *Anomia* analizadas.

**OSTREA.**—En la *Ostrea* analizada no hay particularidad específica a destacar.

**CARDIUM.**—Las cinco muestras actuales analizadas representan el 20 %; carecen, como las fósiles, de cromo; contienen bario, siendo ricas en magnesio, con la particularidad de que una dio níquel y tres, o sea

el 60 %, dieron plomo; en las fósiles este catión se encontró en el 83 %. De los ejemplares actuales, en los únicos que hemos encontrado níquel y plomo fue en el género *Cardium*.

**VENUS.**—Las cuatro muestras estudiadas, que representan el 16 % del total, carecen de plomo y bario, cationes contenidos en todos los fósiles de este género; también carecen de manganeso, elemento que aparece en el 28 % de los fósiles.

**TELLINA.**—Una sola *Tellina* se estudió, la cual carece, como las vivientes, de cromo, manganeso y bario, y contiene plata, metal no encontrado en las fósiles.

**TURRITELLA.**—Las ocho muestras estudiadas que representan el 32 %, análogamente a las fósiles, es el género que tiene más variedad catiónica en sus caparazones; el bario lo hemos encontrado en la mitad de ellas, mientras que en las fósiles llegaba al 84 %, pero con la particularidad de que fueron los lamelibranquios fósiles donde encontramos mayor cantidad de este elemento. Son ricas en estroncio, como las fósiles, así como en aluminio, hierro, magnesio, manganeso y silicio. El 75 % contiene cromo solamente encontrado en este género y en el *Cardium*, metal que aparece en el 54 % de las *Turritellas* fósiles. El 50 % dan bario, único género de los analizados en que aparece, alcalino encontrado en el 84 % de las fósiles.

Hay cuatro cationes que sólo hemos encontrado en las *Turritellas* actuales, y son: bario, cadmio, molibdeno y circonio.

**COLUMBELLA.**—La *Columbella* estudiada carece, como la fósil, de cromo y manganeso, pero se diferencia de aquélla en su elevado contenido de sodio y en la carencia de plomo y bario, elementos contenidos en el único ejemplar fósil analizado.

## XI.—CONCLUSIONES

Consideraremos las conclusiones desde cuatro aspectos, que son: Químico (con el comentario a cada elemento ordenados alfabéticamente, según los símbolos), Paleontológico, Químico-Paleontológico y Biológico.

### ASPECTO QUÍMICO.

Por primera vez se aplica una técnica espectroquímica de sensibilidad muy elevada al estudio sistemático de fósiles de diversos géneros y procedencias, lo que ha permitido establecer conclusiones de estas 291 muestras procedentes de 31 parajes diferentes, representadas por 29 géneros, a las que se añadió el estudio de 25 muestras actuales, correspondientes a nueve de los géneros estudiados en las fósiles.

Los cationes identificados en las muestras fueron: plata, aluminio, boro, bario, berilio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, litio, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio, silicio, níquel, plomo, estaño, estroncio, titanio y circonio; no se pudo identificar el vanadio en las fósiles por contenerlo los electrodos en cantidades de 0,005 %, ni se efectuó las del potasio por poder proceder de la limpieza de los fósiles.

*La plata* es un elemento fácilmente asimilable por *Núculas*, *Rostellarias*, *Pecten* y *Ostreas* que existía en concentraciones superiores a la normal en las aguas marinas miocenas de San Felú de Llobregat (Calbareda), Alfacar (Fuente Grande), Beas de Granada y El Almejar.

*El aluminio* puede tener dos procedencias, limpieza insuficiente de la muestra y asimilación del catión por el animal. Como la limpieza se procuró que fuese perfecta, nos inclinamos a pensar que el encontrado fue asimilado por bastantes géneros; destacamos como concentraciones extraordinarias las de 0,84 y 0,80 % de dos *Turritellas* de San Llorens de Hortons y de Montjuich; 1,1 % de Lisboa Norte y las de 0,90,

0,85 y 0,57 % de las Ostreas de Montjuich y una de Alfacar (Fuente Grande). En las muestras actuales las mayores concentraciones de aluminio corresponden también a las Turritellas.

*Del boro* se aprecia una mayor concentración en varios géneros como son Arca, Rostellaria y Conus entre las miocenas, y Ostrea Venus entre las actuales. El máximo enriquecimiento corresponde a las provincias de Barcelona, Tarragona y Teruel, y el mínimo a las muestras portuguesas.

*El bario* es un catión frecuente en Venus, Turritella y Rostellaria llegando a 0,10 % en una Venus de Riba de Cacela y 0,22 % en una Ostrea de Beas de Granada; en los géneros actuales casi no se encuentra, por lo que nos parece que se trata de un elemento que se aporta durante la fosilización.

*El berilio* sólo aparece en once muestras fósiles pertenecientes a tres localidades, y en ninguna actual; lo contienen los Amussium, Santa Inés y es de suponer que lo asimilan mejor que los Dentalium ya que los estudiados (30 del mismo paraje) no lo contienen. Se considera como elemento accesorio al ser.

*El cadmio* sólo aparece en dos Ostreas de San Feliu de Llobregat, e en las muestras miocenas; las actuales Turritellas también lo contienen dándose el caso de ser las muestras ricas en magnesio tanto en las antiguas como en las modernas las que contienen este catión.

*El cobalto* se identificó en las dieciséis Ostreas, tres Arcas y en una Turritella fósil; ninguna muestra actual lo contiene. Se considera también como accesorio este elemento.

*El cromo* aparece en muestras de diecisiete procedencias, pero sólo en nueve géneros, lo que indica la facilidad de su concentración, que tiene lugar principalmente en los Pecten, Ostreas y Turritellas; las Cardium actuales contienen cromo, pero los fósiles carecen de él.

*El cobre* se ha encontrado en casi todos los géneros y en la mayoría de las procedencias; el máximo aparece en una Rostellaria de San Pablo de Ordal, con 0,54 %.

*El hierro* lo contienen todas las muestras; los máximos valores tanto en las muestras antiguas como en las modernas, corresponden a las Turritellas. Las mayores concentraciones están en la provincia de Barcelona; un Arca de La Granada llega a 0,80 %.

*El litio* sólo se identificó en las cuatro Ostreas analizadas de Montjuich y en la Turritella de San Lorenzo de Hortons, ambas de Barcelona; ninguna muestra actual lo contiene. Es probablemente un elemento accidental.

*El magnesio* aparece en todas las muestras, teniendo diecisiete

las miocenas, más del 0,5 %, llegando a 1,4 % un ejemplar de Fuente del Hervidero. Aparece con mayor abundancia en las muestras actuales, siendo fácil que en las fósiles esté sustituido por el calcio y desaparezca parte por lavado.

*El manganeso* es asimilado principalmente por los Pecten, Amussium, Ostreas, Turritellas y Cerithium, correspondiendo siempre las muestras más ricas a las situadas geográficamente en Portugal y Granada. Disminuye considerablemente la cantidad de manganeso en las muestras actuales.

*El molibdeno* sólo aparece en dos muestras fósiles que son dos Ostreas, y en las actuales, en alguna Turritella.

*El sodio* lo contienen todas las muestras; se aprecia mayor cantidad de este catión en las muestras actuales. En los fósiles también probablemente lo sustituye el calcio y lo disuelven las aguas.

*El níquel*, entre las muestras miocenas, se identificó en un Dentalium y dos Ostreas de Fuente del Hervidero; en las actuales sólo aparece en un Cardium.

*El plomo* se suele encontrar con bastante frecuencia; disminuye en las muestras actuales.

*El silicio* lo tienen todas las muestras en gran proporción, especialmente las actuales, que llegan a 5 % en alguna Turritella. Es probable que proceda de la alimentación, concretamente de las Diatomeas.

*El estaño* aparece en dieciséis muestras miocenas, que son Ostreas y Pecten procedentes de Barcelona y Granada; en las actuales sólo aparece en un Arca.

*El estroncio* está contenido en todas las muestras; el máximo corresponde a una Pereiraia de Lisboa Sur, que tiene 1,18 % de estroncio, cantidad verdaderamente extraordinaria.

*El titanio* también está en casi todos los caparazones; un Cardium de Lisboa Norte alcanzó 0,15 % y un Chlamys, también de esta localidad, 0,12 %.

*El vanadio* lo contienen todas las muestras estudiadas; las fósiles en tan pequeñísima cantidad que casi es del orden de la impureza de los carbones; en las actuales es algo superior; es probable que proceda de la alimentación, concretamente de las *ascidias*, siendo difícil de sustituir en la fosilización.

*El circonio* aparece pocas veces; se ha encontrado en ocho Chlamys, nueve Pecten y doce Ostreas; a veces aparece en Turritellas, Venericardia, Cardium y Pereiraia.

## ASPECTO PALEONTOLÓGICO.

a) *Características locales.*—Existen puntos, como Montjuich San Feliú de Llobregat, donde todas las muestras, aunque pertenecen a géneros diferentes, presentan cantidades elevadas de estroncio, aluminio, boro, hierro, magnesio, manganeso, circonio, litio y plomo.

Hay zonas donde las muestras son ricas en circonio y cromo; ocurre en San Vicente de Calders y Lisboa N.; otras, en manganeso, como Alfacar (Fuente Grande); otras, en estaño, como facar (Puerto Lobo), y las hay abundantes en plata, como Cerrada durria y El Almejar.

Los fósiles de la zona catalana y Portugal, en líneas generales, más ricos en cationes que los de Granada.

b) *Características paleobiológicas.*—En un mismo punto, ocurre en San Pablo de Ordal, hay muestras del mismo género tienen cantidades elevadas de estroncio, mientras que otras lo presentan en cantidades mínimas, lo que nos parece indicar que el molusco asimila el catión que puede en mayor o menor cantidad, según se encuentra de abundante en el medio que desarrolla su vida.

Las Ostreas y los Pectinidos son, entre los estudiados, los géneros que al parecer han asimilado mayor cantidad y número de cationes.

En la serie de los Dentalium, procedentes de Granada y Málaga nos hemos encontrado con el caso curioso de que los de tamaño grande sólo contienen indicios de estroncio, mientras que es abundante en los pequeños.

Entre las anomalías observadas se señala el hecho de hallar litio en parte de los Amussium estudiados procedentes de Santa I. sin embargo, dicho elemento no se encuentra en otros géneros y muestras de la misma procedencia.

## ASPECTO QUÍMICO-PALEONTOLÓGICO.

No hay una diferencia catiónica precisa entre lamelibranquios y terópodos, ni cualitativa ni cuantitativa; las diferencias son muy específicas, afectando sólo a géneros y lugares determinados.

En el análisis de muestras actuales no aparece litio, berilio y cobalto, encontrado en los fósiles, pero aparece el vanadio en cantidades mayores.

En las muestras actuales, con relación a las fósiles, aumentan

magnesio, sodio y silicio; disminuye el manganeso, hierro y plomo, tal vez porque durante el proceso de fosilización lo aportan en disolución las aguas. Los demás elementos quedan en las mismas proporciones para los dos tipos de muestras.

## ASPECTO BIOLÓGICO.

Se intenta dar una explicación del papel bioquímico de los elementos encontrados, con un previo recuerdo de los aspectos generales y clasificación de los elementos hallados, siguiendo el criterio de su importancia biológica.

Se señala la función plástica del magnesio y sodio y las indudables intervenciones del primero en diversos procesos biocatalíticos.

Otros elementos que seguramente desempeñan funciones de carácter plástico en las muestras de estudio son el silicio, aluminio, boro y titanio; quizá también bario al lado del estroncio.

Se sugiere la posibilidad de que algunos cationes, como el estroncio, se halle en la mayor parte de las muestras como sucedáneo del calcio, y se procura aclarar algunos resultados obtenidos para este oligoelemento.

Se destaca la importancia bioquímica de los oligoelementos respiratorios, hierro, cobre y manganeso, y la posibilidad de que otros, cuya frecuencia por ciento en los fósiles estudiados es muy pequeña, como son cobalto y molibdeno, hayan ejercido asimismo funciones biocatalíticas; mucho más dudosa resulta la intervención del cromo en este sentido, a pesar de hallarse con mayor frecuencia que los dos últimos oligoelementos citados.

Con las reservas siguientes en cuanto a lo señalado anteriormente para el bario y cromo, se consideran más bien como elementos accidentales de las muestras y sin importancia conocida hoy desde un punto de vista bioquímico, los siguientes: plata, bario, berilio, cadmio, cobalto, cromo, litio, níquel, plomo, estaño, circonio.

## XII.—BIBLIOGRAFIA

- IX-1. ABELSON PHILIP, H.: "Some Aspects of Paleobiochemistry". *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, LXIX, 276 a 85. 1957.
- IX-2. ACADEMIA PONTIFICIA DE CIENCIA: "Semana sobre los problemas de los oligoelementos en la vida vegetal y animal". Roma, 1955.
- IX-6. AHRENS, L. H.: "The Lognormal distribution of the elements". Department of Geology and Mineralogy Oxford. *Applied Spect.* VI, 1952.
- IX-6. AHRENS, L. H.: "Stectrochemical analysis a tool in Geochemistry". *Applied Spectroscopy*. Vol. 6, n° 5. Noviembre 1952.
- IV-2. ALMELA, A.: "Resumen de la Historia Geológica de la Tierra". *Memorias Instituto Geol. y Min. de España*. LIX, 1958.
- IX-3. ARNON, D. I.: "The role of micronutrients in plant nutrition with special reference to photosyntheesis and nitrogen assimilation". *Trace Elements* (Edited by Lamb C. A. Bentley O. G. and Beattie J. M.). Academic Press. New York, 1958.
- IX-3. ARNON y STOUT: "Plant Physiol.", 14, 599 (1939).
- IX-7. BEAR, F. E.: "Trace elements in human, plant and animal nutrition". *Soil Sci.*, 85, 59-116 (1958).
- IX-7. BERTRAND, D.: "Survey of existing knowledge of biogeochemystry. II. The biogeochemistri of vanadium". *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 94, 403-445.
- IX-7. BIERI, R., and KRINSLEY, D.: "Trace elements in the pelagic coelenterate Velella". *J. Mar. Res.* 1959 (en prensa).
- IX-7. BLACK, W. A. P., y MITCHEL, R. L.: "Trace elements in the common Brown Algae and in Sea Water". *Journal of the Marine Biological Association*. Vol. XXX, 575-584. Febrero 1952.
- IX-7. CROOK, E. M.: "Metals and Enzyme Activity". *Biochemical Society Symposia* n.º 15. Cambridge University Press Cambridge. 1958.
- IX-7. DAWSON, C. R., and MALLETTE, M. F.: "The copper proteins". *Advanc. Prot. Chem.*, 2, 179-248 (1945).
- I-3. DEAN GUEL BENZU, M., LOPEZ AZCONA, J. M., y SANTOS RUIZ, A.: "Oligoelementos en la rata blanca". *Revista Española de Fisiología*, tomo VII, n.º 1, págs. 63-80. Marzo 1951.
- I-3. DEAN GUEL BENZU, M., LOPEZ AZCONA, J. M., y SANTOS RUIZ, A.: "Oligoelementos en tejidos humanos normales y patológicos". *Revista Española de Fisiología*, tomo VIII, n.º 2, págs. 117-121. Junio 1952.

- I-3. DEAN GUEL BENZU, M.: "Oligoelementos". Monografía Ciencia Moderna. C. S. I. C., pág. 7. Madrid, 1959.
- IX-4. DE RENZO, KALEITA, HEITLER, OLESON, HUTCHINGS y WILLIAMS: "Arch. Biochem Biophys", 45-247 (1953).
- IX-7. EMILIANI, C. E.: "Mineralogical and chemical composition of the tests of certain pelagic foraminifera". Micropaleo., vol. 1, págs. 377-380. 1955.
- I-3. FERNANDEZ SANCHEZ, F.: "Distribución de oligoelementos en tejidos neoplásticos de órganos genitales femeninos". Tesis Facultad de Farmacia. 1957.
- IX-7. GILBERT, F. A.: "Mineral Nutrition and the Balance of Life". University of Oklahoma Press. Norman, 1957.
- IX-6. GREEN, J.: "Geochemical table of the elements". Bull. Geol. Soc. Amer., n.º 70, págs. 1127-1118 (1959).
- IX-7. GURD, F. R. N., y WILCOX, P. E.: "Complex formation between metallic cations and proteins, peptides and amino acids". Advanc. Prot. Chem., 11 págs. 333-427 (1956).
- VI-4. HARRISON, GEORGE R.: "Wavelength tables the technology Press". London, 1952.
- IX-7. HOWARD T. ODUM: "The Biogeochemistry of strontium". Yale University. September 1950.
- IX-7. HUTCHINSON, G. E.: "Survey of existing knowledge of biogeochemistry. III. The biogeochemistry of vertebrate excretion". Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 96 (1950).
- IX-7. HUTCHINSON, G. E.: "The biogeochemistry of the terrestrial atmosphere". The Earth as a Planet University of Chicago Press. Chicago, 1954.
- IX-7. KRINSLEY, D.: "Mineralogical and traceelement composition of modern and fossil shell material". University of Chicago. Chicago, 1956.
- IX-7. KRINSLEY, D.: "Manganese in Modern and fossil Gastropod shells". Reprinted from Nature, vol. 183, págs. 770-771. Marzo 1959.
- IX-7. LAMB, C. A., BENTLEY, O. G., and BEATTIE, J. M.: "Trace Elements". Academic New York, 1958.
- IX-1. LEMMEL, L.: "Etude spectroscopique du bois du «Pino silvestri» de Rascafría (España)". C. R. Acad. Scien. Paris. CXVIII, 496 (1934).
- VI-3. LOPEZ DE AZCONA, J. M.: "Atlas de líneas últimas con excitación por arco". Notas y Com. Inst. Geol. y Min. de España, n.º 8, 1941.
- VI-2. LOPEZ DE AZCONA, J. M.: "Análisis espectroquímico cuantitativo por emisión". Real Acad. de Cienc. Exact., Fis. y Naturales. Madrid, 1944.
- I-3. LOPEZ DE AZCONA, J. M., SANTOS RUIZ, A., y SAMPEDRO PIÑEIRO, A.: "Oligoelementos en alimentos españoles de origen animal. II. Peces, crustáceos y moluscos". Revista Española de Fisiología, tomo IV, n.º 4, págs. 229-235. Diciembre 1948.
- I-3. LOPEZ DE AZCONA, J. M., SANTOS RUIZ, A., y DEAN GELBENZU, M.: "Oligoelementos en semillas de «Gramináceas»". Anales de la Real Sociedad Esp. de Fis. y Quím., tomo XIV, págs. 919-934. Junio 1949.
- I-3. LOPEZ DE AZCONA, J. M., SANTOS RUIZ, A., y DEAN GELBENZU, M.: "Recherche et dosage des oligoelements metalliques dans les metieres et les tissus organiques". XIII Congrès du G. A. M. S. 101 y 103, 1950.
- I-3. LOPEZ DE AZCONA, J. M.: "Oligoelementos en tejidos humanos norma-

- les y patológicos. Nota I: Matriz". Revista Española de Fisiología, tomo VIII, n.º 1, págs. 13-18. Marzo 1952.
- I-3. LOPEZ DE AZCONA, J. M., SANTOS RUIZ, A., y DEAN GUEL BENZU, M.: "Oligoelementos en tejidos humanos normales y patológicos. Nota IV". Revista Española de Fisiología, t. VIII, n.º 2, págs. 149-152. Junio 1952.
- VI-1. LOPEZ DE AZCONA, J. M., y LOPEZ DE AZCONA, M.ª CONCEPCION: "Etude spectrochemique des oligoelements dans les coquilles fossiles miocenes". 1.ª parte: XXI Congreso del Gams, año 1958. 2.ª parte: XXIII Congreso del Gams, año 1961.
- IX-7. LOWENSTAM, H. A.: "Status of invertebrate paleontology. XI Systematic paleontologic and evolutionary aspects of skeletal building materials". Bull. Mus. Comp. Zoo., vol. 112, págs. 287-317, 1954.
- IX-7. LOWENSTAM, H. A.: "Factors affecting the aragonite: calcite ratios in carbonate secreting marine organisms". J. of Geology, vol. 62, págs. 284-322, 1954.
- IX-7. MAYNARD, L. A., and LOOSLI, J. K.: "Animal Nutrition Me Graw-Hill". New York, 1956.
- IV-3. MELENDEZ BERMUDO: "Manual de Paleontología". Madrid, 1955.
- IX-7. MILLMAN, A. P.: "Biogeochemical investigations in areas of copper-tin mineralization in southwest England". Geochim et Cosmochim. Acta n.º 12, págs. 85-93, 1957.
- IX-7. MICHOLLS, G. H., CURL, H. Jr., and BOWEN, V. T.: "Spectrographic analyses of marine plankton". Woods Hole Oceanog. Inst., págs. 1-11, 1958.
- I-1. PIÑA DE RUBIES, S., y LEMMEL, L.: "Espectroanálisis de algunas maderas de España y Fernando Poo". A. R. S. E. de Fis. y Quím., XXXIII, 492, 1935.
- I-2. PIÑA DE RUBIES, S.: "Difusión del oro inyectado en el cuerpo del cobaya". A. R. E. de Fis. y Quím., XXXV, 72, 1937.
- IV-1. PIVETEAU, J.: "Traité de Paleontologie", tomo II. París, 1952.
- IX-7. RALPH, B. J.: "Metal complexes of biological interest". Rev. Pur. Appl. Chem. (Australia), 4, 85-92, 1954.
- IX-7. RICHARDS, F. A.: "On the state of our knowledge of trace elements in the ocean". Geochim. et Cosmochim. Acta 10, 241-243, 1956.
- I-3. SANTOS RUIZ, A., LOPEZ DE AZCONA, J. M., y SAMPEDRO PIÑEIRO, A.: "Oligoelementos en alimentos españoles de origen animal. I. Mamíferos". Revista Española de Fisiología, tomo IV, n.º 3, págs. 163-171. Octubre 1948.
- I-3. SANTOS RUIZ, A., LOPEZ DE AZCONA, J. M., y SAMPEDRO PIÑEIRO, A.: "Oligoelementos en alimentos españoles de origen animal. Aves y varios". Revista Española de Fisiología, tomo IV, n.º 4, págs. 237-244. Diciembre 1948.
- I-3. SANTOS RUIZ, A., DEAN GUEL BENZU, M., y LOPEZ DE AZCONA, J. M.: "La investigación bioquímica en los oligoelementos mediante técnicas espectrográficas". IV Congreso Internacional de Patología Comparada. Madrid, 4-11 mayo 1952. Volumen I: Ponencias, págs. 105-106.
- I-3. SANTOS RUIZ, A., DEAN GUEL BENZU, M., y LOPEZ DE AZCONA, J. M.: "Oligoelementos en tejidos humanos normales y patológicos. Nota II:



- Ovario y vagina". Revista Española de Fisiología, tomo VIII, n.º 1, págs. 49-50. Marzo 1952.
- I-3. SANTOS RUIZ, A., DEAN GUELBENZU, M., y LOPEZ DE AZCONA, J. M.: "Oligoelementos en tejidos humanos normales y patológicos. Nota V. Discusión de los resultados obtenidos en las cuatro notas precedentes". Revista Española de Fisiología, tomo VIII, n.º 3, págs. 207-215 Septiembre 1952.
- I-3. SANTOS RUIZ, A.: "Retrospectiva Bioquímica". Bol. Inf. Cons. Gen. Colegio Farmacia, n.º 116, pág. 7. Madrid, 1957.
- IX-7. SEEKLES, L.: "Les oligoelements et leurs carences en pathologie comparée". Congreso de Madrid, 1952.
- IX-7. SHAW, W. H. R.: "Studies in biogeochemistry. I: A biogeochemical periodic table Geochimica et Cosmochimica". Acta XIX, 196-207, 1960.
- IX-7. SHAW, W. H. R.: "Studies in biogeochemistry. II: Discussion and references Geochimica et Cosmochimica". Acta XIX, 208-215, 1960.
- IX-7. TODD, W. R.: "Mineral supplementation of foods, feeds J. Agric.". Food Chem, 7, págs. 166-173, 1959.
- IX-5. UNDERWOOD, E. J.: "Trace Elements in Human and Animal". Nutritional Academic Press New York, 1956.
- IX-5. UNDERWOOD, E. J.: "Mineral Metabolism". Ann. Rev. Bioch. 28, página 499, 1959.
- II-1. VERNADSKY, W. I.: "On some fundamental problems of biogeochemistry". 1939.
- IX-7. VINOGRADOV, A. P.: "La composition chimique elementaire des organismes vivants et le système periodique des elements chimiques". C. R. Acad. Sci., 197. Paris, 1933.
- IX-7. VINOGRADOV, A. P.: "Chemical Composition of Marine Organism". Sears Foundation for Marine Research, New Haven. Conn., 1953.
- IX-7. WARREN, H. V., DELAVALLT, R. E., y FORTESCUE, J. A. C.: "Sampling in biogeochemistry". Bull. Geol. Soc. Amer. 66, págs. 229-238, 1955.
- IX-7. WILLIAMS, R. J. P.: "Coordination, chelation and catalysis". In the Enzymes, vol. I. Academic Press. New York, 1959.



## Estudio geológico de la región del Cabo de Peñas (Asturias)

por

N. Llopis Lladó

## INDICE

|   | PÁGS. |
|---|-------|
| Introducción y problemas planteados .....                         | 5     |
| I. El marco geográfico .....                                      | 7     |
| II. Las unidades geológicas .....                                 | 11    |
| III. Estratigrafía.....   | 13    |
| A) El zócalo paleozoico.....                                      | 13    |
| a) El Cámbrico .....  | 13    |
| b) El Silúrico.....   | 17    |
| c) La estratigrafía del Devónico.....                             | 22    |
| d) El Carbonífero .....   | 53    |
| B) La cobertera mesozoica.....                                    | 56    |
| a) El Triásico.....   | 56    |
| b) Las capas intermedias Triás-Lías .....                         | 59    |
| c) El Cretácico .....   | 60    |
| d) Desarrollo de la sedimentación mesozoica .....                 | 63    |
| C) La epidermis cuaternaria .....                                 | 65    |
| a) Depósitos litorales marinos .....                              | 65    |
| b) Depósitos litorales eólicos.....                               | 66    |
| c) Depósitos periglaciares.....                                   | 68    |
| d) Coluviones y aluviones.....                                    | 69    |
| IV. Tectónica estática .....                                      | 71    |
| A) La tectónica hercínica del zócalo .....                        | 71    |
| a) Los elementos estructurales.....                               | 71    |
| b) Tectónica local .....  | 73    |
| c) El desarrollo espacial del plegamiento.....                    | 82    |
| d) Estilos tectónicos y tipo de plegamiento.....                  | 85    |
| B) La tectónica alpídica .....                                    | 85    |
| a) Generalidades.....   | 85    |
| b) Los elementos de la tectónica local.....                       | 86    |
| c) El conjunto estructural alpídico.....                          | 89    |
| C) Tectogénesis y fases orogénicas .....                          | 90    |
| a) Los movimientos tectónicos pre-hercinianos y hercinianos ..... | 90    |
| b) La orogénesis alpina .....                                     | 93    |

|  |       |
|--|-------|
| V. Morfología...                                   | ..... |
| A) Generalidades...                                | ..... |
| B) Las rasas y su evolución ...                    | ..... |
| a) Los niveles de abrasión ...                     | ..... |
| b) La ablación de las rasas y las falsas rasas ... | ..... |
| c) Los depósitos...                                | ..... |
| C) Las formas del litoral ...                      | ..... |
| D) La morfología del interior...                   | ..... |
| E) Morfogénesis y edad del relieve ...             | ..... |
| Resumen ...  | ..... |
| Résumé...  | ..... |
| Summary ...  | ..... |
| Bibliografía ...                                   | ..... |

## Estudio geológico de la región del Cabo de Peñas (Asturias)

POR

N. LLOPIS LLADÓ

### INTRODUCCION Y PROBLEMAS PLANTEADOS

El segmento de costa asturiana que puede denominarse "región del Cabo de Peñas", comprende las hojas 1 y 2 del Mapa Geológico de Asturias a escala 1 : 25.000, cuya formación ha emprendido la Excelentísima Diputación de Oviedo en colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España. Dada la unidad geográfica, topográfica y geológica que integra ambas hojas, hemos creído oportuno unificar la memoria explicativa de cada una, en un solo trabajo: "Estudio geológico de la región del cabo de Peñas".

En él se describe una de las zonas más frecuentadas de Asturias y mejor reconocidas por los geólogos, hasta el punto de haber llegado a ser clásica dentro de nuestra Geología, especialmente después de los estudios de Barrois (B-1). Ya Schulz (S-2, S-3) había esbozado las líneas esenciales de la geología de esta zona y muchos años después Adaro (A-1, A-2, A-3) realizó otros estudios mucho más detallados. Ello es, sin duda, consecuencia de su situación excepcional entre dos grandes núcleos urbanos, Gijón y Avilés, a la facilidad de comunicaciones y a la extremada sencillez del relieve, que permite recorrer el territorio sin dificultades (\*).

(\*) Al entregar este trabajo tenemos noticia de la existencia de una obra reciente sobre la región: F. Radig: "Stratigraphie und Tectonik der asturischen Küste zwischen San Esteban de Pravia und dem cabo de Torres". (Resumen: Geologisch-Paläontologischen Institut d'Universität Münster.

Estas circunstancias podrían hacer creer que la región era sobradamente conocida en el aspecto geológico para ser susceptible de encontrar novedades al realizar nuevas investigaciones. No obstante, ha sucedido todo lo contrario, puesto que el estudio detallado que hemos realizado nos ha permitido reconocer a fondo la estratigrafía y estructura de la región.

En este estudio hemos planteado los siguientes problemas:

1. La morfogénesis y sus relaciones con el resto de la costa asturiana.
2. La obtención de una escala estratigráfica detallada.
3. Las características tectónicas.
4. Las posibilidades geotécnicas de la región.

En el levantamiento del mapa ha colaborado el Profesor Dr. M. Juvvert, de la Universidad Técnica de Bogotá, en la zona sur de Luanco y en la costa de Llampero. Para las clasificaciones paleontológicas ha sido consultado el Dr. J. F. de Villalta, investigador científico del "Instituto Lucas Mallada", del C. S. I. C.

Parte de los trabajos de campo fueron comenzados en 1955 y terminados, complementados y revisados, en 1960.

## I. EL MARCO GEOGRAFICO

La zona estudiada tiene la originalidad geográfica de constituir una de las tierras más septentrionales de la Península Ibérica; es, por tanto, un trozo de costa cantábrica que, rompiendo el trazado paralelo que tiene desde Galicia a Guipúzcoa, se avanza hacia el mar unos pocos kilómetros.

Dos elementos morfológicos fundamentales destacan en este conjunto: 1. La costa. 2. El relieve del interior. La costa se extiende de W. a E. desde la ría de Avilés hasta Candás. Hasta el cabo de Peñas la orientación media es al NE., y a partir de allí hasta Candás se dirige al SE.; forma, pues, un ángulo recto cuyo vértice sería el cabo de Peñas. Este contorno, único en la costa cantábrica de Asturias, descubre ya por sí solo un carácter estructural; y, en efecto, la influencia de la tectónica es tan acusada en la costa del cabo de Peñas, que destaca no solo en su trazado general, sino en sus detalles: en efecto, las fallas alpínicas son las determinantes de los rasgos fundamentales; los pliegues hercinianos condicionan las formas de detalle.

El relieve del interior es un país monótono, en el que predominan las formas planas, seniles o extremadamente maduras, derivadas del rejuvenecimiento de una antigua plataforma de abrasión, que descende desde los 200-230 metros (a 15 Km. al S. del cabo de Peñas) hasta los 100 metros en el mismo cabo. Allí el relieve senil es violentamente interrumpido por los cantiles de la costa actual.

La antigua superficie de abrasión ha sido disecada por un conjunto de valladas que llegan a cortarla hasta el nivel del mar, dejando suspendidos los restos de las formas seniles, que quedan, de este modo, formando los cordales de las divisorias de aguas; de este modo se suceden de W. a E., a manera de bastidores, largos cordales de cumbres planas, ligeramente inclinados hacia el mar, que en Asturias se denominan "rasas" o "sierras llanas" (C-12, C-13, F-1, G-4, G-5, G-6, H-3, H-5, H-6, H-11, LL-4, LL-12).

La rasa de 250-100 metros es aquí la determinante de todo el relieve interior, pues todos los valles existentes son posteriores a ella, puesto que se excavaron sobre su superficie. De aquí que la red hidrográfica sea corta, desarticulada y orientada en buena parte por la estructura. En el borde SW., lindante con la zona cartografiada, se abre la ría de Avilés, en cuya génesis la tectónica alpídica ha desempeñado también un papel muy importante y tiene mucho más de fosa tectónica que de valle fluvial normal.

El ambiente geográfico no puede ser, pues, más sencillo en el interior; la máxima complejidad nos la ofrece la costa, no sólo por la variedad de formas estructurales que presenta, sino por la existencia de plataformas de abrasión encajadas dentro de las de 230-100 metros, que, naturalmente, tienen mucho menor desarrollo y que no influyen en el relieve del interior, pero que complican considerablemente la morfología costera.

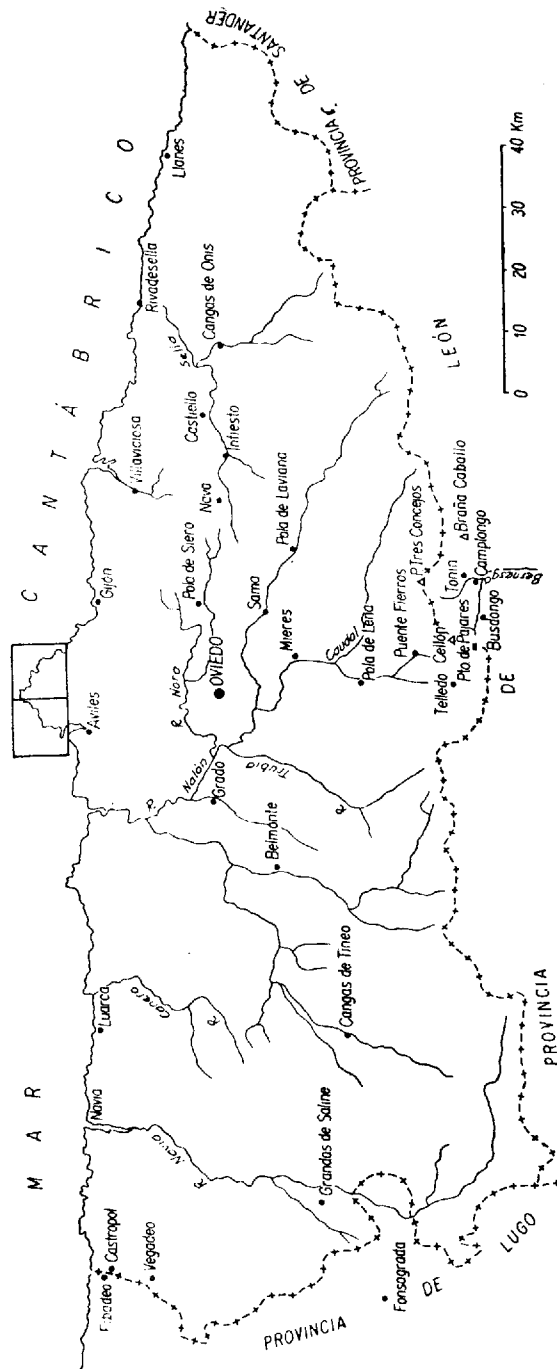


Fig. 1.—Situación de la zona estudiada en el ámbito de Asturias.

## II. LAS UNIDADES GEOLOGICAS

La región en estudio está constituida por dos grandes unidades geológicas, de características estratigráficas y tectónicas muy diferentes, perfectamente separadas y deslindadas por importantes sucesos geológicos:

- 1) El zócalo paleozoico asturiano que ocupa la mayor parte de la región, y está constituido por parte del Silúrico, Devónico y Carbonífero. Los materiales están fuertemente plegados y lapidificados en general. Es parte del viejo material herciniano de Mesoeuropa (S-8), plegado en las postrimerías del Paleozoico por las últimas tectónicas hercinianas.
- 2) La cobertera mesozoica, formada exclusivamente por Triás y Cretácico en la zona estudiada. Esta cobertera, en el resto de Asturias, comporta, además, el Lías y parte del Jurásico (B-4, C-4, D-6, K-1, LL-5, V-3, V-4). Los materiales que la integran están en general mucho menos lapidificados que los del zócalo paleozoico, y apenas están plegados. En cambio aparecen cortados por largas y a veces importantes fallas que multiparten el conjunto en dovelas y compartimentos de extensión muy diversa y que, a veces, han permitido la conservación de la cobertera en las dovelas hundidas, más protegidas de la erosión.

También en el ámbito geológico asturiano se observa una tendencia hacia la cratonización en el viejo zócalo herciniano y parece, por tanto, cumplirse la "ley de sucesión de formas orogénicas" enunciada por Stille (S-8).

Finalmente hay que considerar también los depósitos cuaternarios, restos de la demolición de zócalo y cobertera en los tiempos recientes. Sobre todo los depósitos aluviales ocupan grandes extensiones y enmascaran la verdadera estructura; por este motivo no han sido representados en el mapa más que aquellos que tienen un interés morfológico muy marcado.

### III. ESTRATIGRAFIA

#### A. EL ZOCALO PALEOZOICO

##### a) El Cámbrico.

Hasta la fecha no habían sido reconocidos los materiales cámbricos en el cabo de Peñas; en el transcurso de nuestras investigaciones hemos encontrado dos series de depósitos que, aunque desprovistos de fósiles, tienen grandes analogías petrográficas con los terrenos cámbricos de más hacia el W. y que, a nuestro juicio, pueden ser colocados en el Cámbrico.

1. **EL CÁMBRICO DE FERRERO.**—Al W. de Ferrero se encuentra un largo cordal que pasa por Vocal y que termina en la punta de la Rosca. Un corte del cantil de Vocal hasta la playa permite ver la siguiente sucesión de capas orientadas W.-E., buzando en general al S. 15-20°. De abajo a arriba:

- a) 65-70 m. Pizarras cuarcíticas oscuras listadas en blanco y negro con rizaduras y señales de "slumping", algo metamórficas (ectinitas). Tienen huellas indeterminables.
- b) 40-45 m. Pizarras verdosas.
- c) 6- 8 m. Arcosas con 60 % de feldespatos caolinizados.
- d) 15-20 m. Conglomerado arcósico de cantos brechoides de pizarra de entre 0,5 y 2 cm. Matriz con 20 % de feldespatos caolinizados.

Estas capas forman todo el cantil de la playa de La Carnera, de tal modo que su orientación W.-E. determina la de dicha playa. Más al W., al comenzar la punta de la Rosca, hay una falla NW.-SE. que hace perder la continuidad a la serie de La Carnera. Allí, sobre el tra-

mo *d*), aparecen calizas cristalinas de pátina amarillenta y aspecto dolomítico con intercalaciones de dos a tres metros de pizarras ampelíticas blancas y negras, visibles sobre todo en la vertiente SW. de la base de la punta. Este tramo calizo tiene 12-15 metros de potencia. Este conjunto le llamaremos "Serie de La Carnera" o "Serie A". La punta extrema de La Rosca está formada por la misma serie A, orientada NE.-SW. y buzando 80-85° SE.; una falla NE.-SW. pone en contacto estas capas con las mismas de La Carnera, orientadas W.-E.

En la vertiente SW. del promontorio de La Rosca, cuando se inicia la larga y pedregosa playa de La Cabaña, aparece un contacto por falla entre las calizas de La Carnera y un anticlinal de cuarcitas con aspecto de calizas, de que probablemente derivan por un proceso de diagénesis, puesto que todavía hay restos de la roca primitiva; estas rocas calcosilíceas forman una doble bóveda anticlinal que puede servir de muro a un corte hacia el SSE. siguiendo la playa. Este corte no es muy claro, pues está alterado por fallas alpidicas de orientación NW.-SE. y contactos mecánicos hercinianos, ambos tipos de accidentes de poca importancia, lo que permite obtener una serie estratigráfica, con algunas probables lagunas:

Muro: Bóveda anticlinal de rocas calcosilíceas.

- a) 6-7 m. Pizarras grises verdosas.
- b) 5 m. Areniscas verdosas.
- c) 3-4 m. Ampelitas cuarcíticas.

Hay un contacto mecánico complejo con aire de despegue, aparece a continuación y en la misma posición y buzamiento de la serie anterior, un tramo de pizarras cuarcíticas listadas idénticas al tramo *a*) de la serie A; las huellas de "slumping" y micropliegues son muy claras en los grandes bloques desprendidos por el retroceso del acantilado costero; también son claras las huellas de pistas indeterminables; en realidad las listas o bandas de estas pizarras están formadas por la sucesión de microcapas de cuarcita blanca y ampelitas negras, es decir, se trata en realidad de una antigua serie de tipo flysch transformada por metamorfismo en epiectinitas. El espesor visible de esta serie no pasa aquí de 20-25 metros. Este segundo conjunto le llamaremos "Serie de La Rosca" o "Serie B".

Estas pizarras cuarcíticas están separadas por otra falla NW.-SE., de otro conjunto NE.-SW., buzando 45-50° SE., muy claro y continuo, que de abajo a arriba es como sigue:

Muro: Brecha de falla.

- a) 10 m. Areniscas verdes.

- b) 4 m. Microconglomerados alternando con areniscas verdes.
- c) 1 m. Microconglomerados.
- d) 2,5 m. Pizarras arenosas.
- e) 0,5 m. Pizarras negroides.
- f) 5 m. Pizarras brechoides rojizas.
- g) 3 m. Areniscas verdosas.
- h) 4 m. Ampelitas brechoides y pizarras listadas cuarcíticas con pistas y "slumping" muy parecidas al tramo *a*) de A.
- y) 6-7 m. Areniscas.

Esta serie continúa en pleno cantil y su estudio es de difícil realización por no aflorar en la parte alta. Quedan, pues, sin analizar unos 50 metros visibles de la parte alta de esta serie que llamaremos "de La Cabaña" o "Serie C".

Relacionar estratigráficamente estas tres series es harto difícil, dado el carácter fragmentario de las mismas y la cantidad de accidentes tectónicos hercinianos y alpidicos, que las cortan; no obstante, nos parece que puede establecerse una correlación entre el muro de la "serie B" y el tramo calizo *e*) de la serie A; en este caso, el tramo *a*) de la serie A equivaldría exactamente a las pizarras cuarcíticas con pistas y "slumping" que se superpone anormalmente a la serie B.

En cuanto a la "serie C", provisionalmente la colocaremos en la base de todo el conjunto, por el hecho de aparecer elementos semejantes al tramo *a*) de A en la parte alta. Así pues, y siempre como conclusión provisional, puede establecerse para el Cámbrico de Ferrero la siguiente sucesión teórica, de abajo a arriba:

Serie de La Cabaña:

- 27 m. Samitas formadas por microconglomerados, areniscas, pizarras arenosas y cuarcíticas.

Serie de La Carnera:

- 65-70 m. Pizarras cuarcíticas listadas oscuras, tipo flysch, con pistas "slumping".
- 40-50 m. Pizarras verdosas.
- 28-30 m. Arcosas y conglomerados arcósicos.
- 20 m. Calizas cristalinas con ampelitas intercaladas.

Serie de La Rosca:

- Calcosilicitas derivadas de calizas.
- 15-18 m. Pizarras y areniscas verdosas.



2. **EL CÁMBRICO DE VIODO.**—En la zona costera del NE. de Viodo, entre El Castro y la ensenada de Llumeras, aparece otra zona de rocas que indiscutiblemente deben de colocarse en el Cámbrico; en el embarcadero de Viodo puede obtenerse el siguiente coste, siguiendo la costa de Norte a Sur:

Muro: No asequible, en los cantiles costeros.

- 50 m. Cuarzitas oscuras.
- 6 m. Arena amarillenta manganesífera.
- 30 m. Diabasa interestratificada.
- 5-6 m. Arenisca arcósica y microconglomerado.
- 4 m. Arena amarillenta manganesífera.
- 8-10 m. Areniscas y pizarras en capas de 0,2 m.
- 20-25 m. Caliza cristalina de pátina amarillenta con horizonte de sílex y capas de pizarras ampelíticas blancas y negras de 0,1 a 0,2 m.
- 2-3 m. Arena manganesífera fosilizando huellas de carsificación en la superficie de la caliza.
- 2-3 m. Arena amarillenta.

Termina por el Sur en contacto con ampelitas negras que atribuímos al Gothlandiense.

Las capas de arenas manganesíferas intercaladas en esta formación son bastante explícitas para situar estas capas en el Cámbrico, puesto que son idénticas a las que se encuentran en el Cámbrico del occidente de Asturias, en las proximidades de las calizas acadienses (A-1, B-1, H-7). También aquí aparecen en las inmediaciones de una masa caliza, lo que inclina a pensar en una posible comparación con la caliza acadiense del occidente de Asturias. En Vegadeourio (LL-1 bis) hemos visto arenas manganesíferas ligadas a la caliza acadiense, en forma análoga a lo que ocurre en Viodo.

3. **EDAD DEL CÁMBRICO Y CORRELACIONES.**—La ausencia de fósiles impide precisar este importante punto. Si los tramos calizos fueran equivalentes a las calizas acadienses, entonces la mayor parte de la formación del cabo de Peñas sería pre-acadiense, es decir, georgiense o acadiense, puesto que el mejor desarrollo visible de este Cámbrico es anterior al depósito de la caliza; en este caso, y en el supuesto de que las calizas de Viodo fueran las mismas que las de La Rosca, lo que es bastante probable, la "serie A" de Ferrero equivaldría a las areniscas, arenas manganesíferas y cuarcitas de Viodo.

Es cuanto puede decirse, por ahora, del Cámbrico del cabo de Peñas.

## b) El Silúrico.

1. **GENERALIDADES.**—Los materiales más antiguos del Silúrico son las cuarcitas armoricanas (= Arenig = Skiddawiense), que fueron ya reconocidas por los precursores de la geología asturiana; sobre ellas se apoyan las pizarras de Luarca, que corresponden al Llandeilo.

Schulz (S-2, 3) reconoce ya el Silúrico del cabo de Peñas; Barrois (B-1) estudia más detalladamente las capas silúricas, atribuyendo a las cuarcitas del cabo de Peñas 250 metros de potencia y describiendo, en Ferrero, una fauna del Llandeilo; Mallada (M-2) sintetiza las ideas de Barrois principalmente; Adaro (A-1), basándose esencialmente en las mismas, elabora un mapa geológico del Cabo de Peñas a la escala de 1 : 30.000, en el que se indican muy bien los afloramientos de las cuarcitas armoricanas y las pizarras de Luarca. Coloca en las pizarras de Canal (= Gothlandiense) la serie de ampelitas de Ferrero-Viodo, y representa las rocas diabásicas de Ferrero y de Viodo como pertenecientes a una misma alineación en relación con una falla NNE.-SSW. Indica la existencia de *Cruziana* en el propio cabo de Peñas. Kegel (K-2), en sus notas, no hace referencia a la zona estudiada. Sampelayo (H-8) hace un estudio crítico de los trabajos anteriores y llega a algunas conclusiones estratigráficas y tectónicas de interés:

1. El aumento de potencia del Llandeilo desde el centro al occidente de Asturias.
2. La evolución paulatina de la fauna, sin interrupciones ni formas esporádicas.
3. Admite movimientos orogénicos de edad caledoniana.

Llopis y Julivert, en 1954-55, realizaron una serie de estudios de toda ésta con finalidades industriales, que han quedado inéditos hasta la fecha.

2. **LAS CAPAS ORDOVICIENSES.**—Entre los cantiles occidentales del cabo de Peñas y la ensenada de Ferrero, puede obtenerse el mejor corte del Silúrico de esta región:

- 400 m. visibles de cuarcitas, areniscas y pizarras intercaladas con *Cruziana* y *Scolithus*.
- 20 m. Pizarras grises.
- 200 m. Pizarras azuladas negroides nodulosas, micáceas, con *Dalmanella budleighensis* Davids, y *Leptaena beirensis* Shay.
- 25 m. Pizarras claras grisáceas.

Estas capas aparecen plegadas, formando pliegues laxos, rectos, simétricos; cerca de Ferrero, entre esta aldea y el cruce de carreteras al cabo de Peñas y a Llumeres, aparecen de nuevo cuarcitas que deben ser las mismas cuarcitas armoricanas, orientadas NE-SW., buzando 40-45° al SE. Esto hace creer que el conjunto del Arenig forme el núcleo de un sinclincio vergente al NW. con flancos de cuarcita armoricana.

Las pizarras del Llandeilo están fuertemente impregnadas de limonita y hematites; es una impregnación difusa acentuada tal vez por lavado de las capas superiores; los últimos 25 metros de pizarras claras lo son probablemente por este motivo.

Probablemente son éstas las capas que suministraron a Barrois la siguiente fauna del Llandeilo:

*Synocladia hypnoides* Sharpe.

*Orthis budleighensis* Dav. (= *Dalmanella budleighensis*).

*O. ribeiroi* Sharpe (= *O. vespertilio* Sw.)

*O. exornata* Sharpe.

*O. berthoisii* Sharpe.

*Leptaena beirensis* Sharpe.

*Illaenus hispanicus* Vern. et Barr.

Las pizarras de Luarca, orientadas en general NNE.-SSW., forman la zona media del cabo de Peñas, alcanzando la costa NE., que cortan transversalmente en las islas Gavieras y El Castro; cerca del contacto con las cuarcitas armoricanas aparece aquí el típico horizonte ferrífero, visto ya por Barrois (B-1), constituido aquí por areniscas ferríferas con elevado contenido en sílice; el horizonte ferrífero tiene de uno a tres metros de potencia; cerca de él, al S. del faro y al pie de una fuente-lavadero, aparecen rocas básicas con típica disyunción esferoidal (\*).

Las pizarras de Luarca, plegadas, forman todo el segmento costero comprendido entre las islas Gavieras y el peñón de El Castro, donde se ponen en contacto por falla con el Cámbrico. Aquí está el límite oriental de las "pizarras de Luarca". Más al E., las cuarcitas armoricanas soportan directamente las capas del Devónico inferior. Tal ocurre en el anticlinal de Santa Ana, entre Luanco y Moniello. El cordal o rasa de Santa Ana está sostenido por las cuarcitas armoricanas verticales; el flanco NW. está tectonizado con aire de extrusión, forma tectónica frecuente de estos anticlinales (LL-6); el flanco SE., en cambio, es normal y en él puede reconocerse la siguiente sucesión, descendiendo desde Santa Ana a Luanco por el camino carretero:

(\*) El prof. García de Figuerola las tiene en estudio.

Muro: Cuarcitas duras, cristalinas, con *Cruziana*.

15-16 m. Areniscas anaranjadas y amarillentas, que en algún tramo son casi arenas.

2 m. Pizarras blancoazuladas.

5 m. Pizarras abigarradas arcillosas.

4 m. Arenas amarillentas.

1,2 m. Pizarra arcillosa amarilla con *Fenestrellina* sp.

3 m. Arcilla amarillenta.

4 m. Arena amarillenta.

20-25 m. Pizarras amarillas y azuladas listadas.

Zona de coluviones de 18 m. que oculta la continuación de la serie. Luego con el mismo rumbo y buzamiento aparecen:

Pizarras amarillentas.

1,5 m. Areniscas ferruginosas.

Este conjunto buza 70° NW. y es concordante y aparentemente continuo. El único fósil hallado es el banco de *Fenestrellina* sp., que poca cosa nos dice respecto a la edad, puesto que este briozoo se reparte desde el Ordoviciense al Pérmico. La arenisca ferruginosa, a nuestro modo de ver, debe de ser ya gedinense, puesto que tiene las características texturales y composición propia de las areniscas devónicas, y es muy probable que las capas de areniscas inferiores al banco de *Fenestrellina* sp. sean ya también devónicas. En este caso no aparecen aquí las pizarras del Llandeilo.

En los restantes afloramientos de cuarcita armoricana del S. de Luanco aparecen siempre tan fuertemente tectonizadas que no es posible establecer relaciones estratigráficas con los terrenos que los rodea. Los contactos son siempre por falla y a menudo con el Trías o elCRETÁCICO.

En la cumbre del cerro de Peruyal (al N. del Km. 36 de la carretera de Luanco a Avilés) se encuentran numerosos bloques grandes y angulosos de cuarcita, que probablemente es la armoricana, toda vez que en su proximidad aparecen las areniscas ferríferas gedinenses. En ninguno de estos puntos hay huellas de las pizarras del Llandeilo.

Todo esto hace creer, pues, que el límite oriental de las pizarras del Llandeilo lo constituye el cabo de Peñas; allí comenzaba la cuenca de sedimentación llandeilense que se extendía mucho más ampliamente hacia el occidente de Asturias y Galicia.

3. EL PROBLEMA DEL GOTHLANDIENSE.—En Galicia (H-8, H-9), y en el occidente de Asturias, el Gothlandiense está muy bien representado estratigráfica y paleontológicamente. No así, en cambio, en el centro

de Asturias, donde a pesar de que ya desde Barrois (B-1) se ha observado en algunos puntos la presencia de ampelitas y cuarcitas delgadas que han sido atribuidas dudosamente al Gothlandiense, sólo en algunos puntos ha podido demostrarse paleontológicamente la presencia del Gothlandiense (G-1, G-2). Barrois compara a las pizarras y cuarcitas de Corral (= Llandovery inferior-medio) las capas de Vocal y del NW. de Llumeres. En efecto, al E. de Ferrero, en el cordal que domina el cantil costero y que se dirige hacia la punta de Vocal, los senderos que discurren por él cortan una formación pelítica constituida por ampelitas listadas, blancas y negras alternantes de 25-30 metros de potencia total visible, que se apoya claramente sobre las areniscas y grauvacas cámbricas. Estas capas están fuertemente deformadas en micropliegues bien visibles a la escala del metro y disarmónicas en relación a la estructura de conjunto. Son materiales petrográficamente semejantes a todo el Gothlandiense español, que tiene tanta uniformidad litológica. La orientación y buzamiento general son los mismos a veces que los de las grauvacas que les sirven de muro; otras veces son de direcciones reñegadas respecto a las de aquéllas. De todos modos, como estos materiales son enormemente plásticos están plegados disarmónicamente en relación con el substrato y probablemente están "despegados" del mismo, por lo que no es de extrañar no haya concordancia entre el supuesto Gothlandiense y su substrato.

Adaro (A-1) vio también estas capas y, como Barrios, las situó en las pizarras de Corral. Estos materiales forman una banda discontinua que atraviesa la base de la península del cabo de Peñas, entre Ferrero y Viodo, y se la encuentra todavía sobre los cantiles costeros, descansando siempre en discordancia mecánica sobre el Cámbrico.

Hay que hacer notar, no obstante, que las calizas cámbricas ya descritas tienen intercaladas capas de ampelitas muy parecidas petrográficamente a las que nos ocupan, lo que podría hacer creer que las capas de Vocal y de Viodo fueran cámbricas. La atribución de estas capas al Gothlandiense no está, pues, muy clara, y sólo provisionalmente, y con muchas reservas, puede hacerse una tal atribución.

En cambio, en la playa de Viodo, formando los cantiles costeros, hasta las inmediaciones de la ensenada de Llumeres, hay una serie de calizas carburadas y ampelitas negras grafitosas que tienen todas las características del Gothlandiense gallego y pirenaico; aparecen también los típicos nódulos de piritita y la eflorescencia de alumbre como producto de alteración. Hay algunos pliegues bastante complejos, a pesar de los cuales pueden distinguirse en esta serie dos elementos petrográficos superpuestos de abajo arriba:

- 50-60 m. Ampelitas negras y pftanitas delgadas (de 0,05 a 0,1 m.).
- 125-130 m. Calizas ampelíticas nodulosas y calizas grises negroides compactas.

También Barrois (B-1) atribuye con dudas al Gothlandiense esta serie. Nuestras búsquedas de fósiles han resultado infructuosas. Siguiendo el criterio de los autores precedentes, situaremos provisionalmente estas capas en el Gothlandiense, con todas las salvedades que hemos hecho para las capas de Ferrero.

4. RESUMEN ESTRATIGRÁFICO Y PALEOGEOGRÁFICO DEL SILÚRICO.—Admitiendo provisionalmente la presencia del Gothlandiense en el cabo de Peñas, la sucesión estratigráfica del Silúrico sería la siguiente:

Ordoviciense. Skiddawiense:

- 400 m. visible; cuarcitas y areniscas armoricanas con *Cruziana* y *Scolithus*.
- 20 m. Pizarras grises.
- 1-3 m. Capa de arenisca ferruginosa (hematites).

Llandeilo:

- 200 m. Pizarras azuladas negroides, nodulosas, micáceas, con *Dalmanella budleighensis*, *Leptaena beirrensis* e *Illaenus hispanicus*.
- 25 m. Pizarras claras grisáceas.

Gothlandiense (?):

- 25 m. Ampelitas blancas y negras.
- 50-60 m. Ampelitas negras y pftanitas delgadas.
- 125-130 m. Calizas ampelíticas nodulosas y calizas grises negroides compactas.

Esta sucesión de capas se inició en el Skiddawiense con un régimen de plataforma litoral y aun tal vez continental (LL-9), para pasar en del Llandeilo a un dominio más profundo o por lo menos más alejado del litoral; la zona de transición viene marcada por las areniscas ferruginosas que se depositaron en la plataforma continental, posiblemente en el momento en que se iniciaba una lenta inmersión, de transición al régimen pelágico del Llandeilo. Caso de pertenecer verdaderamente al Gothlandiense las capas de Ferrero y de Viodo, hay que admitir una laguna estratigráfica que comprendería desde el Arenig hasta el Llandovery por lo menos. La nueva etapa sedimentaria se inauguraría en el Llandovery en un mar de gran accidentación costera y batimétrica con zonas profundas poco aireadas y sin comunicación directa con

alta mar, donde se desarrollaría un medio reductor capaz de depositar las ampelitas y calizas carbonosas con sus nódulos piritosos. Es el régimen común a todo el Gothlandiense español y aun europeo.

### c) La estratigrafía del Devónico.

El Devónico constituye el sistema más interesante del Paleozoico de la zona estudiada, tanto por su extensión como por ofrecer multitud de problemas y complicaciones estratigráficas que hacen que la imagen que obtuvo Barrois (B-1) del mismo corresponda sólo a un punto de vista muy parcial, basado en cortes fragmentados a lo largo de la costa; aunque en su época constituyeron una obra maestra, hoy no llenan las exigencias de la moderna estratigrafía.

1. CLASIFICACIÓN ADOPTADA.—En otras ocasiones hemos planteado el problema de la clasificación del Devónico (LL-6, LL-7) sin llegar a la adaptación de una fórmula definitiva. En 1958 (LL-7) propusimos unas primeras bases estratigráficas sustentadas por los conocimientos que se tenían hasta la fecha; pero la metódica y minuciosa revisión estratigráfica de la zona estudiada y el reconocimiento detallado de otras zonas del W. de Oviedo nos han llevado a perfilar las anteriores bases y proponer la clasificación siguiente, que es la que se adopta para este trabajo.

Este cuadro se refiere a todo el centro de Asturias, pero ha de servir de base y punto de partida a todos los estudios que se inicien sobre el Devónico de Asturias.

2. LAS CAPAS GEDINIENSES.—Ya Barrois (B-1) observó la escasez de fósiles en las capas inferiores del Devónico asturiano. A esta ausencia no es ajeno, sin duda, el carácter detrítico dominante. Por este motivo Barrois designó con el nombre de "arenisca de Furada" todas las capas situadas por debajo de las calizas de Nieva, con *Spirifer histeri* (= *Hysterolites hystericus* Sow.). Pero la base de esta caliza corresponde ya al Siegeniense medio y por tanto las capas de Furada comprenden todo el Gedinense y el Siegeniense inferior o Siegeniense.

En nuestra región el Gedinense tiene mucha potencia y una estratigrafía asaz compleja. Uno de los mejores cortes puede obtenerse en el ya indicado camino vecinal de Luanco a Moniello, por Santa María. Las capas están invertidas y la sucesión estratigráfica es como si

Muro: Cuarcita armoricana.

15-16 m. Areniscas anaranjadas y amarillentas con arena en algún tramo.

2 m. Pizarras blancoazuladas.

Fig. 2.—CUADRO DE LA ESTRATIGRAFIA Y BIOZONAS DEL DEVONICO DE ASTURIAS Y SU COMPARACION CON EL DEVONICO EUROPEO

| PISOS-SUBPISOS                |             | ZONAS DE BRAQUIOPODOS   | OTROS FOSILES  | MATERIALES   | CLASIFICACION DE BARROIS  | ZONAS DEL DEVONICO EUROPEO   |
|-------------------------------|-------------|---|--|--|---|--|
| FAMENIENSE<br>D <sub>7</sub>  |             |   |  | 20-25 m. Arenisca ferruginosa.   | ARENISCAS DE CANDAS   | Zona de <i>Camarotoechia dumonti</i> .<br>Zona de <i>Camarotoechia omaliusi</i> .  |
| FRASNIENSE<br>D <sub>6</sub>  | B<br>A      | Subzona de <i>Camarotoechia</i> . (Capas de <i>Camarotoechia</i> ).<br>Subzona de <i>Atrypa reticularis</i> (max.)<br>Zona de <i>Cyrtospirifer verneuilli</i>                             | <i>Acervularia roemeri</i> .<br><i>Cyathophyllum coespitosum</i> ,<br><i>Cystiphyllum vesiculosum</i><br><i>Alveolites subaequalis</i>   | 120-160 m. Calizas corallinas, margas pizarras, todo de tonos grises.  | CALIZAS DE CANDAS con <i>Spirifer aerneuilli</i> S. <i>comprimatus</i> ,<br><i>Athyris concentrica</i> .  | Zona de <i>Rynchonella ferquensis</i> y <i>Chonites armata</i> .<br>Subzona de <i>Reticularia pachyrhynca</i> .<br>Subzona de <i>Cyrtiapsis bisinus</i> .<br>Subzona de <i>Lejartynca formosus</i> .<br>Subzona de <i>Cyrtospirifer orbelianus</i> .<br>Zona de <i>Hypothyridina cuboides</i> y <i>Spirifer bouchardi</i> .<br>Subzona de <i>Myopharia transrhenana</i> .  |
| GIVETIENSE<br>D <sub>5</sub>  | B<br>A      | Zona de <i>Stringocephalus cf. burtini</i> (Capas de Stringocefálicos)  |  | 80 m. Flysch calizo.<br>200 m. Areniscas, pizarras y calizas.  |   | Tránsito al Frasniense: <i>Cyrtospirifer verneuilli</i> y <i>Stringocephalus burtini</i> .<br>Zona de <i>Martinia pseudopachyrhynchus</i> .<br>Zona de <i>Spinocyrtia mediotexa</i> .<br>Zona de <i>Stringocephalus burtini</i> .<br>Zona de <i>Emmanuella undifera</i> y <i>Mucrospirifer mucromatus</i> .  |
| COUVINIENSE<br>D <sub>4</sub> | C<br>B<br>A | Subzona de <i>Uncinulus orbignyianus</i> .<br>Subzona de <i>Stropheodonta piligera</i> .<br>Zona de <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> .   | <i>Gosseletia devonica</i> .<br><i>Calceola sandalina</i> .<br><i>Schizophoria vulvaria</i> .<br><i>Hadocrinus hispaniae</i> .<br><i>Schizophoria vulvaria</i> .<br><i>Atrypa reticularis</i> (formas pequeñas y escasas).<br><i>Trigieria adrieni</i> .<br><i>Acrospirifer subspeciosus</i> | 50 a 350 m. Areniscas ferruginosas, areniscas, pizarras y cuarcitas delgadas.<br>40 a 100 m. Calizas azulgrises; margas y pizarras.<br>50-150 m. Calizas, margas y pizarras rojizas. | ARENISCA DE GOSSELETIA con <i>Gosseletia devonica</i> .<br>CALIZA DE MONIELLO con <i>Calceola sandalina</i> .<br>CALIZA DE ARNAO con <i>Spirifer paradoxus</i> , <i>S. cultrijugatus</i> , <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Pentamerus galeatus</i> . | Subzona de <i>Spinocyrtia ostiolata</i> .<br>Subzona de <i>Spirifer speciosus</i> .<br>Zona de <i>Uncinulus paralepipedus</i> .<br>Subzona de <i>Ptychospra parvula</i> .<br>Subzona de <i>Uncinulus orbignyianus</i> .<br>Subzona de <i>Stropheodonta piligera</i> y <i>Histerolites alatiformis</i> .<br>Zona sup. de <i>Spirifer cultrijugatus</i> .  |
| EMSIENSE<br>D <sub>3</sub>    | B<br>A      | Subzona de <i>Stropheodonta explanata</i> (max.).<br>Zona de <i>Euryspirifer paradoxus</i> .<br>Subzona de <i>Schizophoria vulvaria</i> (max.).<br>Zona de <i>Acrospirifer pellicoi</i> . | <i>Schizophoria vulvaria</i> .<br><i>Athyris palayensis</i> .<br><i>Athyris ferronensis</i> .<br><i>Anathyris alejensis-ezquerri</i> .<br><i>Acrospirifer subspeciosus</i><br><i>Trigieria adrieni</i> .   | 100-150 m. Calizas y pizarras alternantes.<br>Dolomías.<br>50-100 m. Calizas delgadas, pizarras y calizas margosas.  | CALIZAS DE FERROÑES con <i>Spirifer paradoxus</i> , <i>Athyris concentrica</i> , <i>A. phalaena</i> , <i>A. ezquerri</i> , <i>Phacops latifrons</i> .   | Zona inferior de <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> y <i>Stropheodonta piligera</i> .<br>Zonas de <i>Euryspirifer paradoxus</i> .<br><i>Paraspirifer auriculatus</i> .<br><i>Spirifer triseclus</i> .<br>Zonas de <i>S. decheni</i> , <i>Prosocoelus beushauseni</i> , <i>Brachyspirifer herci</i> , <i>Acrospirifer pellicoi</i> , <i>S. carinatus</i> , <i>Pleurodictyum problematicum</i> , <i>S. prumiensis</i> . |
| SIEGENIENSE<br>D <sub>2</sub> | C<br>B<br>A | Subzona de <i>Costospirifer trigeri</i> .<br>Subzona de <i>Trigieria adrieni</i> (max.).<br>Subzona de <i>Hysterolites hystericus</i> .   | <i>Platyorthis</i> sp.   | Dolomías.<br>100-120 m. Calizas negras y pizarras oscuras alternando con esquistosidad muy clara y vetas de calcita blanca.<br>Pizarras grises y anaranjadas, cuarcitas delgadas.    | CALIZAS DE NIEVA con <i>Spirifer hystericus</i> .<br>ARENISCA DE FURADA con <i>Spirifer hystericus</i> , <i>S. arduensis</i> .  | Subzona de <i>Spirifer densbergensis</i> .<br>Subzona de <i>R. crassicostra</i> y <i>S. solitarius</i> .<br>Subzona de <i>Hysterolites hystericus</i> y <i>Eospirifer nerei</i> .<br>Subzona de <i>Rensseloeria strigiceps</i> .<br>Zona de <i>Rensseleria</i> y <i>Acrospirifer primaeris</i> .<br>Zona de <i>Conchidium pseudoknighti</i> .  |
| GEDINIENSE<br>D <sub>1</sub>  |             |   |  | Areniscas ferruginosas.<br>Areniscas amarillentas.   |   | Zona de <i>Spirifer dumontianus</i> .<br>Zona de <i>Spirifer mercuri</i> .   |



- 5 m. Pizarras abigarradas arcillosas.
- 4 m. Arenas amarillentas.
- 1,2 m. Pizarra arcillosa amarilla con *Fenestrellina* sp.
- 3 m. Arcilla amarillenta.
- 4 m. Arena amarillenta.
- 20-25 m. Pizarras amarillas y azuladas listadas.

El corte se interrumpe por una zona de coluviones de 16 metros de longitud, continuando luego las capas devónicas con la misma orientación y buzamiento.

- Pizarras amarillentas.
- 1,5 m. Arenisca ferruginosa.
- 80 m. Pizarras grises amarillentas en capas delgadas.
- 2,5 m. Pizarra ferruginosa.
- 20 m. Pizarra amarillenta de pátina ocre.

Sigue una zona de tectonización en materiales semejantes a los anteriores; hay micro y mesofallas y pequeñas charnelas; luego la normalidad. Teóricamente puede establecerse una continuidad entre las capas anteriores y las que siguen:

- 11 m. Pizarras amarillentas.
- 6 m. Pizarras y areniscas delgadas.
- 2 m. Arenisca amarillenta algo ferruginosa.
- 1,5 m. Pizarras compactas amarillo ocre.
- 1 m. Arenisca gris amarillenta.
- 0,4 m. Pizarra azulada.
- 0,2 m. Pizarra amarillo-clara.
- 1 m. Pizarras compactas algo arenosas, color ocre.
- 0,05 m. Pizarra arcillosa clara.
- 0,8 m. Arenisca amarillenta.
- 1,5 m. Pizarras y areniscas delgadas.
- 1,4 m. Arenisca ferruginosa.
- 4-5 m. Arenisca cuarcitosa algo oscura.
- 0,2 m. Pizarra gris clara.
- 3 m. Arenisca cuarcítica listada con horizontes ferruginosos.
- 3-4 m. Pizarra ferruginosa.
- 1 m. Arenisca ferruginosa pobre, textura alveolar.
- 1,5 m. Pizarra gris verdosa algo micácea.
- 0,8 m. Arenisca ferruginosa.
- 3-4 m. Paso a cuarcitas listadas en capas de 0,5-0,1, impregnadas de hierro.
- 3 m. Pizarras arenosas abigarradas.

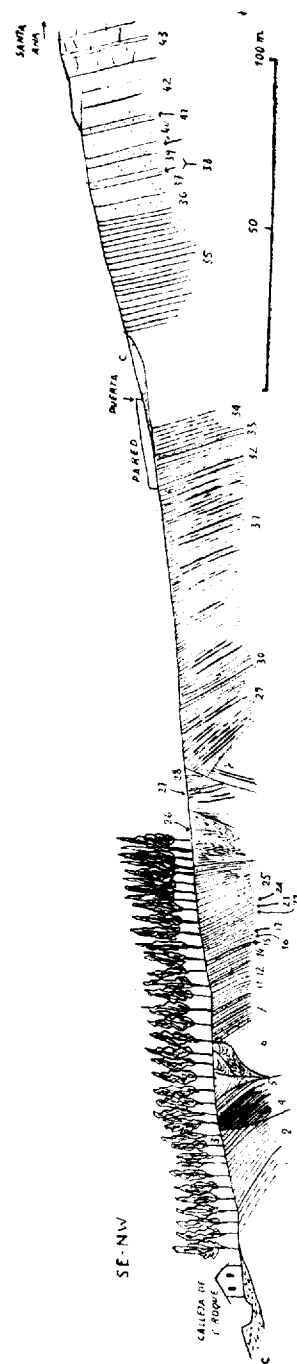


Fig. 3.—Corte geológico entre Luanco y Santa Ana.

1. Pizarras muy arcillosas amarillentas y anaranjadas; 2. Pizarras con buena esquistosidad amarillentas-verdosas friables, 6 m.; 3. Tramo cuarcítico, 3 m.; 4. Pizarras negras ampelíticas con algunos bancos compactos, 10-11 m.; 5. Areniscas verdoso-amarillentas, 5 m.; 6. Pizarras arenosas abigarradas, 3 m.; 7. Paso a cuarcitas listadas en capas de 0,5 a 0,1, impregnadas de Fe, 3-4 m.; 8. Arenisca ferruginosa; 9. Pizarra gris verdosa algo micácea, 1,5 m.; 10. Arenisca ferruginosa pobre, tipo alveolar, 1 m.; 11. Pizarra ferruginosa, 3-4 m.; 12. Arenisca cuarcítica listada con tramos ferruginosos, 3 m.; 13. Pizarra gris clara, 0,2 m.; 14. Arenisca cuarcítica algo oscura, 4-5 m.; 15. Arenisca ferruginosa (Fe), 1,4 m.; 16. Pizarras y areniscas delgadas, 1,5 m.; 17. Arenisca amarillenta, 0,8 m.; 18. Pizarra arcillosa clara, 0,05 m.; 19. Pizarras algo arenosas, compactas, color ocre, 1 m.; 20. Pizarra arcillosa clara, 0,2 m.; 21. Pizarra azul, 0,4 m.; 22. Arenisca gris amarillenta, 1 m.; 23. Pizarras ocre amarillentas compactas, 1,5 m.; 24. Arenisca amarillenta algo ferruginosa, 2 m.; 25. Pizarras y areniscas delgadas, 6 m.; 26. Pizarras amarillentas de pátina ocre, 11 m.; 27. Nivel ferruginoso, 0,2 m.; 28. Pizarra arcillosa clara tectonizada, 0,6 m.; 29. Pizarras amarillentas, pátina ocre, 20 m.; 30. Pizarra ferruginosa, 2,5 m.; 31. Pizarras como 26, 80 m.; 32. Pizarras gris-amarillentas en capas delgadas; 33. Arenisca ferruginosa, 1,5 m.; 34. Pizarras amarillentas; 35. Pizarras amarillas y azuladas listadas, 20-25 m.; 36. Arena amarillenta, 4 m.; 37. Arcilla amarillenta, 3 m.; 38. Pizarra arcillosa amarilla con *Briozoa*, 1,2 m.; 39. Arenas amarillentas, 4 m.; 40. Pizarras abigarradas arcillosas, 5 m.; 41. Pizarras blanco-azuladas, 2 m.; 42. Areniscas anaranjadas y amarillentas con arenas en algún tramo, 15-16 m.; 43. Cuarcita compacta.

Otra zona de dislocaciones interrumpe la serie estratigráfica, pasada la cual continúa:

- 5 m. Areniscas verdosas amarillentas.
  - 10-11 m. Pizarras negras ampelíticas, con algunos bancos compactos.
  - 3 m. Tramo cuarcítico.
  - 6 m. Pizarras con esquistosidad muy clara, amarillentas-verdosas, friables.
- Pizarras muy arcillosas, amarillentas y anaranjadas.

Un poco al N. del muelle del Gayo estas capas están en contacto con la zona de "calizas de Nieva". Los únicos fósiles en ellas hallados son en el banco de *Fenestrellina* de la base de la serie, que no nos da ninguna indicación precisa sobre su edad; por su posición entre la cuarcita armoricana y la "caliza de Nieva" debe situarse, no obstante, en el Gedinense.

En el cerro de Arpin, al NW. del Km. 34,5 de la carretera de Avilés a Gijón por Luanco, hay otro corte muy claro de las capas gedinenses; este cerro forma un pequeño horst que "perfora" las capas triásicas que ocupan un área bastante extensa entre los kilómetros 32 y 36 de dicha carretera; el muro de cuarcita armoricana está cubierto por coluviones y suelos, pero con toda probabilidad debe constituir la cumbre del cerro de Arpin, puesto que en la vertiente NW. se repiten las mismas capas gedinenses, lo que parece indicar la existencia de un anticlinal cuyo núcleo estaría formado por la cuarcita armoricana. Un corte a lo largo del camino (= caleyo) de la aldea de Arpin a la carretera muestra las siguientes capas:

Muro: Plano de falla con el Triás.

- 2 m. visibles de arenisca ferruginosa de alta ley.
- 4 m. Pizarras arcillosas blanquecinas.
- 7 m. Arenisca ferruginosa de alta ley, muy compacta.
- 2 m. Pizarras blanquecinas.
- 0,3 m. Arenisca ferruginosa de alta ley.
- 1,5 m. Pizarras blancas.
- 0,2 m. Arenisca ferruginosa roja.
- 0,3 m. Pizarras blancas.
- 1 m. Arenisca ferruginosa alternando con pizarras blancas.
- 1,5 m. Pizarras rojo-vinosas, micáceas.
- 2 m. Pizarras blancas con capitas de 0,1 de arenisca ferruginosa.

- 1 m. Arenisca ferruginosa.
  - 0,2 m. Arenisca amarillenta.
  - 40 m. Pizarras blanquecinas, areniscas y cuarcitas en capas de 0,1 y 0,2 m.
  - 1 m. Arenisca amarillenta.
  - 2 m. Arenisca ferruginosa.
- Pizarras grisáceas, que se hunden bajo los coluviones cuaternarios.

Las areniscas ferruginosas de todo este corte son muy compacta y de elevado contenido en Fe, dentro de este tipo de minerales devónicos, por lo que se explotan en galería emboquillada en el Triás, cerca del plano de falla.

La estratigrafía de detalle de este corte muestra marcadas diferencias litológicas con el corte de Santa Ana, del que dista poco más de siete kilómetros. La hilada ferrífera inferior es aquí mucho más rica y potente que en Santa Ana, lo que indica la existencia de importantes variaciones litológicas laterales en la serie gedinense. Estos cambios laterales son, por otra parte, muy frecuentes y acusados e todo el Devónico del centro de Asturias (LL-6, LL-7).

En el cerro del Peruyal, entre Arpin y San Juan de Fombona, NW. del Km. 37 de la carretera de Avilés a Gijón, existe una estructura semejante a la del cerro de Arpin, aunque los cortes que puede obtenerse son mucho menos claros por culpa de la vegetación; el interés principal de este cerro radica en que las capas altas pizarreñas gedinenses están casi en contacto con la serie caliza que se sitúa en el Devónico medio; no obstante, ni los contactos son claros, ni las calizas de Rueda tienen una edad concreta, puesto que no hemos hallado fósiles en ellas; no obstante, estas calizas llevan intercaladas capas pizarras gris azuladas en lajas, en todo idénticas petrográficamente a las del Gedinense de Santa Ana, a 200 m. de la carretera, al pie de una quinta de reciente construcción, estas pizarras contienen abundantes ejemplares de *Stropheodonta explanata* Sow. (= *Strophonema bifidum* Roem.), que se reparte sobre todo en el Emsiense A + B y en el Courensiense A; esto nos indica que la facies pelítica gedinense invade zonas mucho más altas estratigráficamente y que es preciso ser muy cauteloso antes de situar estratigráficamente un determinado afloramiento.

También aparecen las capas gedinenses al N. de la ría de Avilés entre Llodero y Xago, al NE. de San Juan de Nieva. En Llodero aparece la siguiente sucesión a lo largo del cordal:

Techo: Calizas negroides con *Hysterolites histericus* (= caliza de Nieva, Siegeniense B).

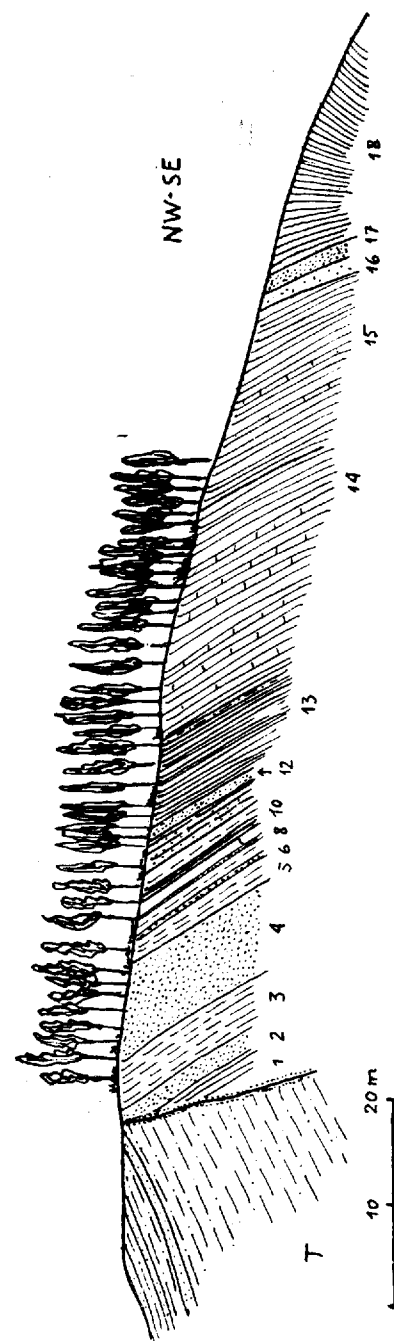


Fig. 4.—Corte de la vertiente SE. del Cerro de Arpin.

T, Triás. Margas abigarradas y areniscas rojas y delgadas; 1, Gedinense; 2, Arenisca ferruginosa de alta ley; 3, Pizarras arcillosas blanquecinas; 4, Arenisca ferruginosa de alta ley, muy compacta; 5, Pizarras blanquecinas; 6, Arenisca ferruginosa de alta ley; 7, Pizarras blancas; 8, Arenisca ferruginosa roja; 9, Pizarras blancas; 10, Arenisca ferruginosa alternando con pizarras blancas; 11, Pizarras rojo-vinosas micáceas; 12, Pizarras blancas con capas de 0,1 de arenisca ferruginosa; 13, Arenisca amarillenta; 14-15, Pizarras blanquecinas, areniscas y cuarcitas alternantes; 16, Arenisca ferruginosa; 17, Arenisca amarillenta; 18, Pizarras grisáceas.



- 40-50 m. Pizarras amarillentas, color camello.
- 20-25 m. Pizarras oscuras finamente micáceas, alternand con areniscas amarillentas en capas de 0,02 m
- 40-45 m. Pizarras negruzcas y grisáceas y cuarcitas co una capa de limonita de 1,5 m.

El detalle de esta hilada limonitífera es el siguiente, de arriba abajo:

- Pizarras negruzcas sericíticas.
- 4 m. Cuarcitas alternando con pizarras negras y blancas
- 10 m. Pizarras negruzcas y cuarcitas.
- 1,5 m. Limonita.
- 3-4 m. Pizarras oscuras blanquecinas.
- 8-9 m. Cuarcitas en bancos de 0,2, alternando con pizarras.
- 1,5 m. Pizarras negruzcas y blancas.
- 3 m. Cuarcitas y pizarras alternantes; las cuarcitas e capas de 0,05 y 0,2 m.
- 0,2 m. Pizarra blanca arcillosa.
- 2 m. Pizarra silíceo nodulosa, impregnada de óxidos d hierro.
- 3-4 m. Pizarras amarillentas oscuras en bancos de has 0,2 m.
- 5 m. Pizarras amarillentas con lechos delgados de p zarras blancas.
- 1,5 m. Pizarras negras finamente micáceas.

Esta serie es una de las raras que se pueden obtener en los alrededores de Llodero, pues generalmente los materiales están fuertemente plegados y no hay posibilidad de obtener buenos cortes estratigráfico por su posición por debajo de las calizas de Nieva, en Llodero, parec que estas capas deben de representar el Gedinense, o aún tal vez Siegeniense A.

En el cerro de Xago se puede obtener otro buen corte, sensiblemente de N. a S., a lo largo de la vertiente S. De arriba a abajo:

- 2 m. Pizarras oscuras con 30 % de oligisto.
- 6-7 m. Pizarras claras.
- 10 m. Pizarras oscuras muy impregnadas de óxido hierro.
- 3 m. Arenisca muy impregnada de óxido de hierro.
- 1 m. Cuarcita.
- 10 m. Capas verdosas de fractura astillosa con pistas.

- 10-12 m. Pizarras grises anaranjadas con zonas más rojizas por impregnación difusa de óxido de hierro.
- 50-60 m. Pizarras verdosas, cuarcitas en capas de 0,4-0,6 m. y areniscas ferruginosas alternantes.

Muro: No es visible.

En el frente NW. del acantilado de Llano Xagón, esta serie está cortada por meso y microfallas que desnivelan las capas. También a lo largo de la carretera que asciende a Xago, desde la de Avilés al cabo de Peñas, puede obtenerse otro corte interesante:

Muro: No es visible.

- 10 m. Pizarras grisáceas.
- 70-80 m. Pizarras amarillentas y anaranjadas con restos de braquiópodos (*Platyorthis* sp.) y crinoideos.
- 120-150 m. Pizarras grises y negras, cuarcitas delgadas y areniscas con braquiópodos.

Estos últimos 120-150 metros de pizarras grises y cuarcitas deben equivaler en parte a la caliza de Nieva, puesto que en la inmediata zona

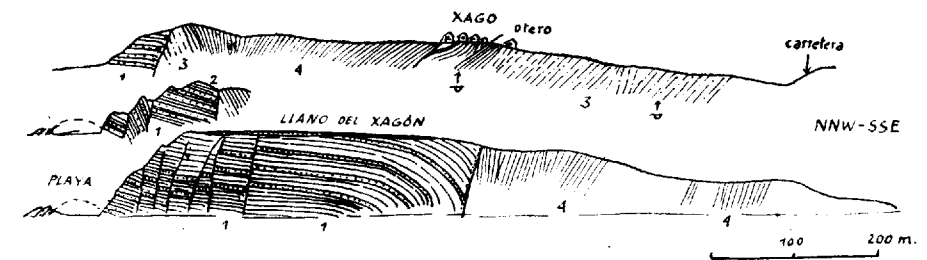


Fig. 5.—Corte geológico del Devónico inferior de Xago.

- 1, Serie basal de areniscas, cuarcitas, areniscas ferruginosas y pizarras verdes con pistas, 100 m.; 2, Pizarras grisáceas, 10 m.; 3, Pizarras amarillas y anaranjadas con restos de braquiópodos (*Platyorthis* sp.) y crinoideos, 70-80 m.; 4, Pizarras grises, negras, cuarcitas delgadas y areniscas con braquiópodos, 120-150 m.

de Santa Eulalia de Laviana tienen poca potencia y la indicada facies pelítica invade los litotopos calizos de todo el Siegeniense por lo menos.

Finalmente, en la costa NE., entre el cabo de Peñas y Bañugues, encontramos el último gran afloramiento gedinense de esta zona, en el anticlinorio de Llumeres; es un anticlinorio volcado al SE. y, por tanto, toda la estratigrafía del flanco SE. está invertida; en efecto, en la carretera de Bañugues a Cabo de Peñas, entre Corín y El Pueblo, el Gedinense descansa anormalmente sobre la caliza de Nieva, que integra toda la costa desde la Punta Narvata hasta Bañugues. En di-

cha Punta Narvata, el contacto del Gedinense con la caliza de Nieva es una falla NNE.-SSW.; no obstante aparecen en este contacto capas muy bajas del Gedinense, formadas por pizarras verdes, cuarcitas y areniscas ferruginosas equiparables a las capas de la base del cantil de Llano Xagón. Las capas de este anticlinorio están muy replegadas y los buenos afloramientos son escasos, de tal modo que en ningún punto es posible ver una serie completa, siendo preciso reconstituirla utilizando cortes parciales. Así, a lo largo de la carretera de Bañügues a Cabo de Peñas, a partir de Corin-El Pueblo puede obtenerse el siguiente perfil, en capas al parecer en posición normal:

Muro: Falla con la caliza de Nieva.

- 20 m. Pizarras azuladas en lajas delgadas.
- 0,5 m. Hematites.
- 15 m. Pizarras azuladas.
- 6-8 m. Pizarras claras.
- 1 m. Hematites.
- 45-50 m. Pizarras azuladas con cuarcitas delgadas alternando.
- 0,2 m. Hematites.
- 65-70 m. Pizarras azuladas alternando con cuarcitas delgadas.
- 20-25 m. Pizarras claras.

Esta serie debe superponerse, a nuestro modo de ver, a las capas basales de areniscas, cuarcitas, pizarras verdes y areniscas ferruginosas.

Más hacia el W., hacia Llumeres y al S. de Viodo, se desarrollan las mismas capas o sus vecinas muy replegadas, formando probablemente charnelas accesorias al gran anticlinorio de Llumeres.

Estos accidentes pueden seguirse tanto a lo largo del trozo de carretera de Quintana a Viodo, como siguiendo la línea de vagonetas de las minas de hierro de "Duro-Felguera, S. A.", que explota las capas de hematites de la base de la formación.

En las vertientes meridionales del monte de Merín pueden obtenerse cortes parciales de la misma serie. Un poco al NW. del lavadero de la aldea de La Cabaña hay una capa de arenisca ferruginosa de dos y medio a tres metros de potencia que ha sido explotada y va intercalada en una formación de cuarcitas y areniscas de 12-15 metros visibles; en el cordal del monte de Merín las calicatas la han cortado de nuevo, probablemente desplazada por una falla; estas capas se arrumban al NW. en la mina y al N. en el cordal, y buzan 40° W.

3. LAS CAPAS DE LA ZONA SANTA LEOCADIA, EL CAMPO, PODES, BARREDA.—Al E. de San Juan de Nieva se extiende una amplia zona de unos 120 kilómetros cuadrados, formada íntegramente por pizarras gris-azuladas con las mismas características de las ya descritas del Gedinense, que llevan intercaladas capas de caliza de espesor variable entre 4-5 metros y 25-30 metros. Están muy replegadas y se hace difícil obtener buenas series estratigráficas; la mayoría son muy locales, lo que dificulta su comparación mutua.

Al N. del cruce de carreteras de San Juan de Nieva y de Barredo a Cabo Peñas, puede obtenerse el siguiente perfil:

Muro: No es visible.

- 30 m. Calizas grises pizarreñas.
- 100 m. Pizarras azuladas grisáceas con capas de areniscas y cuarcitas intercaladas.
- 50-60 m. Areniscas pizarreñas amarillentas.

En el camino que parte del indicado cruce de carreteras y se dirige al caserío de Iboyo puede obtenerse el corte que sigue:

Muro: No es visible.

- 100-150 m. Pizarras gris azuladas.
- 80-100 m. Pizarras ocre algo rojizas.
- 5-6 m. Caliza gris compacta.
- 5 m. Pizarras blancas con manchas negras.
- 30-35 m. Areniscas amarillentas.

En el mismo cruce ya indicado hay también una serie de calizas dolomíticas amarillentas, calizas con crinoideos y pizarras con una potencia total de 30-35 metros que con toda probabilidad debe colocarse encima de la serie del camino de Iboyo.

Resulta de estas observaciones, que en esta zona puede reconstruirse una serie formada, en sus líneas generales, de la manera siguiente:

Muro: Serie de areniscas, cuarcitas y areniscas ferruginosas gedinenses.

- 200-250 m. Pizarras gris azuladas, pizarras blanquecinas y pizarras rojizas.
- 50 m. Calizas grises, calizas oscuras pizarreñas en bancos de 5 a 30 m., alternando con pizarras gris azuladas.
- 100 m. Pizarras azuladas grisáceas.
- 40-60 m. Areniscas amarillentas.

La serie caliza equivale con toda probabilidad a la caliza de Nieva,

lo que indica que la facies pelítica gediniense representada por las pizarras gris azuladas invade el Siegeniense B y probablemente la base del C (= caliza de Ferroñes). Como ya vemos, todavía en el Emsiense quedan residuos de esta persistencia en el tiempo, de la facies pelítica gediniense.

4. LAS CALIZAS DE NIEVA.—El tramo denominado por Barrois (B-1) "pizarras y calizas de Nieva" corresponde a nuestro Siegeniense B, y a la subzona de *Hysterolites hystericus* del Devónico europeo. Está muy bien representado en toda la costa occidental del Cabo de Peñas, desde San Juan de Nieva a Ferrero, la mayoría de los cantiles costeros, desde Xago a Ferrero están formados por este tramo. También en la costa oriental aparece en Luanco y en Bañugues.

Petrográficamente está constituido por una alternancia de calizas compactas, calcoesquistos y pizarras margosas, todo de tonos oscuros, casi negros, con abundancia de diaclasas de desgarre rellenas de calcita blanca, y esquistosidad muy clara y bien desarrollada a 70° respecto a la estratificación; esta esquistosidad es tan constante y bien definida que en afloramientos poco extensos puede confundirse con los planos de estratificación.

Barrois (B-1) cita, en el tramo de la caliza de Nieva, la siguiente fauna:

Tetracoralarios:

*Zaphaentis celtica* Lam.

Tabulados:

*Favosites fibrosa* Gold.

Stromatopóridos:

*Stromatophora concentrica* Gold.

Braquiópodos:

*Orthis striatula* Schl. (= *Schizophoria striatula* Schl.).

*O. orbicularis* V. (= *Dalmanella fascicularis*).

*Streptorhynchus umbraculum* Schl. (= *Schelwienella umbraculum*).

*Strophonema murchisoni* V. (= *Stropheodonta murchisoni*).

*S. interstitialis* Phill.

*Spirifer concentricus* Schnur.

*S. subspeciosus* V. (= *Acrospirifer subspeciosus*).

*S. elegans* Stein (= *Hysterolites elegans*).

*S. hystericus* Schl. (= *Hysterolites hystericus*).

*Athyris undata* DeFr.

*A. concentrica* V. Buch.

*A. ferronesensis* V. A.

*Rhyncospira guerangeri* V.

*Rhynchonella (Wilsonia) pila* Schnur (= *Uncinulus pila*).

*R. pareti* V. (= *Camarotoechia daleidensis* Maill.).

*R. douvillei* nov. sp.

*R. letissieri* Oehlert.

Cefalópodos:

*Orthoceras crassum* F. A. Roem.

Pterópodos.

*Tentaculites scalaris* V. Scholt.

*T. alternans* F. A. Roem.

Trilobites:

*Homalonotus pradoanus* V.

Algunas de estas especies tal vez no estén bien determinadas, como indica Comte (C-8) en su estudio sobre los braquiópodos de Asturias y León; *Schizophoria striatula*, por ejemplo, es una especie que aparece en el Emsiense y que, por tanto, no puede encontrarse en la caliza de Nieva.

Este tramo de caliza de Nieva, aunque llamado así por Barrois (B-1), es probablemente en Nieva donde está peor representado petrográficamente y paleontológicamente; en efecto, en el primer tercio del cordal que une Nieva con Llodero aparecen diversos fragmentos de estas capas desplazados por fallas alpídicas y fuertemente plegados por la tectogénesis herciniana; la carretera, trazada sobre este cordal, corta algunos fragmentos de esta formación, con los que se puede reconstruir la siguiente serie:

Muro: No visible.

15-20 m. Calizas grises alternando con areniscas amarillentas y pizarras oscuras, todo en capas de hasta 0,05 m.

6-7 m. Pizarras oscuras.

5-6 m. Calizas lumaquéllicas grises y pizarras oscuras en capas de 0,2 m. Las calizas contienen *Hysterolites hystericus* Schlot., *Dalmanella fascicularis* Vern., *Hysterolites elegans* Stein. y otros braquiópodos, algunos coralaris y briozoos.

8-10 m. Calizas arenosas con braquiópodos, especialmente



*Hysterolites hystericus* Schlot., en capas delgadas y onduladas con aspecto de trenza.

5-6 m. Calizas y pizarras oscuras alternando.

El total de esta formación es de unos 50-60 metros. Una sucesión parecida puede verse en el cantil de Murio, al N. de Xago, donde las capas están sensiblemente horizontales; en los cantiles, sobre el mar, puede recogerse en la marea baja una fauna típica:

*Hysterolites hystericus* Schlot.

*H. elegans* Stein.

*Acrospirifer subspicosus* Vern.

*Athyris concentrica* V. Buch.

*A. ferronensis* Vern. Arch.

*Stropheodonta murchisoni* Vern. y Arch.

*Camarotoechia* cfr. *nucula* Saw.

*C. daleidensis* Roem.

*Uncinulus pilus*.

*Tentaculites scalaris*.

Briozoos y coralaros.

En toda la zona costera desde Murio, por Tresmuriros, Verdicio y Ferrero, estas calizas están fuertemente plegadas, formando pliegues acostados y tumbados, integrantes de un manto que describiremos en Tectónica. En la playa de Verdicio, en el borde N., en las calizas se encuentran:

*Hysterolites hystericus* Schlot.

*Rhipidomella* sp.

*Schizophoria* sp.

además de la misma fauna ya citada en Murio.

En la playa de La Cabaña hay una magnífica charnela de un pliegue acostado, en uno de cuyos flancos puede obtenerse la siguiente sucesión:

Muro: No es visible.

10-12 m. Calizas carburadas y pizarras oscuras alternando, en capas de 0,05-0,1 m.

10 m. Caliza gris compacta con *Hysterolites hystericus* Schlot.

3-5 m. Pizarras oscuras.

8 m. Calizas grises con braquiópodos y briozoos.

2-3 m. Pizarras oscuras.

6 m. Calizas grises con braquiópodos.

10-12 m. Pizarras oscuras y calizas negras en bancos de 0,05-0,2 m. alternando.

Este afloramiento es el último de este tramo en la costa NW. En la costa NE., en cambio, vuelven a aflorar con caracteres bastante distintos, puesto que las pizarras son sustituidas por caliza formando un tramo bastante uniforme que se desarrolla especialmente en Bañugues. El segmento de costa del N. de Bañugues, entre Cabo de Narvata, Segareo y la ensenada de Bañugues, está formado por estas calizas, diversamente plegadas; del conjunto de estos pliegues puede extraerse la siguiente serie estratigráfica, especialmente de la costa W. de la ensenada de Bañugues:

Muro: No es visible.

60-65 m. Calizas grises esquistosas en la parte alta, con esquistosidad transversal, que se confunde con la estratificación. Hay horizontes lumaquéllicos en los que hemos recogido:

*Hysterolites hystericus* Schlot.

*Hysterolites* sp.

*H. cf. angustus* Hall.

*Stropheodonta murchisoni* Vern. et Arch.

*S. sp.*

*Schizophoria* sp.

*Athyris ferronensis* Vern. et Arch.

*Camarotoechia* cf. *nucula* Sow.

*C. daleidensis* Roem.

*C. sp.*

*Rhipidomella* sp.

*Platyorthis* sp.

Coralaros y briozoos.

12 m. Calizas grises compactas, más claras en la parte alta.

20 m. Calcoesquistos y calizas con *Favosites* y estromatopóridos.

5 m. Calcoesquistos grises.

5 m. Caliza gris compacta en capas de 0,1-0,2 m., con pizarras oscuras intercaladas.

0,4 m. Pizarra limonitífera.

10-12 m. Calizas grises listadas con microestratificación clara.

Esta formación está orientada N.-S. y buza 42° W.; en la costa se pliega en anticlinal, del que constituye el flanco W.

Al E. de Bañugues, en la costa entre la ensenada de Bañugues y la de Moniello, las capas están muy intensamente plegadas; los pliegues se desarrollan sobre todo entre las calizas de Nieva y las de Ferroñes; las primeras forman normalmente las charnelas anticlinales y las segundas los sinclinales; en el extremo W. de dicha costa la zona caliza de Nieva está ligada con un horizonte de caliza brechoide con microestratificación entre los elementos de la brecha que tiene el aspecto de una brecha de base de arrecife coralino y se encuentra intercalada en la serie clásica de Nieva. Es posible, pues, que en esta serie haya biohermas como las que aparecen más tarde en el Emsiense, en el Couviniense, en el Givetiense y en el Neodevónico.

El afloramiento más oriental de las calizas de Nieva, dentro de la zona estudiada, lo hemos visto en el puerto de Luanco, en contacto por falla con el Gargasiense, en la extremidad del puerto del Gayo y casi todo él está constituido por calizas carburadas alternando con pizarras oscuras, en capas delgadas; en el mismo puerto hay una cantera antigua con calizas grises lumaguélicas con *Hysterolites hystericus* Schlot. y otros braquiópodos.

Hacia el interior, al W. de Luanco y al N. de la carretera a Avilés, en Nembro, hay otros afloramientos de las calizas de Nieva; entre el molino de la Barrera y Cantalarrana aparece el flanco E. de un anticlinal, vergente al SE., en el que se reconoce la siguiente sucesión:

Muro: Pizarras gris azuladas gedinienses.

50-60 m. Calizas oscuras, pizarreñas, con vetas de calcita blanca y restos de braquiópodos.

70-80 m. Calcoesquistos grises con numerosos briozoos.

Estas capas se dirigen hacia el SW., terminando cerca de La Eria, en contacto por una falla NW.-SE. con el Triásico.

5. EL "COMPLEJO ESTRATIGRÁFICO DE FERROÑES".—Barrois (B 1) colocaba las "calizas y pizarras de Ferroñes" sobre las calizas de Nieva. Si desde el punto de vista petrográfico la diferenciación es muy clara, no lo es tanto, en cambio, desde el estratigráfico, toda vez que mientras las calizas de Nieva se identifican sensiblemente con el Siegeniense A y B, sobre todo con el B, subzona de *Hysterolites hystericus*, las calizas de Ferroñes comprenden el Siegeniense C y todo el Emsiense.

La caliza de Ferroñes, en la zona estudiada, está bien representada en la costa del E. de la ensenada de Llumeres, hasta la punta del Aguión, en Moniello. En esta zona las calizas de Ferroñes aparecen en



Fig. 6.—Planta y corte del segmento de costa comprendido entre las ensenadas de Bañugues y Moniello. 1, Siegeniense B. Calizas brechoides; 2, Pizarras; 3, Calizas margosas oscuras con esquistosidad muy clara, con *Hysterolites hystericus* (= Caliza de Nieva); 4, Siegeniense C - Emsiense. Pizarras; 5, Calizas grises lumaguélicas con braquiópodos (= Caliza de Ferroñes); 6, Calizas delgadas y pizarras alternantes. Horizonte de *Unctulus orbignyana*; 7, Couviniense A. Calizas rojas y margas rojizas con crinoideos (= Caliza de Arnao); 8, Caliza gris con coralarlos y fauna del Siegeniense B (= Caliza de Nieva).

los ejes de una serie de sinclinales vergentes todos al E. Allí donde Barrois observó una serie isoclinal invertida inclinada al W., hay realidad una sucesión de pliegues con magníficas charnelas, con repetición de horizontes, en los que es muy difícil obtener una buena serie estratigráfica. Barrois cita de esta zona las siguientes especies:

- Zaphrentis celtica* Lam.
- Michelinia geometrica* Edw. H.
- Favosites fibrosa* Gold.
- Stromatophora polymorpha* Gold.
- Orthis striatula* Schloth. (= *Schizophoria striatula* Schloth.)
- Orthis beaumonti* Vern. (= *Schizophoria vulvaria* Schloth.)
- O. subcordiformis* Kays.
- Streptorhynchus umbraculum* Schlot. = *Schelwienella umbracula* Schloth.)
- Strophonema sedwickii* V. et A. (= *Strophonema sedwickii* Vern. et Arch.)
- Spirifer subspeciosus* Vern. (= *Acrospirifer subspeciosus* Vern.)
- S. paradoxus* Schloth. (= *Acrospirifer pellicoi* Vern., se Barrois).
- Rhynchonella parallelepipedata* Braun. (= *Uncinulus parallelepipedus* Braun.)
- Platyceras priscus* Gold.

En el borde W. del segmento de costa que se desarrolla entre la ensenada de Bañugues y Moniello, la serie de Ferroñes está formada por tres horizontes:

Muro: Calizas de Nieva.

12-15 m. Pizarras grises oscuras, a veces algo margosas, con

- Schizophoria vulvaria* Schloth.
- S. striatula* Schloth.
- Platyorthis* cf. *circularis* Sow.
- Paramorthis elegantula* Dalm.
- Trienia adrieni* Vern. Arch.
- Schelwienella umbracula* Schloth.
- Strophonema sedwickii* Vern. et Arch.
- Acrospirifer pellicoi* Vern.
- Zaphrentis* sp.
- Otros coralarios.
- Briozoos.

20 m. Calizas grises de pátina amarillenta, lumaquéllicas, que constituyen las típicas calizas de braquiópodos de Ferroñes. Los fósiles son difíciles de extraer a pesar de su abundancia. Hay lajas formadas por un 60-70 % de *Schizophorias*, sobre todo *Schizophoria vulvaria* Schloth. Son formas mucho mayores que las que hemos visto en el resto del Siegeniense-Emsiense de Asturias, pues llegan a tener 8-10 cm.; puede tratarse de una variedad gigante. La fauna reconocida es la siguiente:

- Schizophoria vulvaria* Schloth. 60 %.
- S. striatula* Schloth. 5 %.
- Acrospirifer pellicoi* Vern. 15 %.
- A. subspeciosus* Vern.
- Aurispirifer paradoxus* Schloth.
- Costospirifer trigeri* Vern.
- Strophonema sedwickii* Vern. et Arch.
- Briozoos.
- Coralarios.
- Crinoideos.

60-70 m. Calizas grises y amarillentas en capas delgadas de 0,4 a 2 m. alternando con horizontes de pizarras grises; las calizas contienen la misma fauna del horizonte anterior. Hay bancos de *Favosites* y *Alveolites*, y otros formados totalmente por la acumulación de restos de *Schizophoria*, sobre todo *S. vulvaria* Schloth.

Estas capas representan el límite Siegeniense A - Emsiense A, como lo acredita la presencia en ellas de *Acrospirifer pellicoi* Vern., cuya biozona comprende el Siegeniense C y Emsiense A. *Costospirifer trigeri* Vern. se desarrolla en una subzona inferior dentro del Siegeniense C, y lo propio pasa con la biosubzona de *Trigeria adrieni* Vern. et Arch. Lo más probable es, pues, que en esta región no puedan deslindarse netamente las zonas y subzonas del límite Siegeniense C - Emsiense.

6. EL COUVINIENSE.—El moderno Couviniense (= Eifeliense) comprende tres tramos, denominados por Barrois (B-1) "caliza de Arnao", "caliza de Moniello" y "arenisca de Gosseletia", que corresponden a los horizontes A, B y C del Couviniense.

En la región estudiada, el Couviniense aparece únicamente en la zona oriental, al NW. y SW. de Luanco. El mejor corte aparece en costa, en los alrededores de Moniello, nombre que utilizó Barrois para su segundo tramo. Allí, sobre los 60-70 metros de pizarras y calizas de Ferroñes (Siegeniense C - Emsiense A) aparecen bancos de calizas rojas ricas en entronques de crinoideos, tanto que en ocasiones están formadas exclusivamente por lumaquelas de crinoideos (calizas de entronque); estas calizas sirven de muro a una formación de pizarras y margas rojas y abigarradas, también con abundantes entronques en las zonas más calizas. En Arnao, estas calizas, semejantes con la misma situación estratigráfica, contienen bellos cálices de *Hadocrinus hispaniae* que no hemos visto en Bañugues. Barrois las sitúa en la base del Eifeliense, y en efecto, en otros lugares de Asturias contienen *Paraspirifer cultrijugatus* Vern. y *Uncinulus orbignyana*. Barrois (B-1) cita también aquí *Rhynchonella orbignyana* (= *Uncinulus orbignyana* Vern.), pero nosotros no hemos podido encontrar este fósil.

Estas capas se desarrollan en una pequeña y escabrosa ensenada, al W. de la Punta del Aguión. Este promontorio está formado ya por calizas grises-blanquecinas con coralaris. Barrois cita en esta caliza una serie de especies:

- Aulopora serpens* Schloth.
- Thecostegites parvula* Edw. H.
- Metriophyllum bouchardi* Edw. H.
- Cyathophyllum decheni* Edw. H.
- C. steiningeri* Edw. H.
- Cystiphyllum vesiculosum* Gold.
- Microplasma munieri* Bar.
- Calceola sandalina* Lam.
- Favosites goldfussi* Edw. H.
- F. fibrosa* Gold.
- Pachypora polymorpha* Godl.
- P. reticulata* Gold.
- Trachypora elliptica* Bar.
- Monticulipora tonubiae* Edw. H.
- M. trigeri* Edw. H.
- Alveolites ruborbicularis* Lam.
- A. velaini* Bar.
- Colnites clathratus* Steia.
- Stromatopora polymorpha* Gold.
- Hexacrinus cf. callosus* Schul.
- Cyathocrinus pinnatus* Gold.

- Fenestrella prisca* Gold. (= *Fenestrellina prisca* Gold.).
- F. explanata* F. A. Roem. (= *Fenestrellina explanata* F. A. Roem.).
- Retepora antiqua* Gold.
- Chonetes minuta* Gold.
- Orthis striatula* Schloth. (= *Schizophoria striatula* Schloth.).
- O. tetragona* F. Roem.
- O. eifeliensis* Vern.
- O. fascicularis* Vern.
- Strophonema sedwickii* Vern. Arch. (= *Stropheodonta sedwickii* Vern. Arch.).
- Anaplotecha lepida* Gold.
- Cyrthina heteroclita* Defr.
- C. hispanica* d'Orb.
- Retzia adrieni* Vern. (= *Trigeria adrieni* Vern.).
- Atrypa reticularis* Schloth.
- Rhynchonella orbignyana* Vern. (= *Uncinulus orbignyana* Vern.).
- R. kayseri* Barn.
- R. cypris* ? d'Orb.
- Pentamerus oehlerti* Bar.
- Platystoma lineata* Gold.
- Phacops latifrons* Brong.

No obstante, nuestras búsquedas han sido infructuosas para hallar esta fauna de Barrois. En el margen E. de la Punta del Aguión hemos encontrado numerosos coralaris, estromatopóridos y tabulados, que son muy difíciles de extraer y que no han sido determinados, pero no hemos podido hallar restos de braquiópodos. Por sus características petrográficas, la caliza de Aguión se parece mejor a la de Nieva que a los tramos que en otras zonas del Devónico asturiano corresponden claramente, por su posición estratigráfica, con la caliza del Couviniense B. Por otra parte, no hemos encontrado en ella ningún fósil característico, así es que, provisionalmente, hemos de considerar estas capas como ligadas estratigráficamente mejor a la caliza de Ferroñes que a la de Arnao. De todos modos es necesaria una meticolosa revisión de la fauna coralina que abunda en ella, para poder tomar decisiones definitivas a este respecto, aunque en el mapa lo hayamos representado como Couviniense B, siguiendo el criterio de Barrois, pero expresando nuestras dudas (\*).

(\*) Recientemente hemos encontrado en estas calizas una fauna de braquiópodos que las sitúa en el Siegeniense B.

Podemos pues, provisionalmente, considerar el Couviniense de esta zona de la manera siguiente:

*Couviniense A:*

- 15 m. Calizas rojizas con crinoideos (caliza de Arnao).  
70-80 m. Pizarras verdosas y rojizas con crinoideos.

7. LAS CAPAS GIVETIENSES Y FRASNIENSES DEL SE. DE LUANCO.—Las capas más altas del Devónico de la zona reconocida pertenecen al Givetense y Frasnense; el último se encuentra ya fuera del ángulo S de nuestro mapa, en Perlora. En toda la costa del SE. de Luanco hasta Candás, las capas devónicas escaparon a Barrois, por creerla formada exclusivamente por el Triás y por el Cretácico; no obstante, un cor espléndido del Givetense puede obtenerse recorriendo la costa entre la playa de la Rivera de Luanco y Andromero, al S. de la ermita de Carmen.

En el cantil del N. de Andromero hay una falla del Devónico con el Cretácico; el Cretácico forma un pequeño cabo y la falla pasa por el istmo; desde este punto hacia el N., hasta la ermita del Carme siguiendo el cantil, puede obtenerse una serie muy interesante, de arriba a abajo:

- 1) 12-15 m. Pizarras grises margosas con capas calizas delgadas intercaladas. Las calizas contienen algunas *Atrypa reticularis* y crinoideos.
- 2) 40 m. Pizarras margosas marrón oscuras; allí donde tuerc el camino de Andromero a la playa hemos recogido la siguiente fauna:

*Atrypa reticularis* (abundante).  
*A. desquamata* mut. *magna* Graban (rara).  
*A. douvillei* Manley (poco frecuente).  
*Atrypa* sp.  
*Atrypa* sp.  
*Atrypa* sp.  
*Dalmanella* sp.  
*Camarotoechia* sp.  
*Rhydomella* sp.  
*Stringocephalus* cf. *burtini* DeFr. (raro).  
*Cyrtina heteroclita* DeFr.  
*Isorthis* sp.  
Crinoideos.  
Briozoos.  
Coralarios.

- 3) 20 m. Margas nodulosas y calizas alternantes, las primeras en capas de 0,05-0,03 m.; las calizas en capas de 0,01 a 0,05 m. El conjunto es una facies flysch; capa unidad es la secuencia marga nodulosa-caliza.
- 4) 0,2 m. Arenisca rojiza con algunos coralarios.
- 5) 4 m. Caliza rojiza grisácea con pistas y tallos de crinoideos. Contiene además:  
*Atrypa reticularis*.  
*Stringocephalus* cf. *burtini* DeFr.  
*Atrypa* sp.  
*Atrypa* sp.  
*Orthoceras* sp.  
Crinoideos.  
Otros braquiópodos no determinados.
- 6) 15 m. Serie flysch, idéntica a la 3). Está plegada y fracturada por fallas; las capas más bajas se apoyan sobre
- 7) 6 m. Caliza arenosa, margosa y pizarrea, conteniendo:  
*Atrypa douvillei* Mansuy.  
*Atrypa* sp.  
*Stringocephalus* cf. *burtini* DeFr.  
*Stringocephalus* sp.  
*Productella* cf. *subaculeata* Murch.  
*Stenochisma* cf. *acutelobata* Sanberg.  
*Schizophoria striatula* Schloth.  
*Camarotoechia* sp.  
*Isorthis* sp.  
Briozoos, crinoideos y coralarios.  
Otros braquiópodos no determinados.
- 8) 25 m. Flysch gris amarillento formado por la secuencia marga nodulosa-caliza en capas delgadas. El corte puede continuarse al otro lado de la playa del Carmen, junto a la desembocadura del arroyo de Caneo.
- 9) 2 m. Caliza oscura de pátina amarillenta con algunos fósiles, entre ellos *Stringocephalus* cf. *burtini* DeFr.
- 10) 2 m. Pizarras y calizas margosas gris amarillentas.
- 11) 0,5 m. Calizas.
- 12) 0,5 m. Arcillas abigarradas.
- 13) 10 m. Arenisca amarillenta con vetas rojizas.
- 14) 5 m. Margas grises con nódulos de caliza y algunos bra-



quiópodos, entre ellos *Stringocephalus cf. burtini* Defr.

- 15) 2 m. Calizas grises pasando lateralmente a margas como 14).
- 16) 7 m. Calizas margosas nodulosas como 14). Los nódulos se trifurcan originando sendas bandas calizas.
- 17) 0,5 m. Marga rojiza con nódulos de caliza.
- 18) 5 m. Margas como 14).
- 19) 50 m. Flysch pizarreño con delgadas bandas de caliza.
- 20) 5 m. Caliza nodulosa brechoide; en la base tiende a pasar a flysch.
- 21) 9 m. Arcillas abigarradas.
- 22) 5 m. Margas rojizas y amarillentas.
- 23) 16 m. Margas grises calizas; muy calizas en la base.
- 24) 4 m. Calizas margosas grises.
- 25) 11 m. Arcillas abigarradas.
- 26) 3 m. Arenisca ferruginosa, amarilla en el techo.
- 27) 4 m. Areniscas amarillentas algo ferríferas.
- 28) 2 m. Arenisca ferruginosa.
- 29) 7-8 m. Arenisca amarillenta, con zonas ferríferas.
- 30) 20 m. Arcillas y areniscas amarillentas.
- 31) 20 m. Areniscas blanco-verdosas.
- 32) 6-7 m. Arcillas abigarradas y brechas de matriz arcillosa; los elementos de la brecha son de la arenisca 31).

Esta brecha es probablemente brechita de falla. Todo este conjunto buza al S. y se orienta W.-E.; las capas de Andromero están inclinadas a 45° S., pero a medida que progresa el corte hacia el N. se van poniendo verticales. Las capas 25 a 31 están verticales. Esto hace pensar en el flanco S. de un anticlinal cuyo núcleo serían las areniscas ferruginosas 25) a 31). La sucesión estratigráfica corrobora también esta idea, puesto que las capas con *Stringocephalus cf. burtini* Defr. deben de ser las representantes de las capas de stringocefálicos del Devónico europeo, zonas de *Emmanuella undifera* y de *Stringocephalus burtini*. Por lo tanto, todas las capas del 1) al 19) deben colocarse en Givetiense A, y las capas detríticas 20) al 32) pueden ser consideradas como correspondientes al Couviniense C (= arenisca de *Gosseletia*), aunque no hayamos encontrado en ellas fósil alguno.

A partir de la falla que corta el muro de 32), cambia la orientación de las capas, que pasan a orientarse NE.-SW., y también cambia la estratigrafía. Nos encontramos en el techo de un biohermo, de capas verticales, formado por los siguientes elementos:

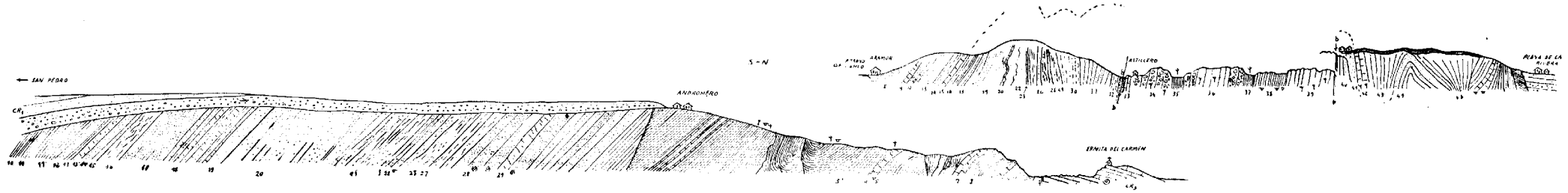


Fig. 7.—Corte geológico de la costa entre San Pedro y Luanco.

1, Pizarras grises margosas con capas calizas delgadas intercaladas. Las calizas contienen *Atrypa reticularis* y crinoideos; 2, Pizarras margosas marrón oscuras con *Atrypidos*, *Rhynchonellidos* y algunos *Stringocephalus cf. burtini*; 3, Margas nodulosas y calizas alternantes. Facies Flysch; 4, Arenisca rojiza con algunos coralaris; 5, Caliza roja grisácea con pistas y tallos de crinoideos y abundancia de *Stringocephalus cf. burtini* y otros braquiópodos; 6, Serie Flysch, idéntica a la 3; 7, Caliza arenosa margosa con braquiópodos (*Stringocephalus*), crinoideos y coralaris; 8, Flysch gris amarillento con la secuencia marga-nodulosa-caliza; 9, Caliza oscura de pátina amarillenta con *Stringocephalus cf. burtini*; 10, Pizarras y calizas margosas gris amarillentas; 11, Calizas; 12, Arcillas abigarradas; 13, Arenisca amarillenta; 14, Margas grises con nódulos de caliza y braquiópodos (*Stringocephalus*); 15, Calizas grises pasando lateralmente a margas, como 14; 16, Calizas margosas nodulosas, como 14; 17, Marga rojiza con nódulos calizos; 18, Margas como 14; 19, Flysch pizarreño con bandas de caliza; 20, Caliza nodulosa brechoide. En la base pasa a Flysch; 21, Arcillas abigarradas; 22, Margas rojizas y amarillentas; 23, Margas grises calizas; 24, Calizas margosas grises; 25, Arcillas rojas; 26, Arenisca ferruginosa; 27, Areniscas amarillentas algo ferríferas; 28, Arenisca ferruginosa; 29, Arenisca amarillenta con zonas ferríferas; 30, Arcillas y areniscas amarillentas; 31, Areniscas blanco verdosas; 32,

Arcillas abigarradas y brechas de matriz arcillosa. Brecha de falla; 33, Caliza dolomítica amarillenta; 34, Caliza gris nodulosa brechoide; 35, Barro calizo con *Cialthophyllum coespitosum*; 36, Calizas brechoides con tabulados; 37, Margas arenosas con *Cialthophyllum*; 38, Margas arenosas grises con *Stringocephalus* y otros; 39, Caliza gris compacta con coralaris. Brecha de falla; 40, Areniscas y cuarcitas algo ferruginosas; 41, Areniscas con pistas; 42, Calizas grises, 43, Caliza gris oscura. Bioherma de coralaris.

Serie detrítica de la mitad S.:

10, Areniscas amarillo-rojizas; 11, Arenisca cuarcitosa ferruginosa; 12, Areniscas rojas con fauna indeterminable; 13, Areniscas ferruginosas; 14, Arenisca ferruginosa; 15, Cuarcitas alternando con arcillas rojas; 16, Arenisca ferruginosa pobre; 17, Arenas limonitíferas; 18, Arenisca ferruginosa; 19, Cuarcitas; 20, Pizarras; 21, Areniscas; 22, Pizarras con pistas; 23, Pizarras ferruginosas; 24, Pizarras grisáceas; 25, Arenisca cuarcítica oscura; 26, Pizarras y cuarcitas grises; 27, Areniscas y cuarcitas; 28, Cuarcitas y arcillas abigarradas; 29, Cuarcitas; 30, Arcillas abigarradas listadas; 31, Areniscas claras; 32, Arcillas abigarradas y areniscas; 33, Areniscas.

Techo: Brecha de falla ya indicada.

- 33) 5 m. Caliza dolomítica amarillenta.  
 34) 25 m. Caliza gris nodulosa, brechoide, con microestratificación en la matriz caliza, con algunos briozoos y coralaris aislados.  
 35) 7 m. Barro calizo finamente estratificado, conteniendo masas de *Cyathophyllum coespitosum*.  
 36) 35 m. Calizas grises brechoides con *Alveolites subaequalis* Mich, *A. denticulatus* Edw. H., *Cyathophyllum coespitosum* Gold., *Acervularia roemeri* Edw. H. y otros corales.  
 37) 7 m. Margas arenosas gris oscuras con *Cyathophyllum*.  
 38) 15 m. Margas arenosas grises con una rica fauna de braquiópodos, entre ellos:

*Stringocephalus cf. burtini* Defr.

*Emmanuella plicata* Graban.

*Camarotaechia cf. plurodon* Phill.

*Camarotaechia* sp.

*Atrypa reticularis* Schloth.

*Hysterolites* sp.

*Chonetes* sp.

Crinoideos, briozoos.

- 39) 25 m. Caliza gris compacta con coralaris.

Estas calizas forman una punta que separa la playa de la Rivera, de Luanco, de la costa del Astillero. El muro de este biohermo es una falla vertical; a continuación aparece la sucesión siguiente, buzando 80° al NW.:

Muro: Brecha de falla, 1 m.

- 40) 7 m. Areniscas y cuarcitas algo ferruginosas.  
 41) 5 m. Areniscas gris amarillentas con pistas.  
 42) 6-7 m. Calizas grises en capas de 0,1-0,4 m. con microestratificación bien marcada, con coralaris, formando probablemente un pequeño arrecife.  
 43) 15 m. Calizas gris oscuras, bioherma de coralaris, crinoideos y algún braquiópodo.

Estas capas se inclinan en abanico hacia el SE., por formar probablemente parte de una charnela sinclinal; a continuación aparecen las capas 41) plegadas en anticlinal, repitiendo más al NE. las 42) y 43). Una nueva falla introduce nuevas anomalías estratigráficas, no haciendo

do posible continuar la serie comenzada. En un último paquete de calizas verticales aparecen margas muy calizas, probablemente equivalentes a las capas 38)-39) del mismo corte; en ellas se encuentran:

*Atrypa reticularis* Schloth.

*Stringocephalus* cf. *burtini* Defr.

*Chonetes* sp.

Un poco más al NE. termina la serie ante una falla que la pone en contacto con el Aptiense de Luanco.

La persistencia en toda esta serie de los *Stringocephalus* y *Emmanuelia* hace pensar que se desarrollan dentro del Givetiense, aunque el biohermo de la playa del Astillero recuerda mucho los arrecifes coralinos de Perlora, colocados por Barrois en el Frasnense. Como la fauna coralina no ha sido clasificada, sólo a título provisional colocaremos dicho biohermo en el Frasnense.

Siguiendo hacia el S. a lo largo de la playa de Gargantera, puede verse cómo a esta serie givetiense se superpone todavía una potente formación detrítica formada por los siguientes elementos:

Muro: Capas de pizarras margosas givetienses de Andromero.

- 1) 20 m. Pizarras grises listadas con pistas.
- 2) 10 m. Areniscas amarillentas y verdosas.
- 3) 4 m. Areniscas rojas pobres en hierro.
- 4) 6 m. Areniscas amarillentas y verdosas.
- 5) 10 m. Arenisca ferruginosa con fauna en mal estado.
- 6) 7 m. Arenisca cuarcitosa amarilla.
- 7) 15 m. Areniscas rojas ferruginosas con fauna indeterminable.
- 8) 15 m. Areniscas rojas y cuarcitas amarillentas alternando.
- 9) 5 m. Arenisca ferruginosa con crinoideos y otros fósiles indeterminables.
- 10) 4 m. Areniscas amarillas y rojizas.
- 11) 4 m. Arenisca cuarcita ferruginosa.
- 12) 10 m. Areniscas rojas y amarillas con fauna indeterminable y crinoideos.
- 13) 20 m. Areniscas ferruginosas pobres con intercalaciones amarillentas.
- 14) 60-70 m. Arenisca ferruginosa.  
3 m. Arenisca ferruginosa; techo amarillo con pistas.
- 15) 20-25 m. Cuarcitas alternando con arcillas abigarradas.
- 16) 25 m. Arenisca ferruginosa pobre.
- 17) 10 m. Arenas limotíferas .

- 3 m. Arenisca.
- 18) 5 m. Arenisca ferruginosa.
- 19) 2 m. Cuarcitas.
- 20) 3 m. Pizarras.
- 21) 5 m. Areniscas amarillas y blanquecinas.
- 22) 10-12 m. Pizarras con pistas.
- 23) 1 m. Pizarra ferruginosa.
- 24) 20 m. Pizarras grisáceas con bandas amarillentas.
- 25) 2 m. Arenisca cuarcítica oscura.
- 26) 6-7 m. Pizarras y cuarcitas grises y abigarradas, alternando con pistas.
- 27) 5 m. Areniscas y cuarcitas alternando.
- 28) 6 m. Alternancia de cuarcitas y arcillas abigarradas, las cuarcitas en capas delgadas.
- 29) 1 m. Cuarcita.
- 30) 6-7 m. Arcillas abigarradas listadas con horizontes manchados de Mn O<sub>2</sub>.
- 31) 2 m. Areniscas blanquecinas.
- 32) 4 m. Arcillas abigarradas y areniscas alternando.
- 33) 7 m. Areniscas.

Esta serie, de 320 metros de potencia, tiene todo el aspecto de las capas couvinienses C de Candás; los restos orgánicos hallados son indeterminables, pues provisionalmente la asimilaremos a las areniscas de *Gosseletia*; su posición, por encima del Givetiense de Andromero, ha de ser el efecto de constituir el flanco S. de un sinclinal vergente al N., cuyo núcleo lo forman las capas de Andromero; una charnela muy clara aparece en la zona alta de esta serie. Por otra parte, la potencia total de 320 metros nos parece muy grande, y aunque no hemos visto señal alguna de plegamiento, es casi indispensable admitir en ella, por lo menos, un anticlinal, cuyo núcleo podía estar formado por la arenisca masiva 14), que nos parece un tramo de una potencia exagerada; por otra parte, también las capas 1) son parecidas, petrográfica y estratigráficamente, a las 22), 23) y 24), lo que hace sospechar se trate del mismo horizonte. Provisionalmente admitiremos, pues, que la serie detrítica de Gargantera está plegada en anticlinal, vergente al N., y por lo tanto su potencia debe evaluarse en unos 150 metros y la colocaremos en el Couviniense C (= arenisca de *Gosseletia*).

8. LA SERIE DE CANDÁS.—En Candás, en contacto por falla con el Triásico, aparece una nueva zona givetiense y frasnense, descrita ya detalladamente por Barrois (B-1), y a la que añadiremos algunas precisiones.

Las capas más bajas de la serie de Candás aparecen en el promontorio del Faro; son pizarras y areniscas rojas con predominio detrítico, orientadas NE.-SW. y buzando 70° al SE. Barrois, en estas areniscas encontró *Gosseletia devonica* Ban., por cuyo motivo deben ser colocadas en el Couviniense C (= arenisca de *Gosseletia* = arenisca del Naranco). A partir de estas areniscas puede obtenerse un corte excepcional a lo largo de la carretera de Candás a Perlora:

Muro: Falla con el Triásico.

- 250 m. Areniscas rojas y pizarras rojas y verdosas del Faro.
- 10 m. Arenisca amarillenta rojiza (primeras capas de la carretera).
- 6 m. Arenisca gris blanquecina nodulosa con aspecto de caliza y algunos fósiles en mal estado.
- 7 m. Arenisca ferruginosa.
- 1,5 m. Pizarras grises con briozoos, coralaris y braquiópodos: *Fenestrellina* sp., *Spirifer* sp.
- 6-7 m. Cuarzitas.
- 2 m. Pizarras azuladas.
- 6 m. Areniscas amarillentas.
- 5 m. Margas arenosas con crinoideos y coralaris.
- 20 m. Pizarras negras micáceas con restos de flora.
- 20 m. Areniscas gris oscuras en capas de 0,1 m.
- 7 m. Pizarras rojas oscuras y areniscas rojas ferruginosas.
- 10 m. Areniscas amarillentas y gris claras con aspecto de caliza, con una capa de 1,5 m. de arenisca ferruginosa.
- 20 m. Arenisca gris amarillenta con una capa de arenisca ferruginosa de 2 m.; en las areniscas grises hay restos atribuibles a *Gosseletia devonica* Ban.
- 50-60 m. Areniscas grises alternando con pizarras grises delgadas y areniscas ferruginosas en capas de 0,4 a 0,5 m.
- 5 m. Arenisca ferruginosa conteniendo fósiles difíciles de extraer, en los cuales pueden reconocerse:

*Gosseletia devonica* Ban.

*Dalmanella opercularis* M. V. K.

*Stropheodonta nobilis*.

Briozoos, coralaris y moldes de moluscos.

- 8 m. Calizas grises.

- 12 m. Pizarras oscuras micáceas con areniscas intercaladas.
- 10 m. Areniscas compactas alternando con pizarras delgadas.
- 4-5 m. Areniscas ferruginosas.
- 7 m. Arenisca gris.
- 10 m. Pizarras negras micáceas (pliegue?).
- 20-25 m. Areniscas grises pasando a ferruginosas.

Barrois atribuye estas capas al Givetiense y probablemente deben colocarse en este piso por su posición, sirviendo de muro a las capas manifiestamente frasnienenses que siguen. No obstante, dado el enorme espesor de la formación, sin señales de plegamiento, en total 515 metros y la presencia de *Gosseletia devonica* en la mitad inferior de la serie, no es aventurado admitir que los primeros 300 metros, por lo menos, corresponden al Couviniense C, como ya hemos indicado, puesto que *Gosseletia* se encuentra corrientemente en este piso. Por encima de estas capas aparece una serie caliza, claramente frasnienense:

- 5 m. Margas rojas pizarreñas con aspecto "griotte" con crinoideos.
- 10 m. Caliza gris rojiza con *Cystospirifer verneuilli* Murch., *Spirifer berberinensis* Comp., *Atrypa reticularis* Schloth. y numerosos briozoos y coralaris.
- 5 m. Caliza detrítica brechoide con restos de coralaris.
- 7 m. Bancos de coralaris con *Acervularia pradoana* Edw. H., *A. roemeri* Edw. H., *Pachypora dubia* Gold. y otros coralaris y briozoos.
- 5 m. Calizas grises.
- 2,5 m. Banco de corales con *Cyathophyllum coespitosum* Gold. y *Alveolites subaequalis* Mich.
- 4 m. Caliza gris.
- 1,5 m. Banco de *Cyathophyllum coespitosum* Gold.
- 10 m. Caliza gris clara, bien estratificada.
- 100 m. Calizas grises claras que forman la ría de Perán y la base del cerro de Perlora.
- 2,5 m. Margas grises con braquiópodos:

*Atrypa reticularis* Schloth.

*A. aspersa* Schloth.

*Costipirifer* sp. *trigeri* Vern.

*Spirifer* cf. *cabedanus* Vern. et Arch.

*Dalmanella fascicularis* d'Orb.  
*Cyrtina heteroclita* Defr.  
*Camarotoechia* sp.  
*Paracardium* sp.

y algunos briozoos entre ellos:

*Fenestrellina* cf. *polyporata* Phill.

2 m. Banco de caliza coralina con:

*Thegostegites bouchardi* Mich.  
*Cyathophyllum coespitosum* Gold.  
*Pachypora bolonensis* Gon.  
*Atrypa reticularis* Schloth.  
*Cyrtospirifer verneuilli* Murch.  
*Alveolites subaequalis* Murch.

4 m. Margas grises alternando con calizas en capas de 0,05-0,01 m., contienen:

*Douvillina* cf. *dutertrei* Murch.  
*Camarotoechia ninpha* Barn.

3 m. Caliza gris.

2 m. Margas grises pizarreñas con intercalaciones de calizas en bancos delgados. En la base, un banco de *Cyathophyllum coespitosum* Gold.

2 m. Calizas grises.

3 m. Banco de marga gris, con *Cyathophyllum coespitosum* Gold. y *Alveolites subaequalis* Mich.

25 m. Arenisca ferruginosa.

Barrois coloca los últimos 25 metros de arenisca ferruginosa en el Fameniense, aunque sin base paleontológica. Provisionalmente adoptaremos este criterio.

9. **ESTRATIGRAFÍA COMPARADA.**—La comparación entre las distintas columnas estratigráficas obtenidas permite apreciar importantes divergencias en la sedimentación entre la zona oriental y la occidental del Cabo de Peñas.

Las capas más bajas se mantienen con bastante analogía de caracteres en todos los afloramientos. Barrois las llamó "arenisca de Furada", porque siempre, en la base del Devónico, encontraba el mismo tram detrítico; no obstante, cuando se comparan los detalles estratigráficos de diferentes localidades, se echan también de ver algunas diferencias importantes.

a) La potencia total varía acusadamente: 300 metros en Llumeres, 100 metros en Xago, 80 metros en Arpín, 80 metros en Nembro-Peruyal.

b) En Llumeres, la serie detrítica está bipartida por un tramo pelítico de 150 metros que se intercala entre una serie samítica inferior de 80 metros y otra superior de 70 metros. Esta importante intercalación pizarrosa no aparece en los otros afloramientos.

c) Los horizontes de areniscas ferruginosas son extremadamente variables. Pasan longitudinalmente, a veces en algunos centenares de metros, de capas muy ferruginosas, hasta un 45 % de Fe, a otras muy pobres, con 18 a 22 % de Fe, y a simples areniscas amarillentas con tinciones y manchas de hematites. Esto explica que no exista ninguna capa suficientemente constante para que pueda tomarse como guía en un estudio estratigráfico detallado.

Estos depósitos evocan una plataforma continental rica en aportaciones terrígenas, poco a propósito para el desarrollo de la vida; sólo algunos animales bentónicos vivieron en este medio adverso (braquiópodos arenícolas y crinoideos); la intrusión pelítica de Bañugues se extiende igualmente a todo el Gedinense de esta zona, probablemente más rica en fauna que las series samíticas inferiores; como lo acreditan los *Platyorthis* de Xago, parece indicar un intento de epirogénesis negativa que sumerge ligeramente la plataforma continental iniciando una ligera transgresión; la parte inferior de estas pelitas, formadas por pizarras anaranjadas arenosas, tiene todavía carácter algo detrítico; pero la parte alta, constituida por pizarras grises-azuladas, más fina, es un sedimento de aguas más tranquilas apto para contener una fauna más nutrida.

En Nembro, Arpín y Santa Leocadia de Laviana, esta facies pelítica de origen gedinense invade el Siegeniense A, el B y aun el Emsiense, de tal modo que las "calizas de Nieva", que corresponden al Siegeniense B, aparecen tan considerablemente disminuidas de potencia, que se reducen a algunos tramos de poco espesor intercalados en la serie pelítica; en Nembro, donde aparece ya una formación que alcanza al Couviniense A y B, estas pizarras contienen *Stropheodonta explanata*, braquiópodo cuya máxima frecuencia se encuentra en el Emsiense B (subzona de *S. explanata*); en esta formación, el Couviniense A (= caliza de Arnao) está representado también por unos pocos metros de calizas rojas y grises con briozoos, de tal modo que la hegemonía petrográfica corresponde a la serie pelítica desde el Siegeniense A al Couviniense B.

En Nembro, las capas devónicas más altas corresponden a las calizas grises del sinclinal del Molino de Barrero, pertenecientes al Couviniense B (= caliza de Moniello); la potencia de la formación pelítica representa aquí el 70 % de la potencia total del Devónico, desde el Siege-

niense A hasta el Couviniense B; se trata, por lo tanto, de una serie comprensiva desarrollada en pleno Devónico medio.

En realidad esta litofacies pelítica la encontramos también en el NE., a lo largo de la costa, entre Bañugues y Luanco, en tramos más altos; los horizontes de pizarras que se intercalan en el Emsiense y en el Couviniense pertenecen a la misma litofacies, aunque allí ha perdido ya su hegemonía petrográfica. Se interrumpe totalmente al llegar al Couviniense C, con el depósito de las capas detríticas de Gosseletia (= arenisca de Gosseletia). En el Givetiense, las nuevas litofacies marinas sedimentadas difieren fundamentalmente de estos depósitos.

En San Juan de Nieva aparece otra serie comprensiva, más tardía y de carácter calizo; en efecto, en el promontorio del faro de San Juan, por encima de las calizas de Nieva (= Siegeniense B) se desarrolla una serie dolomítica de 350 metros de potencia, coronada por otros 100 metros de areniscas y calizas listadas con algunos escasos crinoideos; la serie dolomítica debe de abarcar por lo menos desde el Siegeniense C al Couviniense B, ambos inclusive; si esto fuera exacto, la serie samítico-caliza inferior podría corresponder al Couviniense C, pero por el carácter de sus litofacies se asemeja más al Givetiense samítico de Candás que al Couviniense C, por lo que es posible que la masa dolomítica alcance a núcleos más altos al Couviniense C.

Las capas más altas del Devónico aparecen sólo en la zona costera, entre Luanco y Perlora, por Candás. En Andromero las facies del Givetiense son manifiestamente marinas, con sus típicos horizontes de stringocefálicos; en cambio, entre Candás y Perlora, el tramo atribuido por Barrois al Givetiense es eminentemente detrítico, puesto que en él dominan las areniscas; en su consecuencia, mientras nuevas observaciones no demuestren lo contrario, por el momento es necesario correlacionar las capas de Candás y las de Andromero; desde luego llama la atención que a una distancia tan reducida haya un cambio tan radical de litofacies, pero repetimos que por el momento no existe otra alternativa. La serie detrítica givetiense de Candás está rematada por el Frasnense, eminentemente recifal, de Perlora.

Las variaciones horizontales y verticales de las litofacies nos ilustran bastante bien acerca de las características de la cuenca de sedimentación; ésta no pasó nunca de ser una plataforma continental oscilante durante todo el Devónico; las litofacies detríticas marcan los momentos de mayor proximidad al litoral, mientras los episodios pelíticos o calizos indican momentos de mayor profundidad, correspondientes probablemente a ligeras epirogénesis negativas. Sólo en el Givetiense aparecen "facies flysch", que corresponden ya a una región situada en la periferia de la plataforma continental.

# ESTRATIGRAFIA COMPARADA DEL DEVONICO Y CARBONIFERO DEL CABO DE PEÑAS

por  
N. LLOPIS LLADO  
-1960-

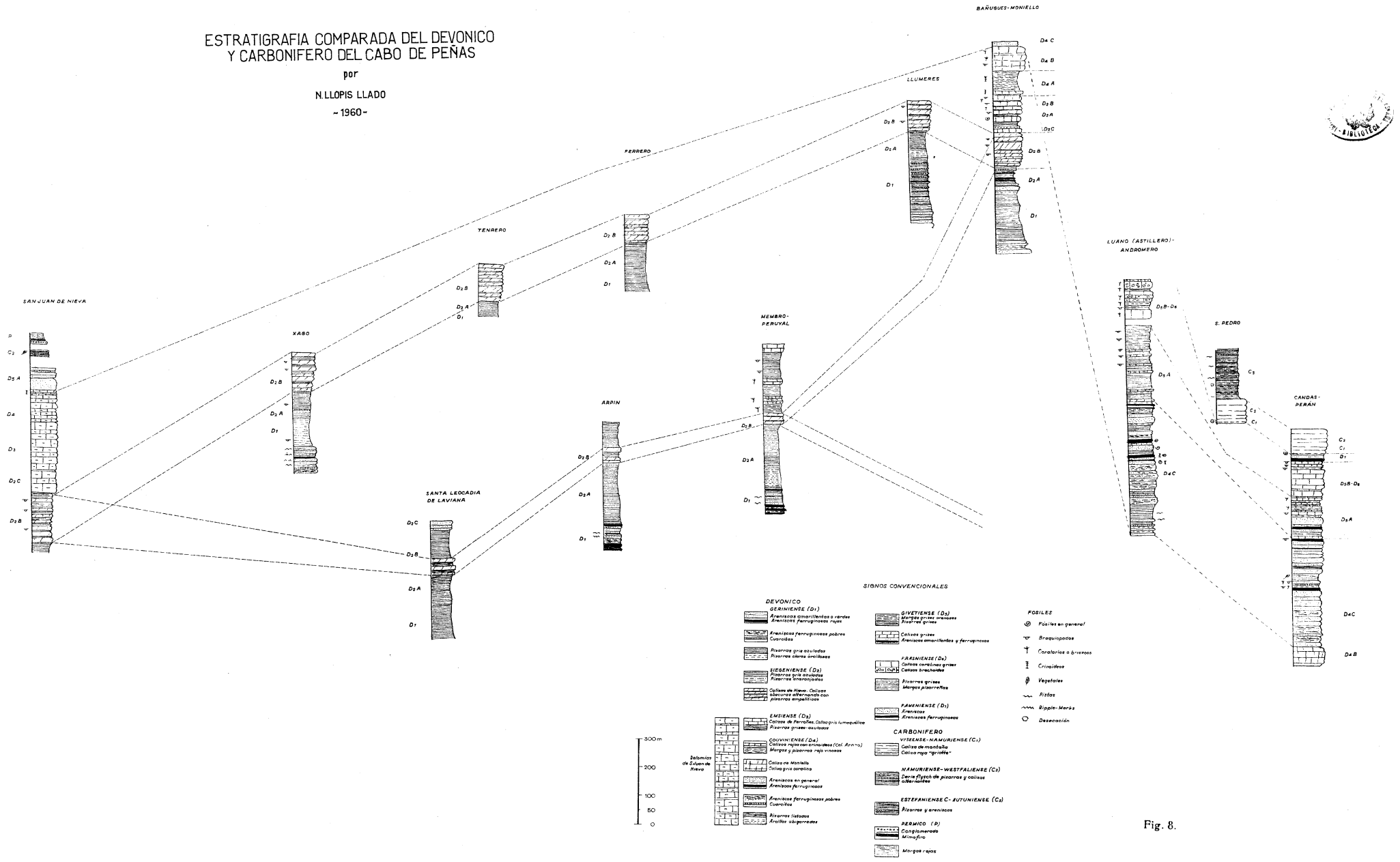


Fig. 8.



**d) El Carbonífero.**

Dos son los afloramientos carboníferos que aparecen en la zona estudiada, ambos muy reducidos y fragmentarios. El más oriental se encuentra en la playa de San Pedro, entre Andromero y Candás; el occidental es el ya clásico afloramiento de San Juan de Nieva.

1. EL AFLORAMIENTO DE SAN PEDRO.—Este pequeño manchón carbonífero no era conocido antes de nuestras investigaciones por la región del Cabo de Peñas; fue descubierto en 1955 por M. Julivert, en el transcurso de una campaña geológica por esta zona (LL-8). Posteriormente, nuevas investigaciones han permitido reconocer más a fondo este interesante manchón.

Integra el cantil y suelo de la pequeña concha de San Pedro; el borde N. es un contacto por falla con el Cretácico; la falla es de poco salto y permite ver cómo el Cretácico se apoya discordante sobre el Carbonífero; el borde S. es un contacto normal del Cretácico sobre el Carbonífero. En este reborde aparece la caliza de montaña, vertical, formando la pequeña punta S. de la concha de San Pedro. En la base aparece la caliza viseense con sus típicos pliegues disarmónicos; recorriendo la mencionada punta S., desde la caliza viseense hacia la playa, puede obtenerse el siguiente corte:

Muro: Falla con las cuarcitas armoricanas.

15 m. Caliza griotte viseense con cefalópodos indeterminables y restos de crinoideos.

60 m. Caliza gris listada (microestratificada).

2-3 m. Caliza gris brechoide.

15 m. Caliza negra muy fétida.

Este afloramiento es el más septentrional de caliza de montaña, puesto que, hasta ahora, el más septentrional conocido era el de Perlorá; es muy notable el escaso espesor que tiene el conjunto de la formación, inferior a 100 metros. No cabe, pues, duda que también hacia el N. las calizas de montaña pierden visiblemente potencia, tal como ya habíamos indicado en otras publicaciones.

A los 15 metros de calizas negras sucede, concordante y sin solución de continuidad, una serie flysch formada por una secuencia de caliza o brecha/caliza de 0,005 a 0,2 metros, y pizarras negras micáceas de 0,5 a 3-4 metros; las pizarras son arcillosas o arenosas, y en el primer caso tienen frecuentes huellas de desecación. La sucesión de tramos a partir de la caliza es la siguiente:

- 20 m. Flysch de pizarras y calizas muy delgadas de 0,02 a 0,05 m.
- 1,5 m. Caliza brechoide formada por cantos de caliza de montaña y algunos moldes de braquiópodos probablemente alóctonos.
- 2 m. Pizarras con una capa de caliza brechoide de 1 m.
- 13 m. Zona abundantes capas de caliza de 0,02 a 0,05 m.
- 110 m. Flysch siempre con la secuencia caliza-pizarra; la caliza en capas raramente llega al metro, abundando las de 0,05 a 0,1 m.

Este afloramiento es de un interés extraordinario, puesto que es el único punto del centro de Asturias donde aparece un *contacto normal evidente* entre la caliza de montaña y las pizarras ya netamente westfalienses; la serie de secuencias calizo-arcillosas que forman este flysch es también único en el centro de Asturias; ello nos hace suponer que pueda representar el equivalente de los horizontes altos de la caliza de montaña de más hacia el S. (alrededores de Oviedo, por ejemplo.), donde dicha caliza tiene una potencia de 250-300 metros.

Desgraciadamente, hasta ahora sólo hemos hallado en estas capas moldes de braquiópodos, pero no cabe duda que su edad debe ser o namuriense superior o westfaliense inferior, dada su posición, en relación con la caliza de montaña.

2. **EL CARBONÍFERO DE SAN JUAN DE NIEVA.**—El afloramiento de San Juan de Nieva es hoy poco menos que inasequible, a consecuencia de los escombros que lo cubren en parte y del carácter fragmentario del mismo. Sólo algunos retazos de pocos metros aparecen en la carretera de San Juan de Nieva al Faro, formando parte de un flanco inferior muy complejo de una cabalgadura del Devónico sobre el Carbonífero, prolongación oriental del accidente tectónico de Arnao (P-1, P-2). De todos ellos, el único manifiestamente carbonífero, por sus caracteres petrográficos, es un paquete de unos 15-20 metros de ciclothemias, formados por la secuencia arenisca-pizarra en capas de 0,05-0,1 metro. Los materiales son los típicos del Carbonífero; tanto areniscas como pizarras son oscuras y micáceas. Tal vez pueden también situarse en el Carbonífero unas bandas de pizarras negras muy laminadas, vecinas de este afloramiento.

Según Patac (P-1, P-2), estas capas contienen un lecho de carbón de 0,4 metros que fue explotado durante la primera guerra mundial; en se escombrera (que hoy ya no existe), Patac encontró la siguiente flora:

*Pecopteris integra* Andrae S. P.  
*P. pluckeneti* Schl.  
*P. feminaeformis* Schl.  
*Sphenopteris (Discopteris) cristata* Brogn.  
*Walchia piniformis* Schl.  
*Cordaites lingulatus* Grand'Eury.  
*Annularia stellata* Schl.

Patac, basándose en esta flora, asimila estas capas "a la parte alta del hullero superior" o zona superior de la cuenca de Blanzky y las identifica con la flora de Arnao. No obstante, la presencia de *Walchia piniformis* Schl. y *Pecopteris pluckeneti* Schl. permiten pensar en el Autuniense, mientras que la flora de Arnao corresponde, según Jongmans (J-1), al Estefaniense C. La edad precisa del Carbonífero de San Juan de Nieva sólo puede dilucidarse con nuevos hallazgos de flora que permitan un estudio más acabado.

3. **EL DESARROLLO DE LA SEDIMENTACIÓN CARBONÍFERA.**—Los dos afloramientos carboníferos que aparecen en la zona estudiada nos hablan de dos episodios sedimentarios muy alejados en el tiempo, puesto que mientras las capas de San Pedro corresponden al Namuriense superior o Westfaliense inferior, los de San Juan de Nieva son estefanienses C o autunienses.

A partir del Viseense, la sedimentación se realiza en aguas muy quietas, como lo acreditan las estructuras listadas o microestratificadas de los 60 metros basales de la caliza de montaña, que evocan probablemente una ensenada de aguas tranquilas donde se depositaban los lodos de una costa caliza muy próxima. La barra estaba ya en vías de emersión, como lo prueba la caliza gris brechoide (conglomerado intraformacional), formada a expensas de la misma caliza listada del sustrato. El último litotopo de caliza negra fétida acredita un medio reductor rico en materia orgánica, producido probablemente por el cierre de la ensenada donde se depositaron las calizas listadas. Finalmente, un régimen de plataforma donde se deposita el flysch, sucede al litoral más profundo donde se formó la caliza de montaña; la presencia de frecuentes señales de desecación en las pizarras del flysch, acreditan largos y frecuentes periodos de emersión durante la sedimentación. A partir de este momento la cuenca sedimentaria se desplaza hacia el S., donde se constituye la cuenca parálisis westfaliense del centro de Asturias.

Las capas de San Juan de Nieva son, en cambio, totalmente continentales y evocan la selva de coníferas, de fondo pantanoso, tan característica del Estefaniense, que debió extenderse por buena parte de

esta región, por lo menos hasta Ferroñes, donde aparece también una flora del Estefaniense C.

## B) LA COBERTERA MESOZOICA

El material paleozoico, como en otras regiones de España, ha servido de zócalo a la cuenca de sedimentación mesozoica. El centro de Asturias constituyó, durante parte del Mesozoico, el límite occidental de la cuenca pirenaica (A-4, B-3, C-3, C-5, D-6, H-1, K-1, LL-3, LL-5), de tal modo que toda la zona estudiada quedó cubierta por sedimentos triásicos primero, liásicos y cretácicos después; la erosión secular ha barrido buena parte de esta cobertera, conservada sólo en las zonas deprimidas tectónicamente. Esta circunstancia nos permite reconstruir la estratigrafía y estudiar las características de la sedimentación.

### a) El Triásico.

1. **HISTORIA.**—El Triás es conocido ya desde los tiempos de Schulz (S-2, S-3), Verneuil (V-4), Barrois (B-2), Mallada (M-2), Adaro (A-1), Patac (P-2); lo citan en sus trabajos sin que se haga ningún estudio estratigráfico detallado hasta Karrenberg (K-1), que intenta reconocer todo el Mesozoico cantábrico.

2. **EL PROBLEMA DEL PERMOTRIÁS.**—En la base de las formaciones triásicas aparecen a veces conglomerados brechoides rojos, margas rojas y capas de "mimofiros" que han sido atribuidos al Pérmico (A-1, B-1, M-1, P-1, P-2, S-2, S-3). Otras veces, formaciones semejantes tienen total independencia estratigráfica y soportan el Lías, como en Caravia y Colunga (A-1, M-3, M-4). Karrenberg considera como pérmica la parte inferior de la formación (refiriéndose a Asturias en general), y como triásica la superior. En ningún caso existen documentos paleontológicos.

En la zona que nos ocupa pueden ser atribuidas al Pérmico, sin más precisiones, las capas de la carretera de San Juan de Nieva al Faro, en las últimas casas de la aldea de San Juan; estas capas están involucradas en el flanco inferior de la cabalgadura ya indicada al hablar del Carbonífero, pero además cortadas por fallas de probable edad alpídica; pueden obtenerse tres series fragmentarias correspondientes a otras tantas dovelas. De W. a E. pueden reconocerse los siguientes niveles:

10-12 m. Margas rojas.

6-7 m. Mimofiro rosado (verticales ambos).

### Plano de falla.

10-12 m. Conglomerado cuarzo brechoide con 90° de cantos de cuarcita de hasta 0,05 m. y 10 % de areniscas devónicas.

0,5 m. Arenisca rosada.

5-6 m. Mimofiro (buzan 35° NE.).

10-12 m. Margas rojas con capitas de arenisca de 0,1 m.

### Plano de falla.

5-6 m. Mimofiro, en vertical, cortado en túnel por la carretera.

6 m. Margas rojas.

3-4 m. Conglomerados cuarzosos.

10 m. visibles, margas rojas.

Los dos horizontes de mimofiros son, a nuestro modo de ver, el mismo, repetido por las fallas, y por tanto se repiten también los niveles sedimentarios relacionados con él.

En la carretera de San Juan de Nieva a Nieva se cortan también horizontes rojos que deben corresponder al supuesto pérmico, pero están aún más alterados tectónicamente y no hay ningún corte claro.

Fuera de la zona estudiada, en Arnao, un conglomerado brechoide formado de cantos de cuarzo y caliza se apoya directamente sobre el Devónico y soporta margas rojas y abigarradas análogas a las triásicas: este conglomerado es muy distinto a las capas de San Juan de Nieva, lo que contribuye a reforzar la idea de situarlas en el Pérmico. En cambio repugna más la idea de un Permotriás expuesta por Patac (P-3) y recogida por Karrenberg (K-1), puesto que, como hemos dicho, estas capas están involucradas en el plegamiento herciniano, lo que no ocurre con las clásicas del Permotriás pirenaicas, que desde el punto de vista sedimentario y tectónico están más estrechamente ligadas al Mesozoico. Allí son las porfiritas, las vulcanitas equivalentes a los mimofiros asturianos (A-5, D-1, D-2, LL-3, M-7, S-1). Más parecido puede tener este supuesto Pérmico con el del País Vasco (L-1).

3. **LAS CAPAS TRIÁSICAS.**—Tampoco el Triásico está definido paleontológicamente; no obstante, en todo el centro de Asturias y en la zona estudiada, entre el Paleozoico plegado y el Lías o el Cretácico, aparecen formaciones de conglomerados, areniscas y margas rojas que han sido colocadas en el Triás por su situación entre aquellos terrenos.

Las capas inferiores están representadas por los conglomerados de Arnao; pero en nuestra zona no aparece claro ningún punto de contacto normal del Triás con el Paleozoico. A nuestro juicio, las capas

más bajas deben de encontrarse en la playa de Piñeres, bajo el cerro del cementerio de Candás, donde aparecen conglomerados como los de Arnao, que soportan una formación de 70-80 metros de margas rojas con algunas capas de areniscas rojas intercaladas y horizontes más calizos, azulados; la carretera de Candás a Luanco, a la salida de la primera villa, corta claramente las margas abigarradas a lo largo de 800 metros, pero el mejor perfil puede obtenerse en el cantil de la indicada playa de Piñeres.

El manchón más extenso de Triás se encuentra en la zona comprendida entre Cardo, San Jorge de Manzaneda, Santiago de Ambiedes y Santa Leocadia de Laviana, y lo cruza por su parte central la carretera de Luanco a Avilés; en toda esta región pueden obtenerse buenos perfiles.

En el Km. 35-36 de dicha carretera hay una cantera de calizas tableadas que tienen todo el aspecto de las capas del *Muschelkalk*, con lamelibranquios indeterminables, gasterópodos (*Loxonema*?) y pistas de "fucoides"; están intercaladas entre margas abigarradas, predominantemente azuladas, que llevan también capitas de calizas de uno y dos centímetros. El Triás es aquí, no obstante, predominantemente margoso, como en todo el resto de esta zona; las margas llevan intercaladas capas de areniscas rojizas de 0,2 a 0,5 metros de potencia.

Desde esta cantera hasta el caserío de La Ería, puede obtenerse la siguiente sucesión en orden ascendente:

- Muro: Margas abigarradas, predominantemente rojas.
- 4-5 m. Calizas grises en tablas de 0,1-0,05 m.
  - 6-7 m. Margas azuladas con capitas de 0,01-0,02 m. de caliza, intercaladas.
  - 25 m. Margas abigarradas predominantemente rojas.
  - 2-3 m. Calizas tableadas grises.
  - 20-22 m. Margas abigarradas.
  - 3-4 m. Calizas tableadas grises.
  - Margas abigarradas.

La potencia total es del orden de los 60-65 metros. Esta serie, nuestro modo de ver, debe situarse estratigráficamente por encima de los 80 metros de margas del cerro de Piñeres.

Todavía por encima de la serie de La Ería deben colocarse las capas de Santiago de Ambiedes, cuyo detalle es difícil de entresacar por no existir buenos cortes; no obstante, puede admitirse una serie de 60-70 metros predominantemente margosa con dos horizontes de arenisca roja, uno a unos 20 metros del techo del tramo calizo de La Ería y otro en las cercanías de la terminación de la formación. Estas capas

son muy parecidas a las que más al W., en Veriña (Gijón), contienen lentejones de yeso, por cuyo motivo se las ha colocado en el Keuper (K-1).

4. RESUMEN ESTRATIGRÁFICO DEL TRIÁS.—Las capas que con mayor aproximación pueden atribuirse al Triás están formadas en esta región por los siguientes elementos estratigráficos:

*Buntsandstein.*

Serie de Piñeres:

- 8-10 m. Conglomerados brechoides.
- 60-70 m. Margas rojas con intercalaciones de areniscas y horizontes azulados más calizos.

*Muschelkalk* (?).

Serie de La Ería:

- 60-65 m. Calizas grises tableadas distribuidas en tres horizontes separados por margas rojas.

*Keuper* (?).

Serie de Ambiedes:

- 60-70 m. Margas rojas con dos horizontes de arenisca roja, intercalados.

b) Las capas intermedias Triás-Lías.

Allí donde el Lías se superpone al Triásico, no puede establecerse un límite preciso entre ambos. Ordinariamente se colocan en el límite entre ambos sistemas una serie de dolomías gris amarillentas de 20-25 metros de potencia muy constante, que aparecen por encima de las margas rojas atribuidas al Keuper (K-1, LL-8).

Al S. de la línea Barreda - Santa Leocadia de Laviana aparece un último manchón de apariencia triásica formado por unos 40 metros de margas rojas coronadas por otros 18-20 metros de dolomías amarillentas idénticas a las que se colocan en el límite Triás-Lías y que, a nuestro juicio, debe coronar la formación triásica.

Recientemente, en capas análogas, en Corbera, a nueve kilómetros al S., ha sido encontrado un ejemplar de ammonites del Lías inferior (\*), que parece indicar claramente que este horizonte dolomítico es ya liásico.

(\*) Determinado por Mr. L'Abbé René Mouterde como *Caloceras* cf. *pirondi* Reynes, del Hettangiense inferior.

## c) El Cretácico.

Los afloramientos cretácicos de los alrededores de Luanco son ya clásicos en la literatura geológica. Schulz (S-1, S-2), Verneuil (V-3, V-4), y sobre todo Barrois (B-3), han contribuido a ello. Mallada (M-2) transcribe las ideas de aquellos autores, sobre todo de Barrois. Karrenberg (K-1) describe el corte de Andromero. Llopis (LL-5) relaciona el Cretácico de esta zona con el de los alrededores de Oviedo, y describe la estratigrafía de los afloramientos de Fombona, Verdicio y Granda.

El corte más antiguo conocido fue descrito en Luanco por Barrois (B-3) y comprende una serie eminentemente caliza que fue llamada por este autor "caliza de Luanco", a la que atribuyó 40 metros de potencia; la fauna clasificada fue la siguiente:

*Orbitolina conoidea-discoidea* Gras.  
*Astrocoenia cf. radiata* Men.  
*Rhynchonella parvirostris* Sow.  
*Terebratula praelonga* Sow.  
*T. moutoniana* d'Orb.  
*Woldheimia tamarindus* Sow.  
*Ostrea boussingaulti* d'Orb.  
*Janira atava* d'Orb.  
*Toucasia carinata* Math.  
*T. santanderensis* Douv.  
*T. verneuili* Bayl.  
*Avicula sowerbyi* Math.  
*Strombus cf. navarroi* Land.  
*Nerinaea titan* Sharpe.  
*Tylostoma punctatum* Sharpe.  
*Trochus logarithmicus* (?) Land.  
*Trochus* sp.  
*Neritopsis parvis* (?) Land.  
*Neritina* sp.  
*Turbo* sp.

Especies todas que corresponden al Aptiense. En realidad estas especies están distribuidas en dos niveles, del siguiente modo:

## Beduliense:

4 m. Calizas grises, cristalinas, lumaquéticas, con *Orbitolina conoidea-discoidea* Gras, muy abundante; *Rhynchonella parvirostris* Sow., *Terebratula praelonga* Sow., *Ostrea boussingaulti* d'Orb.,

briozoos. Hay algunos horizontes delgados de 0,3-0,4 m. formados por 90 % de formas megasféricas de *Orbitolina conoidea-discoidea*.

2,5 m. Caliza gris con dominio de braquiópodos y moluscos, sobre todo *Terebratula praelonga* Sow., que constituye el 70 % del material; el resto lo forma, sobre todo, *Orbitolina conoidea-discoidea* Gras., *Tylostoma punctatum* Sharpe, *Nerinaea* sp., *Trochus* sp., *Neritina* sp., *Neritopsis* sp., *Turbo* sp. y *Strombus* sp.

## Gargasiense:

12-13 m. Calizas gris claras cristalinas con *Pseudotoucasia santanderensis* Douv., muy abundante, y otros rudísticos, tal vez *Toucasia verneuilli* Bayl. y algunos moluscos, coralaros y briozoos.

En Andromero, Karrenberg ha obtenido el siguiente corte:

## Muro: Paleozoico.

## Wealdense:

28 m. Conglomerado cuarzoso con manchas carbonosas y capas de arcillas.

## Beduliense inferior:

18,5 m. Alternancia de margas arenosas o arcillosas con lumaquela, calizas y bancos de caliza margosa con glauconias y ostreas. Las orbitolinas aparecen en la parte alta de este tramo.

15-20 m. Caliza compacta gris finamente espatizada.

## Beduliense superior:

12 m. Alternancia de arenas margosas amarillentas o grises con bancos de arenisca caliza.

6 m. Caliza arenosa con grandes naticas.

11,7 m. Alternancia de margas grises arenosas y bancos calizos con orbitolinas, glauconias y ostreas.

3 m. Capas de orbitolinas.

2,5 m. Caliza amarillenta a rojiza con bivalvos y rhynchonellas.

## Gargasiense:

Más de 20 m. Caliza compacta, conservada todavía en una pequeña isla ("caliza de Luanco").

Este corte corresponde al de la Punta de Andromero, y la caliza gargasiense debe ser la de la ermita del Carmen.

En San Juan de Fombona puede obtenerse el siguiente corte, en materiales que deben colocarse en el Gargasiense.

Muro: No visible.

- 5-6 m. Arenas amarillentas y rojizas.
- 12-15 m. Margas abigarradas.
- 5-6 m. Calizas arenosas.
- 6 m. Calizas grises con ostreidos y rudistos (*Toucasia* y *Pseudotoucasia santanderensis*).
- 10-12 m. Arcillas abigarradas arenosas.

Más al W. desaparecen los elementos calizos; en Verdicio puede obtenerse el siguiente corte:

Muro: No es visible.

- 4-5 m. Arenas amarillentas.
- 6-7 m. Margas y arcillas.
- 3-4 m. Arenas amarillentas.
- 2-3 m. Arcillas oscuras.
- 8-9 m. Arenas amarillentas.
- 12-15 m. Margas abigarradas.

El afloramiento más occidental se encuentra en los alrededores de la aldea de El Campo, donde puede verse la siguiente serie:

Muro: No es visible.

- 18-20 m. Arcillas y margas azuladas alternantes.
- 10-12 m. Arenas amarillentas.
- 8-10 m. Alternancia de arcillas azuladas y oscuras con capas delgadas de calizas grises y blanquecinas de 0,1 a 0,2 m. de potencia.

La presencia de *Pseudotoucasia santanderensis* d'Orb. en las calizas de San Juan de Fombona, permiten comparar estas capas con las de Gargasiense de Luanco. No obstante, hay una marcada disminución de potencia hacia el W. y visible enriquecimiento de los litotopos e elementos terrígenos; las mismas calizas que soportan las capas de *Pseudotoucasia* son margosas y arenosas y deben equivaler al Aptiens de Luanco. Las orbitolinas no pudieron vivir aquí, en un mar cenagos de aguas agitadas por las corrientes de origen continental que aportaban importante cantidad de materiales detríticos.

Los afloramientos de Verdicio y del Campo son más difíciles de situar cronológicamente, puesto que, aunque por su carácter terrígeno

EL CAMPO

VERDICIO

S. JUAN DE FOMBONA

LUANCO

ANDROMERO

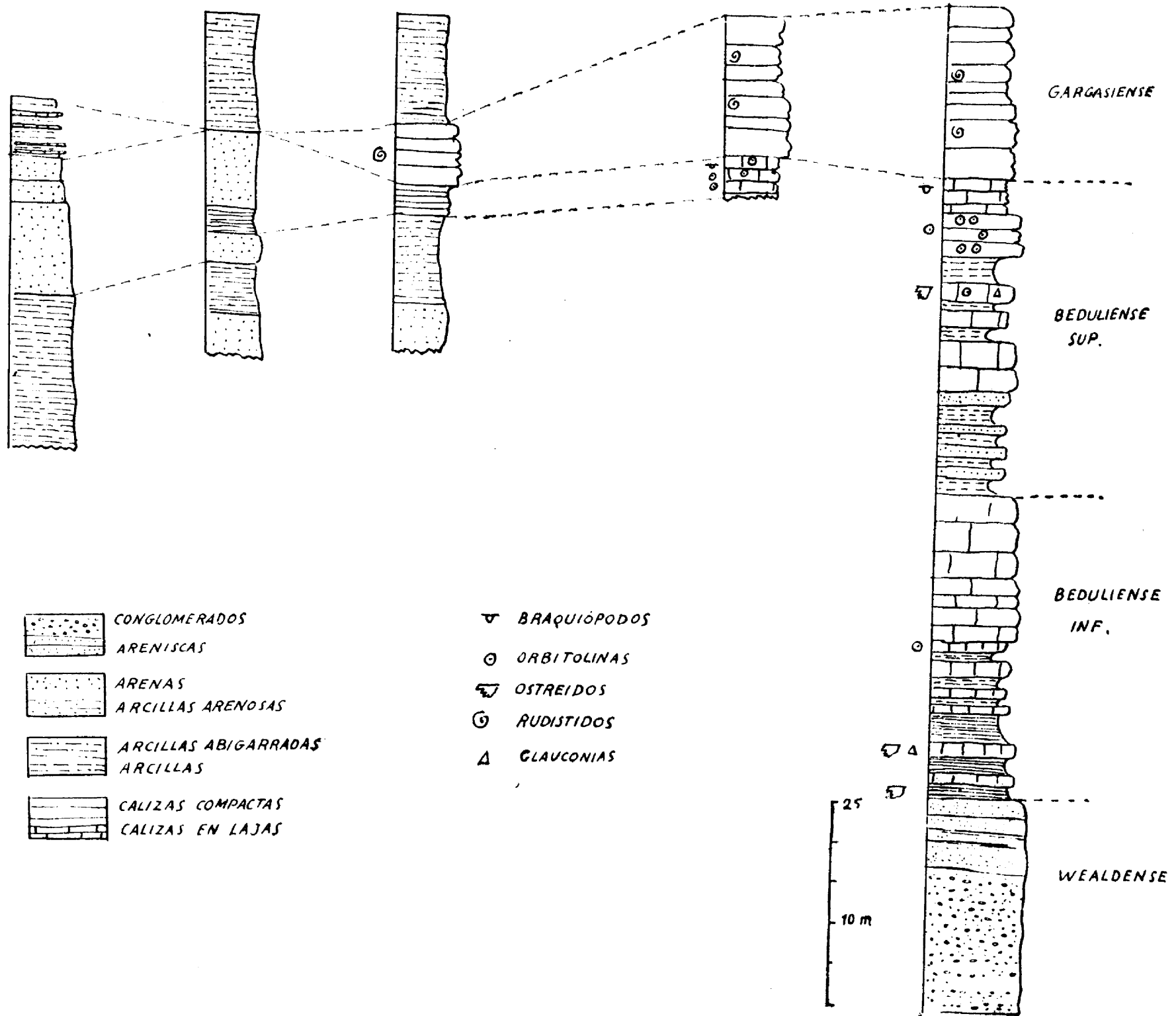


Fig. 9.--Estratigrafía comparada del Cretácico de la zona del Cabo de Peñas.

se parecen a los materiales del Wealdense, pueden ser equivalentes a las calizas aptienses de Andromero y Luanco. No podemos definirnos definitivamente en este sentido, aunque en otro trabajo (LL-5) las hicimos equivalentes al Aptiense.

#### d) Desarrollo de la sedimentación mesozoica.

El Paleozoico, plegado y arrasado, sirve de zócalo a la cuenca triásica que cubre toda la región del Cabo de Peñas y Avilés. Esta cuenca es el extremo oriental de la pirenaica (LL-3, M-7). Se trata, con toda probabilidad, de una zona de plataforma continental sometida a oscilaciones epirogenéticas que permiten el desarrollo de episodios litogénicos, ora continentales, ora marinos, estos últimos siempre de escasa profundidad.

Durante el Triás domina el régimen continental; tanto los conglomerados basales como las margas abigarradas que predominan en las series sedimentarias, son aportaciones terrígenas procedentes de una tierra muy próxima, y aun los últimos depósitos, tal vez intracontinentales, lacustres o subaéreos; sólo el delgado tramo de calizas listadas que hemos atribuido a un posible Muschelkalk, representan una tímida ingresión marina sustituida rápidamente por el nuevo régimen continental del Keuper. Al comenzar el Lías se inicia un nuevo episodio marino, tal vez fugaz, como el del Muschelkalk, como lo acreditan las margas abigarradas superiores y, sobre todo, la larga emersión del territorio, durante todo el Jurásico, hasta el comienzo del Cretácico.

Con el Wealdense avanza de nuevo el mar hacia el W. y SW. Los conglomerados wealdenses son los sedimentos correlativos de una tierra próxima de relieve medio, de red fluvial bien desarrollada, como lo prueba el tamaño medio y la morfología de los cantos de los conglomerados de Andromero; pero la transgresión continúa en el Aptiense con el depósito de las calizas bedulienses con la rica fauna litoral y pelágica que contienen y que culminan con los arrecifes gargasienses de *Pseudotoucasia santanderensis*.

De todos modos, el dominio marino no tuvo gran hegemonía más hacia el W., puesto que los depósitos de San Juan de Fombona, y sobre todo los de Verdicio y El Campo, muestran probablemente el límite de la transgresión por esta zona.

La cuenca cretácica se estableció, pues, sobre un territorio ocupado ya anteriormente por el Triás y parte del Lías; no obstante hay algunos puntos en que el Cretácico se apoya directamente sobre el Paleozoico y no sobre el Triás o el Lías, como ocurre en la costa del SE. de Luanco y en el propio Luanco; en la playa de San Pedro está bien claro



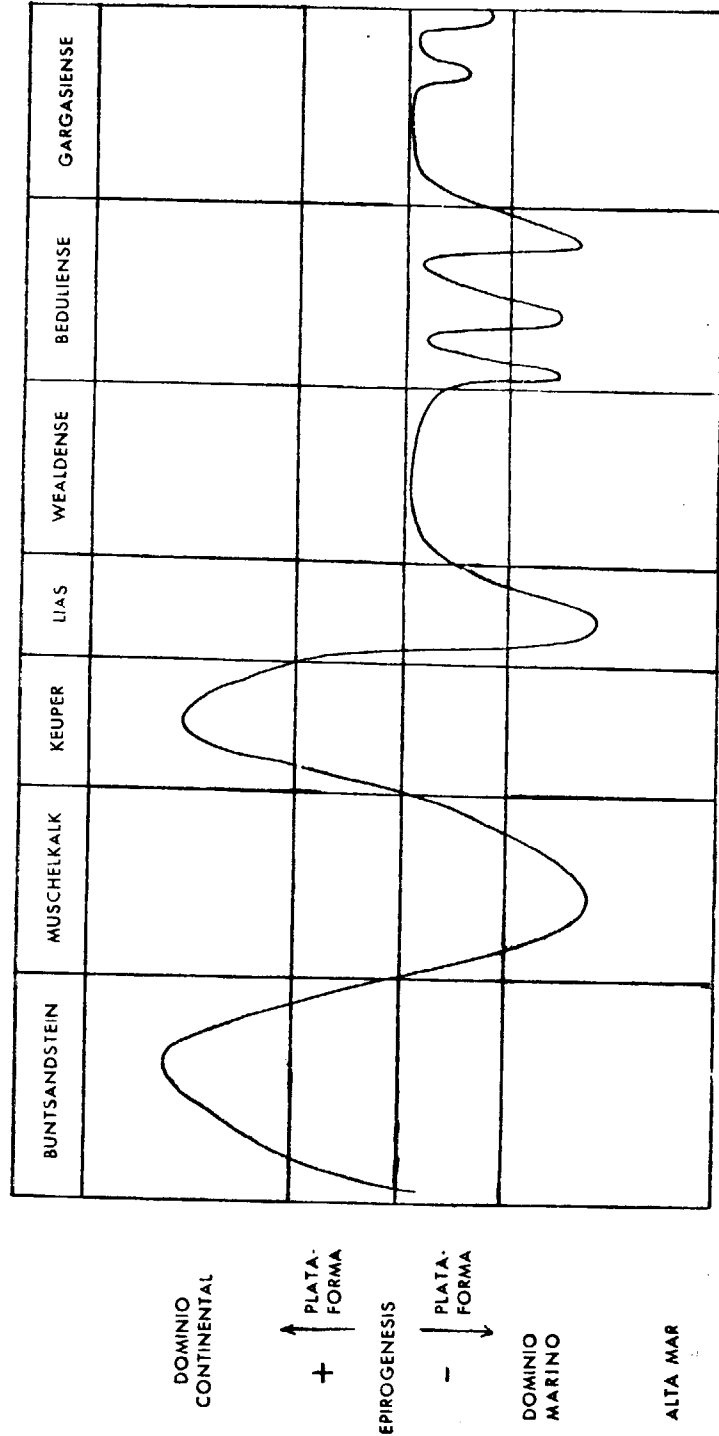


Fig. 10.—Epirogenesis and sedimentation mesozoic of the Cape of Peñas.

que el conglomerado wealdense reposa sobre el Carbonífero y sobre el Devónico; lo propio ocurre en Andromero y al SW. de esta aldea, hacia el interior. En cambio, en la playa de Piñeres, inmediatamente a la de San Pedro, aparece el Triásico separado por una falla del Cretácico. Como la potencia del tramo no llega aquí a 100 metros y está formado por materiales muy blandos, había que suponer que el Triás de la dovela de San Pedro fue barrido por la erosión, antes del depósito del Wealdense. En otras zonas, como en Santiago de Ambiedes, el Wealdense se apoya sobre el Triás (Keuper ?), pero no, en cambio, sobre el Lías, lo que plantea un problema semejante.

Es probable, pues, que durante la larga emersión del territorio, desde el Lías inferior al Jurásico superior, algunas regiones quedaron desprovistas de la cobertera triásica, permitiendo al Wealdense depositarse directamente sobre el Paleozoico.

### C) LA EPIDERMIS CUATERNARIA

Las secuencias climáticas cuaternarias han formado multitud de depósitos que cubren buena parte de los relieves altos derivados de la plataforma de 100 metros y otros sobre las formas litorales más modernas. Con todos estos sedimentos, excluyendo los suelos, que requieren un estudio edafológico aparte, pueden hacerse los siguientes grupos:

1. Depósitos litorales marinos.
2. Depósitos litorales eólicos.
3. Depósitos periglaciares.
4. Coluviones.
5. Aluviones.

#### a) Depósitos litorales marinos.

Las superficies de las rasas, a pesar de que su origen marino no puede ser ya discutido, no tienen depósitos marinos, en general; no obstante, aparecen algunos restos que hace suponer los tuvieron y que hayan sido barridos por la erosión. Tal ocurre, por ejemplo, con el depósito de arenas amarillentas, de algo más de un metro de potencia, recubierto por depósitos periglaciares, que se encuentra en el collado entre Llano Xagón y Murio, a 40 metros sobre el mar, al NE. de Nieva.

La misma significación deben tener los depósitos de arenas y arcillas, ya más extensas, que forman la cumbre de Llano Xagón, 100 me-

tros sobre el mar. Dicho Llano Xagón es un residuo de la rasa de cien metros, conservado gracias a la dureza de las areniscas y cuarcitas gendinienses.

También entre Merín y Quintana, al W. de Bañugues (Luanco), aparecen más extensos depósitos de arenas y arcillas cubriendo la rasa de 100 metros. Estos depósitos, al primer vistazo pueden ser confundidos con determinados horizontes arenosos del Cretácico (zonas de Verdicio y Granda), pero sus características son distintas y, además, fosiliza la zona de 100 metros, y se han conservado sin estar situados sobre ninguna dovela hundida.

Estas observaciones nos hacen suponer que los depósitos marinos que cubrieron la rasa de 100 metros durante su formación, han desaparecido en su mayor parte, barridos por la erosión; no nos repugna admitir esta hipótesis, si se tiene en cuenta que el trabajo de erosión ha sido muy importante desde la época en que se generó la rasa de 100 metros hasta la actualidad, como lo prueba el relieve del interior de la zona estudiada. Por otra parte, también a lo largo de la carretera de Ferrero al Faro de Peñas, por debajo de depósitos periglaciares, aparece un estrato de pocos centímetros de arena arcillosa amarillenta que puede ser un estrato residual de otro más potente depositado sobre la rasa antes de la generación del sedimento periglacial.

Así pues, los depósitos que consideramos marinos ocupan dos niveles correspondientes a dos rasas encajadas:

- Nivel de 100 metros.
- Nivel de 40 metros.

#### b) Depósitos litorales eólicos.

En la costa NW., entre San Juan de Nieva y Ferrero, aparecen dos generaciones de dunas:

1. Dunas consolidadas de la playa de Verdicio.
2. Dunas recientes de Verdicio y de Nieva.

En la playa o arenal de Verdicio, en la desembocadura del arroyo de Verdicio, aparece, recubierto en buena parte por la duna actual, una duna anterior consolidada, con estratificación cruzada, buzando ligeramente hacia el NW. Estos depósitos contienen una faunula de moluscos actuales, sólo formas jóvenes, entre los que los profesores F. Port y N. Soler, de Bogotá, han reconocido: *Mytilus edulis*, *Arca Noë*, otros lamelibranquios y muchos fragmentos de moluscos. Sobre esta duna antigua se desarrolla la duna actual, muerta con numerosos restos de

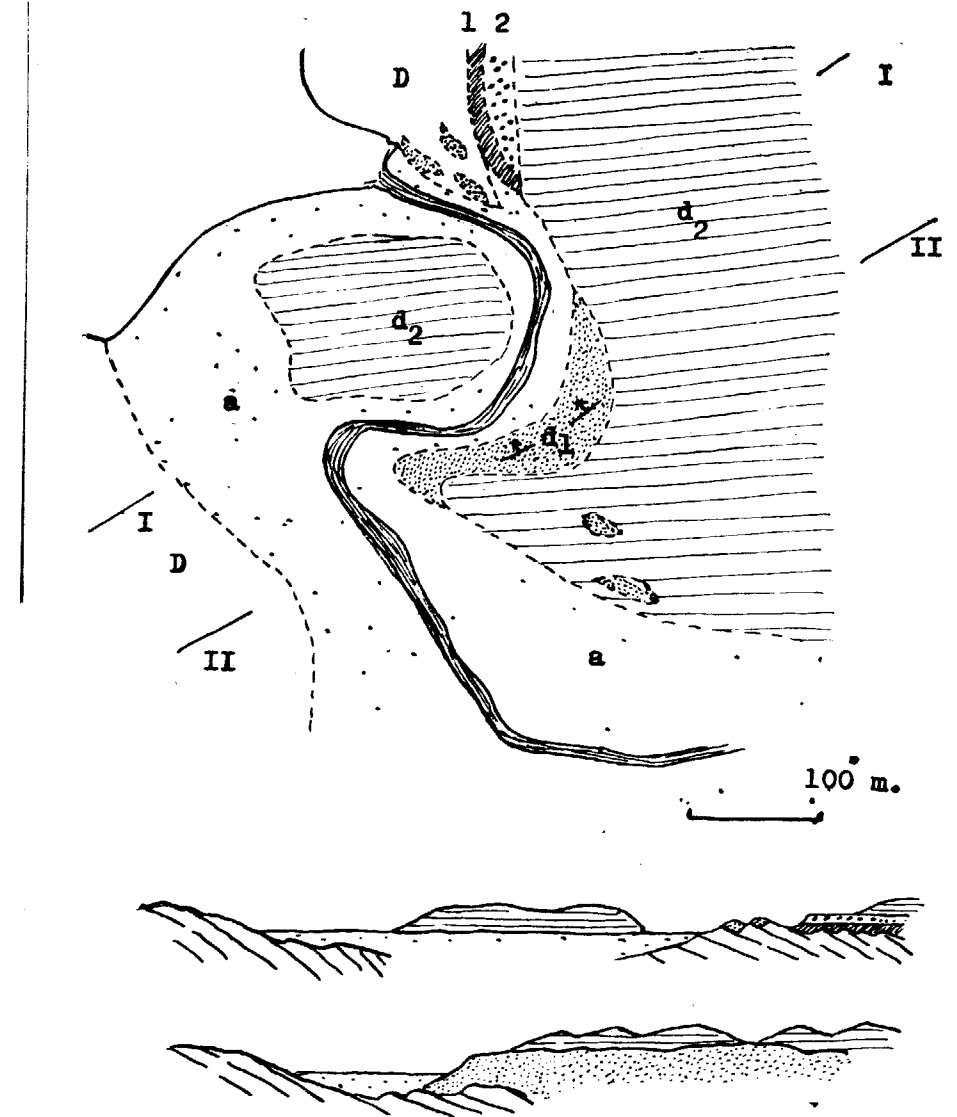


Fig. 11. —Planta y perfiles de los depósitos cuaternarios y actuales de la playa de Verdicio.

a = Arenas y aluviones actuales; d1 = Duna consolidada con moluscos actuales; d2 = Duna muerta actual con *Helix* sp., *Cyclostoma elegans*; 1 = Arcilla marrón; 2 = Arena gris clara con *Helix* sp. y *Rumina* sp.; D = Devónico. Caliza de Nieva.

*Helix* sp. y *Cyclostoma elegans*. En la arena se encuentran numerosos restos de moluscos pequeños.

Fragmentos de la duna consolidada se encuentran sobre las rocas devónicas de la desembocadura del arroyo de Verdicio, y otros aparecen entre la duna actual en la vertiente N. de dicho arroyo. Aquí tenemos un claro ejemplo de dos generaciones de dunas que se han sucedido desde el Cuaternario reciente hasta la actualidad. Entre la generación de ambas dunas se ha formado un depósito constituido por

0,4 m. Arcilla marrón estéril.

0,5 m. Arena gris clara con *Helix* sp. y *Rumina* sp.

La duna reciente cubre este depósito y alcanza 20 metros de altura.

Más al SW., en la playa de San Juan de Nieva, hay una cadena de dunas actuales de casi un kilómetro de longitud y 20 metros de altura.

### c) Depósitos periglaciares.

Deben ser muy numerosos, especialmente sobre la plataforma de 100 metros, pero sólo los hemos visto allí donde los cortes son más favorables. El depósito periglaciario más extenso aparece a lo largo de la carretera de Ferrero al Faro de Cabo de Peñas; allí aparecen 0,8 metros

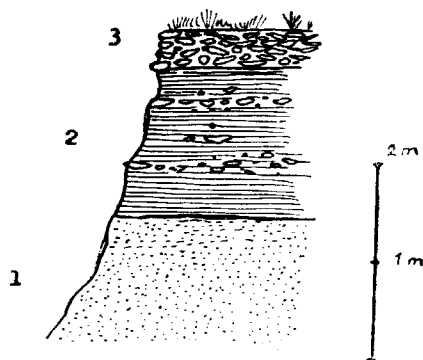


Fig. 12.—Depósitos periglaciares y marinos al N. de Llano Xagón (Xago-Nieva). 1, Arena marina, amarillenta blanquecina, 3 m., zona superior; 2, Arcillas arenosas con "varvas", con lechos de cantos gelivados y rotos; 3, Depósito de "eboulies ordonnés".

de "eboulies ordonnés" muy típicos y apoyándose sobre unos pocos centímetros de arenas arcillosas, y éstas a su vez sobre las pizarras del Llandeilo. El substrato pizarreño ha favorecido la gelivación y la génesis de "eboulies ordonnés". El depósito es perfectamente horizontal.

También al N. de Llano Xagón, a 40 metros y también sobre arenas,

a las que ya hemos atribuido origen marino, aparece un típico depósito periglaciario formado por:

0,4 m. Depósito de cantos gelivados "ordonnés"; alguno de ellos tiene huellas de abrasión marina.

1,6 m. Arcillas arenosas con "varvas", entre las que se intercalan "líneas" de cantos gelivados y algunos fracturados por la gelivación.

Muro: Arena marina.

Estos depósitos acreditan que una fase fría importante sucedió a la génesis de la plataforma de 40 metros, instalándose indistintamente sobre los relieves preformados; el hecho de que los depósitos periglaciares de Xagón hayan sufrido erosión posterior a su génesis, parece indicar que deben ser contemporáneos de la rasa de 40 metros, no posteriores ni anteriores. Provisionalmente atribuiremos la misma edad a los depósitos de Cabo Peñas, sin perjuicio de que puedan haber existido dos épocas periglaciares distintas.

### d) Coluviones y aluviones.

Depósitos aluviales y coluvio-aluviales rellenan la mayoría de las vaguadas más importantes. Algunos son dignos de atención, pues son netamente cuaternarios y su génesis ofrece delicados problemas; tales los sedimentos de la playa de Bañugues (Luanco), que forman una terraza de cinco metros y en los cuales se reconoce la siguiente sucesión:

Muro: Devónico.

0,5 m. Arcillas amarillentas blanquecinas.

1,5 m. Brecha poligénica de matriz arcillosa, poco lapidificada, con concentraciones de cantos y nódulos de  $MnO_2$ . En algún punto la concentración es notable.

0,2 m. Brecha poligénica versicolor, muy lapidificada.

1,7 m. Arcilla amarillenta.

0,5 m. Arcilla marrón con nódulos de  $MnO_2$  de hasta 0,5 mm.

1 m. Arcilla marrón.

Ningún resto indica la edad de este depósito, que consideramos como cuaternario por su posición. Las arcillas superiores se extienden hacia el N. cubriendo parcialmente la rasa de 15-20 metros de El Corballo y el conjunto de la terraza va perdiendo altura de NW. a SE., desde la aldea de Bañugues hasta el Molino de Arena, donde se confunde con

la vaguada del arroyo de La Cabaña. Esta disposición corrobora la idea de considerar este depósito como cuaternario.

Sedimentos semejantes, aunque casi siempre enmascarados por la vegetación, cubren la mayor parte de las vaguadas amplias de los valles de toda la costa, entre Bañugues y Candás. En Andromero, en la playa de Aramor, hay una terraza parecida a la de Bañugues, aunque

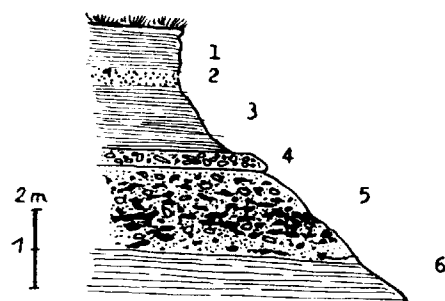


Fig. 13.—Perfil del depósito coluvial de la playa de Bañugues.

- 1, Arcilla marrón clara; 2, 0,2 m. La misma anterior con nódulos de  $MnO_2$  de hasta 0,5 mm.; 3, Arcilla amarillenta; 4, 0,2 m. Brecha poligénica muy lapidificada; 5, Brecha poligénica de matriz arcillosa, poco lapidificada, con mucha concentración de nódulos y cantos de  $MnO_2$ ; 6, Arcillas amarillentas blanquecinas.

el sedimento tiene una estratigrafía más sencilla. También en el valle de Luanco arcillas arenosas y abigarradas cubren indistintamente Cretácico y Paleozoico; la carretera de Luanco a Avilés, entre los kilómetros 40 y 41, cortan constantemente estos depósitos. En afloramientos reducidos se parecen mucho a determinados horizontes arcillosos del Wealdense.

#### IV. TECTONICA ESTATICA

Desde hace algunos años se han diferenciado en Asturias dos tipos tectónicos muy claros (LL-1, LL-10), correspondientes a dos grandes eras orogénicas: 1. Formas de plegamiento de tipo alpídico desarrolladas en el Paleozoico durante la Era Herciniana. 2. Formas de fractura desarrolladas en el Paleozoico durante la Era Alpina. Durante esta era, los terrenos mesozoicos se pliegan ligeramente, pero nunca dan formas alpinas, a lo más sajónicas y jurásicas o jurasicoides. Por esto hay que distinguir dos grandes conjuntos estructurales: formas hercinianas y formas alpídicas.

##### A) LA TECTONICA HERCINIANA DEL ZOCALO

###### a) Los elementos estructurales.

La tectónica herciniana está circunscrita al zócalo paleozoico y constituye la estructura básica. A pesar de tratarse de una región de pequeña extensión superficial, los accidentes tectónicos son muy variados y complejos. Ello es, sobre todo, consecuencia de la existencia, dentro del zócalo paleozoico, de dos elementos estructurales de características mecánicas muy diferentes: 1. En la base, el substrato cámbrico-silúrico, formado por elementos petrográficos de rigidez elevada. 2. La serie devónica, compleja petrográficamente, pero en su conjunto de plasticidad mucho mayor.

En efecto, el substrato cámbrico-silúrico está formado por rocas metamórficas, areniscas muy compactas, cuarcitas potentes (cuarcitas armoricanas) y las pizarras de Luarca; en el Cabo de Peñas, el supuesto Gothlandiense corresponde a un grado de plasticidad muy alto. Es-

los materiales pueden agruparse, por sus reacciones mecánicas, en tres conjuntos:

| Rocas rígidas                   | Rocas semiplásticas              | Rocas plásticas                   |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Ectinitas cámbricas:<br>15 %.   | Pizarras del Arenig: 10 %.       | Pizarras gothlandienses:<br>10 %. |
| Diabasas: 5 %.                  | Calizas gothlandienses:<br>10 %. |                                   |
| Cuarcitas armoricanas:<br>50 %. |                                  |                                   |

Según esta clasificación, el 70 % del material cámbrico-silúrico es rígido, el 20 % semiplástico y sólo el 10 % plástico.

En cambio el conjunto devónico, carbonífero y pérmico ofrece un grado de plasticidad mucho más elevado, como puede verse en el siguiente cuadro:

| Rocas rígidas     | Rocas semiplásticas                                  | Rocas plásticas                         |
|-------------------|--|---|
| Diabasas: 1 %.    | Areniscas, pizarras y cuarcitas gedinienenses: 10 %. | Pizarras siegenienses A:<br>20 %.       |
| Mimofiros: 0,2 %. | Calizas de Moniello: 3 %.                            | Calizas de Nieva: 28 %.                 |
|                   | Arenisca de <i>Gosseletia</i> :<br>8 %.              | Pizarras y calizas de Ferroñes: 5 %.    |
|                   | Calizas frasnienses 5 %.                             | Serie de Arnao: 5 %.                    |
|                   | Arenisca givetiense: 7 %.                            | Flysch y calizas givetien-<br>ses: 3 %. |
|                   | Caliza de montaña: 2 %.                              | Flysch carbonífero: 1 %.                |
|                   | Areniscas y conglomerados pérmicos: 0,5 %.           | Pizarras autunienses:<br>0,5 %.         |
|                   |  | Margas rojas pérmicas:<br>0,8 %.        |

En esta clasificación se ve en seguida que el elemento rígido es prácticamente nulo, mientras que la hegemonía mecánica corresponde a las rocas plásticas con el 63,3 % del total del material. En estas condiciones se comprende fácilmente que los estilos tectónicos de ambas unidades tendrán que ser distintos, y en efecto, existen profundas divergencias entre las formas tectónicas modeladas en el conjunto cámbrico-silúrico y las del devónico-carbonífero pérmico. Los contactos de materiales excesivamente rígidos con otros muy plásticos dan siempre formas "extrusivas", como ocurre con las cuarcitas armoricanas, que, cuando no están revestidas por las pizarras de Luarca, que actúan de amortiguadores, "perforan" las capas suprayacentes en los anticlinales muy apretados; tal ocurre en toda la zona SE., donde no se encuentran las pizarras de Luarca; en cambio en el Cabo de Peñas el

plegamiento de la cuarcita armoricana es muy laxo, de estilo jurásico, gracias a la potente serie de Luarca, reguladora de la deformación.

Como consecuencia de estos factores mecánicos se han generado, en la región de Cabo de Peñas, los siguientes grandes elementos tectónicos que encontramos sucesivamente desde la costa occidental a la oriental:

1. Cabalgadura Arnao-Nieva. Pequeña "plesicapa" que superpone el Devónico al Autuniense y probablemente al Pérmico.
2. Sinclinorio autuniense-pérmico de San Juan de Nieva.
3. Manto de Verdicio; región de pliegues acostados modelados en las calizas del Siegeniense B (= caliza de Nieva).
4. Anticlinorio de Merín-Llumeres, desarrollado en el Gedinienese-Siegeniense A.
5. Sinclinorio de Bañugues, en las calizas del Siegeniense B.
6. Anticlinorio extrusivo de Santa Ana-Ruedo, con núcleo de cuarcitas armoricanas.
7. Zona de pliegues jurásicos Luanco-Candás-Perlora.

A éstos hay que añadir la zona de estilo jurásico, del substrato cámbrico-silúrico, del Cabo de Peñas.

#### b) Tectónica local.

1. LA CABALGADURA DE SAN JUAN DE NIEVA.—El accidente herciniano más occidental de la zona estudiada es la cabalgadura de San Juan de Nieva. En realidad se trata de la terminación NE. de un accidente más importante descrito sobre todo en Arnao, por afectar allí al yacimiento del carbón explotado por la Real Compañía Asturiana de Minas (E-2, LL-8, P-1). Se trata de una cabalgadura del Devónico sobre el Estefaniense, cuyo frente corre aproximadamente paralelo a la costa, bajo el mar entre Arnao y San Juan de Nieva; sólo en estos dos puntos aparece emergido.

En San Juan de Nieva puede estudiarse a lo largo de la carretera del Faro; el flanco superior aparece en las inmediaciones de la curva que describe la carretera para ganar la altura del Faro; allí aparecen las calizas negroides pizarreñas y calcoesquistos del Siegeniense, muy atormentadas, con rizaduras, micropliegues y la acostumbrada pizarrosidad diagonal; desde esta raíz al frente de la "plesiocapa" hay menos de un kilómetro, pero la superposición del Devónico al Autuniense se hace sobre un plano inclinado de 10 a 15° al WNW. No cabe duda que la caliza de Nieva, con su elevada plasticidad, ha contribuido al deslizamiento y, aun con toda probabilidad, ha servido de lubricante a la

serie de dolomías del Faro, mucho más rígidas, que debían formar el flanco superior y que han sido barridas por la abrasión marina al formarse la rasa del Faro.

El flanco inferior está formado en parte por la propia caliza de Nieva, en parte por el sinclinal carbonífero de San Juan; la primera aparece en el propio contacto con el plano de deslizamiento, formando una charnela sinclinal compleja; un poco más hacia el E. de una pequeña cabaña aparece una serie de escamas muy laminadas de vergencia ESE., en las que alternan pizarras negras y areniscas rojas; finalmente, en contacto con una falla algo inversa que le separa del Pérmico, hay un paquete de pizarras y areniscas donde Patac (P-1) encontró la ya indicada flora autuniense; más al E. todavía, hacia San Juan, aparecen ya sólo paquetes de Pérmico separados por fallas ligeramente inversas hacia el ESE.

Este corte es de difícil interpretación en lo que respecta a la edad

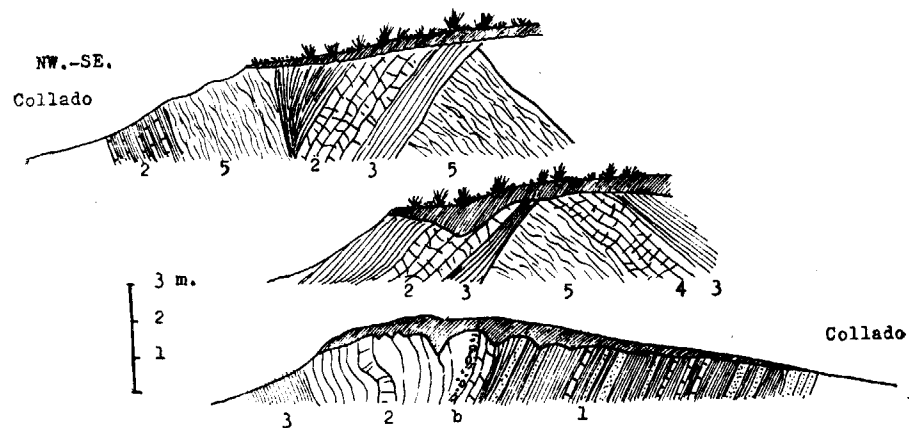


Fig. 14.—Cortes de la trinchera de la carretera en el cerro cota 53 del S. de Lloredo (San Juan de Nieva).

b, Brecha de fricción con depósitos ferruginosos; 1, Calizas grises, areniscas amarillentas y pizarras oscuras alternantes todo en capas de hasta 0,05 m.; 2, Calizas lumaquéllicas grises y pizarras oscuras alternantes, en capas de 0,2 m. Las lumaquelas contienen *Hysterolites hystericus*; 3, Dominio de pizarras oscuras; 4, Calizas y pizarras oscuras alternantes; 5, Serie de calizas arenosas con *Hysterolites hystericus* y otros braquiópodos, en lajas delgadas y onduladas con aspecto de tren.

del accidente, puesto que las fallas que cortan el Pérmico en dovelas, tanto pueden interpretarse como accidentes satélites a la cabalgadura, como fracturas posteriores; incluso da la sensación de que una de ellas corte el frente de la cabalgadura. Por otra parte, las capas de areniscas rojas, en contacto con el Autuniense, del flanco inferior, son

muy parecidas a las pérmicas. En todo caso estamos en presencia de una tectónica manifiestamente post-autuniense y, por tanto, de fase saálica o pfálica, según esté el Pérmico involucrado o no en el plegamiento.

De todos modos, el Pérmico no deja de estar plegado, durante o después de la cabalgadura de San Juan, de manera que el problema se reduce a admitir únicamente la fase pfálica o la saálica y la pfálica.

2. LOS MANTOS DE VERDICIO.—Al N. de San Juan, a lo largo de la playa de Nieva, hay una línea de cerros que separan dicha playa de la ciénaga del Recastrón; estos cerros llaman la atención por su topografía algo caótica, que se debe a la existencia de fallas alpidicas de movimiento horizontal (“dicrochements”). En ellos se ha conservado una estructura herciniana de escamas, vergentes hacia el ESE., que puede verse muy bien siguiendo la carretera de Nieva a Lloredo; en los cerros más meridionales las escamas se desarrollan a expensas de las calizas del Siegeniense B (= caliza de Nieva), mientras que al N. de Lloredo son las pizarras del Siegeniense A y del Gediense las que sufren la escamación. Estas escamas pertenecen con toda probabilidad al flanco inferior de la plesiocapa de San Juan; el flanco superior habría sido totalmente desmantelado, tanto más fácilmente cuanto que está ya cerca de su terminación septentrional.

Más al N., en Xago, Cabo Murias y Tresmurias, las capas del Siegeniense B están horizontales o subhorizontales, pasando raramente los buzamientos de 20°; además se observa una gran indecisión en las orientaciones. La esquistosidad de estas calizas de Nieva, que siempre es muy grande, se acentuó aquí fuertemente, como puede verse en la playa de Verdicio, por ejemplo. En estas calizas se encuentran numerosos estilolites; las capas duras presentan “boudinage” incipiente y se desarrollan en ellas numerosas leptoclasas de desgarre y plumosas, rellenas generalmente de calcita blanca. Los esfuerzos tectónicos han encontrado en la caliza de Nieva un material óptimo para desarrollar en él multitud de formas de pequeña tectónica, acompañados de fenómenos de dinamometamorfismo.

En los cantiles costeros aparecen frecuentes charnelas acostadas o muy inclinadas que acreditan que la horizontalidad de estas calizas es sólo aparente; en realidad se trata de una tectónica de mantos “en cascada” que descienden hacia el ESE., de los cuales el más occidental ha originado la plesiocapa de San Juan de Nieva por rotura de su charnela. Cerca de Ferrero se encuentran las charnelas frontales del manto más occidental, en la playa de la Cabaña; estos frentes presentan algunas roturas en sus contactos con otras formaciones; en el propio

collado de la Cabaña hay una rotura de importancia entre la charnela del manto de la caliza de Nieva con el Cámbrico. También en la carretera del Cabo de Peñas, entre Ferrero y El Campo, aparecen accidentes semejantes entre las calizas de Nieva y el Siegeniense A.

En la zona de Podes, entre El Campo, San Jorge de Manzaneda y Santa Leocadia de Laviana, a consecuencia del paso lateral de las calizas de Nieva a pizarras, mucho más plásticas, desaparece el estilo en

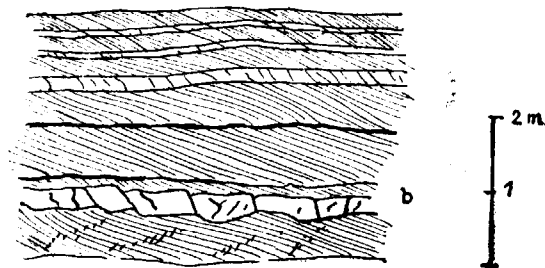


Fig. 15.—Esquistosidad a 40-45° en la caliza de Nieva. Calizas alternando con pizarras margosas oscuras. En la capa b, "boudinage" incipiente.

mantos y es sustituido por escamas, vergentes de 40 a 45° hacia el S., es decir, en el mismo sentido y con el mismo ángulo que la esquistosidad de la caliza de Nieva. Las capas calizas intercaladas en la masa de pizarras desempeñan el principal papel en estas escamas, como elementos más duros; siguen luego las escasas capas de areniscas y cuarcitas que se intercalan en la formación pizarreña.

3. EL ANTICLINORIO DE MERÍN - LLUMERES Y SUS ELEMENTOS ACCESORIOS.—La zona de mantos de Verdicio se apoya sobre un gran abombamiento anticlinal dirigido casi rígidamente de SW. a NE., que se desarrolla desde el monte Merín hasta la ensenada de Llumeres. Se trata de un anticlinorio inclinado, vergente al SSE. como los mantos, y cuyo eje se une progresivamente hacia el NE., de tal modo que las capas más bajas afloran en el monte Merín y las más altas en Llumeres.

Este accidente se desarrolla totalmente dentro de las pizarras, areniscas, cuarcitas delgadas y areniscas ferruginosas del Gediense y Siegeniense A; en el monte Merín afloran las capas gedienses en la charnela del anticlinorio.

A todo lo largo del eje se encuentra una compleja zona de charnelas; en la carretera del Cabo de Peñas, entre el monte y Llumeres, pueden verse los numerosos accidentes secundarios de esta zona de charnelas, desarrollados aquí en las pizarras y areniscas siegenienses A. El flanco SE. del anticlinorio es bastante complejo y rebota fi-

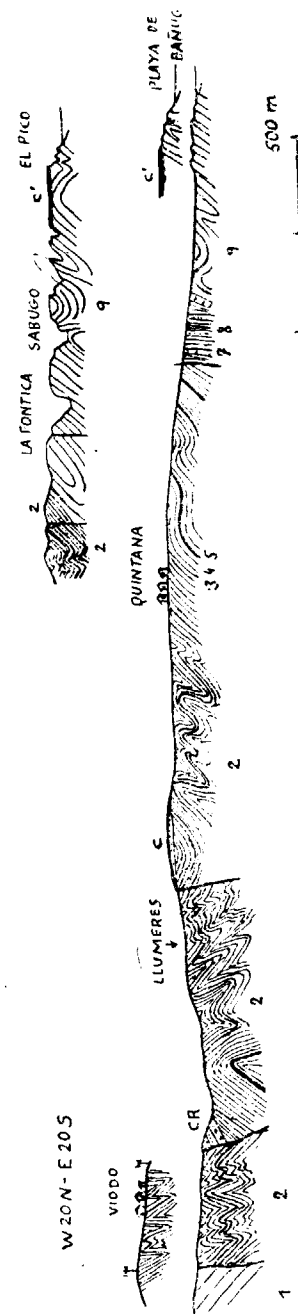


Fig. 16.—Corte geológico de los alrededores de Llumeres.

c, Arenas cuaternarias; c', Arcillas cuaternarias; 1, Cuarcitas armorianas; 2, Pizarras azuladas-grisáceas; 3, Pizarras azules; 4, Pizarras azuladas con cuarcitas delgadas intercaladas; 5, Pizarras arcillosas en lajas delgadas; 6, Areniscas + pizarras; 7, Caliza; 8, Pizarras + areniscas amarillentas; 9, Pizarras; 10, Caliza, 5-6 m.; 9, Caliza gris en lajas (= Caliza de Moniello).

nalmente ante una falla alpídica que lo pone en contacto con las calizas del Siegeniense B. Este contacto es muy limpio en el Cabo de la Navata: todo el promontorio del cabo está formado por las calizas de Nieva, fuertemente replegadas, en accidentes que oscilan siempre alrededor de la vertical; las areniscas y cuarcitas se retuercen en el contacto y parecen querer cabalgar a las calizas, como en efecto ocurre en el labio E. de la falla, a unos 200 metros al E. de la Punta Navata, donde se ven las pizarras del Siegeniense A superpuestas anormalmente a las calizas de Nieva. Aquí comienza el régimen invertido del flanco SE., desarrollado en las calizas de Nieva.

Al NW. de Llumeres, en el Cabo de Peñas, aparece el substrato cámbrico-silúrico de este accidente. Tanto si se recorre la costa NE., por la Peña del Castro, hasta las islas Gavieras, como si se hace por la SW., desde Ferrero hacia el N., aparece primero el Cámbrico inclinado hacia el S., separado por una falla alpídica de las pizarras de Luarca, que se pliegan armónicamente, con el puro estilo jurásico, formando dos pliegues anticlinales rectos, de flancos simétricos separados por un sinclinal del mismo estilo; el flanco N. del más septentrional de estos pliegues se apoya sobre las cuarcitas armoricanas que forman toda la costa N. del Cabo de Peñas. Estas cuarcitas, a su vez, forman parte del flanco S. de un nuevo anticlinal cortado por la abrasión marina, cuya bóveda se encuentra en la isla Erbosa, que emerge a menos de un kilómetro al N. del cabo.

El corte de los pliegues de las pizarras del Llandeilo es más completo al N. de Ferrero, a lo largo de la costa, donde puede verse sin necesidad de descender hasta el mar.

Estos accidentes desarrollados en los materiales cámbrico-silúricos constituyen en realidad el substrato de los mantos de Verdicio que afloran en el Cabo de Peñas, gracias a la elevación producida por las fallas alpídicas, y que ha ocasionado el desmantelamiento de la covertera de mantos al formarse la rasa de 100 metros.

4. EL SINCLINORIO DE BAÑUGUES.—En el flanco SE. invertido del anticlinorio de Llumeres se inicia el sinclínorio de Bañugues; la mitad occidental de esta unidad se desarrolla totalmente en las calizas de Nieva, que constituyen toda la zona costera entre la Punta de la Navata y el borde E. de la ensenada de Bañugues. En su conjunto constituyen una zona de pliegues isoclinales, ligeramente vergentes al E., con tendencia al estilo jurásico, toda vez que algunos elementos son pliegues rectos. Las unidades de este conjunto son las siguientes, de W. a E.:

- a) Sinclinal de La Fontica, vergente al SE. 45° y cuyo flanco W. está recubierto por las pizarras del Siegeniense A y roto por la falla alpídica, que lo pone en contacto con el anticlinorio de Llumeres.
- b) Anticlinal de Sabugo. Pliegue recto, jurásico, cuyo flanco W. está cortado por una falla recta, accesoria, que rompe la continuidad con el sinclinal de La Fontica.
- c) Sinclinal de Sabugo, de idénticas características que el anterior.
- d) Complejo de El Pico, formado en su zona W. por un doble pliegue anticlinal-sinclinal apretadas y vergentes al E.; en el centro por un anticlinal recto, jurásico, y en su zona E. por una serie de pliegues apretados, con tendencia a verger hacia el E., que se hunden en la ensenada.

Durante la marea baja puede comprobarse que la ensenada de Bañugues está formada por complejos de pliegues semejantes a los anteriores, cuyos detalles son más difíciles de discernir a causa de su situación.

En el borde E. de la ensenada afloran todavía las calizas de Nieva. Un buen corte estratigráfico y estructural puede obtenerse durante la marea baja recorriendo por su base los cantiles costeros hasta Moniello.

El conjunto está constituido por un haz de pliegues isoclinales claramente vergentes al ESE., en los que de W. a E. van apareciendo elementos cada vez más modernos; las calizas de Nieva, en el margen W.; calizas de Ferroñes y de Arnao, en la zona central; calizas de Arnao, más hacia el E.; calizas de Moniello, en la entrada de la ensenada de Moniello. Esto parece indicar que los pliegues se hunden progresivamente de W. a E., lo que ha permitido la conservación de unidades estratigráficas cada vez más modernas hacia el E. Las charnelas se suceden continuamente y la obtención de una buena serie estratigráfica no es fácil, a pesar de la abundancia de fósiles en todos los tramos. Algunos pliegues rompen sus charnelas y tienen tendencia a formar escamas. Cerca de la ensenada de Moniello, en la Punta del Aguión, aparecen por primera vez las calizas de Moniello con contacto anormal con las de Ferroñes. Están fuertemente plegadas, pero con pliegues rectos, apretados, de charnelas agudas, cuyo estilo difiere del de toda la serie anterior. El conjunto termina ante una línea de fallas alpídicas que se alinean sensiblemente en la misma dirección del valle de Moniello.

5. LA EXTRUSIÓN DE SANTA ANA.—Las fallas del valle de Moniello



ponen en contacto el sinclinorio de Bañugues con la extrusión de Santa Ana. El cordal de Santa Ana separa el valle de Moniello de la costa de Luanco, y está formado por una banda de cuarcitas armoricanas orientada N. 40° E. que forma un anticlinal ligeramente extrusivo y suavemente vergente al SE.

Ascendiendo desde Moniello a Santa Ana, se cortan las areniscas y pizarras gedinenses casi verticales, en contacto mecánico con las cuarcitas armoricanas. El flanco SE. es normal, y hemos dado ya el corte en la parte estratigráfica. Por el NE. la extrusión está cortada por fallas alpídicas NW.-SE.; por el SW. hay otro accidente W. 10° N. que lo corta violentamente; la carretera a Bañugues rodea este contacto. Estos accidentes no son raros, en las cuarcitas armoricanas, cuando sobre ellas se apoya el Devónico (LL-6); en cambio, cuando soportan las pizarras de Luarca, como ocurre en el Cabo de Peñas, éstas actúan de amortiguadores y la tectónica no pasa de alcanzar un estilo jurásico.

6. LA ZONA DE PLIEGUES LAXOS DE LA COSTA ENTRE LUANCO Y PERLORA. Al SE. de Luanco, los afloramientos paleozoicos que aparecen en los cantiles costeros por debajo del Triás y del Cretácico permiten reconocer una tectónica de pliegues laxos, jurásicos o jurasicoides, tanto más regulares y armónicos cuanto más caminamos hacia el SE. Ello es consecuencia de que los materiales más plásticos del conjunto Devónico-Carbonífero que compone esta región están situados en las proximidades de Luanco, mientras que hacia el SE. las series estratigráficas se enriquecen en elementos menos plásticos que, resistiéndose al plegamiento, dan formas más laxas y regulares. En contacto con el Aptiense de Luanco aparecen las pizarras margosas y flysch del Givetiense, que forman pliegues relativamente apretados y tendiendo a la disarmonía; este estilo continúa hasta Andromero, y se interrumpe al aparecer las areniscas y cuarcitas couvinienses C y las calizas coralinas frasnienses.

En este conjunto consideraremos, pues, dos zonas:

- a) Zona de pliegues apretados y con tendencia a la disarmonía, de Luanco-Andromero, y
- b) Zona de pliegues jurásicos de Andromero - Candás - Perlora.

En la primera zona se reconocen, de NW. a SE., los siguientes elementos tectónicos:

Sinclinal de Rivera, en el flysch givetiense, junto a la playa de este nombre.

Anticlinal de la Rivera, en las mismas capas; ambos accidentes son rectos, de charnelas agudas, con tendencia al cabeceo.

Zona sinclinal de calizas coralinas de la Rivera-Astillero.

Falla del Astillero, que pone en contacto la zona sinclinal con el anticlinal de Carreo, en cuyo núcleo afloran las areniscas del Couviniense C; el flanco NW. está cortado por la falla anterior y el flanco SE. desaparece en el arroyo de Carreo, pero continúa en la Punta del Carmen, frente a la ermita.

Sinclinal de Andromero, isoclinal vergente al NW.; muy regular, con núcleo de flysch givetiense; el flanco SE. está invertido y formado por areniscas del Couviniense C.

Probable sinclinal del E. de Andromero, en las areniscas del Couviniense C.

Sinclinorio de San Pedro, recto, en las calizas de montaña y flysch calizo westfaliense (?).

Anticlinal extrusivo de San Pedro, con núcleo de cuarcitas armoricanas; el flanco NW. ha desaparecido y está en contacto con la caliza viseense.

Anticlinal de Piñeres, recto, con núcleo de caliza del Couviniense B y flancos de areniscas givetienses.

Sinclinal complejo de Candás-Perlora, con flancos de areniscas couvinienses y givetienses y núcleo de calizas frasnienses y caliza de montaña en Perlora (LL-10).

7. LOS PLIEGUES DEL INTERIOR.—Toda la tectónica herciniana que se acaba de describir está circunscrita a lo largo de la costa o a pocos kilómetros hacia el interior. Ello es debido, en primer lugar, a que en los cantiles costeros es donde pueden obtenerse los mejores cortes, y en segundo lugar, a que la mayor parte del interior está ocupado por depósitos mesozoicos, conservados en el fondo de fosas tectónicas alpídicas. No obstante, al SW. de la costa de Luanco a Candás aparece una región bastante extensa donde aflora el material herciniano, aunque fragmentado por las dovelas y fallas alpídicas y recubierto en parte por depósitos cretácicos.

*La zona de Nembro.*—Entre Balbin, Nembro, Peruyal y la ermita de Busto se encuentra la zona más extensa y despejada de cobertera mesozoica; la parte NW. de esta zona, que circunda el borde meridional de la fosa de San Juan de Fombona, rellena de Cretácico, está formada por la continuación hacia el SW. del borde E. del sinclinorio de Bañugues, pero aquí los ejes de los pliegues están más elevados y afloran elementos más bajos de la estratigrafía, sobre todo las calizas y pizarras del Siegeniense A y B desempeñan el principal papel en la estructura; en el borde SW. de esta zona llega a aflorar la cuarcita armoricana en el anticlinal del Peruyal, que se eleva a manera de horst entre

fallas alpidicas, entre las regiones deprimidas de San Juan de Fombona y de San Jorge de Manzaneda. Este anticlinal, lo mismo puede corresponder al flanco SE. del anticlinorio de Merín que al flanco NW. del sinclinorio de Bañugues.

En los alrededores de Nembro se reconocen varios pliegues, que son neta continuación del flanco SE. del sinclinorio de Bañugues, es decir, corresponden concretamente a la zona de pliegues isoclinales Bañugues-Moniello. Entre la cuenca de San Juan de Fombona y la carretera de Luanco a Avilés, se reconocen los siguientes elementos:

Sinclinal del molino de la Barrera, en las calizas de Ferroñes, recto, simétrico

Pliegue complejo (anticlinal-sinclinal) de Nembro, en la serie pizarraña de las calizas del Siegeniense B, vergente hacia el SE.

Anticlinal de Cantalarrana, en las mismas rocas, vergente al SE., del que aflora bien el flanco NW.

A 200 metros al SE. del Km. 36,5 de la carretera Luanco-Avilés aflora una larga banda de cuarcitas armoricanas, cortada por el margen NW. por una falla del mismo rumbo, NE.-SW. Esta cuarcita es el eje de un sinclinal, con toda probabilidad la continuación SW. del de Santa Ana; el flanco SE. está perfectamente conservado y puede reconocerse recorriendo los caminos que conducen a la ermita de Busto.

Más hacia el SE. la estructura herciniana es menos perceptible, puesto que aparece en buena parte oculta por depósitos cretácicos. Casi toda la tectónica se desarrolla en los elementos bajos del Devónico, apareciendo especialmente las cuarcitas armoricanas y las areniscas y pizarras gedienses, pero una reconstrucción precisa de la estructura se hace muy difícil. Pueden reconocerse, no obstante, dos ejes anticlinales definidos por afloramientos de cuarcitas, el anticlinal de Pingarón, al SE. de Busto, y el de la Gallega, al SE. del molino del mismo nombre. No han sido reconocidos en esta zona ni las estructuras ni los elementos estratigráficos de la costa Luanco-Candás, lo que no es de extrañar si se tiene en cuenta el importante papel que las fallas alpidicas desempeñan en esta zona.

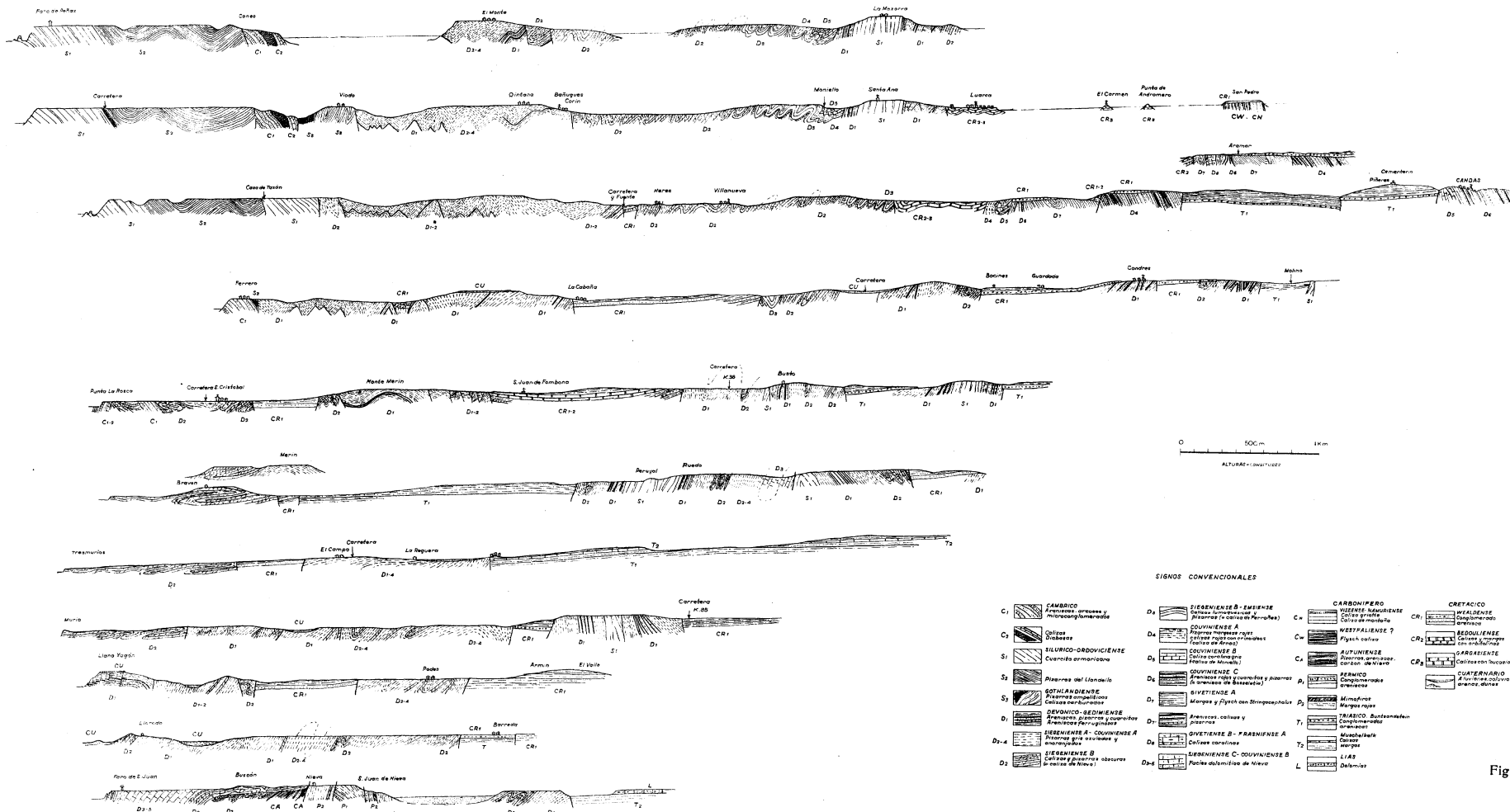
### c) El desarrollo espacial del plegamiento.

Ya han sido indicadas las unidades estructurales que aparecen en la estructura herciniana del Cabo de Peñas, de manera que trataremos de establecer la posición que en el conjunto del plegamiento ocupan cada uno de sus elementos.

La disposición de la estructura estudiada nos permite reconstruir

# CORTES GEOLOGICOS DE LA REGION DEL CABO DE PEÑAS (ASTURIAS)

por  
N. LLOPIS LLADO  
-1960-



**SIGNOS CONVENCIONALES**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>C</b> Cambrio<br>Areniscas arenosas y micaceous/laminadas                           | <b>D2</b> Silesites B - Emense<br>Pizarras (a color de Peñas)                        | <b>Cx</b> Carbonifero<br>Silesites Aquilense<br>Calizas graníticas<br>Calizas arenolíticas | <b>CR</b> Cretacico<br>Wealdense<br>Conglomerados arenosos         |
| <b>D1</b> Calizas<br>Dolomitas   | <b>D1-1</b> Couvinense A<br>Pizarras oscuras y azules<br>Calizas (a color de Peñas)  | <b>Cw</b> Westfalense ?<br>Pizarras calizas  | <b>CR2</b> Bedouliense<br>Calizas y margas<br>con tróvilos         |
| <b>S1</b> Silurico-Ordovicicense<br>Cuarzos ornamentados                               | <b>D1-2</b> Couvinense B<br>Calizas coloradas<br>Pizarras de Montaña                 | <b>Cu</b> Alpujense<br>Calizas dolomíticas<br>Calizas de Luena                             | <b>CA</b> Carrariense<br>Calizas con tróvilos                      |
| <b>S2</b> Pizarras del Liencres  | <b>D1-3</b> Couvinense C<br>Pizarras rojas coloradas y azules<br>Areniscas de Basset | <b>D1</b> Permico<br>Conglomerados arenosos  | <b>CA2</b> Cuaternario<br>Areniscas coloradas<br>arenosas, dolitas |
| <b>S3</b> Sotilandense<br>Calizas arenolíticas<br>Calizas marítimas                    | <b>D1-4</b> Sivietense A<br>Margas y pizarras arenolíticas                           | <b>D2</b> Permico<br>Margas rojas  | <b>T1</b> Triasico<br>Bastardense<br>Conglomerados arenosos        |
| <b>D1</b> Devonico-Beduiense<br>Areniscas pizarras y cuarzos<br>Areniscas Perigordicas | <b>D1-5</b> Sivietense B<br>Margas, calizas y pizarras                               | <b>T2</b> Liásico<br>Cuarzos   | <b>T3</b> Liásico<br>Muschelkalk<br>Calizas margas                 |
| <b>D2-A</b> Sivietense A - Couvinense A<br>Dolomitas grises azules y arenolíticas      | <b>D1-6</b> Sivietense B - Franziense A<br>Calizas coloradas                         | <b>T2</b> Liásico<br>Cuarzos margas  | <b>L1</b> Liásico<br>Cuarzos margas                                |
| <b>D2</b> Sivietense B<br>Calizas y pizarras oscuras<br>a color de Peñas               | <b>D1-7</b> Sivietense C - Couvinense B<br>Pizarras delimitadas de Nueva             | <b>T2</b> Liásico<br>Cuarzos margas  | <b>L2</b> Liásico<br>Cuarzos margas                                |

Fig. 17.

el conjunto estructural, como un amontonamiento de pliegues en cascada, descendientes de NW. a SE.; la intensidad de los esfuerzos tectónicos decrece también en el mismo sentido, puesto que la estructura está mucho más evolucionada en la zona NW., donde aparecen la plesiocapa de San Juan de Nieva y los mantos de Verdicio, que hacia el SE., donde sólo aparecen estilos isoclinales y aun jurásicos. En este sentido puede hablarse, pues, de una tectónica en "stockwerk", en la que se reconocen los siguientes pisos de estructuras:

1. Zona inferior, cámbrico-silúrica, de pliegues jurásicos y jurasicoides, con extrusiones de las cuarcitas armoricanas en el estrato inmediato, cuando faltan las pizarras de Luarca. Las areniscas gedinienses corresponden, por su mecánica a este mismo estrato.
2. Zona de tectónica horizontal, con "plesiocapas" y mantos, desarrollada en las pizarras del Siegeniense A y en las calizas y pizarras del Siegeniense B-C.
3. Zona de pliegues isoclinales en las calizas del Siegeniense B-C, Emsiense y Couviniense.
4. Zona superior, de pliegues jurásicos y jurasicoides, en los materiales couvinienses C, givetienses, frasnienses y carboníferos (calizas de montaña + Westfaliense).

Concebida de este modo la tectónica del Cabo de Peñas, se nos aparece la zona de mantos de Verdicio como un estrato tectónico de claro estilo disarmónico colocado entre los estratos altos y bajos de estilos jurásicos. Hay que tener en cuenta que el estilo tectónico imperante en la estructura de los hercínides astúricos es el jurásico o jurasicoides, con sus múltiples variantes y anomalías. Los mantos de Verdicio constituyen, pues, una verdadera anomalía, sólo explicable por una disarmonía provocada por la existencia de materiales plásticos, como las calizas de Nieva, entre otros más resistentes al plegamiento, como las cuarcitas y pizarras silúricas que les sirven de muro y las calizas de Arnao, Ferroñes, Moniello y capas frasnienses que forman el techo.

Los mantos de Verdicio desempeñan en la tectónica del Cabo de Peñas el mismo papel que el Lías en la zona subalpina, donde se produce una de las disarmonías más importantes de Europa por su posición entre el Cristalino y Trías del muro y el conjunto mesozoico que le sirve de techo (M-9).

En sentido longitudinal, se observa que los ejes de los pliegues sufren oscilaciones frecuentes e irregulares; cada unidad actúa en este sentido de manera autónoma. En la zona de mantos de Verdicio, los ejes se elevan de SW. a NE., hasta que en el Cabo de Peñas aflora el

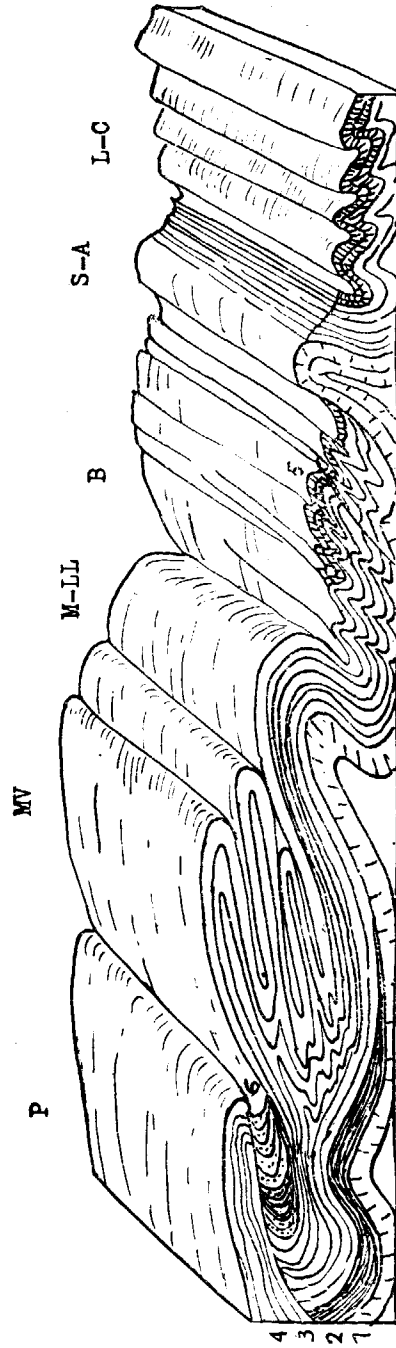


Fig. 18.—Elementos de la tectónica herciniana de la zona de Cabo Peñas.

P, Plesiocapa de Nieva; MV, Mantos de Verdicio; M-LL, Anticlinal Merin-Llumeres; B, Sinclinorio de Bañugues; S-A, Extrusión de Santa Ana; L-C, Zona de pliegues jurásicos de Luanco-Candás.

1, Cuarcitas armoricanas; 2, Pizarras del Llandeilo; 3, Siegeniense A y B; 4, Siegeniense B, C y Emsiense; 5, Emsiense-Couviniense-Givetiense-Frasniense.

substrato cámbrico-silúrico; el anticlinorio de Verdicio, en cambio, se eleva en sentido inverso, es decir, de NE. a SW., mientras que el sinclinorio de Bañugues vuelve a hundirse hacia el NE. La impresión general es que los ejes de los pliegues sufren frecuentes y rápidas inflexiones en altura con generación de pliegues transversales. Así, el hiato entre las cuarcitas armoricanas de Santa Ana y las de Busto, puede tratarse de un pliegue transversal enmascarado por las fallas alpidicas.

#### d) Estilos tectónicos y tipo de plegamiento.

Ya se ha indicado que la característica fundamental de la estructura de esta zona es la presencia de una tectónica en "stockwerk". Cada piso tectónico tiene un estilo propio. De aquí que puedan reconocerse los siguientes estilos:

1. Estilo jurásico o jurasicoide en las capas cámbricas y silúricas de la base y el Devónico superior y caliza de montaña.
2. Estilo isoclinal vergente al SE., en las calizas devónicas, desde el Siegeniense C al Couviniense B.
3. Estilo imbricado incipiente en las mismas capas anteriores.
4. Estilo en mantos en las capas del Siegeniense B-C de la zona oriental.
5. Plesiocapa de San Juan, en las mismas capas.

Las vergencias se dirigen constantemente hacia el ESE., tanto en los mantos y plesiocapas como en los pliegues isoclinales e imbricados.

La estructura herciniana del Cabo de Peñas es, pues, de tipo alpino, como no podría ser de otro modo, dada la elevada plasticidad y carácter orógeno de los materiales.

## B) LA TECTONICA ALPIDICA

### a) Generalidades.

En la zona del Cabo de Peñas, la tectónica alpidica desempeña un papel tanto o más importante que la tectónica herciniana, hasta el punto de determinar los rasgos más sobresalientes de la morfología del litoral. Accidentes geográficos importantes, como la ría de Avilés o el propio cabo de Peñas, están condicionados por las características geométricas de los accidentes alpidicos.

Como ya hemos indicado en otros trabajos, la tectónica alpídica de Asturias (LL-1, LL-8) es de tipo germánico, por haber actuado de antepaís de la cuenca de sedimentación pirenaica (LL-3) y estar ya el material herciniano excesivamente endurecido para plegarse de nuevo. La región del Cabo de Peñas es una de las más demostrativas de Asturias a este respecto, puesto que está formada por un verdadero mosaico de dovelas limitadas por fallas; en los bloques hundidos se han conservado los restos de la cobertera mesozoica, que se extendería por toda la superficie de la región al comenzar el Terciario, en los bloques elevados, en cambio aparece siempre el Paleozoico desnudo de toda cobertera.

#### b) Los elementos de la tectónica local.

1. LA FOSA DE SAN JORGE DE MANZANEDA.—El elemento más destacado de la tectónica alpídica de esta zona es, sin duda, la fosa de San Jorge de Manzaneda, no sólo por su extensión, muy superior a la de los demás elementos alpídicos, sino también por su posición, casi en el centro de la zona estudiada, y por servir de núcleo a otra serie de elementos secundarios, como las fosas de Verdicio, de El Campo, de San Juan de Fombona y de otros menos importantes que forman una aureola en su periferia. Su anchura máxima es de cinco kilómetros de W. a E. y su longitud es de seis kilómetros de N. a S. (sólo cuatro entran en la zona cartografiada); su contorno es muy irregular, pues está limitada por fallas de rumbos NE.-SW., N. 40° E., E. 40° N., N. 30° W., NW.-SE., W. 10-20° N. y W.-E. Esta fosa está ocupada por materiales triásicos, recubiertos en su parte alta por el Cretácico.

Cerca del reborde NW., un pequeño horst perfora la cobertera triásica; es el horst de Arpín, formado por un anticlinal de núcleo de cuarcitas armoricanas y flancos de Gedinense; como ya hemos descrito en otros capítulos, este horst tiene solamente un kilómetro de longitud máxima y 300 metros de anchura media, y está totalmente rodeado por fallas de los mismos rumbos que los que limitan la fosa; esta estructura de "horst perforantes" es muy frecuente en la Asturias alpina; muchas veces las fallas limítrofes del horst se han formado sobre los antiguos planos de extrusión de las cuarcitas (tal pasa en el horst del Remedio, al S. de Avilés; en Infesto, etc.). Se trata, pues, de un estilo germánico muy particular, para el que proponemos la denominación de "germanoastúrico".

2. LAS FOSAS SATÉLITES.—Al NE. de la fosa de San Jorge de Manzaneda se desarrolla la de San Juan de Fombona, de la que es, en realidad, la neta continuación. Esta fosa está apenas separada de la an-

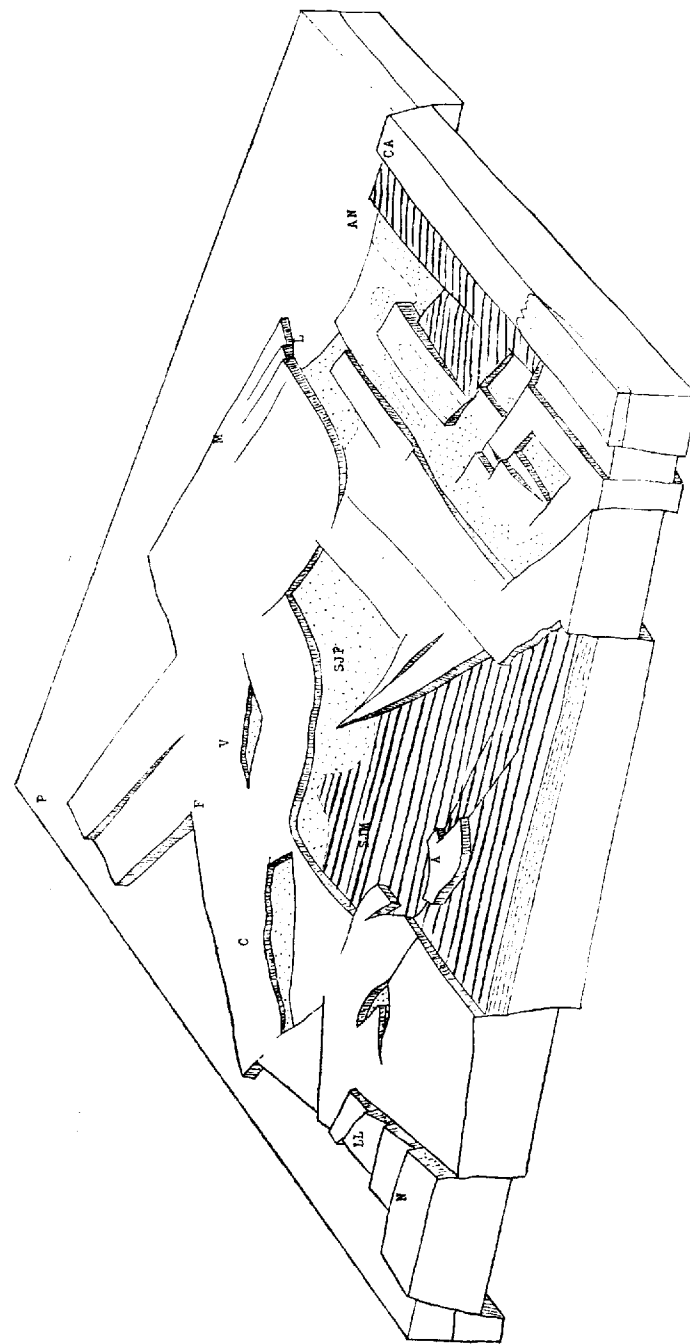


Fig. 19. —Bloque diagrama representando la estructura germánica de la región del Cabo de Peñas. N, Bloque de Nieva; LL, Bloques de Llodero; C, Fosa de El Campo; F, Ferrero; P, Bloques del Cabo de Peñas; V, Fosa de Verdicio; SJM, Fosa de San Jorge de Manzaneda; A, Horst de Arpín; M, Moniello; L, Luanco; AN, Andrometo; CA, Candás.

terior por el horst del Peruyal, que termina en cuña hacia el NW., cerca de Monte Merín. La fosa se orienta sensiblemente hacia el NE.-S a consecuencia de que las fallas marginales, de rumbos N. 40° NE.-SW., E. 40° N., E. 30° N., son las que tienen mayor desarrollo longitudinal. La fosa está rellena de materiales cretácicos, ya descritos como gargasienses, sin que sea visible el substrato. Por el N. está limitada por las fallas que cortan el flanco SE. del anticlinorio de Merín-Llumeres.

Esta fosa es una apófisis o elemento satélite de la de San Jorge Manzaneda, pero no es la única, puesto que otras de menor extensión se relacionan con la principal. En efecto, al W. de Santiago de Ambides se desarrolla la fosa Barreda-Santa Leocadia, limitada por fallas W. 10-20° N. y W.-E. que le dan orientación paralela; está rellena de Triás y Liásico. Una falla N.-S. la separa de la cuenca de San Jorge de Manzaneda; en el contacto de esta falla con la W. 30° N. del borde meridional, hay una pequeña dovela triangular elevada en la que aflora el Gedinense y las pizarras y calizas del Siegeniense B.

Más al N., y también en el borde NW. de la fosa principal, hay una foseta digitada de Podes, formada por fallas de orientación predominantemente NW.-SE. y rellena de Cretácico, y al W. de San Jorge de Manzaneda, una digitación larga de 100 metros y estrecha de 40 metros orientada al NW.-SE. y rellena de Triás.

Al NW. aparece la fosa de El Campo, también de orientación paralela y rellena de Cretácico, y al N. la de Verdicio, de característica muy parecidas a la anterior, aunque más pequeña.

Todas estas fosetas, aunque algunas aisladas de la principal, como la de Verdicio, no son sino elementos de un único campo de fracturas que alcanza a todo el reborde costero y en realidad a toda la región. En el mismo Cabo de Peñas, las fallas dominantes son las de rumbos NW.-SE. y sus variantes, y son las que condicionan el trazado de la costa en este sector. El calificativo de "cuarcita de los cabos" que dio Barrois (B-1) a la cuarcita armoricana, por determinar la morfología de los cabos asturianos, sólo puede aplicarse en parte, puesto que los rasgos morfológicos están condicionados sobre todo por la tectónica alpídica.

3. EL CAMPO DE FRACTURAS DE CONDRES.—Entre la fosa de San Jorge de Manzaneda y la costa de Luanco a Candás se desarrolla un campo de fracturas cuyo centro es aproximadamente la aldea de Condres. Este campo limita por el E. la fosa de Manzaneda y por el SE. la de Fombona. Está constituido por una cuadrícula de dovelas sensiblemente rectangulares, por estar limitadas por un sistema de fallas de rumbos

E. 30° N. y E. 40° N., de elementos muy desarrollados longitudinalmente, y otro sensiblemente ortogonal NW.-SE., N. 40° W. y aun N. 30° W.

La línea de accidentes más septentrionales de este campo se extiende desde el horst del Peruyal hasta Luanco, limitando por el SE. la fosa de Fombona. Allí existen un escalón, el "escalón de Nembro", que limita por el NW. un bloque elevado, el "horst" de la Villera, bloque que a su vez limita un complejo de bloques y fosetas, hundidos en relación a este horst. La más alta y septentrional, y también la más extensa, es el "escalón de Guardada", orientado al E. 30° N., y más bajas en relación con este escalón están las fosetas de La Gallega y de Lauz, de contornos perfectamente rectangulares y rellenas de materiales cretácicos. La zona inmediata al litoral forma también un escalón complejo sobre el que se han conservado depósitos cretácicos sobre unas dovelas y triásicos sobre otras. Esto es, probablemente, la consecuencia de que esta región constituyó el límite septentrional de la cuenca de sedimentación del Triás, cuyo margen era irregular, de tal modo que zonas diversas quedaron libres de la sedimentación; en cambio la transgresión wealdense cubrió indiferentemente el Triásico y el Paleozoico.

#### c) El conjunto estructural alpídico.

Los distintos elementos de la tectónica alpídica que rápidamente acabamos de reseñar pueden agruparse, a su vez, en tres grandes conjuntos:

1. Zona de bloques del NW. y N., que comprende toda la zona costera desde Nieva al Cabo de Peñas.
2. Fosa de San Jorge de Manzaneda - Fombona.
3. Campo de fracturas de Condres.

Todo este conjunto forma a su vez un bloque elevado, limitado por fallas de salto mayor que limitan la fosa cantábrica, que indiscutiblemente debe ser considerada como una depresión tectónica (LL-1).

Los accidentes son casi siempre fallas rectas o normales, excepcionalmente curvas, como la que limita por el NW. el Cretácico de Luanco, y mantienen sus saltos con gran regularidad; éstos, en general, son pequeños; en la fosa de Manzaneda no pasan de 200 metros y son menores en el resto de la región; saltos de 50 y 80 metros son frecuentes.

La orientación dominante de los bloques es la E. 20-30° N. en la zona de fracturas de Condres, a consecuencia de que allí el sistema de fallas dominante tiene este rumbo; es notable en esta zona el carácter perfectamente paralelepípedo que tienen todos los bloques, por la

misma causa; el otro sistema ortogonal, W. 40° N., NW.-SE., tiene menos desarrollo longitudinal y forma los lados cortos de los paralelepípedos; en la fosa de Manzaneda y en los bloques costeros del NW. no hay orientaciones predominantes, sino una distribución totalmente caótica de los elementos tectónicos; el propio Cabo de Peñas está for-

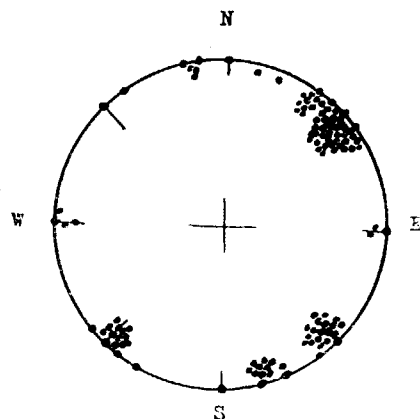


Fig. 20.—Proyección estereográfica de los planos de las fallas alpídicas de la región del Cabo de Peñas.

mado por dos bloques separados por una falla transversal normal que hunde el bloque occidental.

Aquí no puede hablarse, en realidad, de "Schollengebirge", sino mejor de un "mosaico" o "tectónica de mosaico", dada la extrema irregularidad en la distribución de los elementos que la integran.

### C) TECTOGENESIS Y FASES OROGENICAS

Aunque la región es poco extensa para extraer conclusiones tectogenéticas y cronológicas de los accidentes tectónicos reconocidos, nuestro conocimiento del resto de la tectónica asturiana nos ayudará considerablemente a perfilar estas conclusiones.

#### a) Los movimientos tectónicos pre-hercinianos y hercinianos.

Entre el Cámbrico y el Westfaliense inclusive, no se producen en esta región movimientos orogénicos. En cambio son muy importantes los sinorogénicos, como lo revelan las lagunas estratigráficas Cámbrico-

Arenig y Llandeilo-Gothlandiense en la zona septentrional, y Arenig-Gediniense, Frasnense-Viseense y Siegeniense-Autuniense en la zona meridional.

Las acusadas diferencias que en el campo epirogenético se observan entre la parte septentrional y la meridional de esta región, indican que tuvo en todo momento una movilidad cortical muy acusada y que, además, constituyó zona límite entre dominios distintos; así, por ejemplo, el paralelo de Llumeres constituye el límite meridional de las pizarras de Luarca y de los depósitos gothlandienses; más hacia el S. las areniscas gedinenses se apoyan ya sobre las cuarcitas del Arenig. Ello indica que después del depósito de las cuarcitas armoricanas tuvo lugar una epirogenia positiva propagada de E. a W. que redujo considerablemente la cuenca sedimentaria del Llandeilo, circunscribiéndola en la mitad occidental de Asturias. El límite oriental de esta cuenca estaba precisamente entre Llumeres y Bañugues. Más tarde se produjo otra epirogenia post-llandeilense, autora de la laguna estratigráfica Llandeilo-Gothlandiense en el Cabo de Peñas. La realidad de esta epirogenia está supeditada, naturalmente, a la determinación de la edad precisa de las capas supuestas gothlandienses de Ferrero y Viodo. Igualmente la existencia de una sinorogenia érica generadora de la laguna gothlandiense-gediniense.

Cabe anotar que en ningún punto hemos observado la superposición normal del Gediniense al supuesto Gothlandiense; en cambio se observa muy claramente la superposición del Gediniense al Arenig, lo que no ofrece duda alguna acerca de la existencia de la laguna arenig-gediniense, es decir, que con toda certeza ha existido una epirogenia positiva post-llandeilense que elevó el territorio totalmente y una epirogenia negativa pregediniense, que permitió la sedimentación de las areniscas de Furada; esta última epirogenia puede coincidir con la sinorogenia érica. Esta sinorogenia continuó más allá del Gediniense, generando la cuenca marina siegeniense-couviniense B. En el Couviniense C comienza la regresión de la arenisca de Gosseletia, de la que se puede hacer responsable a la sinorogenia devónica-media que en otras zonas de Asturias emergió totalmente el país, mientras que aquí sólo interesó a la zona occidental, puesto que en la oriental se depositan las capas givetienses y frasnenses; tal vez comenzado ya el Frasnense, la sinorogenia mársica eleva de nuevo el territorio, que permanece emergido hasta la transgresión viseense-namuriense, cuyos sedimentos más septentrionales encontramos en San Pedro, apoyándose sobre el Givetiense. La circunstancia de que en otras regiones de Asturias la caliza de montaña se apoye sobre otros terrenos diferentes —Couviniense C en el centro de Asturias (LL-8), Arenig en el oriente



de Asturias— es prueba no sólo de laguna, sino también de discordancia, con lo que cabe pensar que la orogenia mársica tuvo tal vez más importancia de la que generalmente le damos.

Pero la primera fase fundamentalmente orogénica es la astúrica (Westfaliense D - Estefaniense A, criterio clásico), responsable del plegamiento principal en Asturias. No obstante, la estructura de la plesiocapa de San Juan de Nieva revela un importante plegamiento post-estefaniense o tal vez post-autuniense. La flora de San Juan de Nieva, estudiada por Patac, no ha sido revisada; en Arnao, el Carbonífero

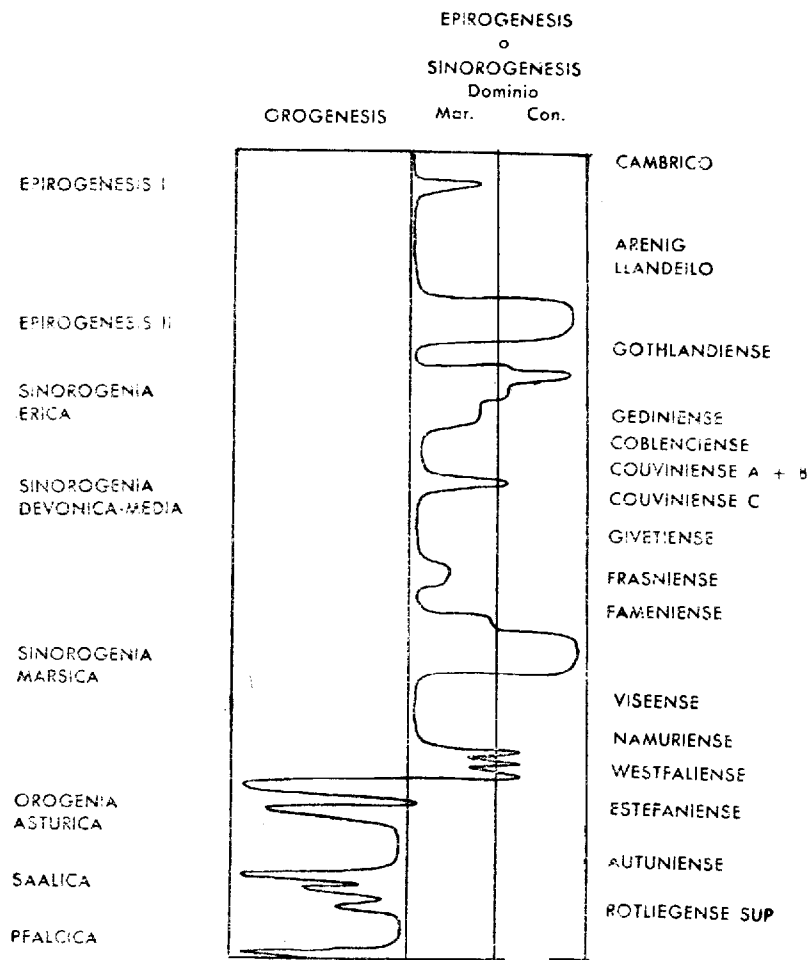


Fig. 21.—Movimientos corticales y dominios sedimentarios en la región del Cabo de Peñas durante el Paleozoico.

corresponde al Estefaniense C. De la edad de las capas de San Juan depende que la fase orogénica sea urálica o saálica. En este último caso, que es el que admitimos provisionalmente, la fase saálica ha tenido mucha importancia en el Cabo de Peñas, puesto que ha sido la generadora de la plesiocapa de Nieva y de los mantos de Verdicio. Finalmente, todavía las capas del Rotliegende superior están fuertemente plegadas, lo que permite invocar a la fase pfálcica como generadora del último plegamiento herciniano de Asturias.

Con el estudio de esta región ratificamos lo que ya hemos repetido en otras ocasiones concerniente a la tectogénesis general de Asturias (LL-13), es decir, que los movimientos orogénicos son exclusivamente hercinianos y que la orogenia caledoniana ha estado representada únicamente por sinorogenias.

b) La orogénesis alpina.

Después del plegamiento pfálcico sobreviene la peneplanización póstuma-herciniana; Asturias occidental permanece emergida, constituyendo un fragmento de las tierras que enmarcaban la cuenca mesozoica pirenaica (LL-3). Los materiales triásicos no rebasan hacia el W. el meridiano de Arnao, límite occidental de la cuenca pirenaica. Todo

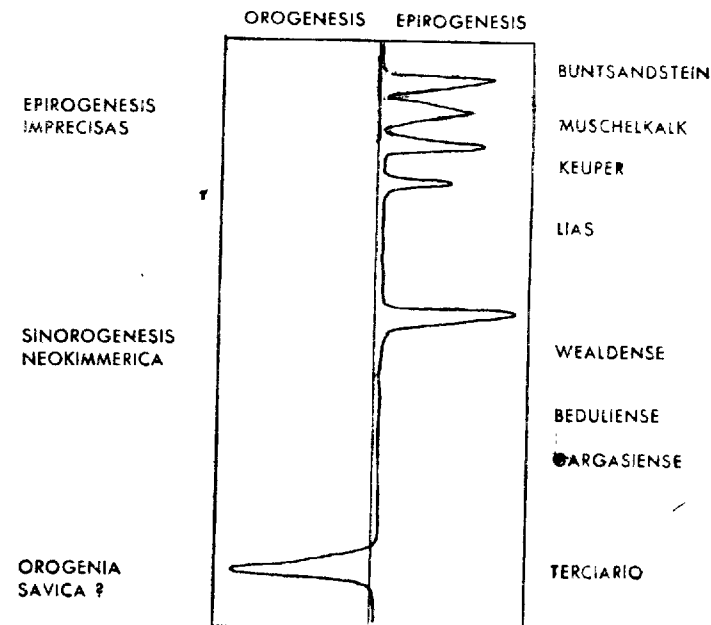


Fig. 22.—Movimientos corticales en la región del Cabo de Peñas durante el Mesozoico y Terciario.

el territorio estudiado fue, pues, zócalo de la cuenca mesozoica pirenaica, pero estaba situado ya en zona de escasa profundidad y difíciles condiciones litogenéticas. En efecto, el Triás es continental o litoral; sólo las capas de calizas de La Eria y San Jorge de Manzaneda son los testigos de la fugaz imposición de un régimen marino algo más profundo.

Dentro del Triás hay evidentes lagunas estratigráficas que no pueden precisarse por falta de datos paleontológicos.

Entre el Triás y el Lías hay una evidente laguna, y todavía más clara, con discordancia, entre el Lías y el Wealdense. Esta discordancia no es angular; se deduce de que el Wealdense se apoya sobre terrenos de edad diferente. Es probable que esta invasión marina wealdense corresponda a la sinorogenia neokimmérica de los plegamientos paleoalpinos. El mar cretácico progresó de E. a W., invadiendo el territorio hacia el W., por lo menos hasta el meridiano de Avilés.

Pero no se producen movimientos orogénicos hasta mucho más tarde. La fragmentación en bloques del territorio estudiado debe situarse en el Terciario, pues estas fracturas lógicamente han de relacionarse con las que más al S., en la cuenca de Oviedo, cortan capas manifestamente post-ludienses (LL-5 bis), lo que hace pensar que sean de edad sálica, como ocurre en otras regiones de España.

## V. MORFOLOGIA

### A) GENERALIDADES

Como en toda la costa asturiana y aun cantábrica, los elementos litorales dominantes en el relieve son formas seniles, las llamadas "rasas", cuando su altura sobre el mar es poca y tienen gran extensión superficial, o "sierras planas", cuando son más elevadas y de superficies más restringidas. En Asturias, desde el Eo a Llanes, encontramos continuamente estas formas tan desarrolladas, que constituyen el rasgo más saliente de la morfología del litoral.

Por contrastar violentamente con los relieves anteriores, han llamado la atención desde antiguo y han sido objeto de numerosos estudios (C-12, C-13, F-1, G-4, G-5, H-5, H-6, H-11, LL-4, S-6) y discusiones sobre su origen. Para unos eran penillanuras cortadas por la línea de costa; para otros, superficies de abrasión marina. Después de la excursión realizada durante el IV Congreso Internacional de la INQUA, donde se discutió el problema, parece fuera de duda su origen (H-5) marino, es decir, que deben ser interpretadas en su mayor parte como superficies de abrasión marinas modeladas durante las transgresiones eustáticas o epirogenéticas cuaternarias.

### B) LAS RASAS Y SU EVOLUCION

#### a) Los niveles de abrasión.

En la zona estudiada se reconocen los siguientes niveles de rasas:

1. Rasa alta que desciende suavemente desde cerca de 200 me-

tros a 80-90 m., altura en la que está cortada bruscamente por la costa. Esta rasa se extiende desde el litoral hasta cerca de 16 Km. hacia el interior, al S. de Cabo de Peñas; menos, cuando la costa retrocede hacia el S., puesto que el retroceso se hace a expensas de la rasa.

2. Rasa de 50-60 m. o media, encajada en la anterior, y cuyo desarrollo es exclusivamente litoral.
3. Rasa de 15-20 m., de características análogas a la anterior.
4. Rasa de 4-5 m.
5. Rasa actual, visible durante la marea baja.

La rasa alta es la mejor conservada, especialmente cuando ha cortado las cuarcitas armoricanas u otras rocas duras, como ocurre en el Cabo de Peñas y en el cordal de Santa Ana, en Merino. Toda la morfología de la zona estudiada ha derivado de esta rasa. Una red fluvial posterior la ha disecado profundamente, generando una serie de valles a los que sirven de divisoria los cordales, reliquias de la antigua rasa, enrasados entre los 80 y 100 metros. En la costa oriental está mucho mejor conservada que en la occidental, cuyo único testigo es el cerro de Llano de Xagón (100 m.).

La rasa de 50-60 metros es ya mucho más difícil de reconocer: excepcionalmente está bien desarrollada en el cordal de Balbín, entre Bañugues y Luarca, gracias a la dureza de las calizas devónicas. También en Andromero, y en algunos otros puntos de la costa de Candás, aparecen fragmentos de cierta extensión; en la costa oriental aparece en Tresmuriós, al N. de Monteril, y los cerros de Nieva-Llodero constituyen probablemente un relieve residual derivado de la disección de esta rasa.

El nivel de 15-20 metros se desarrolla muy bien en el Cabo del Faro de San Juan de Nieva, donde tiene más de un kilómetro de anchura, y sobre la playa de Tenreno, al N. de San Cristóbal de Verdicio. En la costa oriental, sólo algunos pequeños retazos de poca extensión entre Luanco y Andromero y en Moniello.

La rasa 4-5 metros está bien desarrollada en Luanco, sobre las calizas aptienses, y buena parte de la población está construida sobre ella.

#### b) La ablación de las rasas y las falsas rasas.

La rasa alta es fácilmente identificable y nada dudosa, aun cuando se desarrolla en rocas más blandas que las cuarcitas armoricanas; en cambio, no puede decirse lo mismo de las restantes, hasta el punto de que sólo excepcionalmente muestran un desarrollo regular. Ello es debido a que han sufrido un proceso de disección por el desarrollo de la

red fluvial y a que, por su posición topográfica más baja, han servido de zócalo a los coluviones transportados de zonas más altas. La acción conjunta de ambos factores ha traído como consecuencia el enmascaramiento de los primitivos niveles, enmascaramiento que se acentúa cuando el material sobre el que modelaron es morfológicamente plástico. Cuando los coluviones son esencialmente arcillosos se generan superficies de pendientes muy suaves y falsos rellanos que pueden fácilmente engañar el ojo del observador induciéndole a reconocer falsos niveles. Igual efecto produce el irregular trazado de la costa actual, que avanzando más o menos hacia el interior, a tenor de la mayor o menor plasticidad de los materiales, corta las rasas a alturas diferentes, puesto que todas están ligeramente inclinadas hacia el mar.

El valle de Bañugues es muy explícito en este sentido; en él se pueden reconocer los niveles encajados, a 20 y 40 metros respectivamente; sobre el primero se ha instalado la aldea de Villanueva. Ambos están modelados sobre pizarras y calizas devónicas subverticales. Tanto pueden corresponder a reliquias de antiguos niveles de abrasión, como a formas resultantes de la disección de la rasa de 100 metros que los enmascara y en la cual están encajados.

Al N. de Bañugues, en la Punta de Segareo, sobre las calizas de Nieva, aparece el nivel de 15-20 metros. Hacia el S. este nivel va descendiendo hasta alcanzar 3-4 metros en el cementerio de Bañugues. Pero este descenso es sólo aparente, puesto que la superficie no se modela en la caliza devónica, sino sobre una arcilla coluvial que empasta la morfología, dando falsas formas que siembran la confusión en el observador. Estas circunstancias nos aleccionan acerca de la cautela con que debe de actuarse antes de diagnosticar la existencia de los niveles posteriores a la rasa de 100 metros.

#### c) Los depósitos.

Los depósitos que se asientan sobre las rasas de esta zona son de dos tipos:

1. Exclusivamente coluviales en las rasas degradadas.
2. Arenas de origen marino y depósitos periglaciares en las rasas bien conservadas.

En el capítulo de Cuaternario hemos descrito ya estos sedimentos y remitimos allí al lector. En las zonas donde existen sedimentos periglaciares se apoyan frecuentemente sobre arenas marinas, como ocurre cerca de Xago; en el propio Cabo de Peñas, donde el depósito periglacial tiene una gran extensión, se apoyan sobre una base arenosa-arcí-

llosa de pocos centímetros que bien puede interpretarse como un residuo de un antiguo depósito marino degradado. Si tenemos en cuenta la intensidad de la erosión posterior a la génesis de la rasa de 100 metros, no es difícil imaginar que los depósitos marinos hayan sido denudados, especialmente tratándose de arenas; en la zona occidental de Asturias (LL-4) se conservan, en cambio, los depósitos de cantos de indiscutible origen marino, por ser más compactos y resistentes a la erosión; es posible que en la costa del centro de Asturias los depósitos fueran fundamentalmente de arenas calizas, como lo son hoy en las playas actuales, dada la abundancia de formaciones calizas, mientras en el occidente de Asturias fueron las cuarcitas armoricanas las que suministraron la materia prima a los depósitos litorales.

En la mayoría de las superficies de los restos de la rasa de 100 metros encontramos suelos arenosos y reliquias de formaciones arenosas, que sólo tienen esta explicación. La granulometría de estos sedimentos dilucidará, evidentemente, la cuestión.

### C) LAS FORMAS DEL LITORAL

La morfología del litoral está fundamentalmente condicionada por la estructura geológica, como ya hemos indicado en la introducción. Es, ante todo, la tectónica de fallas alpínicas la que decide los rasgos morfológicos fundamentales; los detalles están condicionados por la estructura herciniana. Esto explica la orientación y características generales de la costa: así el litoral oriental, de dirección NW.-SE., se ha trazado sobre el sistema de fallas de rumbos NW.-SE., con sus variaciones; el mismo promontorio del Cabo de Peñas está limitado por fallas de los mismos rumbos. El frente del promontorio está formado por una barra de cuarcita armoricana de orientación NE.-SW. que se opone tenazmente a la abrasión marina; no obstante, buena parte de esta cuarcita ha sido ya denudada, puesto que constituía un anticlinal de cuyo flanco NW. existen restos en la isla Herbosa; sólo queda en el frente del promontorio el flanco SE., que a su vez es atacado por el contacto con las pizarras del Llandeilo, mucho más blandas, y de aquí la forma de martillo que comienza a tener este promontorio, uno de cuyos picos serían las islas Gaviras.

Los accidentes costeros importantes son, pues, casi siempre bloques o dovelas de génesis alpílica; la ensenada de Bañugues es en realidad la continuación de la fosa de San Juan de Fombona; la playa de Luan-

co corresponde a una dovela cretácica hundida; el accidente más importante, aunque fuera de la zona estudiada, es la ría de Avilés, verdadera fosa tectónica limitada por escalones de dovelas.

La estructura, y sobre todo el material herciniano, tiene influencia en los detalles costeros; así la costa NE. es ante todo, en este sentido, una "costa transversal", por cortar las alineaciones de los pliegues hercinianos orientados de NE. a SW. y N.-S.; en cambio la costa NW. es, por su génesis, una costa longitudinal, puesto que sigue la misma dirección de los pliegues, pero no tiene en modo alguno la morfología de una costa longitudinal, puesto que las diferencias de plasticidad de los materiales han borrado las alineaciones primitivas y los materiales resistentes forman cabos, mientras que los más plásticos originan ensenadas y playas, tal ocurre en la playa de San Juan de Nieva, desarrollada en las pizarras del Siegeniense A, enmarcada por los promontorios del Faro de San Juan y de Muria, el primero en las dolomías del Emsiense-Couviniense y el segundo en las calizas de Nieva.

En los detalles se percibe netamente la influencia de las formas hercinianas y alpinas, como en la Punta de la Rosca, al W. de Ferrero, que se adentra en el mar hacia la dirección N. 40° W.; esta dirección está determinada por fallas de estos rumbos, a pesar de que las capas cámbricas que la forman y los accidentes tectónicos hercinianos tienen orientación E. 40° N.

No cabe duda alguna de que las costas del Cabo de Peñas son, ante todo, *costas estructurales* modeladas sobre las fracturas alpínicas.

### D) LA MORFOLOGÍA DEL INTERIOR

En el interior las formas han sido totalmente condicionadas por el desarrollo de la rasa de 100 metros, de manera que todo el relieve del Cabo de Peñas tiene, como punto de partida, este episodio de la evolución costera; el primitivo relieve creado por la tectogénesis alpílica fue arrasado por la superficie de 100 metros. Una vez elevada ésta se inició su rejuvenecimiento con el desarrollo de la red fluvial actual. La erosión diferencial desempeña en este rejuvenecimiento el principal papel, guiada por las fallas alpínicas; sólo algunos materiales hercinianos muy duros, como las cuarcitas armoricanas, destacan independientemente de las fallas alpínicas. Como los materiales blandos son los mesozoicos, circunscritos en las fosas, éstas se excavan más fácilmente que los escalones paleozoicos circundantes y el relieve vuelve a



parecerse al primitivo, antes del arrasamiento; no se producen inversiones gracias a esta circunstancia, de tal modo que las fosas están hundidas topográficamente, y los horst elevados. Sólo en la costa NE., cerca de Andromero, en Rebuñón y Carballera, se inicia la inversión de las fosas, quedando elevados topográficamente los depósitos cretácicos. Ello es, probablemente, la consecuencia de su proximidad al nivel de base donde la evolución morfológica está mucho más avanzada.

La red fluvial es, dentro de lo que cabe, una red juvenil, puesto que el máximo desnivel es de 100 metros, ya que todo el relieve está limitado por la rasa alta. Algunos arroyos caen al mar en cascada (5-6 m. altura de la rasa baja), testigo elocuente de una depresión muy reciente del nivel de base. Casi todos los valles son subsecuentes, especialmente en la costa NE., y se orientan, por tanto, sobre las directrices hercinianas, hacia el NE. Contrasta la influencia que la estructura herciniana ha tenido en el trazado de la red fluvial y su poca importancia en el trazado de la costa.

#### E) MORFOGENESIS Y EDAD DEL RELIEVE

El punto de partida de la morfogénesis del Cabo de Peñas es la rasa de 100 metros, como ya se ha indicado. Sobre la edad de esta rasa no tenemos datos concretos. Por el contrario, los pocos que poseemos son extremadamente dispares. Birot y Solé (B-5) admiten edad tirreniense para su prolongación en el occidente de Asturias. Hernández-Pacheco, F. (H-11) sitúa en el Tirreniense la rasa de La Franca (5-6 m.) que Guilcher cree ouljiense (G-7). Esta opinión de Guilcher concuerda más con la de Birot y Solé que con la de Hernández-Pacheco, pero desde luego no podemos decir a este respecto la última palabra, y no habiendo datos, la prudencia aconseja la mayor reserva a este respecto.

A partir de la rasa de 100 metros el territorio sufrió una emersión de unos 50 metros que elevó la plataforma y originó la red fluvial actual, funcionando con un nivel de base 50 metros más alto que el de hoy. Pero este funcionamiento fue fugaz, puesto que una nueva emersión elevando la rasa de 50-60 metros abortó su progresión hacia el interior; el máximo desarrollo de la rasa de 50-60 metros hacia el interior es de unos tres kilómetros en Bañugues. La nueva emersión fue de 15 a 20 metros; la red fluvial ahonda sus cauces cada vez más profundamente, mientras se genera la rasa de 15-20 metros. Nueva emersión

esta vez de otros 10-15 metros para modelar la de 5-6 metros, y una última emersión reciente que eleva la rasa baja.

No parece dudoso que esto haya ocurrido de este modo; en esta zona no hay pruebas de inmersión alguna, pues de ser así se habría producido el aborto de la red fluvial, con sus consiguientes depósitos, y por el contrario, todo hace creer que la red fluvial tuvo una actividad creciente desde la emersión de la rasa de 100 metros, a consecuencia de las sucesivas depresiones del nivel de base marino, provocado por los movimientos de inmersión de la costa o de retroceso del mar.

Probablemente durante la génesis de la rasa de 20 metros tuvo lugar un periodo frío que sembró de depósitos periglaciares el relieve emergido; los restos se han conservado sobre las rasas de 100 y 50-60 metros. No aparecen sobre las rasas más bajas, por lo que lo situamos en el momento en que estaba emergida la rasa de 50-60 metros y aún sumergida la de 15-20 metros. Por las razones que ya hemos indicado, creemos más prudente no hacer elucubraciones sobre la edad de las rasas y de sus depósitos.

Todo lo dicho a este respecto puede resumirse en las siguientes fases morfogenéticas:

1. Generación de la rasa de 100 metros.
2. Emersión de esta rasa y generación de la red fluvial actual.
3. Generación de la rasa de 50-60 metros y destrucción de los depósitos (si los hubo) de la rasa de 100 metros.
4. Emersión de la rasa de 50-60 metros. Aumento de erosión de la red fluvial. Destrucción de los depósitos de la rasa de 50-60 metros (si los hubo).
5. Generación de la rasa de 15-20 metros. Clima frío: generación de "eboulies ordonnés" sobre las rasas de 100 y 50-60 metros. Algunos restos de arenas de estas rasas son recubiertos por el depósito periglaciario.
6. Emersión de la rasa de 15-20 metros. Acrecentamiento erosivo de la red fluvial. Generación de la rasa de 5-6 metros.
7. Emersión de la rasa de 5-6 metros. Último acrecentamiento en la erosión de la red fluvial, que continúa en la actualidad.

## RESUMEN

El trabajo comprende una parte estratigráfica, otra tectónica y otra morfológica.

**ESTRATIGRAFÍA.**—Los materiales más antiguos son cámbricos, sin más precisión. Una serie detrítica inferior, pizarras y calizas en la parte alta. Sigue el Silúrico con las cuarcitas armoricanas, las pizarras de Luarca y capas probablemente gothlandienses. El Devónico es el material más interesante y de estratigrafía más compleja, para el que se propone una nueva clasificación, basada en su comparación con el Devónico europeo. En la base aparece el Gedinense detrítico con horizontes de areniscas ferruginosas; siguen las pizarras del Siegeniense A y las calizas del Siegeniense B (= calizas de Nieva); en las zonas oriental y central, estas calizas adelgazan y la facies pelítica del Siegeniense A puede llegar hasta el Couviniense A. El Siegeniense C-Emsiense B está representado por las calizas de Ferroñes, ricas en faunas de braquiópodos. Sigue el Couviniense A (= caliza de Arnao); el Couviniense B es dudoso (=caliza de Moniello, rica en coralaríos) y las areniscas de *Gosseletia* (= Couviniense C).

En la zona oriental se han reconocido las capas de *Stringocephalus*, del Givetiense. Termina el Devónico con el Frasnense de Perlora, rico en coralaríos.

El Carbonífero está representado por la caliza viseense-namuriense (= caliza de montaña) y flysch calizo, probablemente westfaliense. El Pérmico consta del supuesto Autuniense de Nieva y el Rotliegende superior de San Juan.

El Mesozoico comienza con el Trías, formado por conglomerados y margas rojas en la base, probablemente Buntsandstein, capas calizas delgadas, atribuibles al Muschelkalk, y nuevas margas abigarradas, yesíferas en Gijón (Keuper?). El Lías está representado por capas de dolomías, y el Cretácico consta de una base detrítica wealdense, calizas

y margas bedulienses con orbitolinas y calizas, margas y arenas gargasenses.

Toda la sedimentación paleozoica fue de plataforma continental, excepto tal vez el flysch givetiense y carbonífero, las pizarras de Luarca y las ampelitas gothlandienses. En el Mesozoico continúa el mismo régimen sedimentario.

**TECTÓNICA.**—El plegamiento de los materiales paleozoicos originó una estructura de tipo alpino en stockwerk, con un estrato inferior de estilo jurásico desarrollado en el Cámbrico-Silúrico, un piso intermedio de mantos y plesiocapas en los sedimentos siegenienses A y B; estilos isoclinales y escamas en el Siegeniense C-Emsiense-Couviniense A y B y estilos jurásicos y jurasicoides en el Givetiense-Frasniense y Carbonífero. Las lagunas estratigráficas revelan epirogénesis que coinciden en su mayor parte con las fases orogénicas caledonianas del centro de Europa. La orogenia principal es la astúrica, pero las fases saálica y pfálica han tenido también mucha importancia. La orogénesis alpídica, de edad probable sálica, ha originado una tectónica de fractura de tipo germánico; el territorio es un verdadero "mosaico" de dovelas; hay "horst perforantes" que pueden constituir un nuevo estilo, el germano-astur.

**MORFOLOGÍA.**—Todo el territorio está situado sobre una superficie de abrasión de 100 m. de altura sobre el mar, disecada por una red fluvial joven. Otros niveles de abrasión se encajan en aquélla, a 50-60 metros, 15-20 m., 5-6 m. La edad de estas superficies no está bien precisada. Sobre las dos más altas hay restos de arenas, probablemente marinas, cubiertas por depósitos periglaciares. Estas superficies han sido generadas por sucesivas depresiones del nivel de base cantábrico durante el Cuaternario, a partir de la superficie de 100 metros.

## RESUME

Le travail comprend trois parties: Stratigraphie, Tectonique et Morphologie.

**STRATIGRAPHIE.**—Les matériaux les plus anciens sont cambriens, constitués par une série détritique inférieure, schistes et calcaire au sommet. Au silurien apparaissent les quartzites armoricaines, les schistes du Llandeilo, puis des couches probablement gothlandiennes. Le dévonien est le plus intéressant et celui qui a la stratigraphie la plus complexe. On propose une nouvelle classification, basée sur la comparaison avec le dévonien européen. A la base on trouve le gédinien détritique avec des horizons de grès ferrugineux; ensuite les schistes du siegénien A et les calcaires du siegénien B (= calcaires de Nieva); dans les zones centrale et orientale ces calcaires s'amincissent et le faciès pelitique du siegénien A peut arriver jusqu'au couvinien A. Le siegénien C-emsien B est représentée par les calcaires de Ferroñes, riches en faunes de brachyopodes. Suit le siegénien A (= calcaire d'Arnao), le couvinien B (= calcaire de Moniello), riche en corallaires, et les grès à *Gosseletia* (= couvinien C).

Dans la zone orientale on a reconnu les couches à *Stringocephalus* du givétien. Le dévonien termine avec le frasnien de Perlora, riche en corallaires.

Le Carbonifère est représenté par le calcaire viséen-namurien (= calcaire de montagne), et du flysch calcaire probablement westphalien. Le permien comporte le supposé autunien de Nieva et le Rotliegende supérieur de San Juan.

Le mésozoïque commence par le Trias, formé par des conglomérats et des marnes rouges à la base, probablement correspondant au Buntsandstein, couches calcaires qu'on peut attribuer au Muschelkalk; d'autres marnes rouges et des gypses (à Gijón) (Keuper?). Le Lias est représenté par des dolomies et le crétacé a une base détritique weal-

dienne, calcaires et marnes beduliennes à *Orbitolines* et calcaires, marnes et sables gargasiens.

Toute la sédimentation paléozoïque a été de plateforme continentale, sauf, peut-être, le flysch givetien et carbonifère, les schistes du Llandeilo et les ampelites gothlandiennes. Dans le mésozoïque continue le même régime sédimentaire.

**TÉCTONIQUE.**—Le plissement des matériaux paléozoïques a engendré une structure de type alpin, en "stockwerk", avec un strate inférieur de style jurassique développé dans le cambrien-silurien, un étage intermédiaire de nappes et "plesionappes" dans les sédiments siegeniens A et B; des styles isoclinaux et écaillés dans le siegenien C-emsien-couvinien A et B, et des styles jurassiques et jurassicoïdes dans le givetien-frasnien et le carbonifère. Les lacunes stratigraphiques sont les révélatrices des épirogénies dont la plupart correspondent, aux phases orogéniques calédoniennes de l'Europe centrale. L'orogénie principale est l'asturienne, mais les phases saalique et pfalçique ont eu aussi une grande importance. L'orogénese alpine, d'âge probablement savique, a donné lieu à une tectonique de failles de type germanique; le territoire est une vraie "mosaïque" de doveles. Il y a de "horst perforants" qui peuvent constituer un nouveau style, le styl "germano-asturien".

**MORPHOLOGIE.**—Tout le territoire est placé sur une surface d'abrasion de 100 m. de hauteur, disséquée par un réseau fluvial jeune. Il a d'autres niveaux d'abrasion encaissés dans le plus haut, à 50-60 m. 15-20 m., 5-6 m. L'âge de ces surfaces n'est pas bien précisée. Sur les deux plus hautes on trouve des restes de sables probablement marins couverts par des dépôts périglaciaires. Ces surfaces ont été formées par de successives descentes du niveau de base cantabrique pendant le quaternaire, à partir de la surface de 100 m.

## SUMMARY

The work comprises one stratigraphic, one tectonic and one morphologic part.

**STRATIGRAPHY.**—The oldest materials are Cambrian, roughly speaking. A lower detrital series, slates and chalks in the upper part. Then follows the Silurian with the Armorican quartzites, the Luarca slates and strata probably Gothlandic. The Devonian is the most interesting material and has the most complex stratigraphy, for which a new classification is proposed based on comparison with the European Devonian. At the base appears the detrital Gedinian with horizons of ferruginous sandstones; then follow the slates of the Siegenian A and the limestones of the Siegenian B (= Nieva limestones); in the eastern and central zones these limestones become narrower and the pelitic facies of the Siegenian A may extend as far as the Couvinian A. The Siegenian C-Emsian B is presented by the Ferroñes limestones, rich in Brachiopod fauna. Then follows the Couvinian A (= Arnao limestone), the Couvinian B (= Moniello limestone, rich in coral) and the *Gossetia* sandstones (= Couvinian C).

In the western zone strata of *Stringocephalus* of the Givetian have been recognized. The Devonian ends with the Frasnien of Perlorra, rich in coral.

The carboniferous is represented by Visean-Namurian limestone (= mountain limestone) and calcareous flysch, probably Westphalian. The Permian consists of the supposed Autunian of Nieva and the upper Rotliegende of San Juan.

The mesozoic begins with the Trias, formed by conglomerates and red marls at the base, probably Buntsandstein, narrow layers of limestone attributable to the Muschelkalk and new variegated marls, calciferous in Gijón (Keuper?). The Lower Jurassic is represented by layers of dolomites and the cretaceous consists of a detrital Wealdian



base, Bedulian limestone and marls with Orbitolines and limestone, marls and Gargasian sand.

All the Paleozoic sedimentation was of the Continental Shelf variety, except possibly the Givetian and carboniferous flysch, the Luarca slates and the Gothlandian cannel-coal. The same system of sedimentation continues in the Mesozoic.

**TECTONIC.**—The folding of the Paleozoic materials originated a stockwerk structure of Alpine type, with a lower stratum of Jurassic style developed in the Cambrian-Silurian, a middle layer of veins and plesiocapes in the sediments of Siegenian A and B; Isoclinal styles and scales in the Siegenian C-Emsian-Couvinian A and B and Jurassic and Jurassicoid styles in the Givetian-Frasnian and carboniferous.

The stratigraphic lacunae reveal epirogenesis which coincide (sic) in general with the Caledonian orogenic phases of the centre of Europe. The principal orogenesis is the Asturian, but the saalic pfalci also had great importance. The orogenesis probably of Savic date ha originated a fracture tectonic of Germanic type; the territory is a rea mosaic of blocks; there are "perforating horsts" which may constitut a new style, the Germano-Asturian.

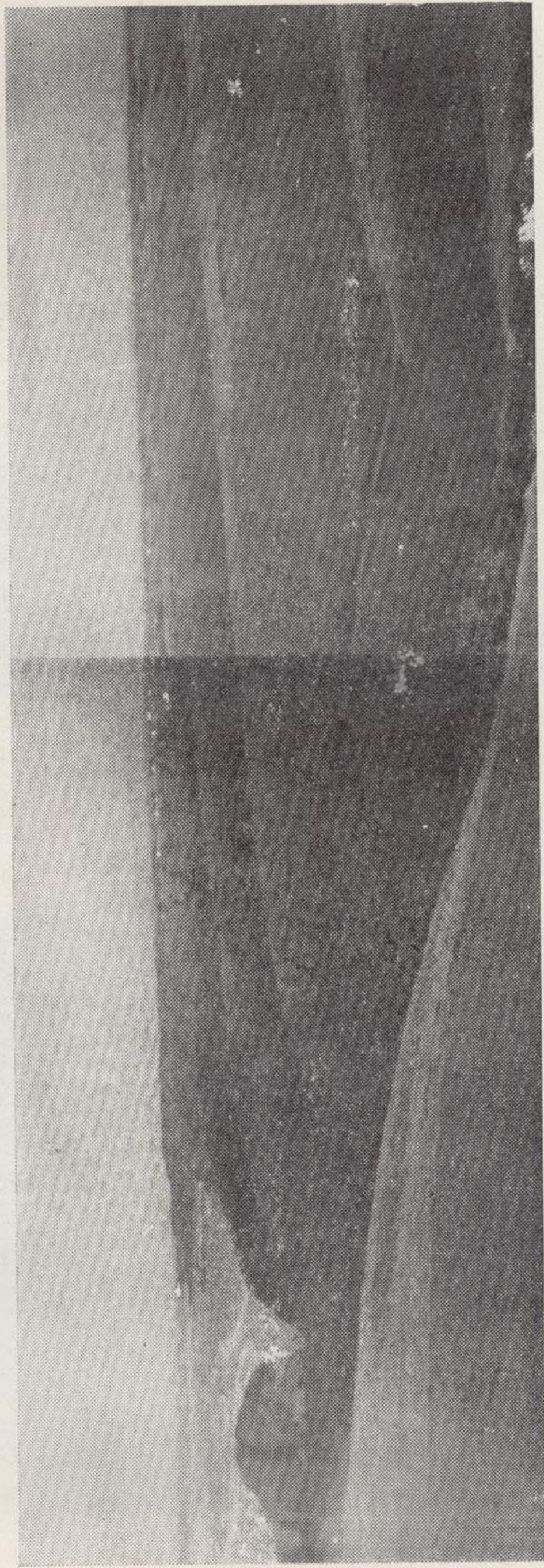
**MORPHOLOGY.**—The whole territory is situated on a surface of abrasion 100 m. above sea level, dissected by a young fluvial network. Other levels of abrasion fit into it, at 50-60 m., 15-20 m., 5-6 m. The age of these surfaces is not accurately defined. On the two highest there are remnants of sand, probably marine, covered by periglacial deposits. These surfaces have been formed by successive depressions on the level of the Cantabrian base during the Quaternary period, from the surface at 100 m.

LÁMINA I



La superficie de abrasión del centro de Asturias, al E. del Cabo de Peñas. A la izquierda, en primer término, la Peña de El Castro. Al fondo, el Cabo de Torres.

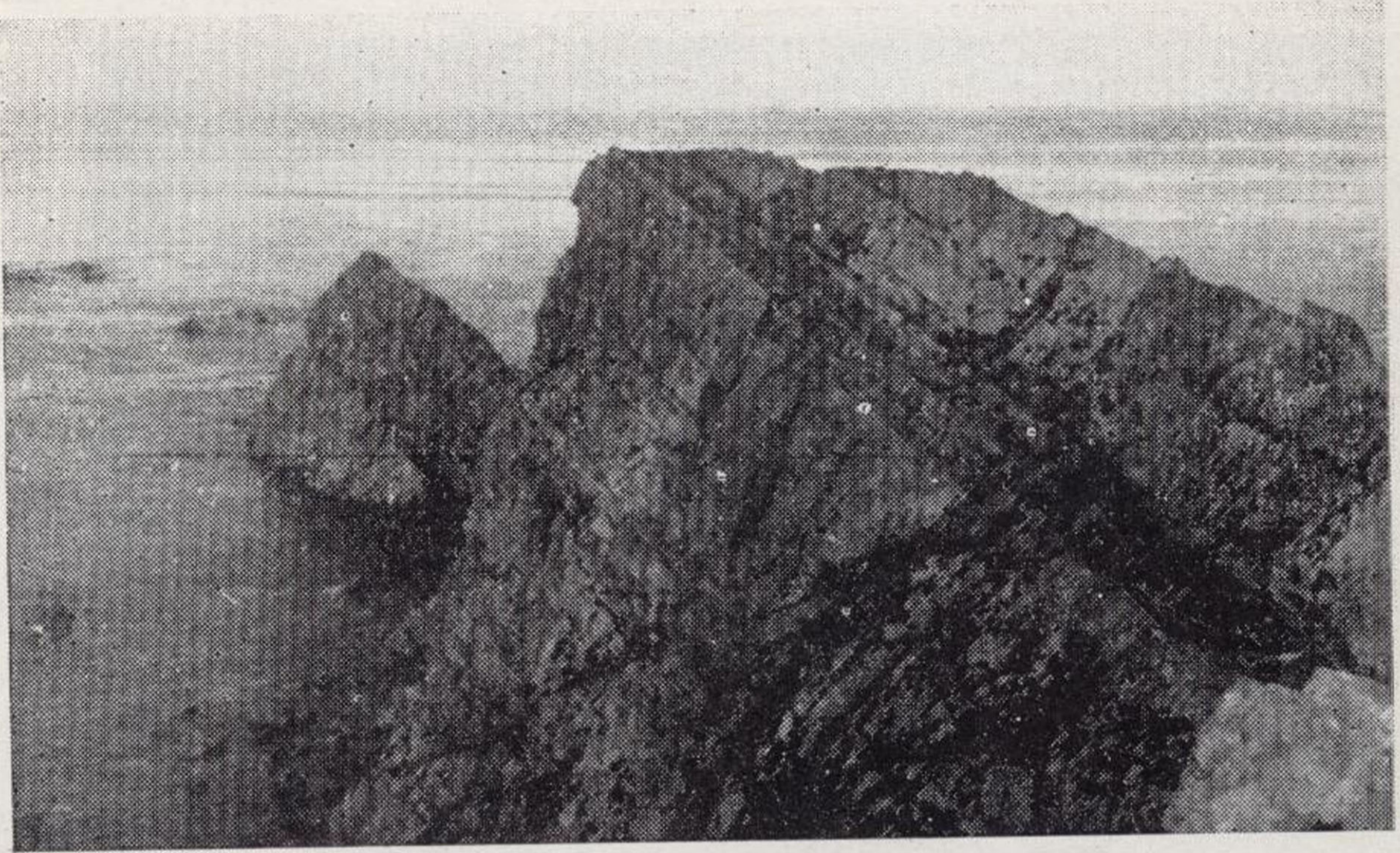
(Todas las fotografías han sido obtenidas durante la realización de los trabajos de campo.)



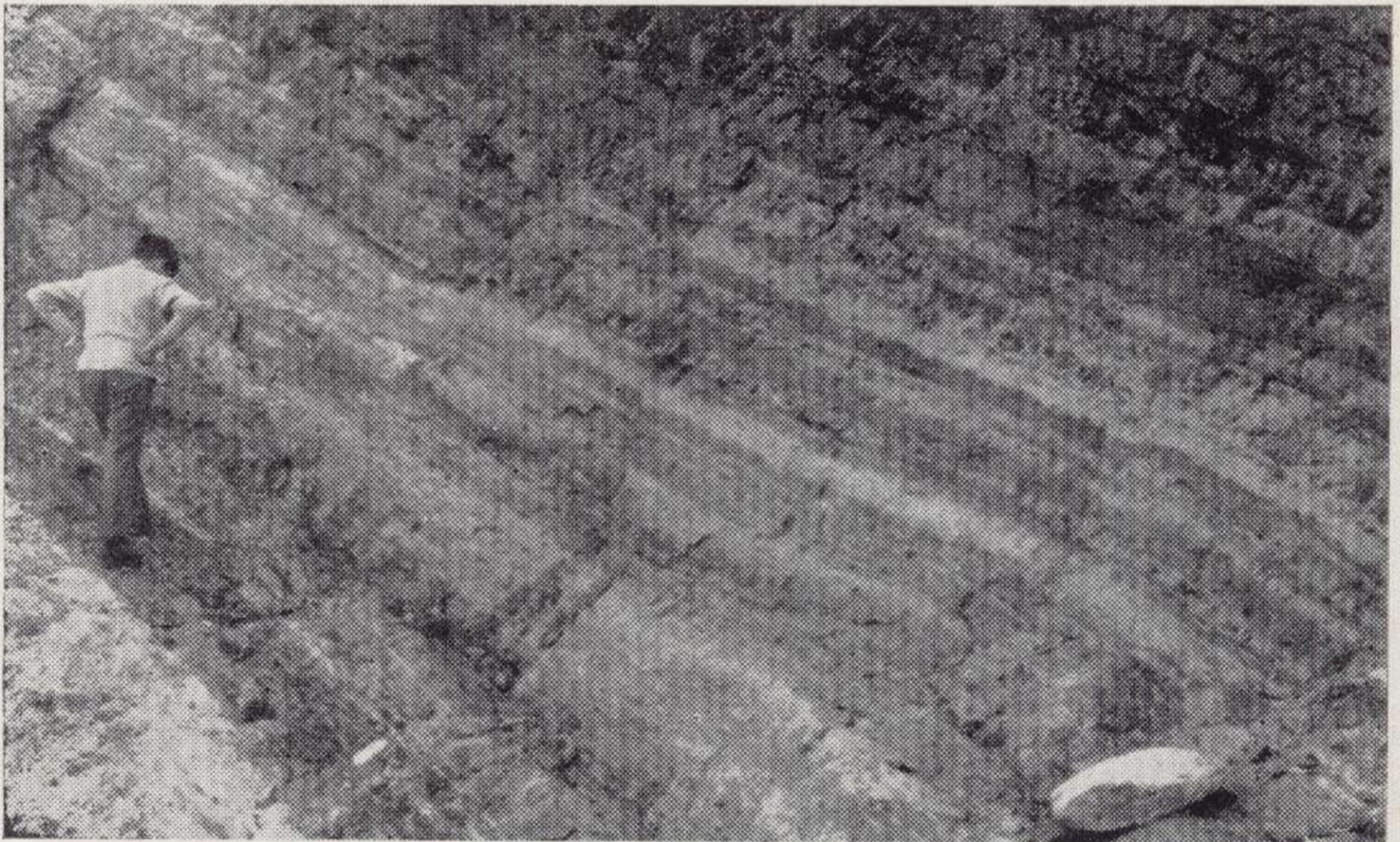
La superficie de abrasión del centro de Asturias, al E. del Cabo de Peñas. A la izquierda, en primer término, la Peña de El Castro. Al fondo, el Cabo de Torres.

(Todas las fotografías han sido obtenidas durante la realización de los trabajos de campo.)

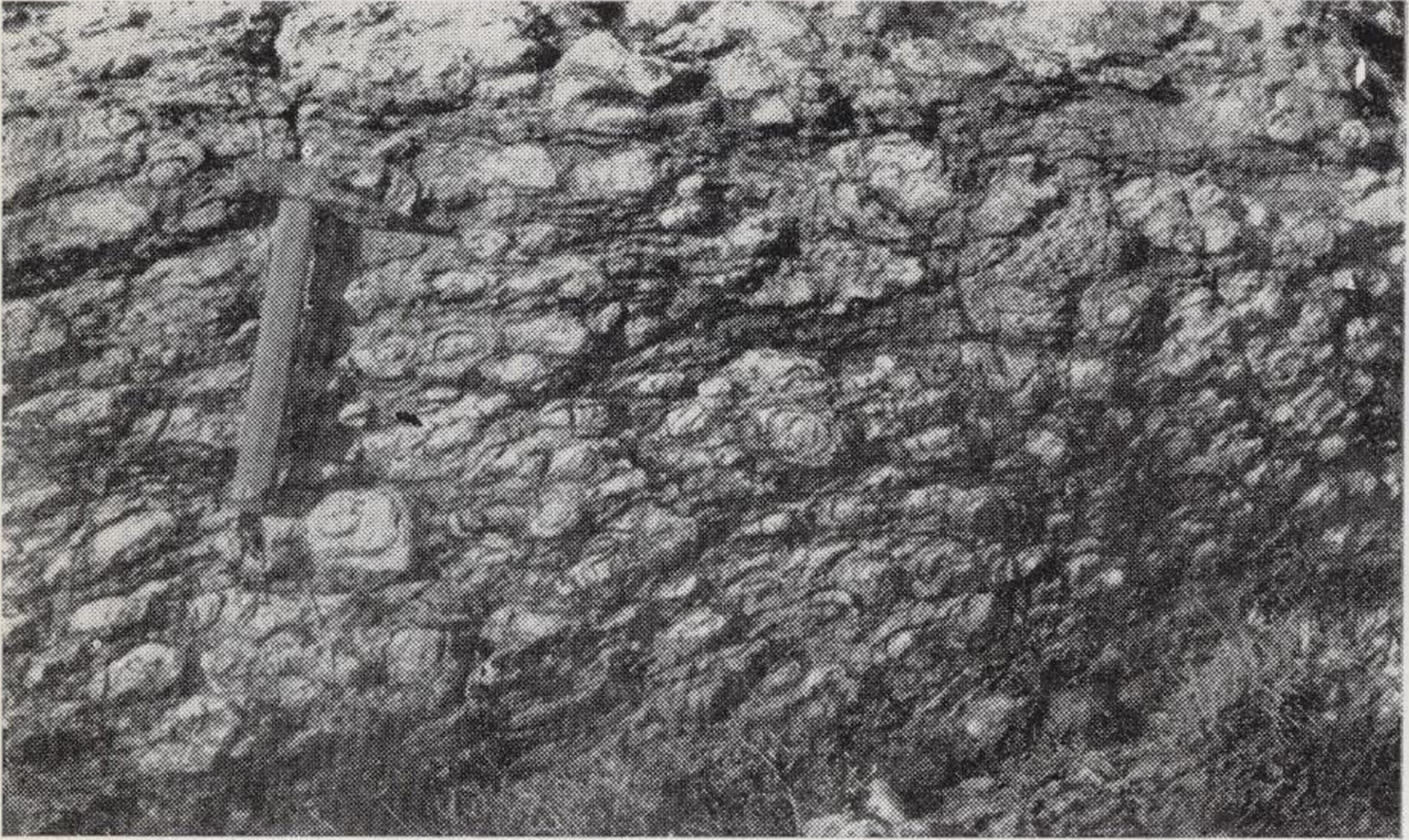




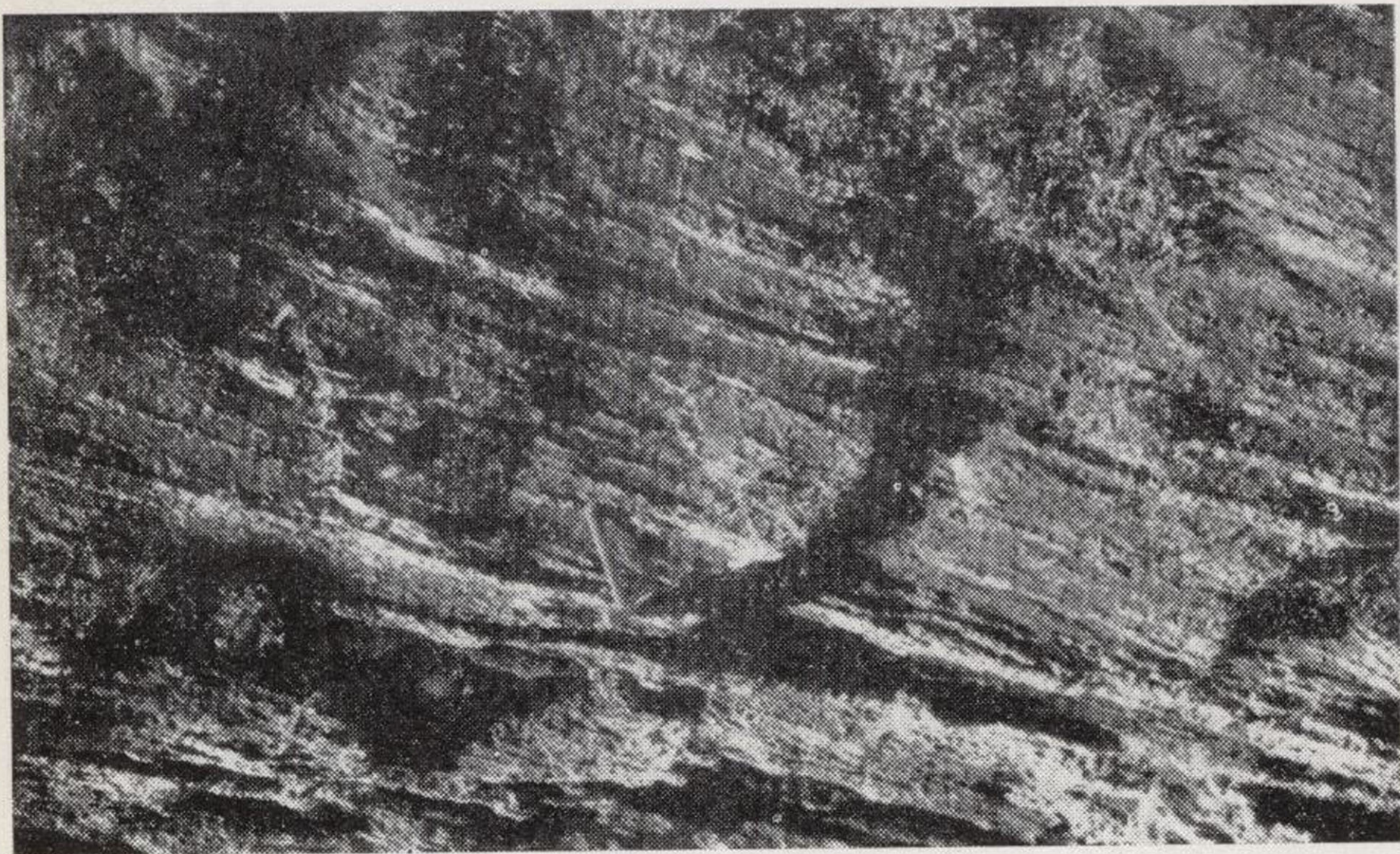
Cuarcitas armoricanas del Cabo de Peñas.



Arcillas abigarradas, pizarras y cuarcitas delgadas gedienses al E. de Andromero.



Horizonte de calizas nodulosas en las calizas de Nieva (Siegeniense B).  
Al E. de Beñugues, cerca de El Faro.



Calizas esquistasas del Siegeniense B (caliza de Nieva), en los alrededores  
de El Faro (Beñugues).





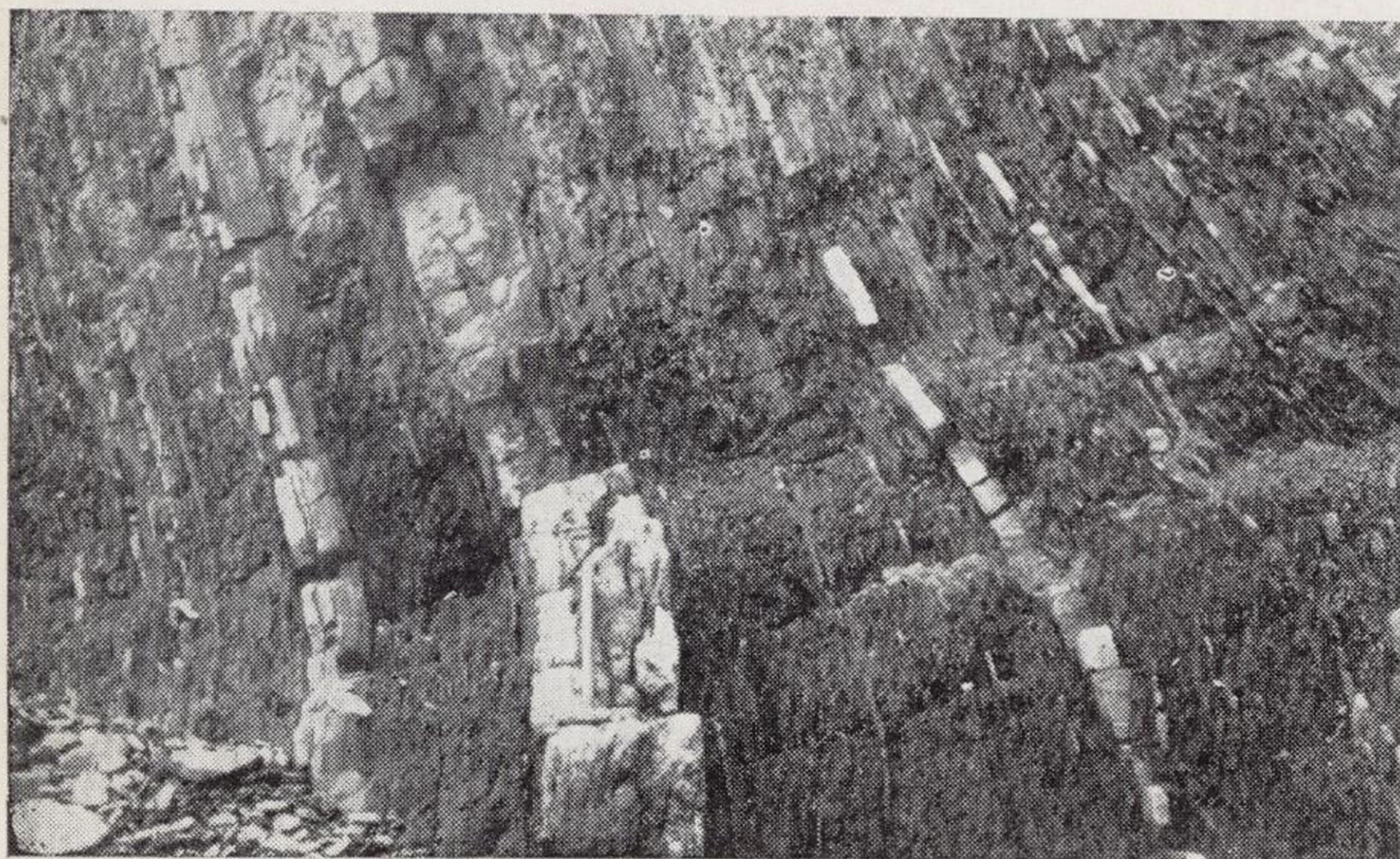
Calizas y pizarras givetienses con *Stringocephalus* cf. *burtini* en la playa del Carmen, al NW. de Andromero (Luanco). El cerro de la izquierda está formado por calizas gargasienses y está separado del Givetiense por una falla. (Foto tomada en marea baja.)



Calizas coralinas frasnienses en la carretera de Candás a Perlora, cerca de la ría de Perán.



Flysch westfaliense en la playa de San Pedro durante la marea baja. Al fondo, izquierda, calizas bedulienses.

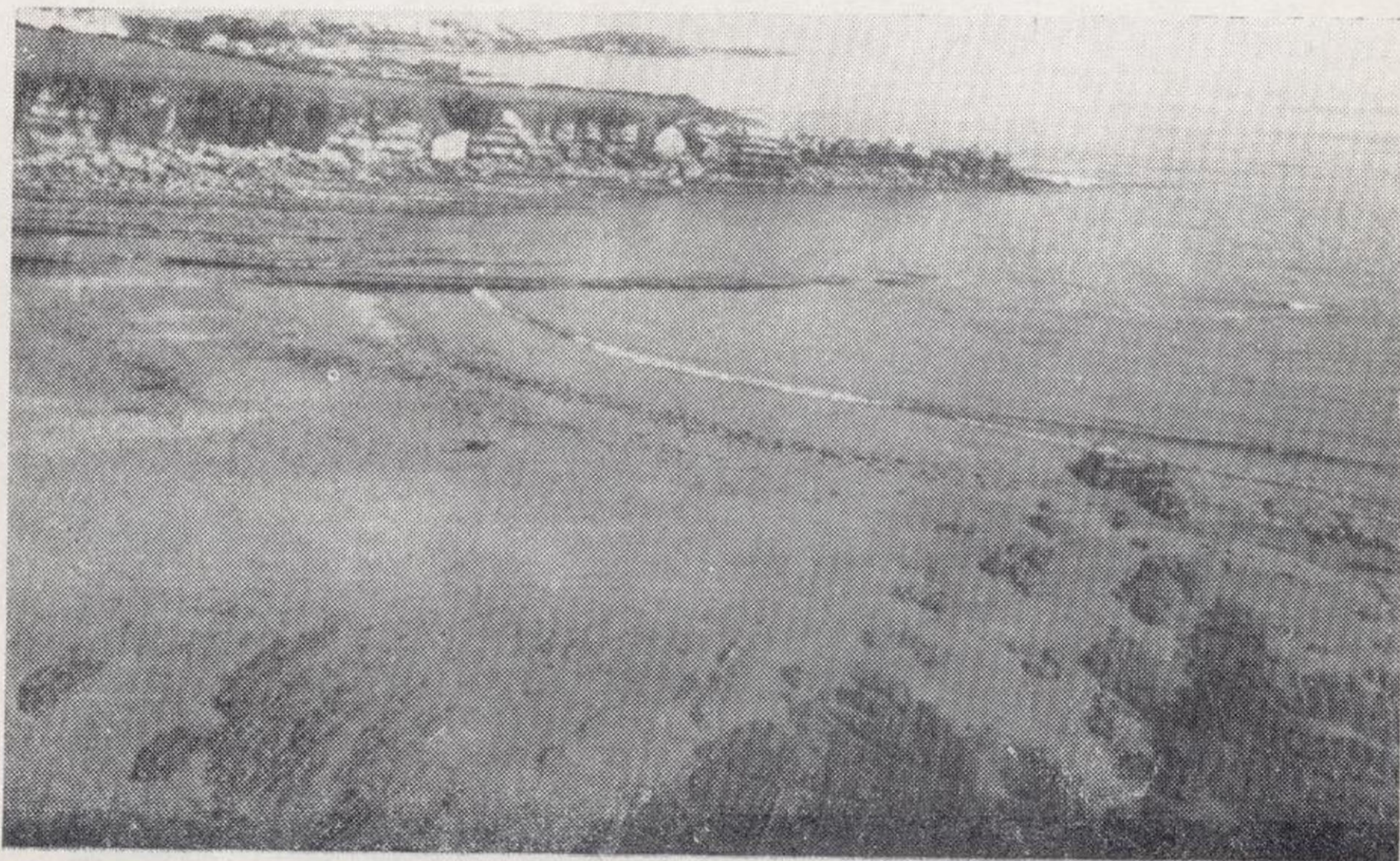


Detalle del flysch anterior.





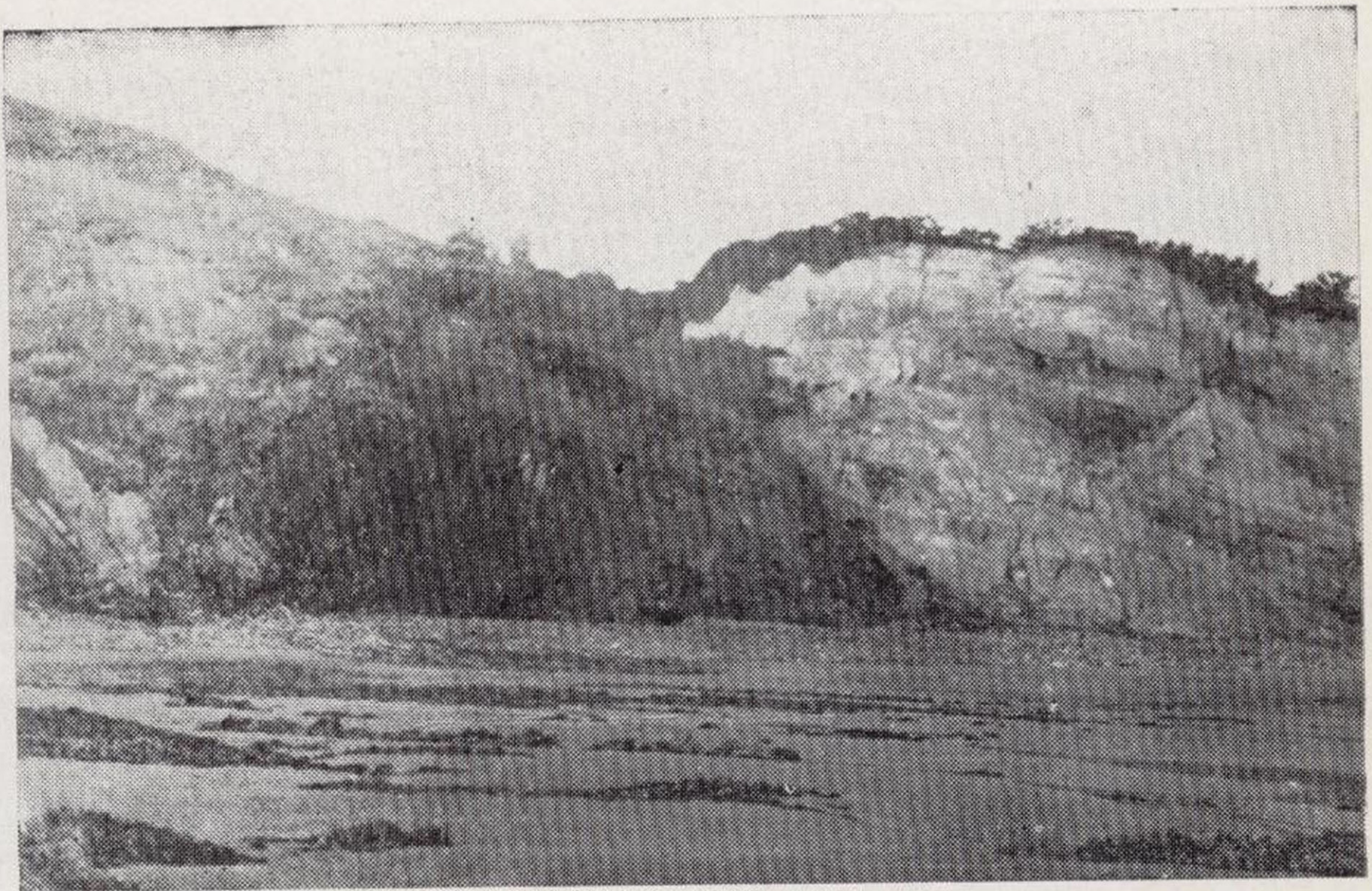
Terraza de arcillas y brechas cuaternarias en la playa de Bañugues (Luanco).



Discordancia angular en la playa de San Pedro, entre el flysch westfaliense y las calizas bedulienses subhorizontales del fondo. (Tomada durante la marea baja.)



La Punta Narvata. Contacto por falla entre las calizas siegenienses B (caliza de Nieva) y las areniscas gedinenses (en la sombra).

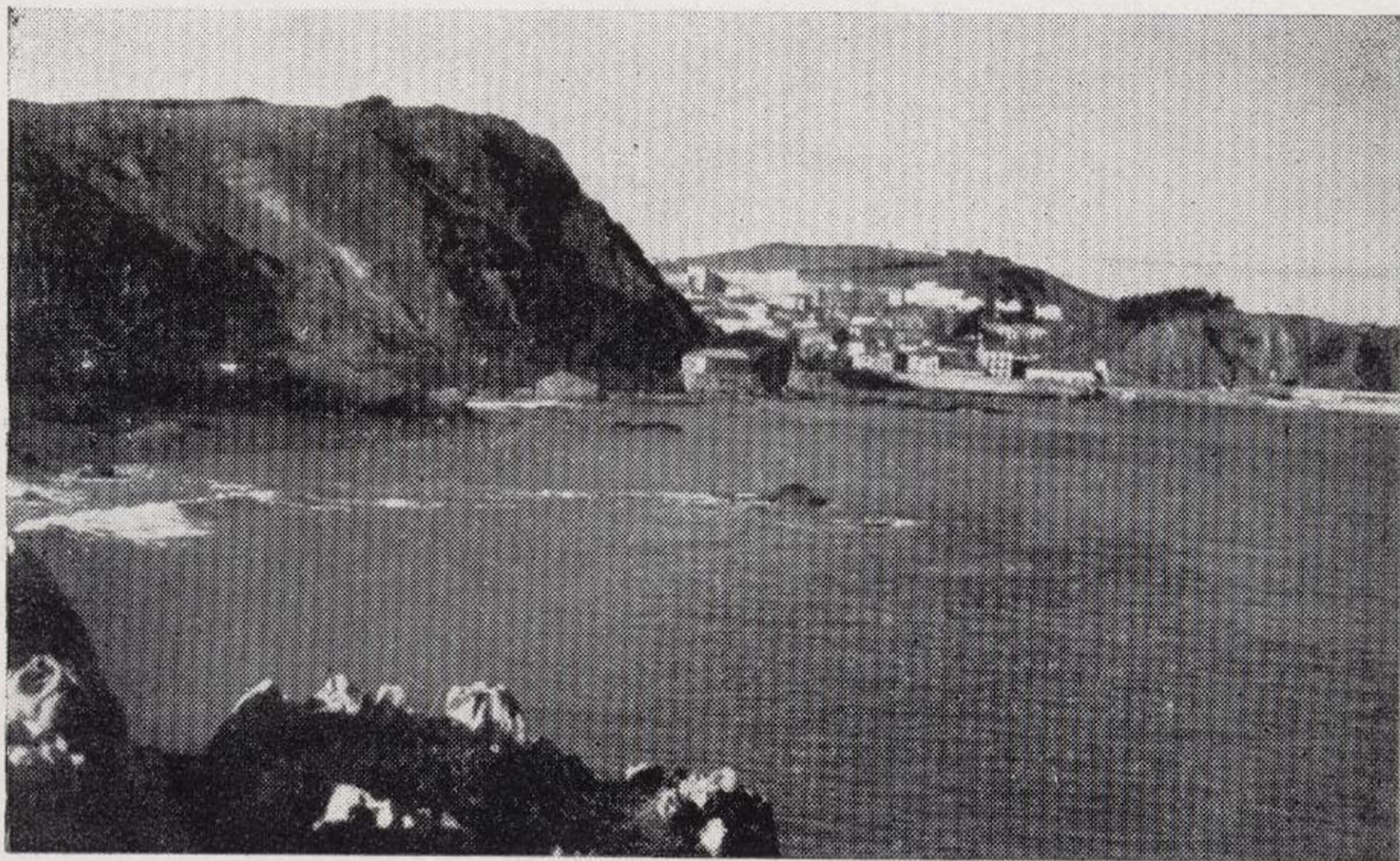


Contacto por falla entre las pizarras westfalienses y las areniscas wealdenses en la playa de San Pedro.





LAMINA VIII



Costa de Candás. En las areniscas de *Gosseletia* cortadas por la "rasa" de 100 m. (a la izquierda).



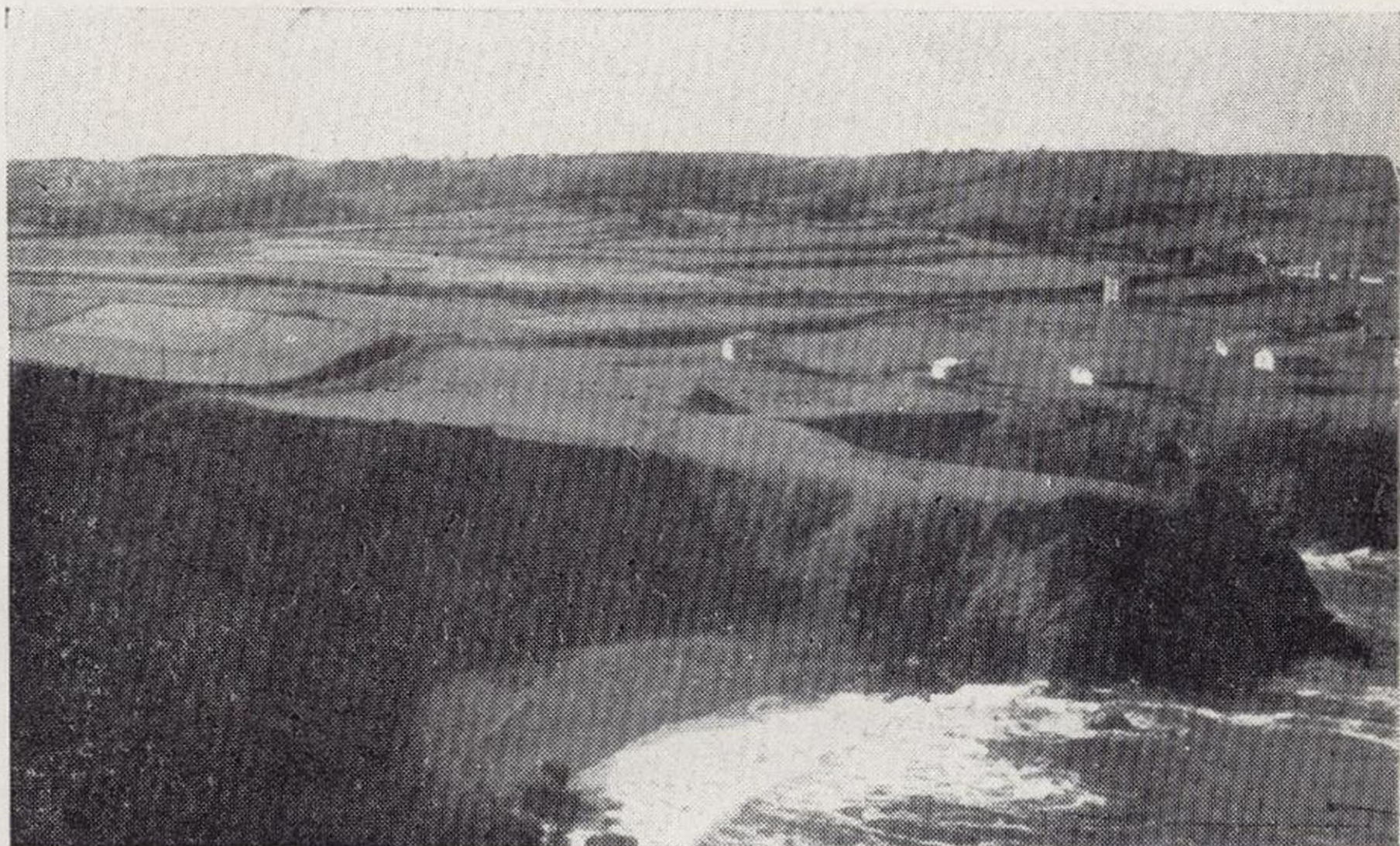
La costa entre Beñugues y Cabo de Peñas. Costa transversal. En primer término, calizas del Siegeniense B (caliza de Nieva).



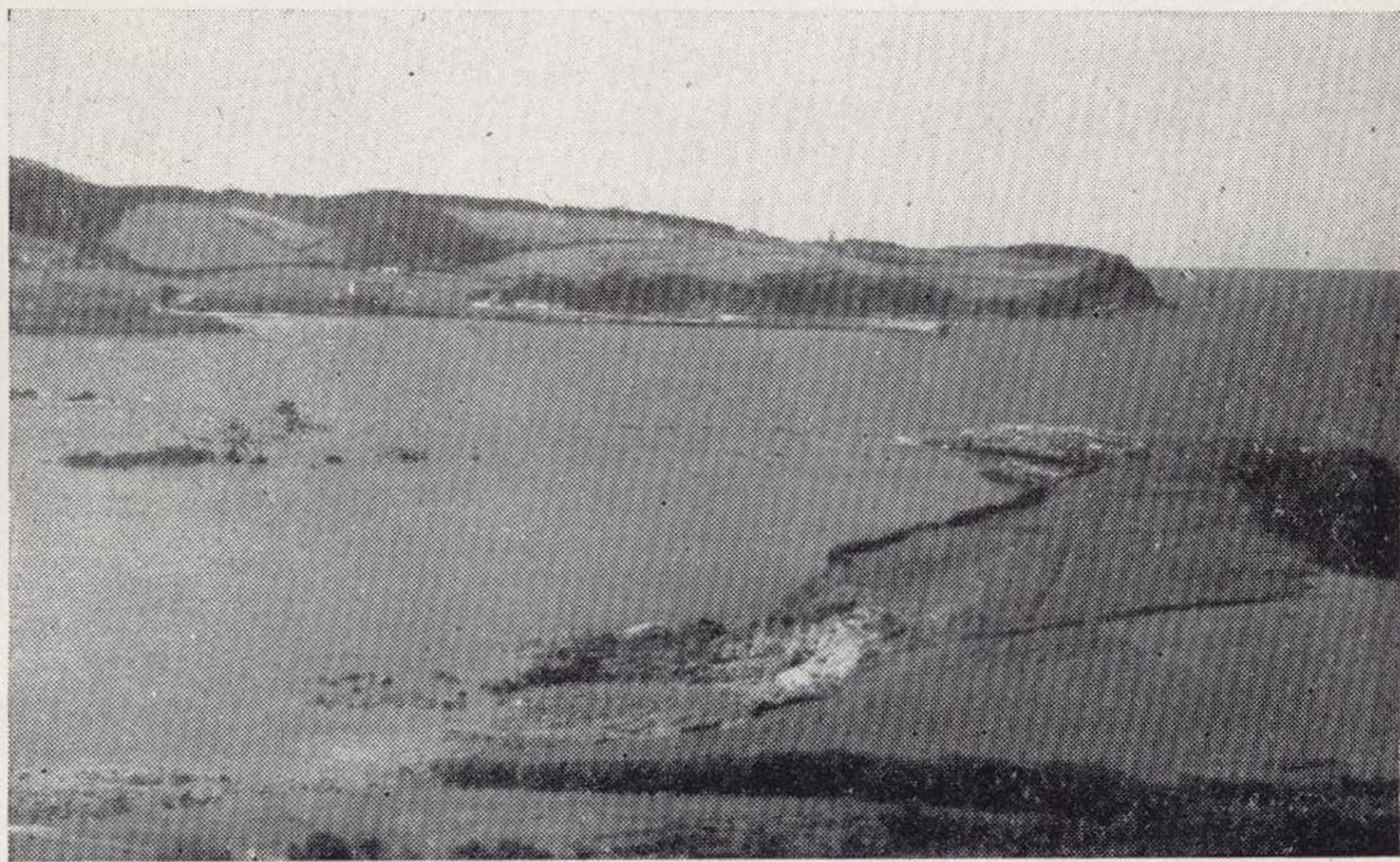
El Pico de Segareo, desde las vertientes de Quintana. Costa transversal en las calizas siegenienses, cortadas por la "rasa" de 20 metros.



Detalle del Pico de Segareo.



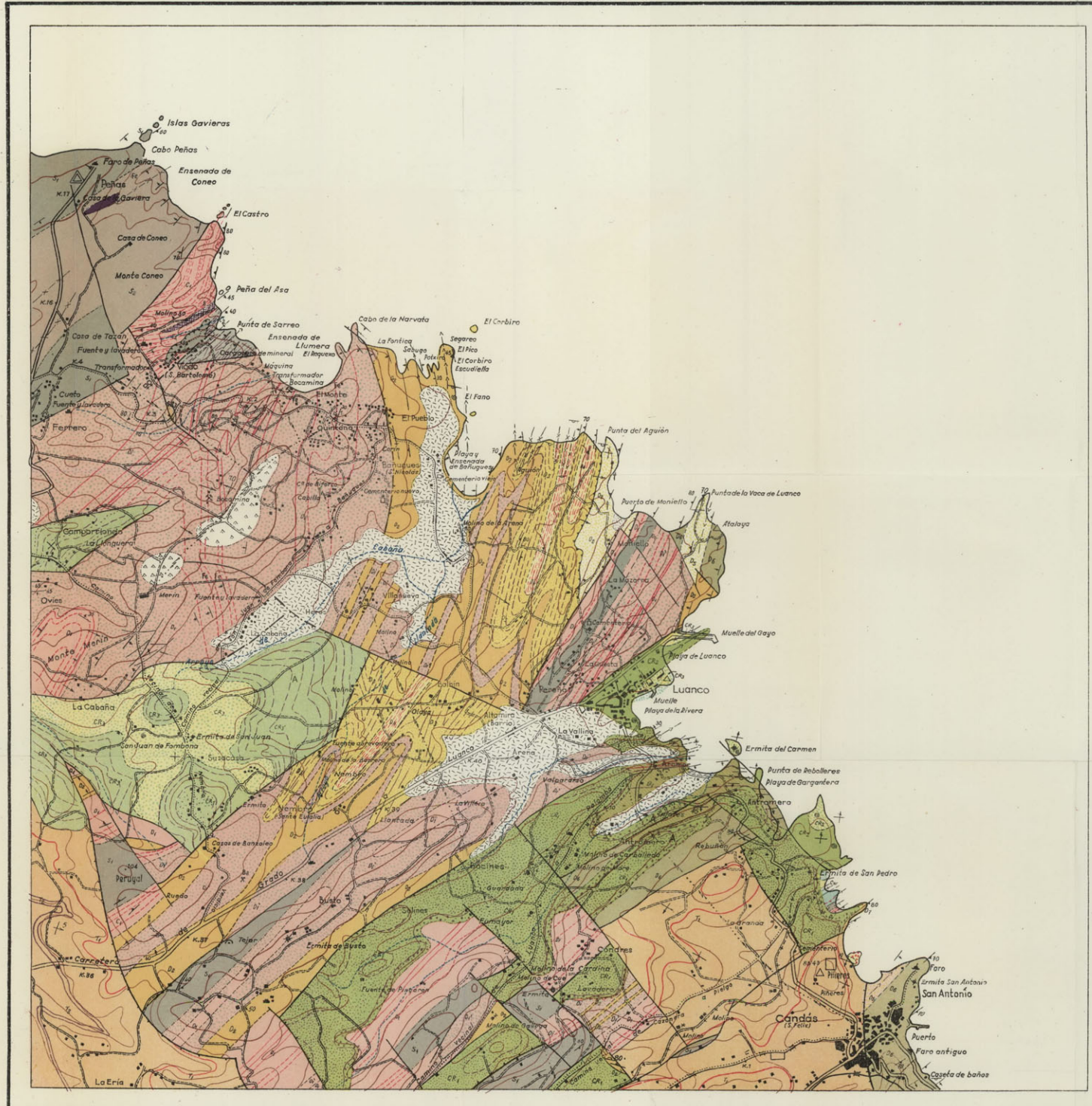
Costa entre Candás y Luanco. Al fondo, la "rasa" de 100 metros. En primer término, la "rasa" de 20 m. y el "modelado arcilloso" típico hacia el interior.



La punta de la Vaca de Luanco, desde Andromero. Complejo de calizas siegenienses y emsienses y areniscas de *Gosseletia*.

# MAPA GEOLOGICO DE LA REGION DE CABO PEÑAS

POR N. LLOPIS LLADÓ. 1955-1960



**LIMITES**

- Contacto normal, límite de terrenos y de facies
- - - - - Laguna estratigráfica
- - - - - Discordancia
- - - - - Contacto mecánico general
- Palla vista: sobre
- Palla sujeta
- Palla desdoblada
- Cobalgaadura

**BUZAMIENTOS**

- Horizontal
- Hasta 20°
- De 20° a 40°
- De 40° a 50°
- De 50° a 60°
- De 60° a 80°
- Vertical

**ACCIDENTES TECTONICOS**

- Eje anticlinal
- Eje sinclinal
- Vergencia
- Diaclasas, inclinación

**PALEONTOLOGIA**

- Fósiles en general
- Braquiópodos
- Ceratarios
- Crinoides
- Briozoa

**MINERALOGIA**

- Mineral de hierro
- Baritina
- Arcillas

**PETROGRAFIA**

- Calizas
- Areniscas
- Conglomerados
- Areniscas ferríferas
- Dolomías
- Arcillitas

**DIVERSOS**

- Bacamina
- Canteras
- Fuente
- Yacimiento mineral

**FE DE ERRATAS**

Entre Peña del Asa y Punta de Sarreo, el C<sub>1</sub> son calizas cristalinas.

Entre Punta del Agujón y Moniello, el D<sub>2</sub> debe ser D<sub>1</sub>, lo mismo que en Yaca de Luanco.

En la ermita de San Pedro entre el Cretácico y la caliza de montaña, todo es C<sub>1</sub>.

- SIGNOS CONVENCIONALES**
- CRONOLOGICOS**
- PALEOZOICO**
- CAMBRIICO**
- C<sub>1</sub> Serie detritica inferior. Microconglomerados y areniscas, grises verdes y amarillentas 60-70 m
  - C<sub>2</sub> Pizarras cuarzosas con microfleques Areniscas compactas Calizas cristalinas 80-100 m
- SILURICO**
- ORDOVICIENSE**
- S<sub>1</sub> ARRENIS. Cuarcitas armoricanas 250-400 m
  - S<sub>2</sub> LLANDELLI. Pizarras azules grises y claras con *Balanites bryozoiensis* y *Leptana brennisi* 250-300 m
- SOPLANDIENSE**
- S<sub>3</sub> Calizas esquistosas carbonadas Ampelitos aluminosos 150-200 m
  - S<sub>4</sub> Ampelitos blancos y negros
- DEVONICO**
- SEBRIENSE**
- D<sub>1</sub> Pizarras grises, areniscas amarillentas y areniscas ferruginosas (*Arenisca de Furado*)
- SIEBRIENSE A**
- D<sub>1</sub> Pizarras grises y amarillentas pasando lateralmente y alternando con calizas negras, calizas grises y dolomías. (= en parte calizas de Nieva)
- SIEBRIENSE B-C**
- D<sub>2</sub> Calizas esquistosas negras con filones de caliza blanca, con *Heterotrypa justiciensis* (= Caliza de Nieva)
- EMBIENSE**
- D<sub>3</sub> Calizas margas y pizarras con *Acraspidites pectinatus* (*Acraspidites Stroumelleri*) *Spirifer* *brachyotus* y *Coronaria* (*Caliza de Ferraces*)
- COVINIENSE A**
- D<sub>4</sub> Calizas pizarras y margas rojo-rosas con *Strophomena* *Strophomena piliferus* *Urolophus* *schroederi* y *Urolophus* (*Caliza de Arnao*)
- COVINIENSE B**
- D<sub>5</sub> Margas y calizas grises compactas con cristallitas de caliza blanca (*Nive de Caliza de Nieva* - *Caliza de Nieva*)
- COVINIENSE C**
- D<sub>6</sub> Cuarcitas, pizarras y areniscas ferruginosas con *Gastropoda* (*Caliza de Nieva*)
- GIVIENSE**
- D<sub>7</sub> Margas grises esquistosas y *Pisach* calizas con *Strophomena* (*cf. buralis*) (= *Caliza de Nieva* en parte)
- CARBONIFERO**
- VISENSENSE-NAMURIENSE**
- C<sub>N</sub> Calizas rojas "griffite" con *Ceratopoda* y crinoides calizas de marfil.
- WESTFALIENSE A ?**
- C<sub>W</sub> *Pisach* formado por pizarras arenicas y calizas dolgadas
- MESOZOICO**
- TRIASICO**
- T<sub>1</sub> BUNTSANDSTEIN Conglomerados cuarzosos Fracturas rojas Margas oligocenas
  - T<sub>2</sub> MICHENKAL-REUPER Margas oligocenas Calizas grises
- CRETACICO**
- WEALDENSE**
- C<sub>R</sub> Judines cuarzosas y areniscas claras
- ARTIENSE**
- BEULIENSE**
- C<sub>R2</sub> Calizas grises con *Orbitolina* *conoides* *discoides*, margas y arcillas
- GARDIENSE**
- C<sub>R3</sub> Calizas claras con *Diploleptoceras* *contaminata* y *malvosa*.
- C<sub>R4</sub> Arenas, margas y arcillas oligocenas
- CUATERNARIO**
- MARINO**
- C<sub>u</sub> Bajas calizas, arcillas consolidadas. Playas levantadas
- CONTINENTAL**
- C<sub>o</sub> Calizas, arcillas
- ROCAS IGENAS**
- δ Diabasos
  - β Rocas basicas en general

# MAPA GEOLOGICO DEL NE. DE AVILES

POR N. LLOPIS LLADÓ, 1955-1960



- LIMITES**
- Contacto normal, límite de terrenos y de facies
  - Laguna estratigráfica
  - Discordancia
  - Contacto mecánico en general
  - Falta vista: salto
  - Falta supuesta
  - Falta deducida
  - Cobaladura
- BUZAMIENTOS**
- + Horizontal
  - + Hasta 20°
  - + De 20° a 40°
  - + De 40° a 60°
  - + De 60° a 80°
  - + Vertical
- ACCIDENTES TECTONICOS**
- Eje anticlinal
  - ← Eje sinclinal
  - Vargancia
  - Diaclasas, inclinación
- PALEONTOLOGIA**
- ⊙ Fósiles en general
  - ⊙ Braquiópodos
  - ⊙ Coralarios
  - ⊙ Crinoides
  - ⊙ Briozoos
- MINERALOGIA**
- Fa Mineral de hierro
  - Ba Baritina
  - A Arcillas
- PETROGRAFIA**
- Calizas
  - Areniscas
  - Conglomeradas
  - Areniscas ferríferas
  - Dolomitas
  - Arcillitas
- DIVERSOS**
- \* Bacamina
  - ⊙ Canchales
  - ⊙ Fuentes
  - X Yacimiento mineral

- SIGNOS CONVENCIONALES CRONOLOGICOS**
- PALEOZOICO**
- CAMBRICO**
- C1 ■ Sarcoelítica inferior. Microconglomeradas y areniscas grises, verdes y amarillentas 60-70 m
  - C2 ■ Pizarras cuarcosas con micropiligras Areniscas compactas Calizas arcillosas 80-100 m
- SILURICO**
- ORDOVICIENSE**
- S1 ■ ARENIS. Cuarzos amarillentos 250-400 m
  - S2 ■ LLENDELO. Pizarras azules, grises y blancas con *Salmasteria austriaca* y *Leptæna beirensis* 250-300 m
  - S3 ■ GOTHLANDIENSE. Ampolitas blancas y negras
- DEVONICO**
- DEVONIENSE**
- D1 ■ Pizarras grises, areniscas amarillentas y areniscas ferríferas. (Arenisca de Pucón)
  - D2 ■ SIEBENIENSE A. Pizarras grises y amarillentas pasando lateralmente y alternando con calizas negras, calizas grises y dolomitas. (= en parte caliza de Nieva)
  - D3 ■ SIEBENIENSE B. Calizas apurtesas negras, con filones de caliza blanca, con *Heteronites heterensis*, caliza de Nieva
  - D4 ■ SIEBENIENSE C - COUVIENSE B. Dolomitas del Para de S. Juan
  - D5 ■ Calizas y areniscas amarillentas
- CARBONIFERO**
- AUTUNIENSE**
- CA ■ Areniscas y pizarras con *walchia pinitiformis*
- PERMICO**
- P ■ Areniscas y conglomerados rojos. Margas rojas. Mimosinas
- MESOZOICO**
- TRIASICO**
- T1 ■ BUNTSANDSTEIN. Conglomerados cuarcosos. Areniscas rojas. Margas abigarradas
  - T2 ■ MUSCHELKALK-KEUPER. Margas abigarradas. Calizas grises
- LIASICO INFERIOR - †**
- L ■ Dolomitas grises. Margas abigarradas
- CRETACICO**
- GARGASIENSE**
- CR1 ■ Calizas
  - CR2 ■ Areniscas. Margas o arcillas abigarradas
- CUATERNARIO**
- MARINO**
- CU ■ Dunas actuales, dunas consolidadas. Playas levantadas
- CONTINENTAL**
- CU ■ Coluviones aluviales



Los trabajos de campo han sido subvencionados por el INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANOS de la EX.MA. DIPUTACION PROVINCIAL DE ASTURIAS.

Escala 1: 25000



Los trabajos de campo fueron comenzados en 1955 en colaboración con el Prof. Dr. M. Julivert y terminados y revisados por N. LLOPIS LLADÓ.

## BIBLIOGRAFIA

### A

- 1 ADARO, L., y JUNQUERA, G.: "Criaderos de hierro de Asturias". Tomo II de la obra "Criaderos de hierro de España". Mem. Inst. Geol. Min. Esp., 1 text., 676 págs.; 1 text., X láms. col. Madrid, 1916.
- 2 ADARO, L.: "Bosquejo estratigráfico (corte horizontal) de la zona ferrífera de Asturias". 1914.
- 3 ADARO, L.: "Atlas del estudio estratigráfico de la cuenca hullera asturiana". Inst. Geol. Min. Esp. X láminas, 1 mapa color 1:100.000. Madrid, 1926.
- 4 ALMELA, A.; RÍOS, J. M., y DE LA REVILLA, J.: "Acerca de la facies wealdense del Norte de Asturias". Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp., núm. 37, págs. 113-131, con láms. Madrid, 1955.
- 5 ASHAUER, H., und HOLLISTER, J. S.: "Ostpyrenäan und Balearen". Abh. Gess. Wiss. Gottingen Math. Phis. Kl (3) 11 3-152. Berlin, 1934.
- 6 ASSELBERGHS, E.: "Le Devonien de l'Ardenne et des régions voisines". Mem. Nat. Inst. Geol. Univ. Louvain, t. XIV, 598 págs., 121 figs., 4 mapas. Louvain, 1946.

### B

- 1 BARROIS, Ch.: "Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice". Mem. Soc. Geol. d. Nord., vol. II, núm. 1, 630 páginas, XX láms. (Thèse). Lille, 1882.
- 2 BARROIS, Ch.: "Relación de un viaje geológico por España". Bol. Com. Map. Geol. Esp., t. IV, págs. 373-382. Madrid, 1877.
- 3 BARROIS, Ch.: "Le terrain crétacé de la province d'Oviedo". Ann. Soc. Géol. France., t. X. París, 1879.
- 4 BATALLER, J. R.: "Bibliografía del cretácico de España". Est. Geol., núm. 1. Madrid, 1945.

- 5 BIROT, P., y SOLE, L.: "Recherches morphologiques dans le NW. de la Peninsule Ibérique". Publ. Inst. Geol. Univ. Barcelona, número 211, 61 págs., 8 figs., IV láms. Barcelona, 1954.

## C

- 1 CARRINGTON DA COSTA, J.: "Os movimentos caledonicos preliminares hercínicos na Península Ibérica". Bol. Soc. Geol. Portugal, vol. X, págs. 1-12. Porto, 1952.
- 2 CIFUENTES, E., y BOTELLA, F.: "Trabajos geodésicos ejecutados por la Comisión de estudios de las cuencas carboníferas de Asturias, León y Palencia". Mem. Com. Map. Geol. Esp. Madrid, 1874.
- 3 CAREZ, L.: "Sur quelques points de la géologie du nord de l'Espagne". Bull. Soc. Géol. France. Paris, 1910.
- 4 CAREZ, L.: "Etude des terrains crétacés et tertiaires du nord de l'Espagne" (Thèse). Paris, 1882.
- 5 CIRY, R.: "L'évolution paleogeographique de l'Espagne septentrionale au Crétacé inferieur". Inst. Geol. Min. Esp., libro jubilar 1951.
- 6 COMTE, P.: "Sur les couches intermediaires entre le silurien et le devonien dans les Asturias". C. R. Acad. Paris, t. 198, páginas 1164-1166. Paris, 1934.
- 7 COMTE, P.: "Sur le Gedinnien de la Chaine Cantabrique". C. R. Somm. Soc. Géol. France, 5<sup>ème</sup> sér., t. VII, núm. 11, págs. 154-155. Paris, 1937.
- 8 COMTE, P.: "Brachiopodes devoniens des gisements de Ferroñes (Asturias) et de Sabero (León)". Ann. Paleont., tomo XXVII, págs. 39-88, IV láms. Paris, 1938.
- 9 COMTE, P.: "La transgression du famenien superieur dans la Cordillère Cantabrique". C. R. Acad. Sc. Paris, t. 206, pág. 1741. Paris, 1938.
- 10 COMTE, P.: "Transgression et fausses transgressions marines". An. Soc. Geol. du Nord., t. LXVI, págs. 210-213. Lille, 1946.
- 11 COMTE, P.: "Les facies du devonien dans la Cordillère Cantabrique". C. Rend. Acad. Sc. Paris, t. 206, pág. 1496. Paris, 1938.
- 12 CUETO Y RUI-DÍAZ, E.: "Nota acerca del origen de las llanuras rasas y sierras planas de la costa de Asturias". Bol. Soc. Esp. Hist. Nat., núm. 5, t. XXX, págs. 241-254, II láms. Madrid, 1930.
- 13 CUETO Y RUI-DÍAZ, E.: "Orografía y geología tectónica del país cántabro-astúrico". Bol. Inst. Geol. Min. Esp., t. XLVII, VII de la 3.<sup>a</sup> serie, págs. 7-111, 21 figs., 1 map. Madrid, 1926.

## D

- 1 DALLONI, M.: "Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon". Thèse. 1 vol. 444 págs., 56 figs., II láms., 1 map. Marseille, 1910.
- 2 DALLONI, M.: "Etude géologique des Pyrénées Catalanes". 1 vol. Alger, 1930.
- 3 DELEPINE, G.: "L'âge des grès du Naranco". C. R. Acad. Sc. Paris, t. 187, págs. 239-241. Paris, 1928.
- 4 DELEPINE, G.: "Sur la présence de la faune givetienne en Asturias". C. R. Somm. Soc. Géol. France, pág. 204. Paris, 1932.
- 5 DELEPINE, G.: "Sur l'extension des mers paleozoiques en Asturias". C. R. Acad. Sc. Paris, t. 195, pág. 1401. Paris, 1932.
- 6 DUBAR, G., et MOUTERDE, R.: "Extensión del Kimeridgense marino en Asturias desde Ribadesella a Gijón". Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp., págs. 211-215. Madrid, 1957.
- 7 DURÁN, M., y FERNÁNDEZ, J.: "Atlas geológico y topográfico de la provincia de Oviedo. Recopilación de datos y figuras de Schulz, Barrois y Adaro". 1 vol., XI láms. Madrid, 1944.

## E

- 1 ERICH SCHMIDT, W.: "Crinoideos y blastoideos del Devónico inferior de Asturias". Publicaciones extranjeras sobre geología de España, vol. VI, C. S. I. C., págs. 119-170. Madrid, 1952.
- 2 EZQUERRA DEL BAYO y otros: "Memoria sobre las minas de carbón de piedra de Arnao". Reseña bibliográfica. Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. I, pág. 88. Madrid, 1846.

## F

- 1 FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: "Las costas de la Península Ibérica". Asociación Esp. Progr. Cienc., Congr. Zaragoza, t. IV, 1.<sup>a</sup> parte. Madrid, 1908.

## G

- 1 GARCÍA FUENTE, S.: "Geología de los concejos de Proaza y Tameza (Asturias)". Bol. Inst. Geol. y Min. Esp., t. LXV, págs. 272-324, XXX láms. fotos, II láms. cart. geol., 1 fig. 1 mapa. Madrid, 1953.
- 2 GARCÍA FUENTE, S.: "Geología del Concejo de Teverga (Asturias)". Bol. Inst. Geol. y Min. de Esp., t. LXIV, págs. 347-456, 1 mapa 1 : 50.000, cuadr. estrat., 49 fotos, cortes. Madrid, 1952.
- 3 GEINITZ, H. B.: "Über organische Überreste aus der Steinkohlen-

- grube Arnao bei Avilés (Asturien)". *Neus Jahrbuch f. Miner. Geol. Paleont.*, taf. III, págs. 281-286. 1867.
- 4 GÓMEZ DE LLARENA, J.: "Notas geológicas. 2.<sup>a</sup>: Sobre la edad de la pudinga de Posada. 3.<sup>a</sup>: Sobre las rasas y terrazas litorales de Asturias". *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVIII, pág. 465. Madrid, 1928.
  - 5 GÓMEZ DE LLARENA, J., y ROYO GÓMEZ, J.: "Las terrazas y rasas litorales de Asturias y Santander". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 27, núm. 1, págs. 19-38, 15 figs. Madrid, 1927.
  - 6 GÓMEZ DE LLARENA y ROYO GÓMEZ, J.: "Adiciones a la nota sobre las terrazas y rasas litorales de Asturias y Santander". *Boletín Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVIII, pág. 115. Madrid, 1927.
  - 7 GUILCHER, A.: "La plage ancienne de La Franca (Asturias)". *Compt. Rend. Ac. Sc.*, t. 241, pág. 1603-1605. París, 1955.
- H
- 1 HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: "Ensayo de síntesis geológica del N. de la Península Ibérica". *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Serie Geológica*, núm. 3. Madrid, 1912.
  - 2 HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: "Síntesis fisiográfica y geológica de España". *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Serie Geológica*, núm. 38, 2.<sup>o</sup> vol. Madrid, 1932.
  - 3 HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: "Significación geológica del relieve submarino del Cantábrico". *Las Ciencias*, t. I, pág. 542. Madrid, 1934.
  - 4 HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: "Paleogeografía del solar hispano durante el Paleozoico". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XLIX, núm. 123, págs. 23-43. Madrid, 1951.
  - 5 HERNÁNDEZ-PACHECO, F., LLOPIS LLADÓ, N., JORDÁ, F., y MARTÍNEZ, J. A.: "El Cuaternario de la región cantábrica". *Guía de la excursión N<sub>2</sub>*. V Congreso Internacional de INQUA. 1 vol., 72 págs., 9 figs., 2 mapas. Oviedo, 1957.
  - 6 HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: "Las rasas litorales de la costa cantábrica en su segmento asturiano". *Com. Ren. XVI Congr. Inst. de Geographie Lisbonne*, págs. 29-88, 9 figs., XIII láms. Lisboa, 1949.
  - 7 HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.: "El Sistema Cambriano en España". *Mem. Inst. Geol. y Min. Esp.*, núm. 9. Madrid, 1935.
  - 8 HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.: "El Sistema Siluriano". *Mem. Instituto Geol. y Min. de España. Expl. Nuevo Mapa Geol. España*, escala 1 : 1.000.000, t. II, 2 vol., 848 págs., 38 figs., XXX láms., 2 mapas. Madrid, 1942.

- 9 HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.: "Hierros de Galicia". Tomo I. *Memorias Inst. Geol. y Min. Esp. Madrid*, 1922.
- 10 HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.: "Las menas oolíticas devonianas de Asturias". *Direc. Gral. Minas*, 27 nov., Madrid, 1946.
- 11 HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: "Las rasas de la costa cantábrica en el segmento oriental de Asturias". V Congr. Int. de INQUA. 32 págs., 5 figs. Oviedo, 1957.

## J

- 1 JONGMANS, W. J.: "Documentación sobre las floras hulleras españolas. Primera contribución: Flora carbonífera de Asturias". *Estud. Geol.*, núm. 15, págs. 7-20, XXVIII láms. Madrid, 1952.

## K

- 1 KARREBERG, H.: "La evolución postvariscica de la Cordillera Cantabro-astúrica". *Publ. Extranj. sobre Geol. de España*, vol. III, X. Madrid, 1946.

## L

- 1 LAMARE, P.: "Récherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne". *Mem. Soc. Géol. France*, t. XII, núm. 27, 462 págs., 304 figs., VII láms., 2 mapas. París, 1936.
- 2 LOMBARD, A.: "Géologie sédimentaire. Les séries marines". 1 vol., 722 págs., 180 figs., XIII láms. París, 1956.

## Ll.

- 1 LLOPIS LLADÓ, N.: "Sobre la tectónica germánica de Asturias". *Boletín Soc. Esp. Hist. Nat. Homenaje a E. Hernández-Pacheco*, págs. 415-429, 3 figs. Madrid, 1954.
- 1bis LLOPIS LLADÓ, N.: "Estudio geológico de los yacimientos de manganeso de Vega de Ourio (Boal-Asturias) (inédito). 1954.
- 2 LLOPIS LLADÓ, N.: "Los rasgos morfológicos y geológicos de la Cordillera Cantabro-astúrica". *Trab. y Mem. Inst. Geol. Oviedo*, págs. 9-51. Oviedo, 1950.
- 3 LLOPIS LLADÓ, N.: "Problemas de tectónica alpídica del Pirineo". *Sep. I Congr. Intern. Piren. Inst. Estud. Piren.*, 44 págs., 18 fotos. Zaragoza, 1950.
- 4 LLOPIS LLADÓ, N.: "Los depósitos de la costa cantábrica entre los cabos Busto y Vidio, Speleon, t. VI, núm. 4, págs. 333-347, 5 figuras. Oviedo, 1956.
- 5 LLOPIS LLADÓ, N.: "Sobre el Cretácico de los alrededores de Ovie-



- do". Monogr. Geol., núm. VI, 44 págs., 5 figs. Oviedo, 1957. Mem. Inst. Geol. y Min. Esp., t. LVII. Madrid, 1956.
- 5 bis LLOPIS LLADÓ, N.: "Mapa geológico de los alrededores de Oviedo". Escala 1 : 25.000. Oviedo, 1950.
- 6 LLOPIS LLADÓ, N.: "Estudio geológico de las sierras de la Coruxera, La Mostayal y Monsacro". Monogr. Geol., v. XIV. Oviedo, 1961.
- 7 LLOPIS LLADÓ, N.: "Las bases estratigráficas del devónico de Asturias". *Previa Geol. Astur.*, año II, núm. 1-2, págs. 13-21, 2 figuras. Oviedo, 1958.
- 8 LLOPIS LLADÓ, N., y JULIVERT, M.: "Estudio geológico de la zona de sondeos de los alrededores de Avilés (con un mapa a 1:25.000 y cortes). Oviedo, 1955 (inédito).
- 9 LLOPIS LLADÓ, N., y FONTBOTÉ, J. M.: "Estudio geológico de la Cabrera Alta". *Monogr. Geol.*, vol. XIII, 134 págs., 23 figs., XXV láminas. Oviedo, 1959.
- 10 LLOPIS LLADÓ, N.: "Estratigrafía y tectónica de la zona de Candá y Aboño (Asturias)" (in lit.).
- 11 LLOPIS LLADÓ, N.: "Estudio hidrogeológico de la costa de Asturias entre la ría de Aboño y Candás", con un mapa a 1 : 5.000 (inédito). Oviedo, 1960.
- 12 LLOPIS LLADÓ, N.: "La costa cantábrica". Guía de la excursión N. del V Congreso Internacional de INQUA, págs. 43-51. Oviedo, 1957.
- 13 LLOPIS LLADÓ, N.: "Sobre la tectónica de la cuenca carbonífera de Asturias". *Est. Geol.*, n.º 21, págs. 79-101, 7 figs. Madrid, 1954

## M

- 1 MALLADA, L.: "Explicación del mapa geológico de España. Sistema Devónico y Carbonífero". *Mem. Com. Mapa Geol. Esp.*, t. III 405 págs., 36 figs. Madrid, 1898.
- 2 MALLADA, L.: "Sistemas Siluriano y Cambriano". *Expl. Mapa Geol. España*, t. I, 1 vol., 515 págs., 36 figs. Madrid, 1896.
- 3 MELÉNDEZ, B.: "Comunicación oral sobre el Pérmico de Caravia (Asturias)". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XLVII, pág. 382. Madrid, 1949.
- 4 MELÉNDEZ, B.: "Nota previa sobre los terrenos pérmicos de Colunga y Caravia". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, vol. XLVIII, páginas 141-154, IV láms. Madrid, 1950.
- 5 MELÉNDEZ, B.: "Notas paleontológicas regionales. II: Asturias". *Rev. Las Ciencias*, núm. 3, págs. 655-662. Madrid, 1954.
- 6 MELÉNDEZ, B.: "Le Permien des Asturies orientales". *C. R. I Congr. Strat. Carbon.*, v. II, págs. 453-455, 1 fig. Heerlen, 1952

- 7 MISCH, P.: "Der Bau der mittleren sudpyrenäen". *Abh. d. Gess. Wiss. z. Gottingen Math/Phys. Kl.*; Folge, H. 12, 168 págs., 61 figs., VI láms. Berlín, 1934.
- 8 MORET, L.: "La géologie des environs de Grenoble". 1 vol. Grenoble.

## P

- 1 PATAC, I.: "Estudio geológico-minero de la cuenca hullera submarina de Arnao (Asturias)". *Riquezas mineras de España*, página 45, XI láms. Madrid, 1923.
- 2 PATAC, I.: "La geología del litoral asturiano y su importancia industrial. Estudios originales del Permiano y del hullero superior de España". *Bol. Inst. Nac. del Carbón*, año V, núm. 27, págs. 107-123. Oviedo, 1956.
- 3 PATAC, I.: "La formación uraliense asturiana", 1 vol., 54 págs. y figuras. Gijón, 1920.

## S

- 1 SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: "Estudio de las rocas eruptivas de España". *Ac. C. A. de Madrid*. Madrid, 1936.
- 2 SCHULZ, G.: "Reseña geognóstica del Principado de Asturias". *Anal. de Min.*, núm. 1. Madrid, 1838.
- 3 SCHULZ, G.: "Descripción geológica de la provincia de Oviedo". 1 vol., 138 págs., 1 mapa, 1 fig. Madrid, 1858.
- 4 SCHULZ, G.: "Mapa topográfico de la provincia de Oviedo, formado por orden de S. M. la Reina. Escala 1 : 12.500. Madrid, 1855.
- 5 SITTER, L. U. DE: "The development of the paleozoic in north-west Spain". *Geologie en Minjnbou*. 11 laarg., núm. 11, págs. 312-319, figs. 1-3, y núm. 12, págs. 325-340, figs. 4-9. Leiden, 1949.
- 6 SOLÉ SABARÍS, L. (en colaboración con N. Llopis Lladó): "Península Ibérica. I: Geografía física". Tomo IX de la Geografía Universal, publicada bajo la dirección de P. Vidal de la Blanche y L. Gallois. 1 vol. 500 págs., 186 figs., XCVI láms., 1 mapa. Barcelona, 1951.
- 7 STILLE, H.: "Über Einseitigkeiten in der germanotypen Tectonik Nordspaniens und Deutschlands". *Nachr. Ges. Wiss. Gottingen Mat/Phys. Kl.*, pág. 479. Berlín, 1930.
- 8 STILLE, H.: "Grundfrage der Vergleichenden Tektonik". Berlín, 1926.

## V

- 1 VEGA ROLLÁN, C. DE LA: "Flora carbonífera de Asturias y su distri-

- bución estratigráfica". Brev. Geol. Astúr., año III, núms. 1-  
págs. 3-70, 1 cuadro. Oviedo 1959.
- 2 VERNEUIL, E., et D'ARCHIAC, V.: "Note sur les fossiles du terrai  
paleozoïque des Asturies". Bol. Soc. Géol. France, 2.<sup>a</sup> ser., t. I  
págs. 458-488, III láms. París, 1845.
  - 3 VERNEUIL, E., et D'ARCHIAC, V.: "Sur le terrain crétacé et le terrai  
à Numulites des Asturies". Bull. Soc. Géol. France, 2<sup>ème</sup> ser  
t. VI, págs. 522-524, 1 fig. París, 1849.
  - 4 VERNEUIL, E., et COLLOMB, E.: "Coup d'oeil sur la constitution gé  
logique de quelques provinces de l'Espagne". Bull. Soc. Géo  
France, 2.<sup>a</sup> ser., vol. 10, págs. 61-147, III láms. París, 1852.

## Los foraminíferos del Terciario superior y Cuaternario del valle del Guadalquivir

por

J. L. Saavedra

## INDICE

|   | PÁGS. |
|---|-------|
| El problema de la identificación de los sedimentos terciarios ... ..                          | 7     |
| Resumen de los conocimientos sobre microforaminíferos en el valle del Guadalquivir ... ..     | 9     |
| Plan general del trabajo ... ..   | 11    |
| Clasificación ... ..  | 13    |
| Familia Reophacidae ... ..  | 14    |
| Familia Ammodiscidae ... ..   | 14    |
| Familia Lituolidae ... ..   | 15    |
| Familia Textulariidae ... ..  | 17    |
| Familia Verneulinidae ... ..  | 18    |
| Familia Valvulinidae ... ..   | 19    |
| Familia Miliolidae ... ..   | 22    |
| Familia Ophthalmidiidae ... ..  | 25    |
| Familia Lagenidae ... ..  | 25    |
| Familia Polimorphinidae ... ..  | 42    |
| Familia Nonionidae ... ..   | 44    |
| Familia Nummulitidae ... ..   | 46    |
| Familia Heterohelicidae ... ..  | 47    |
| Familia Buliminidae ... ..  | 49    |
| Familia Ellipsoidininae ... ..  | 58    |
| Familia Rotaliidae ... ..   | 59    |
| Familia Amphisteginidae ... ..  | 65    |
| Familia Cymbaloporidae ... ..   | 66    |
| Familia Cassidulinidae ... ..   | 66    |
| Familia Chilostomellidae ... ..   | 69    |
| Familia Globigerinidae ... ..   | 73    |
| Familia Globorotalidae ... ..   | 78    |
| Familia Anomalinidae ... ..   | 79    |
| Familia Orbitoididae ... ..   | 84    |
| Familia Miogypsinidae ... ..  | 85    |
| Distribución estratigráfica de los foraminíferos en el Terciario superior de Andalucía ... .. | 89    |
| Apuntes para una estratigrafía de detalle ... ..  | 91    |
| Caracteres de los distintos niveles estratigráficos estudiados ... ..                         | 95    |
| Zona "M <sub>5</sub> ".—Aquitaniense ... ..   | 95    |

|   | <u>PÁGS.</u> |
|---|--------------|
| Zona "M <sub>4</sub> ".—Burdigaliense ... ..  | 97           |
| Zona de tránsito entre el Burdigaliense y el Vindoboniense (Helveciense inferior)... .. | 99           |
| Zona "M <sub>3</sub> ".—Helveciense ... ..  | 100          |
| Zona "M <sub>2</sub> ".—Tortonense... ..  | 102          |
| Zona "M <sub>1</sub> ".—Mioceno superior (Saheliense)... ..                             | 105          |
| Zona "P <sub>3</sub> ".—Plioceno inferior ... ..  | 108          |
| Zona "P <sub>2</sub> ".—¿Plioceno medio? ... ..   | 110          |
| Zona "P <sub>1</sub> ".—¿Plioceno superior? ... ..                                      | 112          |
| Zona "C".—Cuaternario ... ..  | 114          |
| Resumen ... ..  | 115          |
| Résumé... ..  | 115          |
| Summary... ..   | 115          |
| Bibliografía ... ..   | 117          |

## Los foraminíferos del Terciario superior y Cuaternario del valle del Guadalquivir (\*)

POR

J. L. SAAVEDRA

La parte fundamental de este trabajo es un atlas iconográfico de 370 especies de foraminíferos y unos cuadros con la distribución vertical de todas las especies.

Con ello pretendo aportar mi ayuda a todos los que, en número creciente, se interesan por cuestiones de micropaleontología.

Pese a que el número de especies que aquí incluimos es bastante limitado, representa una gran parte de las que encontramos en el valle del Guadalquivir, y así creemos evitar una laboriosa consulta bibliográfica y ayudar a la clasificación de los ejemplares aun a los no especialistas.

---

(\*) Este estudio forma parte del realizado con una beca de la Fundación "Juan March" (1957), y posteriormente aprobado como tesis doctoral (curso académico 1959-60 de la Universidad de Madrid).

Falta aquí el estudio comparativo de algunos sondeos realizados por la "E. N. Adaro" y la "C. I. P. Valdebro", que formaban parte de la Memoria presentada en la Fundación "Juan March". Posiblemente más adelante, los datos aportados por estos sondeos, extremadamente interesantes, puedan ser dados a conocer en una proyectada publicación de la "E. N. Adaro".

## **EL PROBLEMA DE LA IDENTIFICACION DE LOS SEDIMENTOS TERCIARIOS**

El valle del río Guadalquivir discurre por una depresión rellena, en su mayor parte, por sedimentos marinos depositados durante el Terciario.

En la superficie vemos enormes extensiones de margas o areniscas amarillentas, blanquecinas o grises, que la red fluvial ha ido desmantelando con facilidad, sin que por su poca cohesión se hayan originado relieves acusados.

El aspecto litológico de los sedimentos es monótono y sólo las alteraciones superficiales dan, con sus coloraciones, un poco de diversidad a un depósito que originariamente debe haber sido gris o blanquecino, colores que en profundidad presentan estos sedimentos margosos. Esta monotonía ha llevado consigo una gran dificultad para datar con exactitud la edad de cada formación; y así, por ejemplo, las llamadas por la geología local "margas vindobonienses" son iguales, litológicamente, a otras margas desde el Plioceno medio al Burdigaliense.

Por otra parte, como los ríos no han formado grandes tajos en los que puedan ser estudiadas series completas de estas margas, resulta difícil conocer cómo van variando en profundidad.

Y, finalmente, la escasez de fósiles característicos, de microfósiles, dificulta el establecimiento de correlaciones entre localidades alejadas.

Este inconveniente queda salvado con creces por los microfósiles, que aparecen en cantidades prodigiosas. Realmente esto es lógico si pensamos en el proceso de formación de estos sedimentos marinos finos: del mismo modo que en una habitación cerrada el polvo se deposita lentamente, así, sobre el fondo del mar va cayendo una finísima lluvia de partículas: por una parte, el polvo atmosférico que cae al

mar; por otra, los detritus minerales más finos, que son arrancado o removidos en las costas por el oleaje y las corrientes, y luego arrastrados a mar libre, o los que se forman por precipitación química, y por otra, la infinidad de seres que pululan formando el plancton bentos marinos, y que al morir se sedimentan, todos son componente de esa lluvia de polvo que de un modo incesante se deposita en el fondo oceánico.

Los organismos se pudren, pero sus partes duras suelen conservar se, especialmente si son calizas o silíceas. De análisis calcimétricos realizados sobre estas margas andaluzas anotamos, como dato curioso que la cantidad media de carbonatos contenida es el 33 %, una buena parte de la cual corresponde a los pequeños caparzones calizos de foraminíferos.

Esta profusión de restos microscópicos ofrece una magnífica perspectiva para definir paleontológicamente una marga y diferenciarla de otras de igual aspecto litológico, pero diferente edad. En todo el mundo se han realizado trabajos de este tipo, en los que se ha puesto de manifiesto que, además de las variaciones naturales en el tiempo las especies alcanzan muy diverso desarrollo incluso en cuencas poco distantes. Así, un excelente trabajo práctico hecho por los científicos del AGIP MINERARIA en el valle del Po no resulta exactamente válido para el valle del Guadalquivir.

Pero conviene tener en cuenta que son muy pocas las especies de foraminíferos que resultan características, exclusivas de un piso, y en general son muy poco frecuentes. En cambio, lo que sí es característico es la asociación de todos los restos que yacen juntos.

Aunque lo predominante son los foraminíferos, es frecuente encontrar conjuntamente restos de equinodermos, ostrácodos, moluscos radiolarios, y más raramente de crustáceos, celentéreos, esponjas, diatomeas, peces y cualquier otra clase de organismos marinos, cuyo estudio completo exigiría la colaboración de equipos de especialistas en cada uno de estos grupos, como se hace en varias grandes entidades petrolíferas del mundo.

## RESUMEN DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE MICROFORAMINÍFEROS EN EL VALLE DEL GUADALQUIVIR

Sobre estratigrafía o hallazgos de macrofósiles del Mioceno y Plioceno de Andalucía hay gran cantidad de publicaciones, pero, en cambio, no son muchos los estudios que sobre foraminíferos fósiles de esta región han sido publicados.

G. Colom estudió las faunas de algunas cuencas mio-pliocenas y de las "moronitas" (estas últimas en colaboración con Gamundi), realizando, además, buenos estudios sobre regiones semejantes, como Levante y Mallorca (7 al 17).

T. del Pan publicó, en el Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, dos notas y el extracto de su tesis doctoral, versando sobre el mismo tema (37 y 38).

S. Calderón publicó, también en las Actas de la Real Sociedad Española de Historia Natural (años 1888 y 1893) dos listas de foraminíferos del Plioceno andaluz (4 y 5).

A. Carbonell publicó otra lista de foraminíferos, en la que se incluyen las especies de mayor talla existentes en el Mioceno, en una nota sobre los depósitos terciarios de Córdoba, leída en la XIV sesión del Congreso Geológico Internacional de 1926 (6).

Schrodt publicó en Berlín un trabajo sobre fauna pliocena del Sur de España, en el que se dibujan moluscos, ostrácodos y foraminíferos, entre ellos una nueva especie que bautizó como *Vaginulina striatissima* (45).

W. Kilian incluye también listas de especies del Secundario y Terciario, entre ellos algunos foraminíferos, en su trabajo publicado en *Memoires de l'Academie des Sciences*, tomo XXX (32).

A. Robaux estudió las "moronitas" de Sanlúcar de Barrameda, y su trabajo está publicado en el Boletín de la Sociedad Geológica de Francia, 5.º serie, vol. 3 (44).

También Moreno Cardona publicó en Estudios Geológicos una nota sobre dos especies que creyó nuevas del Mioceno de Sierra Nevada (36).

En todos los casos citados, se trata de faunas de una sola edad y casi siempre de una localidad muy limitada, sin que, por las dificultades antes expuestas, haya podido estudiarse la serie sedimentaria completa.

Estudiando atentamente las diversas publicaciones, a la luz de los datos recogidos para este trabajo, he podido identificar varias de las asociaciones de foraminíferos que en ellas se describen, precisando su edad, que en algún caso quedaba determinada vagamente, o incluso estaba equivocada, sin duda por estudiar sus autores zonas demasiado limitadas y sin buenos puntos de correlación.

Según la bibliografía consultada, que creemos bastante completa, sobre la distinción de microfaunas del Mioceno y Plioceno, la división en pisos de estos periodos y el espesor de cada piso no hay más que las observaciones y estudios sueltos, antes citados.

## PLAN GENERAL DEL TRABAJO

Basándome en los conocimientos adquiridos con el estudio de sondeos de la "E. N. Adaro", he tomado unas series de muestras de superficie típicas de cada piso.

Todas ellas fueron levigadas siguiendo la marcha habitual, que consiste en triturar una buena cantidad de muestra y separar 200 ó 250 gramos de ella, para conocer la proporción relativa de residuo fosilífero. La marga triturada se cuece dos o tres horas con oxalato sódico, que facilita la disgregación, y luego se pasa por un tamiz de malla muy fina (0,08 mm. de lado), donde quedan retenidos hasta los foraminíferos más pequeños, eliminándose la parte más fina de limo con un chorro violento de agua.

Este procedimiento tiene diversas ventajas sobre la levigación por líquidos pesados, o por cualquier otro procedimiento basado en las diferencias de densidad. Por ejemplo, es frecuente que los caparazones de foraminíferos estén rellenos de pirita, hasta el punto de que algunas especies, como la *Allomorphina trigona* Reuss y la *Chilostomella oolina* (Schwager) sólo las he encontrado de esta forma. Todas estas conchas rellenas tienen una densidad muy superior a la de la caliza y hubieran quedado en la fracción desechada. Y, por el contrario, algunos restos, como los Globigerínidos, pueden conservarse huecos y a veces flotan sobre el agua.

Ciertamente que resulta molesto el estudio de un residuo lavado lleno de fragmentos de cuarzo y de marga que aún queda sin deshacer, pero esto se compensa con la seguridad de que todos los restos existentes estarán presentes, lo mismo si son de caliza que de sílice, pirita, glauconia o carbón.

Levigadas todas las muestras, he pasado al estudio de las microfaunas, escribiendo listas con las especies que en cada una se hallaban

juntas. Como un dato de interés, he ido anotando la frecuencia aproximada con que aparecía cada especie.

En algunas publicaciones hemos visto establecer las frecuencias de especies en tantos por ciento, pero este sistema no me parece conveniente. He hecho la prueba de levigar por separado muestras obtenidas al dividir una marga hojosa en láminas de dos centímetros de espesor y resulta que la proporción de las diversas especies varía extraordinariamente de unas a otras inmediatas. Si queremos establecer un porcentaje que represente el valor medio de la frecuencia con que aparece una especie, es preciso levigar una gran cantidad de muestra, y el valor práctico de los datos así obtenidos será siempre dudoso, porque obligaría a quien quisiera establecer relaciones entre éstas y otras series de muestras a realizar el mismo trabajo laborioso.

En su lugar, me limito a dar una frecuencia aproximada de fácil comprobación. Separo cuatro grupos de especies:

*Especie rara (R)*, si en un gramo de residuo de lavado aparecen uno a tres ejemplares.

*Especie frecuente (F)*, si aparecen cinco a quince ejemplares.

*Especie corriente (C)*, si aparecen veinte a cincuenta ejemplares.

*Especie abundantísima (CC)*, si hay más de cien ejemplares.

Por su misma relatividad, esta frecuencia resulta bastante exacta para el objetivo nuestro: indicar cómo van variando en el tiempo cada una de las especies estudiadas.

Reuniendo los datos de todas las listas de especies obtuve un cuadro sintético de escala arbitraria, con la distribución vertical de éstas, en el que se pone en evidencia la existencia de varias zonas con microfaunas diferentes; aunque eran escasas las especies exclusivas de una zona. A esto me he querido referir cuando, unas páginas atrás, he dicho que no debemos hablar de especies características, sino de asociaciones características.

## CLASIFICACION

En las páginas siguientes hacemos el estudio sistemático de los foraminíferos encontrados en el valle del Guadalquivir, encuadrándolos en las familias correspondientes y añadiendo notas sobre su distribución o caracteres.

En todos los casos que puedan presentar dudas para la identificación, trataré de indicar el carácter específico que sea más fácil de ver.

De cada especie anotaré la distribución estratigráfica que he comprobado en Andalucía, y que no siempre corresponderá con la real. sí, por ejemplo, si digo que el *Robulus nuttalli* Cushman y Renz se encuentra en el Burdigaliense y Mioceno superior, quiero indicar que o he encontrado en esos dos pisos. Es lógico que exista en los terrenos intermedios, Tortoniense y Helveciense, pero yo no lo he visto.

De la misma manera, muchas especies que digo haber encontrado hasta el Plioceno medio o superior, viven todavía en el Océano.

Por otra parte, hay distintas especies que no he podido clasificar y, en los casos en que tengan valor estratigráfico, las incluyo con el nombre de "sp. 1". Precisamente entre éstas hay varias que pueden ser especies nuevas, pero cuya descripción dejo para algún trabajo posterior, como ocurre con la *Cassidulina* sp. 1, la *Cyclammima* sp. 1, *Haplophragoides* sp. 1 y *Anomalina* sp. 1.

En contadas ocasiones haré referencia a sinonimias, sólo en el caso de que correspondan a publicaciones españolas y para tratar de evitar confusiones.



## ORDEN FORAMINIFEROS

### FAMILIA REOPHACIDAE

Concha arenácea, con revestimiento interno quitinoso. Cámaras serie rectilínea, a veces irregular, que aumentan de tamaño gradualmente y cuyo interior puede ser simple o laberíntico. Abertura terminal, sencilla o múltiple.

Género *Reophax*, Montfort, 1808

*Reophax* Montfort. *Conch. Syst.*, vol. I, 1808, p. 331.  
*Nodosaria*, *Lituola*, *Haplostiche*, etc., de otros autores.

Concha alargada, formada por cámaras en serie rectilínea regular. Abertura terminal sencilla, a veces con cuello corto. En el material su pared predominan los granos de cuarzo, trozos de margas micácicas y restos de pequeños organismos.

Este género se conoce desde terrenos cámbricos hasta la actualidad.

*R. papillosus* (Neugeboren) lo encontramos como exclusivo del Plioceno medio e inferior; formado por pocas cámaras (3 ó 4), casi iguales de tamaño y siempre aplastadas.

### FAMILIA AMMODISCIDAE

Concha arenácea, revestida interiormente de quitina, con una primera cámara globular (prolóculo) y una segunda cámara formada por un largo tubo indiviso, en espiral cerrada y plana, que suele elevarse un poco al estar formada, quedando la cámara superior pesada y algo cónica. Abertura simple, en el extremo de la cámara arrollada.

Género *Ammodiscus*, Reuss, 1861

*Ammodiscus* Reuss. *Sitz. Akad. Wiss. Wien*, vol. 44, 1861, p. 385.  
*Operculina*, *Orbis*, *Spirillina*, *Cornuspira*, de otros autores.

Concha planispira, típica de la familia, formada por granos arenosos muy finos y mucho cemento. Abertura simple en el extremo de la espiral. Silúrico-Actual.

Atribuyo a *A. incertus* (d'Orbigny) las conchas con este tipo de arrollamiento y tamaño grande halladas exclusivamente en el Mioceno, especialmente en el Helveciense.

Género *Glomospira*, Rzehak, 1888

*Glomospira* Rzehak *Verh. K. K. Geol. Reischs.*, 1888, p. 191.  
*Trochammina*, *Ammodiscus*, *Gordiammina*, de otros autores.

Concha arenosa, revestida interiormente de quitina, con un prolóculo y un largo tubo indiviso, al principio en espiral y luego replegado en varios planos. Pared con arena de cuarzo muy fina y mucho cemento. Abertura sencilla en el extremo del tubo.

Citada desde el Silúrico.

Este género lo he hallado, siempre raro, en el Burdigaliense y en el Mioceno superior, en una forma que, vista desde su ápice, parece espiralada sencilla, pero por la parte opuesta el tubo está replegado irregularmente. La atribuyo a *G. charoides* (Jones y Parker).

### FAMILIA LITUOLIDAE

Concha arenácea, con muchas cámaras de interior sencillo o laberíntico, arrolladas en espiral plana, al menos en los estados jóvenes. Abertura siempre compuesta.

#### SUBFAMILIA HAPLOPHRAGMIINAE

Cámaras simples, no laberínticas, y cemento en moderada cantidad.

Género *Haplophragmoides*, Cushman, 1910.

*Haplophragmoides* Cushman *Bull. 71, U. S. Nat. Mus.*, pt. I, 1910, p. 99.  
*Nonionina*, *Lituola*, *Trochammina*, etc., de otros autores.

Concha arenácea, con las cámaras sencillas, en espiral casi simétrica. Abertura sencilla, en la base de la última cámara.

Muchas especies repartidas desde el Carbonífero-Actual.

*H. deforme* Andreae, tiene sólo 4 ó 5 cámaras en la última vuelta. Es frecuente en el Burdigaliense y menos abundante en el Aquitano.

Otra especie, sin determinar, tiene 9 ó 10 cámaras, y está aplastada dorsiventralmente. Esta deformación no es fortuita, porque la presentan todos los ejemplares. Los he hallado, y a veces en abundancia, en el Burdigaliense y también en el Vindoboniense.

### Género Ammobaculites, Cushman, 1910.

Ammobaculites Cushman. Bull. 71, U. S. Nat. Mus., pt. I, 1910, p. 114.  
Spirolina y Haplophragminum, de otros autores.

Conchas con cámaras sencillas; las primeras en espiral cerrada las siguientes en serie rectilínea. La pared arenácea, como en toda la familia. Abertura redonda y sencilla en el extremo de la última cámara a veces con un ligero reborde. Carbonífero-Actual.

*A. agglutinans* (d'Orbigny), es cilíndrico y casi de igual anchura e toda su longitud. La pared, con abundante cemento, presenta frecuentemente pequeñas conchas de Globigerina y Elphidium empastadas. exterior no se marcan las cámaras y sólo en sección se ve la disposición típica del género. Es característica del Plioceno medio. Poco frecuente

#### SUBFAMILIA LITUOLINAE

Cámaras de interior laberíntico y mucho cemento.

### Género Cyclammina, H. B. Brady, 1876.

Cyclammina Brady; en Norman. Proc. Roy. Soc., vol. 25, 1876, p. 214.  
Lituola, Trochammina, de otros autores.

Concha arenácea, con cámaras de interior laberíntico, en espiral plana involuta, a veces sólo parcialmente. Pared muy gruesa, casi siempre con mucho cemento. La abertura es una fisura curva en la base de la última cámara y además hay muchos poros suplementarios el centro de la cara frontal.

Citado desde el Cretácico hasta los mares actuales.

Característica del Burdigaliense es la *C. acutidorsata* (Hantk.), con 8-9 cámaras poco regulares y una especie de quilla roma por la periferia.

Exclusiva del Tortonense andaluz es la *C. incisa* (Stache), con 10 cámaras regulares y totalmente simétricas, cuyas suturas son pero muy claras.

Otra *Cyclammina* de pequeño tamaño (un tercio de las anteriores) tiene 8-9 cámaras en un conjunto algo deforme y comprimido. Puede ser una especie nueva y es exclusiva del Vindoboniense.

### FAMILIA TEXTULARIIDAE

Concha arenácea con mucho cemento y restos detríticos, cuyas primeras cámaras suelen estar en espiral plana y las siguientes en doble serie alterna, y, en algunos Géneros, las últimas en serie rectilínea única. Abertura junto a la sutura del margen interno de las dos últimas cámaras (en los de doble serie de cámaras) o en el extremo de la última (en los de serie sencilla).

#### SUBFAMILIA SPIROPLECTAMMININAE

Primeras cámaras en espiral plana visible, y las demás en doble serie longitudinal.

### Género Spiroplectamina, Cushman, 1927.

Spiroplectamina Cushman. Cont. Cushman Labor. For. Res., vol. 3, 1927, p. 23.  
Textularia Parker y Jones. Spiroplecta H. B. Brady.

Concha arenácea, con las primeras cámaras en espiral y las demás biseriales. La abertura está cerca del margen interno de las dos últimas cámaras. Citado desde el Pensilvaniense hasta los mares actuales.

En Andalucía tenemos la *S. carinata* (d'Orbigny) con ejemplares de gran tamaño, provistos de una ancha quilla periférica; a veces frecuente del Tortonense al Plioceno medio. Y la *S. wrighti* (Silvestri), con aspecto de Textularia por su forma triangular, que aparece en el Plioceno y Mioceno superior, siempre poco frecuente.

#### SUBFAMILIA TEXTULARIINAE

Concha con las cámaras en serie doble, que puede acabar siendo sencilla. Abertura simple o cribosa.

### Género Textularia, DeFrance.

Textularia DeFrance. Dict. Sci. Nat., vol. 32, 1824, p. 177.  
Textularia Ehreberg y otros. Piecanium Reuss.

Concha arenácea comprimida con muchas cámaras simples en serie doble. En las formas microséricas hay trazas de la espiral inicial. La abertura es una fisura arqueada en el margen interno de la última cámara. Especies vivientes y otras citadas, con dudas, desde el Cámbrico.

En Andalucía hay varias especies, de las cuales algunas correspon-

den al Terciario, pero sólo he podido determinar claramente la *T. aciculata* d'Orb. del Plioceno y Mioceno superior.

Otra especie es afín a *T. abbreviata* d'Orb., y existe del Vindoniense al Plioceno.

#### Género Bigenerina, d'Orbigny, 1826.

Bigenerina d'Orb. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 262.  
Palaeobigerina Galloway, 1933.

Concha arenácea, con las primeras cámaras en disposición biserial como en *Textularia*, y las últimas en serie única rectilínea. Abertura en el extremo de la última cámara.

Sus especies se reparten desde el Pennsylvaniense a la época actual.

En Andalucía tenemos la *B. nodosaria* d'Orb., cuya primera parte es como una pequeña *Textularia* con borde marginal agudo, seguida de dos o tres cámaras globulosas en fila; la última terminada en un corto cuello en cuyo extremo está la abertura.

Se encuentra del Helveciense al Plioceno, pero sólo es frecuente en el Plioceno medio.

#### Género Vulvulina, d'Orbigny, 1826.

Vulvulina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 264.  
*Nautilus* (parte) Batsch, *Schizopora* Reuss, *Venilina* Gümbel, *Bigenerina* de otros autores.

Concha arenácea con mucho cemento, muy comprimida. Primeras cámaras en disposición biserial, o con un principio de espiral plana y las formas microféricas; y las últimas en serie rectilínea única. Abertura elíptica simple en el extremo de la última cámara, cuyo carácter separa fácilmente este Género de las Bigenerinas. Aparece en el Cretácico y tiene especies vivientes.

La *V. pennatula* (Batsch) es de gran tamaño y se extiende a lo largo del Mioceno hasta el Plioceno medio. Siempre poco frecuente.

Hemos encontrado una variedad de la *V. pennatula* en el Tortonense y Mioceno superior, reducida casi a las primeras cámaras, en forma biserial. Debe ser una forma joven de la misma especie.

#### FAMILIA VERNEUILINIDAE

Foraminíferos de concha arenácea, con muy variable proporción de cemento. Las primeras cámaras en disposición triserial, con sección

trigonal; las siguientes en disposición biserial, y, a veces, las últimas llegan a ser uniseriales. Abertura sencilla.

#### Género Gaudryina, d'Orbigny, 1839.

##### Subgénero Siphogaudryina, Cushman, 1935.

*Siphogaudryina* Cushman. Smithsonian Misc. Coll., vol. 91, núm. 21, 1935, p. 3.

Concha con las primeras cámaras triseriales y las demás biseriales, con sección cuadrangular.

En el Plioceno inferior y medio es característica una gruesa especie que parece *Textularia*, pero con su punta trigona, y que hemos clasificado como *S. soldanii* (Fornasini).

#### FAMILIA VALVULINIDAE

Foraminíferos de concha arenácea, revestida interiormente de quitina, con las primeras cámaras en disposición triserial en los géneros más primitivos; las siguientes, en número de cuatro o cinco por cada vuelta, y las últimas en número de tres, dos y hasta una cámara por vuelta. Unas veces en forma lineal y otras con cámaras extendidas en forma circular, con lo que la concha tiene forma de disco. Cámaras sencillas o laberínticas. Abertura sencilla con un diente (lámina interior) visible desde fuera.

##### SUBFAMILIA VALVULININAE

Primera parte triserial y luego con más de tres cámaras por vuelta, terminando a veces en una serie simple.

#### Género Clavulina, d'Orbigny, 1826.

*Clavulina* d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 268.  
*Orthocerina* d'Orbigny, *Verneuilina*, *Valvulina* y *Tritaxia* de otros autores.

Concha alargada, con la primera parte triserial, lo cual no siempre se ve al exterior, y la última uniserial, rectilínea, de sección trigonal o circular. Abertura en el extremo de la última cámara, con un corto cuello y un diente. Citadas del Eoceno medio a los mares actuales.

En Andalucía se encuentra la *Clavulina rudis* (Costa), desde el Tortonense al Plioceno medio, cuyo conjunto es cilíndrico, sin suturas visibles al exterior.

## SUBFAMILIA EGGERELLINAE

Primera parte con cuatro o cinco cámaras; luego tres, dos y hasta una.

## Género Eggerella, Cushman, 1933.

Eggerella Cushman. Contr. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 9, 1933, p. 33.  
Verneuilina (parte) de otros autores.

Concha arenácea con mucho cemento. Las cámaras dispuestas en espiral trocoidal, primero en número de cinco por vuelta, luego cuatro y al final tres. La abertura es una fisura arqueada en el margen interno de la última cámara. Cretácico-Actual.

*E. bradyi* (Cushman) tiene la superficie exterior muy lisa y por su tamaño y distribución vertical (todo el Mioceno y Plioceno) creo que es, en realidad, una forma joven de la *Karrieriella bradyi* o de la *Listerella communis*, pues siempre acompaña a éstas.

Otra forma con granos gruesos blancos aglutinados, tiene las cámaras y abertura en la disposición de este género y la identificamos, con dudas, como la *E. advena* Cushman. Sólo la encontramos en el Burdigaliense y Helveciense, y es notable que siempre está aplastada, con lo que su sección es oval, alargada.

## Género Dorothis, Plummer, 1931.

Dorothis Plummer. Univ. Texas Bull. 3101, 1931, p. 130.  
Gaudryina de otros autores.

Concha arenácea con las cámaras en espiral trocoidal, en número de cinco-seis la primera vuelta y luego cuatro, tres y dos en el adulto.

El Género es Cretácico-Actual, y en las margas del valle del Guadalquivir tenemos dos especies.

*D. brevis* Cushman y Bermúdez, de tamaño pequeño y exclusiva del Burdigaliense, y la *D. gibbosa* (d'Orbigny), dos o tres veces mayor que la anterior y frecuente a lo largo del Vindoboniense y Plioceno. En ambos casos, el aspecto es el de una Textularia muy globulosa, que pudiera confundirse con el género *Karrieriella*, del que se distingue por su abertura estrecha, alargada, en la base del margen interno de la última cámara.

## Género Karrieriella, Cushman, 1933.

Karrieriella Cushman. Cont. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 9, 1933, p. 34.  
Gaudryina (parte) de Reuss y d'Orbigny.

Concha arenácea, muy lisa, con cámaras bien marcadas al exterior, dispuestas en espiral trocoidal, en número de cinco o más por vuelta al principio, luego cuatro, tres y finalmente dos. Abertura en el margen interno de la última cámara, con cuello grueso y corto.

Muchas especies desde el Eoceno a los mares actuales.

En Andalucía es frecuente la *K. bradyi* Cushman, del Burdigaliense al Plioceno inferior; la *K. gaudryinoides* (Fornasini) del Burdigaliense y Vindoboniense, y la *K. subcylindrica* (Nuttall) con igual distribución. Las dos últimas son muy semejantes y pueden distinguirse por la forma más imperfecta de la *K. subcylindrica*, cuyas cámaras se marcan poco al exterior y crecen de un modo irregular.

## Género Martinottiella, Cushman, 1933.

Martinottiella Cushman. Cont. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 9, 1933, p. 37.  
Clavulina (parte) de otros autores, Listerella (parte) Cushman.

Concha arenácea, con abundante cemento. Las cámaras dispuestas como en *Karrieriella*, al principio cinco en cada vuelta, luego tres y finalmente una, en cuyo extremo está la abertura con un corto cuello cilíndrico. Cretácico superior-Actual.

*Martinottiella communis* (d'Orbigny) está tomado por Cushman como tipo, aunque en muchos trabajos se le llama *Listerella communis* (d'Orbigny). En Andalucía es frecuente en el Burdigaliense y llega hasta el Plioceno, con variantes entre dos formas extremas: unas, con cámaras globulosas, las suturas marcadas y la primera porción algo más gruesa que la siguiente; otras, con cámaras cilíndricas, cortas, cuyo tamaño aumenta progresivamente, terminando casi truncado. La segunda forma es la usual y a ella se refieren las citas de *Listerella communis*, mientras que la primera puede ser una forma aberrante, gigante, acaso de *Schenckiella*.

## Schenckiella, Thalmann, 1942.

Schenckiella Thalmann. Amer. Midland Nat., vol. 28, 1942, p. 458.  
Listerella Cushman; Clavulina (parte) de otros autores.

Concha arenácea en todo semejante a la de la *Martinottiella*, pero con fase biserial visible (en *Martinottiella*, de la fase en que las cámaras se disponen en número de tres por vuelta, se pasa a la que tiene una sola).

*S. primaeva* (Cushman) estaba incluida por su autor entre las *Listerellas*, y Thalmann la tomó como tipo de *Schenckiella*. Es común

del Burdigaliense al Mioceno superior. Corresponde a la *Listerella karreri* de algunas publicaciones de Colom.

*S. pallida* (Cushman), con cemento blanco, tiene parecida distribución que la *S. primaeva*.

Y, finalmente, otra forma arenácea alargada, sin suturas visibles al exterior y con un cuello corto en la abertura terminal, la he llamado *Schenckiella* sp., aunque en su pared hay abundantes elementos detriticos que le dan aspecto más rugoso de lo que es común en este género. Existe en el Vindoboniense y Mioceno superior de Andalucía.

NOTA.—Los géneros *Eggerella*, *Karreriella*, *Martinottiella* y *Schenckiella* están íntimamente relacionados y, en ocasiones, parece cuestión de desarrollo. Así, la *E. bradyi* es igual a la parte inicial de la *Karreriella bradyi*, y la *Karreriella subcylindrica* tiene tendencia a terminar con cámaras en una sola serie al estilo de las *Schenckiellas*. Otra muestra de las estrechas relaciones entre estos géneros es la desaparición del género de Cushman *Listerella*, a expensas de *Martinottiella* y *Schenckiella*.

#### FAMILIA MILIOLIDAE

Foraminíferos de concha porcelanoide, compacta y blanca en general, revestida interiormente de quitina; en algunas especies es arenácea. Cámaras arrolladas apelonadamente alrededor de un eje alargado, de interior sencillo (raramente laberíntico), en número regular: dos, tres, cinco o más por vuelta. Abertura en un extremo de la última cámara, simple, cribosa o radiada, frecuentemente con un diente bífido.

##### Género Quinqueloculina, d'Orbigny, 1826.

Quinqueloculina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 301. *Sérpula* (parte Linneo); *Adelosina* y *Uniloculina* d'Orbigny; *Miliolina* (parte) de otros autores.

Concha porcelanoide, o arenácea, con una primera cámara o prolóculum, una segunda alargada, tubular, de media vuelta de longitud; las demás arqueadas, dispuestas en cinco planos independientes separados 72 grados. Al exterior son visibles las tres últimas completas y una pequeña parte de las dos anteriores. Abertura en el extremo de la última cámara, con diente bífido o sencillo.

Comprende muchas especies desde el Jurásico al mar actual.

En el Plioceno andaluz existe la *Q. bicarinata* d'Orbigny con bordes

angulosos; la *Q. oblonga* (Montagu) de pequeño tamaño y forma alargada; la *Q. pulchella* d'Orbigny aplanada y con cuatro quillas (dos sobre cada cámara grande), cuyo carácter señalaba al género *Adelosina* d'Orbigny, que todavía es admitido en muchos trabajos; la *Q. seminula* (Linneo), alargada y de bordes redondeados. Estas tres últimas especies empiezan a encontrarse en el Mioceno superior y llegan hasta el Cuaternario.

Aún más amplia difusión tiene la *Q. vulgaris* d'Orbigny, que encontramos desde el Burdigaliense al Cuaternario.

Finalmente, hago mención de una especie de pequeño tamaño y conjunto rechoncho, casi circular, que puede ser variedad de la *Q. vulgaris*, y que sólo hemos encontrado en el Mioceno, donde a veces llega a ser frecuente.

##### Género Massilina, Schlumberger, 1893.

Massilina Schlumberger. Mem. Soc. Zool. France, vol. 6, 1893, p. 218. *Quinqueloculina* (parte) d'Orbigny y otros.

Concha porcelanoide o algo arenácea. Con las primeras cámaras en disposición como *Quinqueloculina* y las últimas a ambos lados, en un mismo plano. Abertura sencilla con diente bífido.

Cretácico inferior-Cuaternario. La *Massilina pulchra* Cushman y Gray es fácil de reconocer por las costillas longitudinales y resulta característica del Plioceno.

##### Género Spiroloculina, d'Orbigny, 1826.

Spiroloculina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 298.

Concha porcelanoide con los mismos caracteres que la *Massilina*, aunque hay especies en las que falta el estado de *Quinqueloculina* inicial.

Realmente no hay distinción rígida entre estos dos géneros, aunque en las especies terciarias de *Spiroloculina*, las cámaras suelen terminar en un cuello en cuyo extremo está la abertura, y el conjunto de la concha resulta aplanado y bicóncavo.

Citado desde terrenos jurásicos a los mares actuales.

En las margas azules de Andalucía aparecen, con cierta frecuencia, dos especies. La *S. canaliculata* d'Orbigny, con contorno oval, aguzado por los extremos, que es frecuente en algunos niveles, del Tortoniense al Plioceno; y la *S. rotunda* d'Orbigny, de contorno casi circular y existente del Vindoboniense al Plioceno inferior.

Género Sigmoidina, Schlumberger, 1887.

Sigmoidina Schlumberger. Bull. Soc. Zool. France, vol. 12, 1887, p. 118.  
Spiroloculina (parte) Costa; Planispira (parte) Brady.

Concha arenácea, en general, con la primera parte como Quinqueloculina y las restantes cámaras en una doble espiral típica, que sección ecuatorial tiene forma de S o Z. Abertura pequeña, redondeada, en el extremo de la última cámara y casi siempre con un úndiente diminuto.

Aparece en el Terciario y tiene especies vivientes.

La *S. coelata* (Costa), de tamaños diversos y sin suturas al exterior, es frecuente a lo largo de todo el Mioceno y Plioceno andaluz. Posiblemente reúna en este nombre más de una especie, pues la forma dibujada por Costa como *Spiroloculina coelata* muestra al exterior las aristas de varias cámaras, detalle que raramente encontramos, su superficie es casi lisa. Tal vez algunas formas pliocenas pertenezcan a la *Sigmoidina colomi*.

La *S. tenuis* (Czjzek) tiene cierta semejanza con una Spiroloculina, por ser su S muy poco curvada. Existe del Vindoboniense al Plioceno, pero sólo es abundante en el Tortoniense.

Género Triloculina, d'Orbigny, 1826.

Triloculina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 299.  
Miliolina (parte) de otros autores.

Concha porcelanoide, con las primeras cámaras como Quinqueloculina y las demás en tres planos a 120°, de forma que cada cámara tapa totalmente a otra de la vuelta anterior. Abertura con diente bífido, en general. Citado desde el Triás y viviente en los océanos actuales.

La *T. trigonula* Lamarck está en terrenos tortonienses y del Mioceno superior, siempre en escaso número, y tiene los tres ángulos bien marcados al exterior.

Género Pyrgo, DeFrance, 1824.

Pyrgo DeFrance. Dict. Sci. Nat., vol. 32, 1824, p. 273.  
Biloculina d'Orbigny y otros muchos; Miliolia (parte) Lamarck.

Concha porcelanoide con las cámaras en la misma disposición que Quinqueloculina al principio, luego como Triloculina, y finalmente, planos sucesivos involutos a 180°, de forma que sólo pueden verse las cámaras al exterior. Abertura alargada, con un ancho diente bífido. Jurásico actual.

*P. bulloides* (d'Orbigny), con abertura pequeña y contorno redondeado. Del Burdigaliense al Mioceno superior.

*P. depressa* (d'Orbigny), con una quilla marginal bien saliente e igual distribución que la anterior.

*P. murhina* (Schwager), con dos quillas y abertura con un cuello corto. Igual distribución que las dos primeras.

*P. intermedia*, Fornasini, con abertura grande y contorno redondeado. Del Tortoniense y Mioceno superior.

FAMILIA OFTHALMIDIIDAE

Foraminíferos de concha caliza, con las primeras cámaras en espiral plana, en general, y las demás de forma muy diversa. Abertura muy variable. Se incluyen formas tan diversas, que se ha dividido en varias subfamilias, de las que sólo tiene representantes en los terrenos estudiados la

SUBFAMILIA CORNUSPIRINAE

Primera cámara, esférica; la segunda, muy larga, en forma de tubo arrollado en espiral, plana al principio y luego de formas diversas.

Género Cornuspira, Schultze, 1854.

Cornuspira Schultze. Organismus Polythal., 1854, p. 40.  
Orbis (parte) Philippi; Operculina (parte) Czjzek; Spirillina (parte) Williamson.

Concha en la forma indicada, con la segunda cámara aplanada y en espiral plana. Abertura en el extremo de la cámara larga, con un reborde, en general. Conocido desde terrenos carboníferos hasta los mares actuales.

La *C. carinata* (Costa) es grande y circular, muy aplastada y con una quilla gruesa por todo el borde periférico. La he encontrado muy aisladamente por todo el Burdigaliense, Mioceno medio y superior y Plioceno inferior.

FAMILIA LAGENIDAE

Foraminíferos de concha caliza, perforada y de aspecto vítreo en los restos bien conservados. Cámaras en forma variable: unos géneros las tienen en serie lineal, otros en espiral plana más o menos abierta.

Abertura en el extremo de la última cámara, con una serie de finas estrías radiales al exterior, y es muy frecuente que exista en el extremo de la última cámara, y bajo la abertura, una diminuta antecámara. Se divide en dos subfamilias.

#### SUBFAMILIA NODOSARIINAE

Concha con muchas cámaras.

Género *Robulus*, Montfort, 1808.

*Robulus* Montfort. Conch. Syst., vol. I, 1808, p. 215, 54.º género.  
Cristellaria Lamarck; *Robulina* d'Orbigny.

Concha en espiral plana, involuta, simétrica por ambos lados. Cámaras numerosas de forma triangular, vistas de lado. Abertura radiada en el vértice de la última cámara.

Jurásico actual, con muchas especies terciarias.

Son exclusivos del Mioceno: el *R. crassus* (d'Orbigny), que puede ser, en realidad, una forma joven del *R. cultratus*. El *R. dilectus* (Seguenza) tiene cámaras poco marcadas y costillas longitudinales. Del Vindoboniense. *R. nuttalli* Cushman y Renz y *R. spinulosus* (Costa), siempre en escaso número, pero algo más abundantes en el Burdigaliense.

Son exclusivos del Plioceno:

*Robulus arcuatus* (Karrer), con 5-6 cámaras globulosas en la última vuelta.

*R. calcar* var. *multispinata* Colom, del Plioceno medio, con 7 ó más espinas en su quilla.

*R. oculus* Stache, con gruesas suturas limbadas y quilla.

Otras muchas especies tienen una distribución estratigráfica más amplia.

*R. orbicularis* (d'Orbigny), del Mioceno superior y Plioceno; muchas cámaras estrechas y muy curvadas (12-13 cámaras).

*R. vortex* (Fichtel y Moll), del Vindoboniense al Plioceno medio; también tiene muchas cámaras, como el anterior, pero con una estrecha quilla en el plano ecuatorial.

*R. rotulatus* (Lamarck), del Burdigaliense al Plioceno.

*R. septentrionalis* Cushman, del Tortoniense al Plioceno medio.

*R. serpens* (Seguenza), del Burdigaliense al Plioceno inferior, y

*R. serpens* var. *clerici* (Fornasini), del Mioceno superior al Plioceno medio, tienen las suturas sinuosas de un modo típico.

*R. stellatus* (Seguenza), desperdigado desigualmente del Vindoboniense al Plioceno medio, es característico por su enorme quilla.

*R. alato-limbatus* (Gümbell), es una de las pocas especies de *Robulus* en que no hay un grueso botón calizo sobre el eje de la espira y por eso se ven las cámaras de las vueltas interiores. También se encuentra de un modo irregular, primero en el Burdigaliense y Vindoboniense y luego en el Plioceno medio.

*R. ariminensis* (d'Orbigny), con cuatro o cinco cámaras visibles y con varias costillas longitudinales interrumpidas en las suturas. Aparece en el Burdigaliense y no vuelve a encontrarse hasta el Plioceno medio.

*R. calcar* (Linneo), con sus típicas tres o cuatro espinas en la quilla, es del Vindoboniense y Plioceno.

*R. coloratus planularioides* Colom es enorme, con una gran quilla y gruesas protuberancias en la región umbilical y a lo largo de algunas suturas. Aparece del Tortoniense al Plioceno.

*R. cultratus* Montfort es el más abundante a lo largo de terrenos miocenos y pliocenos, y dentro de esta denominación es muy posible que estén incluidas varias especies con quilla.

*R. durancina* Stache es muy pequeño, con sólo cuatro suturas visibles en la última vuelta y grueso botón central. Puede ser una forma joven del *R. rotulatus* y es bastante constante desde el Vindoboniense al Plioceno.

*R. echinatus* (d'Orbigny) tiene espinas, como el *R. calcar*, pero, además, sus suturas son limbadas y la superficie lateral de las cámaras está sembrada de pequeñas verrugas. En Andalucía se encuentra del Tortoniense al Plioceno.

*R. costatus* (Fichtel y Moll) es parecido al *R. echinatus*, pero más grande y con costillas laminares longitudinales, en vez de pequeñas verrugas. En Andalucía parece ser exclusivo del Plioceno medio.

*R. gibbus* (d'Orbigny) se reconoce por ser un poco alargado, evolutivo, en tránsito a las formas de *Astacolus* y *Lenticulina*. Bastante frecuente desde el Burdigaliense al Plioceno medio, pero especialmente en el Mioceno.

Género *Lenticulina*, Lamarck, 1804.

*Lenticulina* Lamarck. Ann. Mus., vol. 5, 1804, p. 186.

ntenor Montfort; *Cristellaria* (parte) de otros autores.

Concha como la del *Robulus*, pero tendiendo a formar una espiral ás desenvuelta, con todas las formas de tránsito entre *Robulus* y *As-*

taculus, en cuyo género la espiral es claramente evoluta. Especies citadas desde el Pérmico y vivientes en el Océano actual.

Abertura radiada en el extremo de la última cámara.

La *L. peregrina* (Schwager) es una forma pequeña con cuatro cámaras y con el contorno como un ostrácodo, que debe corresponder a un estado joven de *Robulus*. Existe, en escaso número, del Tortoniense al Plioceno medio.

#### Género *Planularia*, DeFrance, 1824.

*Planularia* DeFrance. Dict. Sci. Nat., vol. 32, 1824, p. 178.  
*Cristellaria* (parte) de otros autores.

Concha caliza, con las cámaras en espiral plana algo evoluta y simétrica; con frecuencia aplanada. Abertura radiada en el ángulo superior de su última cámara. Triásico-Actual.

En Andalucía tenemos:

*P. auris* (DeFrance) es muy aplanada, con una quilla dorsal y pequeñas costillas en la parte inicial de la concha. La he hallado en el Mioceno superior y Plioceno.

*P. auris* var. *angustata* (Costa) tiene el principio de la concha aguzado y cuatro o cinco costillas largas a cada lado. Característica del Plioceno medio.

*P. galea* (Fichtel y Moll) es semejante a *P. auris*, pero su superficie es lisa, sin costillas, y la he encontrado, siempre rara, desde el Burdigaliense al Plioceno medio.

#### Género *Marginulina*, d'Orbigny, 1826.

*Marginulina* d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 258.  
*Cristellaria* (parte); *Hemicristellaria* (parte) de otros autores).

Concha caliza, vítrea, cilíndrica o algo aplanada, con las primeras cámaras en una corta espiral, que se desenvuelve rápidamente, dando una fila rectilínea de cámaras, con suturas bien marcadas. La abertura es radiada y está en el ápice de la última cámara, que a veces se prolonga en forma de tubo cónico, corto. Triásico-Actual, con varias especies del Terciario.

*M. bullata* (Reuss) es pequeña y con cámaras muy globulosas de sección circular. Exclusiva del Mioceno superior.

*M. glabra* d'Orbigny es de mayor tamaño y de forma típica semejante a la anterior, pero las cámaras son poco globulosas y su sección transversa resulta oval. La he encontrado del Burdigaliense al Plioceno inferior, pero nunca frecuente.

*M. costata* (Batsch) es grande y con ocho o diez costillas laminares longitudinales. Común en el Vindoboniense y Plioceno, presenta diversas variantes a lo largo del tiempo, alguna de las cuales puede ser de valor estratigráfico, como la *M. costata* var. *coarctata* Silvestri, que es como la anterior, pero con dos o tres cámaras más, alargadas, en las que las costillas son más numerosas y débiles. Esta variedad parece exclusiva del Mioceno superior al Plioceno medio, no llegando, por tanto, al Vindoboniense.

*M. hirsuta* (d'Orbigny) puede parecerse a una *Nodosaria* con la superficie erizada de cortas espigas, pero las primeras cámaras están en una serie curva, correspondiente a la típica espiral muy abierta de este género. Aparece del Tortoniense al Plioceno medio y también presenta algunas variantes morfológicas.

*M. spinulosa* Karrer es la más grande de todas las *Marginulinas* terciarias y es posible que esté relacionada con la *M. costata*, pues también tiene costillas longitudinales, con la diferencia de que aquí son catorce o más y están interrumpidas por las suturas. Raramente hallada, del Mioceno superior al Plioceno medio.

Otra forma de *Marginulina* tiene las cámaras anchas y cortas, porque cada una cubre gran parte de la anterior, lo que la aproxima al género *Glandulina*; pero la disposición espiral evoluta es inconfundible. Sin certeza de ello, por la deficiencia del dibujo original, la he considerado como *M. aff. similis* d'Orbigny.

Sólo la he encontrado en el Mioceno superior.

#### Género *Vaginulinopsis*, A. Silvestri, 1904

*agulinopsis* A. Silvestri. Mem. Pont. Rom. Lincei, vol. 22, 1904.

Concha vítrea, muy aplanada. Las primeras cámaras en espiral plana, como en un *Robulus*, y las restantes en serie rectilínea. Abertura lateral, cerca del borde marginal. Especies descritas desde terrenos triásicos y otras vivientes.

*V. inversa* var. *carinata* Silvestri llega a ser frecuente en algunos niveles, desde el Helveciense al Plioceno. Sus cámaras, vistas de lado, son redondeadas, con gruesas suturas, y todo el borde es aristado, pero en una verdadera quilla.

#### Género *Vaginulina*, d'Orbigny, 1826.

*agulinina* d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 257.  
*autilus* (parte) Linneo; *Citharina* d'Orbigny.

Concha vítrea, comprimida, sobre todo en las últimas cámaras, con



un margen recto y otro convexo. Abertura radiada en el extremo de la última cámara y junto al margen recto de la concha. A veces, las primeras cámaras forman una espiral plana. Muchas especies desde el Triásico hasta nuestros días, algunas de las cuales son formas de tránsito a *Marginulina*.

*V. legumen* (Linneo) tiene una forma común en el Plioceno y Tortoniense, que es la variedad *V. legumen-elegans* d'Orbigny.

Realmente hay muchas variedades de esta especie, con particularidades en las gruesas suturas limbadas, en las costillas longitudinal o en las espinas de la base.

Así, la *V. colomi* de Moreno Cardona es una forma bastante típica de este grupo, sinónima de la *V. legumen-elegans*.

He encontrado la *V. legumen* (Linneo) var. *elegans* d'Orb. subvariedad *margaritifera* (Batsch), que vive en el Atlántico, en las margas pliocenas y del Mioceno superior de Andalucía.

Las formas redondeadas por su base y con costillas poco pronunciadas, parecen situarse hacia el Mioceno, mientras que las de costillas marcadas y prolongadas en espinas pertenecen al Plioceno.

Otra *Vaginulina* que he separado por haberla hallado exclusivamente en el Plioceno, es ancha y corta, con pocas costillas longitudinales y gruesas suturas, sobre las que aparecen depósitos calcáreos alargados. Esta *V. sp.* se parece, por su contorno, a la *V. sulcata* Costa.

*Vaginulina striatissima* Schrodte es aplastada y con muchas costillas finas longitudinales. Corresponde exactamente a la *Vaginulinopsis vindoboniensis* Colom, que este autor indica haber hallado en el Mioceno medio, mientras que en Andalucía parece ser exclusivo del Plioceno.

#### Género *Nodosaria*, Lamarck, 1812.

*Nodosaria* Lamarck. Extrait. Cours. Zool., 1812, p. 121.

Concha vítrea, con todas las cámaras en una serie simple, rectilínea, alguna vez algo curva en su primera porción. Abertura radiada, central, en el extremo de la última cámara.

Este género, muy rico en especies, se ha ido desdoblado en varios géneros, que conservan formas de tránsito, lo que hace complicada la clasificación. Citado desde el Triás hasta los mares actuales, tiene muchas especies en el Terciario.

*N. acuminata* (Reuss) es pequeña y de crecimiento muy regular. La forma es de cigarro, con costillas longitudinales hasta las primeras cámaras en la punta de la concha. Sólo la he encontrado en el Mioceno.

También con costillas es la *N. vertebralis* Batsch, de mayor tamaño y con forma de tránsito al género *Dentalina*, por ser el ápice de la úl-

tima cámara algo excéntrica. La he hallado desde el Burdigaliense al Plioceno medio, pero sólo llega a ser frecuente en el Tortoniense.

*N. raphanistrum* (Linneo) tiene alrededor de diez costillas muy gruesas y fuertes, y se distingue por su tamaño descomunal para un protozoo, pues llega a medir un centímetro. La anchura permanece constante desde la primera cámara. Es común en el Plioceno y Mioceno superior.

*N. raphanus* (Linneo) tiene igual reparto que la anterior especie, y está ligada a ella por formas intermedias. En general puede distinguirse porque tiene mucho mayor número de costillas (catorce o más) y éstas son menos marcadas, y porque sus cámaras aumentan progresivamente de tamaño.

*N. sublineata* Brady pertenece a este grupo de *Nodosarias* con costillas, y puede reconocerse por sus cámaras globulosas, con la parte correspondiente a la sutura muy estrechada. Hasta el presente resulta característica del Plioceno medio.

*N. calomorpha* Reuss es lisa y sus cámaras esféricas, con un fuerte estrechamiento en las suturas. Sus ejemplares suelen aparecer rotos por los estrechamientos citados y no resulta fácil decidir si se trata de una *Stilostomella* o *Nodosaria*. También es exclusiva del Plioceno.

*D. catenulata* (H. B. Brady) es un caso dudoso. La he incluido entre las *Dentalinas* siguiendo a Colom, pero posteriormente he visto que este autor (9) llama *D. catenulata* (Brady) a una forma con siete u ocho costillas que no corresponde a la dibujada por Brady.

La nuestra es una verdadera *Nodosaria* con las cámaras en serie rectilínea, y unos estrangulamientos característicos entre ellas, sobre las que destacan cuatro costillas, interrumpidas en la parte ancha de cada cámara.

Estos caracteres los tienen los ejemplares dibujados por Brady con el nombre de *Nodosaria catenulata* n. sp.

La he hallado exclusivamente en el Mioceno superior.

*D. cassicauda* Seguenza tiene el ápice muy excéntrico. Sólo la he visto en el Plioceno superior y medio.

*D. guttifera* (d'Orbigny), del Mioceno superior, es semejante a *Nodosaria radícula*, pero más grácil y arqueada. Es otro ejemplo de lo dudoso que puede ser la distinción de estos dos géneros. La forma es de *Dentalina*, pero la abertura no es de este género, sino más bien de *Stilostomella*.

*D. pauperata* d'Orbigny, exclusiva del Burdigaliense y Helveciense, es una forma gruesa, con pocas cámaras, y casi tan ancha la primera como la última, lo que parece indicar que se trata de una forma megalosférica, acaso próxima a la *D. comunis*.

Otras especies tienen un reparto más amplio, como la acabada de citar *D. communis* (d'Orbigny), que he hallado del Burdigaliense al Plioceno. Según Selli, esta especie es sinónima de la *D. leguminiformis* (Batsch), pero, siguiendo a Silvestri, he reservado el nombre *D. leguminiformis* para los ejemplares de gran tamaño, hasta tres veces mayor que la *D. communis*, y las cámaras algo infladas. La razón para hacer esta distinción es el que estas formas que acabamos de definir como *D. leguminiformis* tienen una distribución estratigráfica algo diferente y son exclusivas del Mioceno.

Otra forma parecida y perteneciente al grupo de la *D. communis*, la he llamado *D. leguminiformis* var., incluyéndola en las tablas por haberla encontrado sólo en el Mioceno superior y Plioceno medio.

La *D. filiformis* (d'Orbigny) es, posiblemente, otra variedad de la *D. communis*, de gran longitud y delgada, que aparece en el Vindoboniense y Mioceno superior, no pasando al Plioceno. Sus formas jóvenes, con pocas cámaras, se semejan a *Nodosaria*.

*D. mucronata* (Neugeboren) es una de las más pequeñas y se caracteriza por sus suturas muy oblicuas y por ser sus cámaras muy abrazadoras, de forma que la última resulta mucho mayor que la parte visible de las anteriores.

#### Género *Lagenonodosaria*, A. Silvestri, 1900.

*Lagenonodosaria* A. Silvestri.

*Nodosaria* (parte) de otros autores.

Es como una *Nodosaria*, con cámaras en línea recta, casi siempre globulosas y muy estrechadas por las suturas, pero la última se prolonga en un largo cuello cilíndrico, rodeado de una pequeña lámina espiral, desde la base al ápice, en el que está la abertura con un reborde alrededor.

Este género es propio del Terciario y vive en el océano actual.

*L. hispida* (d'Orbigny) tiene la superficie cubierta de cortas espinas. Aparece del Helveciense al Plioceno.

*L. ovicula* (d'Orbigny), del Mioceno superior y Plioceno, tiene las cámaras muy alargadas y sus conchas aparecen rotas con mucha frecuencia. No es una *Lagenonodosaria* típica y en su cuello falta la lámina espiral.

*L. scalaris* (Batsch) resulta hasta el presente común en el Mioceno. En muchos trabajos se le llama *L. scalaris* var. *caudata* Silvestri, sin duda debido a una espina que posee en la base de la primera cámara. Pero ya la especie de Batsch presenta dicha espina y, según el dibujo original de Silvestri, su variedad la tiene extremadamente grande. Tam-



bién la he visto referida al Plioceno, pero estudiando atentamente las formas pliocenas de Andalucía, resultan pertenecer a variedades claramente distintas. Concretamente creo que la mayoría de las citas de *L. scalaris*, del Plioceno, son en realidad *Orthomorphina tenuicostata* (Costa), que puede distinguirse porque su cuello es liso y sus cámaras aumentan de tamaño más paulatinamente. Otras costillas más pequeñas y delicadas, de la misma forma que *L. scalaris*, las encontramos en la base del Plioceno.

Asimismo, muchas de las citas a *L. scalaris* en el Mioceno corresponden a *L. spinicosta* (d'Orbigny), que viene a ser una variedad, caracterizada porque en la base de cada cámara, y muy visiblemente en la primera, las costillas se prolongan en cortas espinas muy pequeñas. Otro detalle que permite suponer la casi identidad de ambas es que también la *L. spinicosta* es exclusiva del Mioceno, desde el Burdigaliense.

*L. semicosta* (Costa) es otra de las especies que han sido confundidas con la *L. scalaris*. En efecto, la concha es parecida, pero la estriación longitudinal es muy fina y se borra en las dos últimas cámaras que quedan lisas. Posiblemente sea otra variante del mismo grupo. Ha resultado exclusiva del Plioceno.

#### Género *Stilostomella*, Guppy, 1894

*Siphonodosaria* A. Silvestri; *Sagrinnodosaria* y *Nodosaria* de otros autores.

Concha alargada, con cámaras en serie rectilínea, globulosas; muchas veces la primera es tan ancha como las restantes. Abertura ancha, redonda, con cuello y reborde, con un diente o varios, que se han interpretado como resultado de la evolución de una abertura radiada, por cuyo carácter se incluye en los Lagénidos. Cretácico superior-Actual.

*S. abyssorum* (Brady) es lisa y su primera cámara, tan grande como las demás, presenta a veces protuberancias espinosas muy variables; no suele tener más de cinco o seis cámaras. Frecuente entre el Helveciense y el Plioceno inferior.

*S. aspera* (Silvestri) suele presentarse con sólo dos o tres cámaras de superficie rugosa y aproximadamente iguales. Muchos ejemplares tienen la última cámara prolongada en un cuello largo, lo que los aproxima al género *Lagenonodosaria*. Así Stainforth, en su trabajo de revisión de 1952, no la incluye entre las especies de *Siphonodosaria* (nombre que se ha sustituido por *Stilostomella*).

*S. advena* (Cushman y Laiming) suele encontrarse rota y no parece de este género, sino tal vez de las verdaderas *Nodosarias*. Común en muchos niveles desde el Burdigaliense al Plioceno medio. En el holo-

tipo del Mioceno de California (*Nodogenerina advena* C. y L.) parece notarse una ligera estriación longitudinal, que pocas veces es visible en nuestros ejemplares.

*S. consobrina* var. *emaciata* (Reuss) tiene conchas largas y algo arqueadas, cuyo aspecto recuerda a las Dentalinas, si bien sus suturas son rectas y la abertura grande y circular. En muchas publicaciones se le conserva el nombre original de d'Orbigny *Dentalina consobrina*.

*S. fistuca* (Schwager) consta de tres o cuatro cámaras de superficie granulosa que aumentan de tamaño rápidamente. Hallada del Burdigaliense al Plioceno inferior, pero especialmente en el Vindoboniense.

*S. molinis* (O. Silvestri) consta de una serie recta de nueve o diez cámaras, que aumentan progresivamente de tamaño y cuya superficie puede tener fina estriación o pequeñas protuberancias dispuestas en anillo. Tiene una amplia distribución en Mioceno y Plioceno.

Otras conchas de igual tamaño, pero algo arqueadas, con las cámaras más alargadas y las protuberancias más visibles, resultan exclusivas del Mioceno y son análogas a la *S. molinis* (O. Silvestri) var. *laevigata* (O. Silvestri), aunque es posible que estas dos formas no pertenezcan a la misma especie.

Con formas semejantes a las dos precedentes hay mucha diversidad de conchas; hay variaciones en el tamaño, forma de las cámaras y ornamentación de la superficie, y es probable que algunas de estas variantes tengan significado stratigráfico.

*S. plicosuturata* (Denvieux) posee una concha arqueada, de cámaras esféricas, con pequeñas estrías longitudinales sobre la zona de las suturas entre cámara y cámara. Las conchas grandes parecen ser exclusivas del Burdigaliense, pero también he hallado tres o cuatro conchas de menor tamaño, con estos caracteres, en el Mioceno superior. La falta de continuidad en la aparición hace dudar de que ambas sean la misma especie.

*S. spinosa* (d'Orbigny) es la única provista de anchas costillas y sus ejemplares parecen siempre rotos, por lo que no se puede saber si el ancho agujero terminal es la abertura o es la cámara rota. Al igual que otras muchas Stilostomellas, parece ser exclusiva del Mioceno.

*S. verneuilli* (d'Orbigny), con cámaras esféricas claramente marcadas, que forman una serie algo curvada. Casi siempre la primera cámara, que es casi tan ancha como las demás, lleva un corto apéndice o mamelón. Común en el Burdigaliense y raro en el Helveciense.

Stainforth, en el citado trabajo de revisión, establece la prioridad del nombre Siphonodosaria para el género que otros autores habían llamado Ellipsonodosaria, e incluye en él diversas especies de Nodoge-

nerina. Las restantes Nodogenerinas, que se apartan demasiado del genotipo *Siphonodosaria bradyi* (Cushman), las pasa a un nuevo género, Orthomorphina, con lo que desaparece Nodogenerina como género. Este autor sitúa Orthomorphina en la familia Heterohelicidae y deja Siphonodosaria en Buliminidae, como ya había hecho antes Cushman. Autores europeos, suponiendo que el diente de la abertura procede de la evolución de una abertura radiada, incluyen ambos géneros entre los Lagenidae; así está expresado por Sigal en la gran paleontología de Piveteau, donde, al mismo tiempo, se indica que por razones de prioridad debe sustituirse el nombre Siphonodosaria por el de Stilostomella.

Sigal crea una subfamilia dentro de los Lagénidos, que llama Stilostomellinae, y en ella incluye géneros de relaciones dudosas, como Stilostomella, Chrysalogonium y Lagenonodosaria.

#### Género Orthomorphina, Stainforth, 1952.

Orthomorphina Stainforth. Cont. Cushman. Found. Foram. Res., vol. III, parte 1, 1952, p. 8.

Nodogenerina (parte), Siphonodosaria (parte), Lagenonodosaria (parte) de otros autores.

Cámaras en serie rectilínea, infladas, con suturas marcadas. A veces la última cámara no es la más ancha de todas. Abertura terminal, central, variable, unas veces es un simple orificio y otras tiene un cuello que puede terminar en reborde. Como hemos indicado, este género ha reunido diversas especies antes incluidas en otros, pero el conjunto resulta demasiado heterogéneo, sobre todo en lo que respecta a la abertura.

*O. challengeriana* (Thalman) consta de unas cinco cámaras con finas costillas longitudinales. La concha suele presentarse algo torcida. Siempre escasa, desde el Vindoboniense al Plioceno inferior.

*O. rohri* (d'Orbigny), incluida por Stainforth en este género, tiene sus cámaras de tamaño regularmente creciente, con suturas no excesivamente marcadas (cosa que ocurría en Stilostomella) y abertura sencilla, terminal. Hasta el momento sólo la he encontrado en el Mioceno, pero nunca más abajo del Burdigaliense.

*O. jedlitschkai* (Thalman) posee seis o siete cámaras de crecimiento algo irregular: con frecuencia la segunda cámara es más corta que la primera, y la última más corta que la penúltima. Frecuente desde el Burdigaliense al Mioceno inferior.

*O. tenuicostata* (Costa) se compone también de cinco o seis cámaras, más cortas y anchas, y termina en un largo cuello. Es la forma común en el Mioceno superior y Plioceno, que se parece mucho a *Lagenonodo-*

*saria scalaris* (Batsch) y a la que probablemente habrá que referir la mayoría de las citas de *L. scalaris* en terrenos pliocenos. Ya he indicado el carácter distintivo de su cuello liso y cámaras alargadas.

*O. proxima* (O. Silvestri) se compone sólo de dos cámaras con costillas, de las cuales la primera es esférica y con una especie de espina basal, mientras que la segunda es alargada, no tan ancha y prolongada en cuello, parecido al de *O. tenuicostata*, de la que puede ser una forma aberrante. Aparece, alguna vez frecuente, desde el Tortoniense al Plioceno medio.

*O. simplex* (O. Silvestri) se compone también de dos cámaras y termina en cuello alargado, pero su superficie es lisa. Siempre rara, desde el Tortoniense al Plioceno inferior.

*O. bassanii* (Fornasini) tiene el aspecto de *Lagenonodosaria*, con cinco cámaras globulosas de superficie lisa, de las cuales la primera posee una espina basal y la última un cuello largo y liso. Hasta el momento sólo la he encontrado en el Plioceno.

#### Género *Amphicoryne*, Schlumberger, 1881.

*Amphicoryne* Schlumberger. Comptes Rendus Acad. Sci., 1881, p. 881.  
*Marginulina* (parte) Jones y Parker, 1860.

Concha caliza, vítrea, con la primera parte comprimida y formando una espiral muy desenvuelta, como *Marginulina*, y las últimas cámaras en serie lineal, como las *Nodosarias*. Citada desde terrenos cretácicos hasta nuestros mares, tiene pocas especies, siempre sujetas a dudas, por parecer formas anormales.

Así, en el Mioceno superior y Vindoboniense de Andalucía he hallado una forma que corresponde a la *A. falx* (Jones y Parker) y que yo creo que es un ejemplar aberrante de la *Lagenonodosaria scalaris* o *L. spinicosta*, porque siempre aparece acompañada por una de estas dos, y la estructura de la pared de ambas es igual.

#### Género *Pseudoglandulina*, Cushman, 1929.

*Pseudoglandulina* Cushman. Cot. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 5, 1929, p. 87.  
*Glandulina* (parte); *Nodosaria* (parte) de otros autores.

Concha vítrea, con las cámaras muy abrazadoras en serie recta y corta, de modo que la última forma la mayor parte de la concha. Abertura radiada, como en las *Nodosarias*.

En el Burdigaliense andaluz es exclusiva la *P. subcylindrica* (Reuss), cuya forma recuerda una pupa de mosca.

Del Mioceno superior y Plioceno es la *Pseudoglandulina glans* (d'Or-

bigny), muy globulosa y con fina estriación longitudinal que no llega hasta la parte superior de la última cámara.

Las especies de las *Pseudoglandulinas* se distribuyen desde el Jurásico hasta ahora, pero falta una buena revisión de este género, que lo delimite de las verdaderas *Glandulinas* y de las *Nodosarias*.

#### Género *Chrysalogonium*, Schubert, 1907.

*Chrysalogonium* Schubert. Neues Jahrb. Für Min., vol. 25, 1907, p. 242.  
*Nodosaria* (parte) Schwager.

La concha es como la de la *Nodosaria*, pero con abertura característica cribosa, en el extremo de la última cámara. Los poros de la abertura se disponen, a veces, en forma radiada. Citada desde terrenos del Cretácico superior hasta ahora. Probablemente, muchas citas de *Nodosarias* se refieren a *Chrysalogonium*, porque en cuanto el terreno es un poco antiguo y los fósiles no se conservan bien, es imposible apreciar el detalle de la abertura.

En Andalucía he hallado en todo el Mioceno, excepto el Aquitanien- se, dos especies: *C. lanceolum* Cushman y Jarvis, de superficie lisa, con área bucal en forma de cono aguzado y con la primera cámara más grande que las restantes, y el *C. obliquatum* (Batsch), con muchas costillas longitudinales y un poco oblicuas.

Esta segunda especie es la que Colom ha llamado *Ch. obliquestriata*. El *Nautilus* (*Orthoceras*) *obliquatus* Batsch es la primera descrita. En el dibujo original, Batsch no marca el carácter de la abertura en forma de criba, pero sí termina en una especie de botón redondo, que todos nuestros ejemplares presentan en el extremo, y sobre el que, precisamente, se abren los orificios, a modo de criba. La *Nodosaria obliquestriata* Reuss es la misma especie y también los *Chrysalogonium longicostatum* Cushman y Jarvis, y *Ch. breviloculum* Cushman y Jarvis, son formas que corresponden a dos estados de desarrollo de esta especie, y también las hemos encontrado conjuntamente con ella.

#### Género *Lingulina*, d'Orbigny, 1826.

*Lingulina* d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 256.  
*Nodosaria* (parte) d'Orbigny.

Concha vítrea, con la primera parte en espiral plana, al menos en las formas microséricas; las posteriores, en línea recta, son anchas y algo aplastadas. Abertura alargada, en el extremo de la última cámara. Jurásico-Actual, con pocas especies miocenas.

*L. costata* (d'Orbigny), con diez a doce costillas muy salientes, llega

a alcanzar el tamaño de un cañamón pequeño y se encuentra sólo en el Vindoboniense y Mioceno superior. Es la misma especie que *L. melendezi* de Moreno Cardona.

*L. multicostata* Costa es fácil de distinguir por poseer 25 a 30 costillas, menos salientes que en la anterior. Es siempre rara; sólo la he hallado en el Vindoboniense y en el Plioceno medio, pero no en los terrenos intermedios, donde lógicamente debe existir.

#### Género Frondicularia, DeFrance, 1826.

Frondicularia DeFrance. Dict. Sci. Nat., vol. 32, 1826, p. 178.

Concha caliza vítrea, muy comprimida, con las primeras cámaras en espiral muy pequeña, sobre todo las formas microséricas y las demás aplanadas o algo abombadas por el centro, y en forma de V invertida. Abertura radiada en el vértice de la última cámara. Muchas especies desde el Jurásico a los mares actuales.

Aisladamente, en el Helveciense y en el Plioceno medio he hallado la *F. complanata* DeFrance, reconocible por su enorme tamaño.

#### Género Astacolus, Montfort, 1808.

Astacolus Montfort. Conch. System., vol. I, 1808, p. 263.

Concha caliza, vítrea, con las primeras cámaras en espiral plana involuta, y las restantes en serie recta o ligeramente arqueada. Abertura radiada en el extremo de la última cámara.

Según he indicado con anterioridad, forma parte del gran grupo de Robulus y Lenticulina, representando los estados de espiral más desenvuelta. He hallado conchas de Astacolus desde terrenos del Lias medio, y es posible que exista anteriormente.

En el Burdigaliense de Andalucía hay varias especies:

*A. ovatus* Galloway y Heminway es muy próximo a una Lenticulina. *A. subtilius* Nuttall y su variedad *A. subtilius jordai* Colom, ambas de gran tamaño, pero aún mayor y más alargada la variedad de Colom. Corresponde a una forma con desarrollo más completo que la especie de Nuttall.

*A. tenuis* (Bornemann) es mucho más pequeño que los anteriores, pero igualmente alargado. He visto muchas referencias de esta especie con el nombre de *Marginulina tenuis*, y así como las tres anteriores sólo las he hallado en el Burdigaliense, la especie de Bornemann existe, además, hasta el Mioceno superior.

#### Género Saracenaria, DeFrance, 1824.

Saracenaria DeFrance. Dict. Sci. Nat., vol. 32, 1824, p. 177.  
Cristellaria (parte) de otros autores; Saracenella Franke.

Concha caliza, vítrea, con las primeras cámaras en espiral cerrada y las restantes en una serie arqueada, casi rectilínea a veces. Por tanto, es análoga a Astacolus, pero su sección es característica, triangular, marcándose perfectamente al exterior las tres aristas. Abertura radiada, alargada en el extremo de la última cámara.

Diversas especies, desde el Jurásico a los mares actuales, de las que en Andalucía he hallado tres:

*S. arquata* (d'Obigny), rechoncha y fuerte, con los ángulos marcados por un grueso refuerzo, aparece esporádicamente en el Plioceno y en el Burdigaliense.

*S. italica* DeFrance es alargada, pues he visto ejemplares en que la serie desenvuelta estaba formada por ocho o diez cámaras, frente a las cuatro de la *S. arquata*. También es más frecuente desde el Tortoniense al Plioceno medio.

Otra Saracenaria con cámaras mucho menos desenvueltas que las anteriores, las he identificado, con dudas, con la *S. tetraedra* (Born.). Se encuentra en el Vindoboniense y Mioceno superior.

#### SUBFAMILIA LAGENINAE

Concha formada por una sola cámara.

#### Género Lagena, Walker y Jacob, 1798.

Lagena Walker y Jacob in: Kanmacher's ed. of Adams'Essays Micr., 1798, p. 634. Vermiculum Montagu; Oolina d'Orbigny; Amphorina d'Orbigny; Ovulina Ehrenberg, etc.

Concha con una sola cámara de pared caliza, vítrea, y forma globulosa con abertura radiada.

Estudiadas en conjunto, es evidente que son muchísimas las formas que se incluyen en este género y que deben pertenecer a otros diversos. Es muy posible que las verdaderas Lagenas sean siempre, según he indicado, globulosas, y su abertura redonda y sencilla, en general con un cuello a veces muy largo.

A éstas se unen las conchas de una sola cámara, pero aplastada en forma de lente biconvexa, con un largo tubo interno hasta la abertura, que suele ser en forma de ojal, y con las que se ha hecho el género Entoselenia.

Todavía hay que añadir gran número de conchas que deben ser la primera cámara de otro foraminífero, especialmente *Nodosaria*, *Dentalina*, *Lagenonodosaria*, *Orthomorphina*, *Siphonodosaria*, *Polimorfínidos* y *Marginulina*.

Se comprende así que hayan hecho muchísimas especies distribuidas desde el Jurásico al océano actual.

Entre las especies de Lagenas de Andalucía hay un grupo que corresponde a lo que podíamos llamar Lagenas típicas:

*L. aff. castanea* Flint, con un grueso reborde en la base de forma variable. Siempre escasa en todos los terrenos miocenos.

*L. hexagona* Williamson, cuya superficie es reticulada en forma de pequeños exágonos. A veces es frecuente en el Tortoniense y Mioceno superior.

*L. hispida* Reuss, con superficie rugosa y finamente arenácea, debe ser la primera cámara de otra especie, como la *Stilostomella aspera* o *S. fistuca*. A veces frecuente entre el Burdigaliense y el Mioceno superior.

*L. lyelli* (Seguenza) tiene costillas longitudinales, espinas cortas en la base, saliendo de las costillas, y un cuello con lámina espiral hasta el extremo, todo lo cual señala claramente a esta especie como la primera cámara de la *Lagenonodosaria spinicosta* o *L. scalaris*, y, en efecto, su aparición en un terreno va siempre ligada a la presencia de abundantes *Lagenonodosarias*, a lo largo del Mioceno.

*L. semicostata* (Seguenza), con costillas desde la base hasta la mitad de la cámara, puede estar también relacionada con la anterior y es exclusiva del Mioceno superior.

*L. semistriata* (Williamson) es más alargada y truncada por la base, donde se notan unas cortas costillas que no alcanzan a la quinta parte de la concha. Aparece esporádicamente desde el Burdigaliense al Mioceno superior.

*L. striata* (d'Orbigny) es muy próxima a la *L. semicostata*, pero las costillas son más finas, más numerosas y cubren las tres cuartas partes de la concha. Puede ser la primera cámara de una *Orthomorphina*, o de la *Lagenonodosaria scalaris*. Se encuentra en el Tortoniense y Mioceno superior.

Las Lagenas pertenecientes al grupo *Entoselenia* las incluyo también aquí, por parecerme de más utilidad práctica, en lugar de situarlas en la familia de los *Bulimínidos* que se le ha asignado:

*L. calostoma* (Fornasini), de superficie totalmente lisa, aguzada por el extremo de la abertura y redondeada por el opuesto, la he hallado, hasta el presente, en el Mioceno superior.

*L. flintiana* Cushman, también lisa y con una quilla delgada, aparece siempre más o menos rota por el margen correspondiente a la mitad opuesta a la abertura. También del Mioceno superior y siempre rara.

*L. globosa* Montagu no es una verdadera *Entoselenia*. Su concha es perfectamente esférica, a excepción de una cresta grande, en la que se abre un orificio alargado, parecido al de las otras *Entoselenias*. Del Mioceno.

*L. longirostris* (Seguenza) es ovoide, con una enorme quilla todo alrededor, terminada en un reborde romo. Existe en el intervalo Vindoboniense-Plioceno.

*L. marginata* (Walker y Jacob), de forma circular, biconvexa y con una quilla alrededor. Existe en todo el Mioceno, con excepción del Aquitaniense, casi siempre rara.

*L. orbignyana* Seguenza es otra típica *Entoselenia*, muy aplanada, con un ancho reborde marginal, continuado en una quilla delgada. Aparece ampliamente difundida, del Burdigaliense al Plioceno medio.

*L. staphillearia* (Schwager) es parecida a la *L. flintiana*, pero con cuatro largas espinas en el margen opuesto a la abertura. Siempre escasa, a lo largo del Mioceno.

*L. tenuissima* (Seguenza), discoidal, con el extremo donde está la abertura aguzado, y el opuesto con una corta punta. Como la anterior, se encuentra en el Mioceno, del Burdigaliense al Saheliense, y también rara.

Entre las Lagenas, sin caracteres típicos del género, están: la *L. aperta* (Seguenza), con cresta truncada en el lado de la abertura y dos quillas en el opuesto; escasa del Vindoboniense al Mioceno superior.

La *L. laevigata* Reuss, de forma oval y algo comprimida y con los dos extremos aguzados, y la *L. sulcata* (Walker y Jacob), con costillas longitudinales y un pequeño casquete en un extremo, sobre el que está la abertura con un esbozo de cuello. La primera aparece a lo largo del Mioceno y la segunda del Vindoboniense al Plioceno inferior.

*L. aff. exculpta* Brady, del Mioceno y acaso también del Plioceno, y *L. foveolata* (Seguenza), del Plioceno medio e inferior, tienen analogías. Ambas son pequeñas, esféricas, con un botón en cuyo centro está la abertura. La *L. exculpta* posee cortas costillas que llegan a la mitad de la concha, mientras que la *L. foveolata* tiene toda la superficie recubierta de pequeños hoyos.

Estas dos especies tampoco son verdaderas Lagenas y representan otra muestra de la vaguedad que entraña definir el género por el carácter de tener una sola cámara.

## FAMILIA POLIMORPHINIDAE

Concha caliza, vítrea, con las primeras cámaras en serie espiral, quinqueloculinoide o sigmoidal. Luego otras cámaras biloculinoideas o en serie rectilínea. Por ello deben examinarse en sección transversal. Abertura radiada en el extremo de la última cámara, parecida a la Nodosaria.

Se divide en dos subfamilias:

## SUBFAMILIA POLIMORPHININAE

Concha con los caracteres típicos de la familia.

## Género Guttulina, d'Orbigny, 1839.

"Guttulinas, Les" d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 266.  
Guttulina d'Orbigny, en De la Sagra. Hist. Fis. Nat. Cuba, Foraminíferos, p. 132.  
Sigmoidina y Sigmomorpha Cushman y Ozawa.

Concha vítrea, redondeada y algo aplanada, con cámaras en estructura próxima a Quinqueloculina, separadas 144°, pero apartándose paulatinamente las cámaras posteriores de la base, con lo que las primeras quedan visibles al exterior. Muchas especies desde el Jurásico al mar actual.

Creo probable que existan múltiples sinonimias, pues por el hecho de hallarse en periodos diferentes, o países diversos, se dan nombres distintos a formas idénticas. Por ejemplo, es posible que la *Guttulina communis* exista desde el Secundario hasta ahora, pero hay muchas especies con diversos nombres repartidas por el Terciario y Secundario, cuyo aspecto no ofrece diferencias con ésta.

En el Terciario andaluz he hallado la *G. irregularis* d'Orbigny, y la *G. communis* d'Orbigny. La primera en el Burdigaliense y la segunda a lo largo del Mioceno y Plioceno.

## Género Globulina, d'Orbigny, 1839.

"Globulinas" d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 266.  
Globulina d'Orbigny; en De la Sagra: Hist. Phys. Pol. Nat. Cuba, 1839, "Foraminíferos", p. 134.

Concha vítrea, redondeada y algo aplanada, con las primeras cámaras como Quinqueloculina y luego más bien como Triloculina. Las suturas poco marcadas. Citadas desde terrenos cretácicos a los mares actuales.

*G. gibba* d'Orbigny es redonda, con sólo tres cámaras visibles. Está citada en todo el Terciario, pero sólo la he hallado en el Plioceno y Mioceno superior de Andalucía.

Otra forma semejante y erizada de cortos tubérculos la he identificado con la *G. gibba* d'Orbigny var. *tuberculata* d'Orbigny, también del Mioceno y Plioceno.

## Género Dimorphina, d'Orbigny, 1826.

Dimorphina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 264.

Concha vítrea, con las primeras cámaras en serie triloculinoide, globulosas, y las demás en serie sencilla rectilínea. Abertura radiada, en el extremo de la última cámara.

La *D. tuberosa* d'Orbigny está citada desde el Eoceno al Mioceno, pero yo sólo la he hallado desde el Tortoniense al Mioceno superior y luego, muy rara, en el Plioceno medio. Realmente, su aspecto es como el de una Dentalina, con el detalle de la base globulosa correspondiente a las primeras cámaras.

## Género Glandulina, d'Orbigny.

Glandulina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 251.

Concha vítrea, con las primeras cámaras en serie alternante doble, al menos en las formas microséricas; las otras en serie lineal, muy globulosas y cubriendo buena parte de la anterior, por lo que la última cámara es mucho más grande que las demás. Las suturas completamente horizontales y la abertura es como en las Nodosarias: radiada. Muchas especies son del Terciario y otras de los mares actuales.

En el valle del Guadalquivir he hallado cuatro formas:

La *G. aequalis* Reuss tiene tres a cinco cámaras visibles al exterior y su superficie es lisa. Vindoboniense a Plioceno.

La *G. comatula* Cushman existe con discontinuidad en el Burdigaliense y en el Plioceno superior y se reconoce por poseer costillas longitudinales anchas y poco salientes.

*G. laevigata* (d'Orbigny) es globulosa y con sus dos extremos en punta. Común en varios niveles del Burdigaliense al Plioceno medio.

Una forma más alargada y algo más pequeña que la anterior la he determinado como *G. laevigata* (d'Orbigny) var. *occidentalis* Cushman, y hasta el presente resulta exclusiva del Mioceno superior.

Otra especie piriforme, con un extremo redondeado y el otro aguzado, es muy afín a la *G. rotundata* Reuss. La he visto en el Tortoniense y Saheliense.

He incluido entre las Glandulinas una forma que resulta afín a las Dentalinas, con concha arqueada en la que se ven ocho o nueve cámaras, de las cuales las dos últimas son mucho más grandes que el resto; con dudas, la he identificado con la *G. solita* (Shwager). Rara en el Burdigaliense y Helvécense.

#### SUBFAMILIA RAMULININAE

Cámaras globulosas, unidas entre sí por largos tubos a modo de estolones.

#### Género Ramulina, Rupert Jones, 1875.

Ramulina Rupert Jones: en J. Wrigh, Rep't. Proc. Belfast Nat. Field Club, 1873-74, cap. III, 1875, p. 88.

Concha caliza, con cámaras globulosas, según los caracteres de la subfamilia, cubiertos por fina pilosidad caliza. Abertura en el extremo de los tubos.

*R. globulifera* Brady es la única especie que he encontrado. Siempre rara desde el Tortonense al Plioceno medio.

#### FAMILIA NONIONIDAE

Concha caliza con cámaras en espiral plana (en algún caso trócoidal o desenvuelta), simétrica por lo general. Abertura sencilla, en la base de la última cámara.

#### Género Nonion, Montfort, 1808.

Nonion Montfort. Conch. Syst., vol. I, 1808, p. 211.  
Polystomella (parte) de otros autores.

Concha con las cámaras en espiral plana, involuta, simétrica por ambos lados, en cada uno de los cuales el eje de arrollamiento suele mostrarse en forma de ombligo. Abertura baja y arqueada en la base de la última cámara. Contiene muchas especies repartidas desde el Jurásico a los mares actuales, de las que en Andalucía hemos visto seis:

*N. boueanum* (d'Orbigny) tiene la concha muy brillante y presenta muchas variaciones en tamaño y desarrollo de la concha, que ya ha apuntado G. Colom, considerándolas como formas de tránsito a *N. elongatum* d'Orbigny. En todo caso, siempre resulta más exacto hablar del

grupo *N. elongatum-boueanum*, que aparece desde el Burdigaliense al Cuaternario.

*N. depressulum* Walker y Jacob es pequeño y con siete a diez cámaras alargadas. Esta especie resulta exclusiva del Cuaternario, y sólo la he visto en Isla Mayor.

*N. granosum* (d'Orbigny) es también pequeña y con nueve a diez cámaras anchas, con la zona umbilical recubierta por una calcificación granulosa. También la he obtenido solamente en el sondeo de Isla Mayor, en el Cuaternario y Plioceno superior, pero en otros países se ha citado en todo el Plioceno.

*N. padanum* Perconig es una forma relativamente comprimida, con trece o catorce cámaras visibles, área umbilical ancha, frecuentemente de un color más oscuro que el resto de la concha, y borde periférico marcado, sin llegar a agudo. La he hallado desde el Burdigaliense al Plioceno medio, aunque según su autor llega al mar actual.

*N. pompilioides* (Fichtel y Moll) tiene doce o trece cámaras lisas con las suturas nada hundidas, un área umbilical pequeña y marcada y el borde uniformemente redondeado. Es común en todos los terrenos, del Burdigaliense al Cuaternario.

*N. soldanii* (d'Orbigny) es la pareja de la anterior, con la que se confunde frecuentemente. Yo considero como *N. soldanii* a una forma más globulosa, con sólo ocho o diez cámaras en la última vuelta y con el borde también redondeado. Abundante en el Burdigaliense y Vindoboniense. Rarísima en el Plioceno.

#### Género Astrononion, Cushman y Edwards, 1937.

Astrononion Cushman y Edwards. Cont. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 13, 1937, p. 30.

Concha con las cámaras algo hinchadas, en espiral cerrada; entre las cámaras, a lo largo de las suturas, próximas al área umbilical, aparecen otras cámaras suplementarias romboidales o tubulosas, con poros accesorios, aunque la verdadera abertura está en la base de la última cámara. Pocas especies, desde el Oligoceno al mar actual.

*A. stelligerum* (d'Orbigny), común desde el Tortonense al Plioceno medio, tiene las cámaras suplementarias muy alargadas. Probablemente es la misma especie que *A. italicum* Cushman y Edwards hallada por estos especialistas en las margas pliocénicas de Coroncina (Italia).



### Género *Elphidium*, Montfort, 1808.

*Elphidium* Montfort. Conch. Syst., vol. I, 1808, p. 15.  
*Vorticialis* Lamarck 1812; *Polystomella* y *Robulina* (parte) de otros.

Concha con muchas cámaras en espiral plana simétrica y casi siempre involuta. Las suturas son bien visibles y llevan los "procesos de retracción" típicos del género. Abertura en la base de la última cámara, compuesta por una fila de poros. Comprende numerosas especies desde el Jurásico al mar actual.

En Andalucía hemos determinado cinco de ellas:

*E. crispum* (Linneo) es marcadamente biconvexo y puede reconocerse por una quilla periférica bien visible y un grueso botón calizo que recubre el área umbilical. Existe en abundancia durante el Plioceno y Cuaternario, pero en algunos casos lo he hallado en el Tortoniense litoral.

*E. complanatum* (d'Orbigny) es, como indica el nombre, muy aplanada lateralmente y tiene el área umbilical llena de granulaciones finas. Sólo la he encontrado del Vindoboniense al Plioceno medio, pero también está citada como viviente.

*E. macellum* (Fichtel y Moll) es del tamaño del *E. crispum*, pero su borde periférico es redondeado y el área umbilical resulta algo hundida. Hasta el momento la he hallado sólo en el Tortoniense, pero es muy probable que su distribución sea más amplia.

*E. decipiens* (Costa) es pequeño y de aspecto parecido a un *Nonion*, pero a lo largo de las suturas presenta unos finos "procesos de retracción". Esta especie es exclusiva del Cuaternario.

*E. ortemburgense* (Egger) es el más pequeño de los clasificados y posee un botón calizo umbilical y finos "procesos de retracción" sobre las suturas. De un modo irregular lo he ido encontrando en diversos niveles del Tortoniense, Plioceno inferior y Plioceno superior.

### FAMILIA NUMMULITIDAE

Concha en espiral plana de simetría bilateral, involuta al principio y luego evoluta (generalmente). Pared perforada y provista, en las formas superiores, de una red de canales y esqueleto secundario.

### Género *Operculina*, d'Orbigny, 1826.

*Operculina* d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 281.  
*Nautilus* (parte); *Amphistegina* (parte) de otros autores.

Concha planispira y simétrica, muy aplanada, con todas las vueltas visibles desde el exterior, por ser evoluta. Las cámaras son simples y no divididas. Superficie externa lisa o con gránulos y borde periférico marcado por una gruesa "cuerda marginal". Abertura sencilla central, en la base de la última cámara. Citada desde el Cretácico inferior y todavía viviente.

En los niveles más bajos del Mioceno, Aquitaniense, aparece la *O. complanata* Defrance, que puede reconocerse por las suturas un poco salientes al exterior y por ser perfectamente planos los dos lados.

### Género *Heterostegina*, d'Orbigny, 1826.

*Heterostegina* d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 305.

Concha con las cámaras en espiral plana, evoluta, simétrica, como en *Operculina*, de la que se distingue porque sus cámaras están subdivididas por numerosos tabiques. Abertura simple en la base de la cara frontal de la última cámara.

Se incluyen aquí diversas especies, desde el Eoceno al mar actual.

En la base del Helveciense de Andalucía hay niveles de depósitos detríticos grises, totalmente llenos de la *Heterostegina costata* (d'Orbigny), con ejemplares de todos los tamaños, algunos de centímetro y medio de diámetro, casi siempre lisos y con la concha, que es muy aplanada, algo ondulada.

### FAMILIA HETEROHELICIDAE

Concha caliza perforada, con las primeras cámaras en espiral (no siempre) y las otras en doble serie alternante. Abertura sencilla en el extremo de la última cámara, a veces con un cuello o labio.

Se dividen en cinco subfamilias, de las que sólo dos están representadas en la fauna del Mioceno-Plioceno andaluz.

### SUBFAMILIA BOLIVINITINAE

Concha del adulto biserial y las formas microféricas con las primeras cámaras en espiral.

### Género *Bolivinooides*, Cushman, 1927

*Bolivinooides* Cushman. Contr. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 2, 1927, p. 89.  
*Bolivina* (parte) de otros autores.

Concha comprimida, con las primeras cámaras en espiral plana, sólo visible en las formas microséricas y las reclantes en doble serie alternante.

Según su autor, este género es exclusivo del Cretácico superior, pero muchos trabajos europeos describen el *B. miocenicus* Gianotti, que también yo he hallado, a veces frecuente, en el Mioceno, con algunas conchas en el Plioceno, que pueden ser arrastradas, rodadas.

#### SUBFAMILIA PLECTOFRONDICULARIINAE

Concha con la primera porción en espiral plana (sólo visible en las formas microséricas), luego en una serie doble alternante y al final en una serie simple.

#### Género Plectofronicularia, Liebus, 1903.

Plectofronicularia Liebus. Jahrb. K. K. Geol. Reichs., vol. 52, 1903, p. 76.  
Fronicularia (parte) de otros autores.

Concha muy comprimida, en la forma típica de esta subfamilia, con las últimas cámaras ampliamente desenvueltas.

Comprende bastantes especies repartidas desde el Eoceno al mar actual.

En el Terciario superior de Andalucía he clasificado cinco especies, de las que la más abundante es la *P. inaequalis* (Costa), común del Burdigaliense al Plioceno medio. Sus cámaras son lisas y en forma de *V* invertida, y la primera porción de la concha es aguzada. Es muy posible que sea la misma especie que *P. vaughani* de Cushman.

De forma semejante, pero con tres costillas o pliegues longitudinales, poco marcados, es la *P. striata* (d'Orbigny), que sólo he hallado en el Plioceno inferior y Mioceno superior.

También se parece a las anteriores la *P. morreyae* Cushman, que se distingue porque la parte inicial de la concha es mucho menos aguzada, casi redondeada, y es allí donde se notan tres o cuatro costillas poco marcadas; otro detalle es que las suturas entre las cámaras quedan interrumpidas en la parte media. Justamente este carácter lo presentan los dibujos que Colom ha hecho de la *P. deyaensis*. Hasta el momento resulta exclusiva del Burdigaliense.

*P. semicosta* (Karrer) es mucho más alargada y presenta una fina estriación longitudinal en la mitad inicial de su concha. La he hallado, poco abundante, desde el Tortoniense al Plioceno medio.

También incluyo en este género una forma cuyas cámaras, en serie lineal única, son alargadas y algo aplastadas, con costillas longitudi-

nales y una ancha quilla marginal, y que los paleontólogos italianos identifican con la *P. gémina* (Silvestri). Realmente sólo las cámaras finales de los ejemplares grandes presentan la forma de *V* invertida, mientras que la primera porción más bien puede relacionarse con el género Amphimorphina. En muchas muestras, desde el Burdigaliense al Plioceno inferior he encontrado conchas de esta especie, principalmente en el Vindoboniense y Burdigaliense, en que llega a ser frecuente.

#### FAMILIA BULIMINIDAE

Concha con las cámaras en espiral alargada, en serie sencilla o doble. Abertura variable. Muy rica en especies.

Se dividen en seis subfamilias, de las que cinco están representadas en los sedimentos terciarios.

#### SUBFAMILIA TURRILININAE

Cámaras en una espiral alargada y cerrada, generalmente en número superior a tres por vuelta de espira.

#### Género Robertina, d'Orbigny, 1846.

Robertina d'Orbigny. Foram. Foss. Bass. Tert. Vienne, 1846, p. 202.  
Bulimina (parte); Cassidulina (parte) de otros autores.

Cámaras dispuestas en la espiral alargada característica de la familia, en número decreciente: en la primera porción muchas, y en las últimas vueltas pocas y en serie doble. Abertura alargada, de forma de coma. Las primeras especies conocidas son del Eoceno.

En el Plioceno medio y superior de Andalucía existe la *Robertina bradyi* Cushman y Parker, nunca abundante.

#### SUBFAMILIA BULIMININAE

Cámaras dispuestas en tres series espirales, alargadas e involutas. Abertura en forma de ojal.

#### Género Bulimina, d'Orbigny, 1826.

Bulimina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 269.

Concha con las cámaras globulosas, dispuestas en la forma indicada para la subfamilia. Abertura en forma de ojal, con un diente

delgado y un tubo interno, uniendo las cámaras. Muchas especies que se reparten desde el Jurásico al mar actual.

En el Terciario tenemos muchas de ellas.

*B. aculeata* d'Orbigny se reconoce porque las primeras cámaras poseen cortas espinas y las últimas son anchas e infladas.

Aparece desde el Tortonense al Plioceno.

*B. elongata* d'Orbigny está formada por cámaras lisas y presenta muy marcada la sutura espiral a lo largo de cuatro o cinco vueltas.

Dos variedades de esta especie tienen sus primeras cámaras con cortas espinas al estilo de la *B. aculeata*: son la *B. elongata* var. *lappa* Cushman y Parker, y la *B. elongata* var. *subulata* Cushman y Parker, que pueden distinguirse fácilmente de la *B. aculeata* porque su última porción no está más inflada que el resto. Por su parte, la *B. elongata lappa* es más grande y con las últimas cámaras un poco más abultadas que la *B. elongata subulata*. Ambas son características del Plioceno.

Otra especie, cuya parte inicial presenta pequeñas espinas, es la *B. fusiformis* Williamson, que puede distinguirse de todas las anteriores por ser más aguzada en su parte inicial. La he hallado solamente en el Plioceno superior.

Todas estas especies son de pequeño tamaño y superficie brillante, muy bien conservada, posiblemente por ser de edad muy reciente.

*B. alazanensis* Cushman es también pequeña y fácil de reconocer, porque sólo se ve la sutura de las tres o cuatro últimas cámaras, quedando las demás enmascaradas por un conjunto de costillas, que se prolongan desde la parte inicial, que es aguda, hasta la última vuelta. Hasta el momento resulta exclusiva del Burdigaliense.

Parecida a la anterior es la *B. rostrata* H. B. Brady, del Burdigaliense y Vindoboniense, que puede distinguirse por ser de mayor tamaño, más rechoncho y con costillas más grandes.

*B. affinis* d'Orbigny y *B. pupoides* d'Orbigny pertenecen a otro grupo de formas de determinación dudosa, por la extrema variedad de desarrollo. Ambas tienen las últimas cámaras muy grandes y cubriendo parte de las anteriores. He considerado como *B. affinis* las que tienen su parte inicial aguzada y como *B. pupoides* las que la tienen redondeada, pero probablemente en cada una de estas determinaciones incluyo formas diversas, porque la bibliografía es enorme y falta una buena revisión. La distribución es análoga: del Burdigaliense al Plioceno superior, lo que hace pensar que puedan ser la misma cosa; por lo menos, hay casos en que la Bulimina clasificada como *B. affinis* parece una forma microsérica de la *B. pupoides*.

*B. pseudoaffinis* Kleimpell está relacionada con la *B. pupoides*, pero es mucho más globulosa. La he hallado exclusivamente en el Plioceno medio.

*B. pyrula* d'Orbigny es, aparentemente, muy fácil de distinguir de las anteriores, porque sólo tienen tres grandes cámaras visibles por entero, que abrazan casi totalmente a las primeras. Sin embargo, es posible que se trate de una forma joven de la *B. pupoides* o de una Globulimina. Su reparto stratigráfico es semejante, excepto que no la he encontrado en el Burdigaliense, aunque en otros países sí está citada en todo el Mioceno.

Otra forma con el mismo tipo de desarrollo, es decir, con las tres últimas cámaras ocupando casi toda la concha, la he clasificado como la *B. pyrula* var. *spinescens* H. B. Brady, basándome en el dibujo original de Brady, aunque es probable que ni una ni otra pertenezcan a la misma especie que d'Orbigny llamó *B. pyrula*. De todas formas, el valor stratigráfico de la especie que he dibujado es grande, por haberla hallado exclusivamente en el Plioceno inferior y medio.

Otro grupo de Buliminas tiene las cámaras de crecimiento gradual, con suturas visibles y costillas bien marcadas.

*B. buchiana* d'Orbigny es más bien pequeña y sus cámaras crecen muy poco en cada vuelta. Hallada desde el Mioceno superior al Plioceno, a veces abundante.

*B. buchiana* var. *calabra* Seguenza parece la forma microsérica de la anterior, porque es semejante, pero su concha empieza en punta. Desde el Tortonense al Plioceno, es especialmente abundante en algún nivel del Tortonense.

*B. costata* d'Orbigny, *B. inflata* Seguenza, *B. striata* d'Orbigny y *B. subcalva* Cushman y K. C. Stewart son semejantes y corresponden a la forma típica de Buliminas, con la triple serie de cámaras muy visible.

La *B. costata* d'Orbigny tiene 18-20 costillas alrededor, que se interrumpen en las suturas, pero continúan de cada cámara a la siguiente. Existe en el Mioceno superior y Plioceno.

La *B. inflata* Seguenza es mucho más globulosa y las costillas sólo se ven como pliegues en la base de cada cámara, en número de 24 ó más. Suele llevar una corta espina en la punta inicial. Esta forma es la misma que diversos autores llaman *B. costata* y se encuentra a lo largo del Mioceno y Plioceno inferior.

*B. subcalva* Cushman y K. C. Stewart es muy semejante, pero algo más alargada. Hallada en el Vindoboniense y Mioceno superior.

*B. striata* d'Orbigny tiene muchas más costillas (alrededor de 30)

y poco marcadas. La he visto, escasa, en el Mioceno superior y Plioceno medio.

Otra forma, que no he podido clasificar, es pequeña y muy alargada, con muchas cámaras de superficie lisa y brillante, aumentando regularmente de tamaño. Esta *Bulimina* sp. aparece en el Plioceno inferior y medio.

*B. marginata* d'Orbigny está relacionada con la *B. aculeata* y es fácil de reconocer porque todas las cámaras tienen el borde inferior dentado y en algunos puntos estos dientes son gruesas espinas. Escasa desde el Plioceno medio al Cuaternario.

#### Género Globobulimina, Cushman, 1927.

Globobulimina Cushman. Cont. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 3, 1927, p. 67. Bulimina (parte) de otros autores.

Concha semejante a la de Bulimina, cuyas tres últimas cámaras son tan fuertemente abrazadoras que componen la casi totalidad de la concha visible. Abertura con un diente y un tubo interior. Las diversas especies se distribuyen hasta los mares actuales y empiezan en el Terciario.

*G. glabra* Cushman y Parker es rara en el Plioceno medio y superior de Andalucía y sus ejemplares, que suelen ser grandes, están casi siempre rellenos de pirita. Esta es la forma que probablemente está relacionada con la *Bulimina pyrula*, de la que puede ser un estado más desarrollado.

#### Género Entoselenia, Ehrenberg, 1848.

Entoselenia Ehrenberg; en Williamson: Ann. Mag. Nat. Hist., vol. 1, 1848, p. 5. Lagenas (parte) de otros autores.

Ya he indicado que a causa de la actual confusión de los foraminíferos con una sola cámara, he incluido varias especies de *Entoselenia* en el grupo de Lagenas.

#### SUBFAMILIA VIRGULININAE

Primeros estados variables, a veces con un principio de espiral confusa, y la parte final con las cámaras en doble serie, terminando, a veces, en serie única.

#### Género Virgulina, d'Orbigny, 1826.

Virgulina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 287. Strophoconus Ehrenberg; Bulimina (parte); Polimorphina (parte) de otros autores.

Concha alargada y más o menos comprimida. Las primeras cámaras en espiral muy alargada (muy visible en las formas microséricas), luego otras en disposición triserial y las últimas en doble serie, algo irregular por una especie de torsión. Abertura alargada, con un diente. Muchas especies repartidas desde el Cretácico a los mares actuales.

En las margas andaluzas he hallado dos especies:

*Virgulina schreibersiana* Czjzek, común en el Tortoniense y Plioceno, tiene la parte inicial en espiral alargada visible.

*V. squamosa* d'Orbigny es más corta y más ancha. Siempre escasa, se encuentra de modo irregular en el Plioceno y Mioceno.

#### Género Bolivina, d'Orbigny, 1839.

Bolivina d'Orbigny. Voy. Amerique Merid., vol. 5, 1839, p. 61. Sagrina d'Orbigny; Proroporus, Grammostomum de Ehrenberg.

Concha delicada, de pequeño tamaño, alargada y aplanada y algo torcida en general. Cámaras en doble serie alternante, aumentando de tamaño paulatinamente. Abertura alargada, en forma de ojal, casi siempre con un diente plano. Comprende numerosas especies desde el Cretácico a los mares actuales, de las que he determinado quince en el Terciario superior. La distinción entre conchas tan semejantes es difícil de expresar con una descripción, haciéndose muy útil el dibujo.

*B. alata* (Seguenza) se caracteriza por poseer una quilla marginal recortada en forma de sierra. Es común en todo el Mioceno y Plioceno.

Hay otra forma que interpreto como una variedad de la anterior, con las cámaras algo infladas y menor talla y que cito por haberla encontrado exclusivamente en el Plioceno medio.

Otra especie de forma semejante es la *B. beyrichi* Reuss., cuyas cámaras se prolongan lateralmente en una corta punta. Entre las *B. beyrichi* no falta alguna con una especie de quilla estrecha, lo que la relaciona con la *B. alata*, que desde hace mucho tiempo se viene considerando como una variedad de la especie de Reuss.

*B. antiqua* d'Orbigny es interesante, porque sólo aparece del Vinoboniense al Mioceno superior, casi siempre frecuente. Se caracteriza porque sus suturas son poco visibles y la puntuación de la concha muy aparente.

*B. arta* Macfadyen posee una concha alargada y las cámaras resultan anchas y cortas, con suturas bien marcadas. La he hallado del Burdigaliense al Plioceno inferior y también en el Cuaternario, por lo que es de suponer su presencia en los lechos del Plioceno medio y superior.

*B. punctata* d'Orbigny es también alargada como la anterior, pero

su superficie presenta una puntuación muy marcada, como la *B. antiqua*, de la que puede ser su representante moderno, pues aparece en abundancia a lo largo de todo el Plioceno.

*B. catanensis* Seguenza posee cámaras cortas y anchas. Llega a abundar en el Mioceno superior y Plioceno.

También la *B. dilatata* Reuss, que tiene idéntica distribución, posee las cámaras cortas y anchas, pero puede distinguirse de la anterior por ser su concha más corta y con el borde agudo, marcado, cuyo carácter falta en la *B. catanensis*.

*B. cookei* Cushman, exclusiva del Vindoboniense y Mioceno superior, tiene las cámaras anchas y redondeadas, y en la parte inicial una estriación longitudinal fina, pero claramente visible.

He encontrado una gran Bolivina, cuya parte inicial está estriada y cuyas cámaras son anchas y cortas. Con dudas, la he identificado como *B. nobilis* Hantken. De esta especie sólo he hallado cuatro o cinco conchas, en un mismo nivel del Burdigaliense.

*B. pseudoplicata* Heron-Allen y Earland es pequeña, sus suturas están poco marcadas y en la parte inicial hay una serie de costillas poco patentes, que dibujan una especie de reticulado. La he hallado de un modo esporádico desde el Vindoboniense al Plioceno superior.

*B. scalprata* var. *miocenica* Macfadyen tiene las suturas de un modo peculiar; cerca del plano medio de la concha se inflexionan bruscamente, dibujando una pequeña V. Esta especie es considerada exclusiva del Mioceno, pero en Andalucía he hallado formas parecidas, con la misma inflexión en las suturas, pero con conchas mucho más alargadas, durante el Plioceno. Es posible que estas conchas más alargadas pertenezcan a otra especie relacionada con la variedad de Macfadyen, como la *B. placentina*, aunque no son idénticas a ésta.

*B. spathulata* (Williamson) es muy alargada y con gran número de cámaras; las primeras forman una punta aguzada y las últimas son muy anchas y cortas, con lo que la concha tiene forma de V muy alargada. Común en el Plioceno y Mioceno superior.

Finalmente, he incluido entre las Bolivinas una especie ancha y corta, con costillas pequeñas formando una especie de retículo. Resulta afín a la *B. reticulata* Hantken y la he hallado sólo en el Vindoboniense. Creo que puede ser, en realidad, un Bolivinoide (ver más atrás la familia Heterohelicidos).

#### SUBFAMILIA REUSSELLINAE

Cámaras en tres series alternas, al menos en los ejemplares jóvenes.

#### Género Reussella, Galloway, 1933.

Reussella Galloway. Manual Foram., 1933, p. 360.  
Verneuilina de otros autores.

Concha con cámaras en tres series, de sección triangular y aumentando rápidamente de tamaño. Abertura alargada y oblicua en la base de la última cámara. Comprende unas pocas especies, que se reparten del Cretácico al mar actual.

La forma típica *R. spinulosa* (Reuss) aparece en casi todo el Terciario según varios autores, pero en Andalucía sólo la he hallado del Vindoboniense al Plioceno. Los tres ángulos son muy marcados y cada cámara se prolonga en una corta espina.

Otra especie, de concha más alargada y ángulos más romos, sin espinas, la he hallado en el Plioceno medio, pero la he dejado sin clasificar, con el nombre de *Reussella* sp. Como en otros casos, la incluyo por su valor estratigráfico.

#### SUBFAMILIA UVIGERININAE

Cámaras en tres series, al menos en la parte inicial; luego, según los géneros, puede ser una serie simple, también irregular. Abertura casi siempre en el extremo de un cuello. Numerosas especies desde el Eoceno al mar actual.

#### Género Uvigerina, d'Orbigny, 1826.

Uvigerina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 268.

Concha alargada, de sección redondeada. Cámaras en tres series, con suturas bien patentes, abertura con cuello y reborde, a veces con un diente.

En las margas terciarias he reconocido catorce formas diferentes, unas adornadas por costillas y otras con granulaciones.

*U. atwilli* Cushman y Simonson es rechoncha, con pocas y muy acusadas costillas. Exclusiva del Burdigaliense.

*U. barbatula* Macfadyen tiene muchas costillas más acusadas en la parte inicial, donde enmascaran a las suturas. Nada más la he encontrado en el Mioceno.

*U. bononiensis* Fornasini tiene costillas numerosas y poco pronunciadas. Sus cámaras se disponen al final en doble serie, son globulosas y parecen dobladas en codo, por cuyos caracteres se ha separado recientemente en el género Hopkinsina de Howe y Wallace. Común del Vindoboniense al Plioceno medio.

La *U. peregrina* Cushman y *U. pygmaea* d'Orbigny son pequeñas globulosas y con un reparto semejante, Mioceno-Actual; si bien en el Burdigaliense sólo he visto la *U. peregrina*. Es posible que sean una sola especie, o, al menos, hay niveles en que coexisten ambas, en los que pueden estudiarse todas sus fases de desarrollo. La mayor diferencia está en que la especie de Cushman es más corta y todas sus cámaras tienen costillas, mientras que en la de d'Orbigny existe una última cámara recubierta de fina granulación. Por todos los detalles considero a la *U. peregrina* una forma más joven, a la que añadiendo una cámara se convierte en *U. pygmaea*. Tal vez sea más exacto decir que la *U. pygmaea* es una forma adulta, o más evolucionada que la *U. peregrina*.

*U. rutila* Cushman es grande, de superficie brillante y con estriación fina. Resulta común en todo el Mioceno y Plioceno y presenta muchas variaciones en la estriación, que puede ser más o menos densa y marcada.

Una de estas variedades es la *U. stratissima* Perconig, cuyas numerosas costillas recubren toda la concha. Su distribución no es idéntica a la de *U. rutila*, pues sólo la he hallado en algunos niveles del Mioceno superior y Plioceno medio, siempre coincidiendo con gran abundancia de *U. rutila*.

*U. auberiana* d'Orbigny es pequeña, toda su superficie es finamente granulosa y con frecuencia posee una espina corta en la punta inicial. Se halla en todo el Mioceno y Plioceno.

*U. canariensis* d'Orbigny es más alargada, pero su superficie tiene el mismo aspecto que la de la anterior. Es común en el Burdigaliense y Vindoboniense.

Igual reparto tiene la *U. proboscidea* Schwager, de superficie también granulosa, como las anteriores, de las que pueden distinguirse por su menor tamaño.

Muy interesante es la *U. rustica* Cushman y Edwards, por ser frecuente en el Mioceno y exclusiva de este periodo. Se identifica porque toda su superficie está erizada de cortas puntas. La forma que Colom dibuja como *U. asperula* Czjzek debe ser esta misma especie, pues coinciden todos los caracteres.

Otras dos especies de Uvigerina las he separado en el género Siphogenerina.

#### Género Siphogenerina, Schlumberger, 1883.

Siphogenerina Schlumberger. Feuille Jeun. Natur., 1883, p. 117.  
Sagrina (parte); Uvigerina (parte) de otros autores.

Concha alargada, casi cilíndrica, con la primera parte triserial y la última uniserial. Es como una Uvigerina cuyas últimas cámaras se disponen en serie única, y, como ellas, la abertura está en el extremo de un largo cuello, provista de un diente y un tubo interior que une todas las aberturas de las cámaras.

En el Plioceno y Mioceno superior de Andalucía es frecuente la *S. multicostata* Cushman y Jarvis. Mis ejemplares los he clasificado de acuerdo con las publicaciones de Colom, aunque debo señalar que esta misma forma aparece clasificada por los paleontólogos italianos como *Uvigerina tenuistriata* Reuss var. *siphogenerinoides* Lipparini.

Con el nombre de *Siphogenerina* sp. 1 he incluido otra especie de tamaño grande, en la que las cámaras tienen la disposición de este género y están adornadas por tubérculos, a modo de costillas cortas y romas. Sólo la he visto en el Plioceno medio, pero su escasez le impide ser un buen fósil característico.

#### Género Angulogerina, Cushman, 1927.

Angulogerina Cushman. Cont. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 3, 1927, p. 69.  
Uvigerina (parte) de otros autores.

Concha triserial alargada, con tres ángulos marcados y tres lados aplanados. Abertura terminal, con un corto cuello cilíndrico y reborde. Especies desde el Eoceno al mar actual.

En el Plioceno inferior de Andalucía aparece raramente la *A. fornasini* (Selli), cuyo aspecto es el de una Uvigerina, aunque con el carácter de la sección trigona.

Más abundante es la *A. angulosa* (Williamson), cuya forma es más alargada y con los tres ángulos más marcados. Aparece irregularmente en el Tortoniense, Mioceno superior y Plioceno superior.

#### Género Trifarina, Cushman, 1923.

Tripharina Cushman. Bull. 104, U. S. Nat. Mus., part. 4, 1923, p. 99.  
Rhabdogonium, Triplasia, de otros autores (no Reuss).

Concha alargada, perfectamente trigona, con las tres aristas agudas. Las primeras cámaras en espiral irregular, o en tres series; las últimas en una sola serie. Abertura redonda, con un corto cuello cilíndrico, provisto de reborde terminal. Aparece en el Eoceno y tiene especies vivientes.

*T. bradyi* Cushman es la única especie clasificada y reúne los caracteres del género. Común del Vindoboniense al Plioceno medio.

## FAMILIA ELLIPSOIDININAE

Concha caliza, con las primeras cámaras en doble serie y las siguientes en serie única. Abertura estrecha y alargada en el extremo de la última cámara (no siempre), con un reborde calizo, a veces elevado, y un tubo interno que conecta las aberturas de todas las cámaras.

## Género Pleurostomella, Reuss, 1860.

Pleurostomella Reuss. Sitz. Akad. Wiss., vol. 40, 1860, p. 203.  
Nodosaria (parte), Dentalina (parte) de Reuss.

Concha alargada o elipsoidal, con las cámaras en serie doble, tendiendo a veces a la serie única. Abertura alargada en el lado interno de la última cámara, grande y parcialmente cerrada por anchos dientes. Numerosas especies desde el Cretácico al mar actual.

*P. bellardi* Hantken es exclusiva del Burdigaliense y tiene una abertura muy ancha. Es posible que yo haya reunido aquí dos especies, porque algunos ejemplares son más grandes y más inflados, lo que los aproxima a *P. incrassata*.

Otra especie exclusiva del Burdigaliense es la *P. bierigi* Palmer y Bermúdez, que es la más globulosa de todas.

*P. alternans* Schwager es forma típica alargada, cuyas cámaras tienden a la disposición uniserial. Frecuente en el Mioceno, resulta una buena especie para caracterizar este periodo.

*P. brevis* Schwager puede reconocerse porque la cara interna de la última cámara, donde está la abertura, está rebordada por una arista aguda. La he hallado en el Burdigaliense y Vindoboniense.

*P. pleurostomella* A. Silvestri es de forma elipsoidal, con una punta aguda correspondiente a la parte inicial y, al igual que la *P. alternans*, parece ser exclusiva del Mioceno.

En general, este género tiene buen desarrollo en el Mioceno y, según nuestras observaciones, sus especies resultan buenos fósiles característicos, aunque en otros países las he visto citadas en el Plioceno.

## Género Ellipsoglandulina, A. Silvestri, 1900.

Ellipsoglandulina A. Silvestri. Atti. Rend. Accad. Sci. Let. Art. Zelanti Stud. Ci. reale, vol. 10, 1899-1900, p. 9.

Concha con las cámaras en serie rectilínea y con tendencia a hacerse involutas. Abertura estrecha, subterminal, semielíptica. Sus especies son citadas en el Cretácico y Terciario.

*E. labiata* (Schwager) es muy grande y globulosa, con la abertura estrecha y alargada y rodeada por un reborde curioso en forma de lazo. La he hallado esporádicamente en el Burdigaliense y Tortonense.

*E. multicosata* (Galloway y Morrey) es fácil de reconocer por su típica abertura y por las costillas longitudinales, que se prolongan desde las primeras cámaras hasta la base de las últimas, enmascarando las suturas. Común del Burdigaliense al Plioceno medio.

## Género Ellipsoidina, Seguenza, 1859.

Ellipsoidina Seguenza. Eco Peloritano, ser. 2, vol. 5, 1859, fasc. 9.

Concha elíptica con las cámaras en serie recta, pero involutas, con lo que sólo puede verse la última. Abertura sencilla, terminal, con un tubo interno que une todas ellas. Terciario.

En Andalucía es común desde el Burdigaliense al Plioceno medio a *E. ellipsoidea* Seguenza, de superficie brillante y gran tamaño, cuya identificación puede hacerse en sección longitudinal.

## FAMILIA ROTALIIDAE

Concha con las cámaras en espiral trocoidal, visibles desde el lado dorsal, mientras que desde el ventral sólo se ve la última vuelta de la spira. En muchos géneros la primera porción está revestida interiormente de quitina; en otros, la capa exterior es de elementos detriticos aglutinados. Abertura en el lado ventral de la última cámara.

Se divide en seis subfamilias, de las que sólo cuatro tienen representantes entre las especies estudiadas.

## SUBFAMILIA DISCORBINAE

Concha trocoidal con disposición típica, en la que todas las cámaras son visibles desde el lado dorsal, y sólo las de la última vuelta desde el ventral. Región umbilical abierta. Abertura ventral que no pasa del borde periférico.

## Género Discorbis, Lamarck, 1804.

Discorbis Lamarck. Ann. Mus., vol. 5, 1804, p. 183.  
Rosalina (parte) d'Orbigny; Discorbina Parker y Jones.

Concha planoconvexa, correspondiendo la parte plana al lado ventral. Las formas microséricas tienden a dar una segunda cámara larga en espiral, que da varias vueltas antes de dividirse. Abertura en la base

del margen umbilical, en el lado ventral. Comprende muchas especies repartidas desde el Jurásico al mar actual.

*D. bertheloti* (d'Orbigny) es muy plano y con el borde agudo. Sólo lo he visto en el Plioceno medio de la zona de las marismas.

*D. globularis* (d'Orbigny) es también plano, pero con el borde redondeado. También exclusivo del Plioceno y algo más abundante que el anterior.

*D. orbicularis* (Terquem) es el más abundante y su concha es cónica, con el borde agudo. Común en todo el Mioceno y Plioceno. Es muy posible que entre las referencias anteriores a esta especie deban situarse formas del género *Asterigerina*, aparentemente fácil de distinguir por las cámaras suplementarias, visibles por el lado ventral. Así los paleontólogos de la AGIP hablan de la *Asterigerina planorbis*, dando este nombre a algo muy parecido al *Discorbis orbicularis*. Sin embargo, lo que parecen "cámaras suplementarias" de estos ejemplares de *Asterigerina*, son normales si las miramos en sección.

Hay una variedad cuyos ejemplares tienen la espira más alta, con lo que su forma resulta más cónica y menos discoidal que los típicos *D. orbicularis*. Dicha variedad es frecuente en el Tortoniense.

#### Género Valvulineria, Cushman, 1926.

Valvulineria Cushman. Contr. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 2, 1926, p. 59. Rosalina (parte) de otros autores.

Concha trocoidal de espira cerrada, con una zona umbilical muy marcada. Abertura larga, desde la parte umbilical hasta la periferia; casi siempre con un tabique calizo que llena la depresión umbilical y se puede extender hasta el centro del lado interno de las cámaras. Especies desde el Cretácico y vivientes.

*V. bradyana* (Fornasini) es gruesa, con siete cámaras en la última vuelta y el tabique calizo umbilical corto. Común en el Plioceno y raro en el Mioceno superior.

*V. complanata* (d'Orbigny) tiene la concha más aplanada, con siete cámaras en la última vuelta y los tabiques calizos umbilicales más grandes. Sólo la he encontrado en los depósitos cuaternarios de las marismas.

#### Género Gyroidina, d'Orbigny, 1826.

Gyroidina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 278.

Concha perfectamente trocoidal, con el lado dorsal aplanado o poco convexo y el ventral muy abombado y alto, con un profundo "umbili-

cus". Sutura espiral más o menos hundida y abertura arqueada y larga en la base interna de la última cámara. Comprende muchas especies repartidas desde el Cretácico al océano actual.

*G. girardana* (Reuss) es de gran tamaño y muy ancha, con las suturas claramente curvadas por el lado ventral. Hallada en el Mioceno andaluz de un modo irregular, pero nunca en terrenos más modernos que el Tortoniense.

*G. laevigata* d'Orbigny se parece a la anterior, pero vista por el lado ventral las suturas son rectas o ligeramente curvadas. Es abundante desde el Burdigaliense al Plioceno medio. Es muy posible que una gran cantidad de pequeños ejemplares de dudosa clasificación correspondan a formas jóvenes de esta especie y de *G. girardana*.

*G. aff. neosoldanii* Brotzen es el nombre que, con ciertas dudas, he atribuido a unas grandes conchas, cuyas cámaras son poco infladas y, por tanto, las suturas y la línea espiral no forman surcos deprimidos. Aparece desde el Burdigaliense al Plioceno inferior.

*G. soldanii* (d'Orbigny) es pequeña y con el borde exterior dorsal muy marcado. Se reparte por todo el Plioceno y Mioceno, con excepción del Aquitaniense.

*G. umbonata* (Silvestri) es la más pequeña de todas y sus cámaras, bastante infladas, son menos numerosas que en cualquier otra (seis en la última vuelta). Con frecuencia aparecen rellenos de pirita; común desde el Tortoniense al Plioceno superior.

#### SUBFAMILIA ROTALINAE

Concha trocoidal, con la región umbilical rellena de material calizo. Muchas veces la pared es doble, con un sistema interior de canales tubulares muy finos. Abertura ventral, a mitad de distancia entre el área umbilical y el borde periférico.

#### Género Eponides, Montfort, 1808.

Eponides Montfort. Conch. Syst., vol. 2, 1808, p. 127. Nautilus (parte); Rotalia (parte); Rotalina (parte) de otros autores.

Concha biconvexa, fuerte en general. Área umbilical cerrada por material calizo. Abertura estrecha, a lo largo de la base de la última cámara, terminada lejos del borde periférico. Comprende muchas especies repartidas desde el Jurásico al mar actual.

*E. frigidus* (Cushman) recuerda en la forma a un *Discorbis*. Por su parte ventral puede verse un conjunto de granulaciones en el área umbilical y la última vuelta consta de siete cámaras. La determinación



de mis ejemplares es algo dudosa y se basa en la fotografía de esta especie de Cushman que aparece en el atlas de Foraminíferos del A. G. I. P. (1). Propio del Cuaternario y Plioceno superior.

*E. schreibersii* (d'Orbigny) tiene también esta forma cónica de Discorbis, pero sus ejemplares alcanzan enorme tamaño y poseen en la última vuelta 10-11 cámaras, que por la parte umbilical y sus proximidades presentan un refuerzo calizo sobre las suturas. Muy abundante en el Plioceno y menos en el Mioceno superior y Vindoboniense.

La especie más abundante es el *E. umbonatus* (Reuss), fácil de reconocer porque por el lado ventral puede verse su última cámara prolongada sobre el área umbilical. Su distribución es amplia: del Burdigaliense al Plioceno superior y todavía viviente.

*E. tenera* (Brady) es de forma semejante, pero más pequeño, y en él las cinco o seis suturas visibles ventralmente están recurvadas de un modo típico, que recuerde al *E. umbonatus*, del que puede ser una variedad. Lo he hallado, a veces frecuente, desde el Burdigaliense al Plioceno superior (con excepción del Saheliense y Plioceno inferior), lo que aumenta su relación con la especie anterior.

Otra forma, común del Helveciense al Plioceno, es grande, con espira larga, de algo más de tres vueltas, y ocho o nueve cámaras en la última. Es exactamente igual a la figura dibujada por Brady (2) e interpretada por Thalmann como *E. haidingeri* (d'Orbigny), pero no se parece a la especie de d'Orbigny. Colom (8) la representa con el nombre de *Cibicides haidingeri* (d'Orbigny), pero su abertura no llega al borde marginal, cuyo carácter es propio de los Eponides.

#### Género Rotalia, Lamarck, 1804.

Rotalia Lamarck. Ann. Museum, vol. 5, 1804, p. 184.  
Streblus Fischer; Nautilus (parte); Truncatulina (parte) otros autores.

Concha trocoidal, con doble pared y canales tubulares internos. Zona umbilical con uno o varios botones calizos. Suturas deprimidas por el lado ventral y limbadas por el dorsal (no siempre), adornadas por concreciones calizas, a modo de granos esféricos. Abertura ventral, en la base de la última cámara. Numerosas especies desde el Cretácico a los mares actuales.

*R. beccarii* (Linneo) es la más abundante en el Mioceno, pero sigue apareciendo hasta el Cuaternario. Es frecuente encontrar conchas de estados jóvenes, pero los buenos ejemplares son muy grandes y con 14 ó más cámaras en la última vuelta, cuyas suturas están inclinadas hacia atrás.

En el Plioceno pasa a ser la más frecuente otra forma, considerada

una variedad de la anterior, *R. beccarii* (Linneo) var. *inflata* Seguenza, que tiene ocho o diez cámaras en la última vuelta, cuyas suturas, vistas desde el lado dorsal, son casi rectas y radiales.

Otra variedad alcanza tamaños muy grandes y se caracteriza por tener toda la superficie cubierta de pequeñas arrugas o pliegues, con hasta 20 cámaras estrechas en la última vuelta. La he llamado *Rotalia* sp. 1 y puede tratarse de las mismas conchas que Colom cita con el nombre de *R. punctato-granosa* Seguenza. Especialmente frecuente en el Plioceno superior y medio, pero aparece desde el Tortoniense.

#### Género Osangularia, Brotzen, 1940.

Osangularia Brotzen. Sverig. Geol. Unders., ser. C, 1940, núm. 435.  
Parrella Finlay, 1939; Planorbulina (parte); Anomalina (parte); Pulvinulina (parte); Pulvinulina (parte) de otros autores.

El nombre de Parrella aplicado a este género es anterior en un año al de Osangularia, pero se ha desechado porque ya se había usado para designar un género de peces.

Concha trocoidal, cerrada, con suturas muy oblicuas. Área umbilical con un grueso botón calizo. Abertura ventral, en forma de ojal, alargada desde el borde marginal hacia la cara ventral.

Especies desde el Cretácico hasta el océano actual.

*O. mexicana* (Cushman) tiene el borde aquillado y frecuentemente aparece deteriorado. Dorsalmente son visibles dos vueltas de espira, con 10-12 cámaras en la última. Sólo es frecuente en el Burdigaliense, por lo que resulta un buen fósil para caracterizarlo.

En el Plioceno medio y Mioceno superior he hallado algunas conchas de este género, mucho mayores que las de la especie anterior, con tres vueltas de espira visibles y 14-15 cámaras en la última, que también presenta una quilla marginal. Con dudas, la he considerado como forma afín a la *O. bengalensis* (Schwager).

#### SUBFAMILIA SIPHONINAE

Concha trocoidal, con la zona umbilical rellena de caliza. Abertura sencilla, con un cuello corto y reborde ancho, muy cerca del borde periférico pero en posición ventral, y además aberturas suplementarias cerca de la periferia (las aberturas suplementarias no faltan nunca, pero la abertura principal es variable).

### Género Epistomina, Terquem, 1883.

Epistomina Terquem. Bull. Soc. Géol. France, vol. 11, 1883, p. 37.  
Rotalia (parte); Pulvinulina (parte) de otros autores.

Concha biconvexa, con suturas limbadas y dos clases de aberturas: la normal es una hendidura que parte del borde marginal de la última cámara, por su parte ventral, y llega hasta el área umbilical; además, hay una abertura suplementaria en cada cámara, en el lado ventral, y paralela al margen periférico. Jurásico-Actual.

La única especie clasificada es la *E. elegans* (d'Orbigny), cuyas suturas son muy anchas, lo mismo que el borde periférico. Sus aberturas secundarias son muy estrechas y alargadas. Es frecuente y aun abundante, desde el Tortonense al Plioceno medio.

### Género Siphonina, Reuss, 1850.

Siphonina Reuss. Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien, vol. 1, 1850, p. 372.  
Rotalia (parte); Rotalina (parte); Truncatulina (parte) de otros autores.

Concha trocoidal, casi siempre biconvexa, con la zona umbilical recubierta totalmente por una masa de caliza. Abertura elíptica cerca de la periferia, pero en posición ventral, con corto cuello y grueso reborde, y, además, otras muchas perforaciones finas por la superficie. Cretácico-Actual.

*S. reticulata* (Czjzek) es común en todo el Mioceno y Plioceno; su concha es biconvexa y rodeada por una quilla periférica. Es posible que sea la misma *S. bradyana* var. *burdigaliensis* Colom.

*S. reticulata* (Czjzek) v. *planoconvexa* Silvestri, es aplanado por el lado dorsal y abombado por el ventral, en cuyo lado cada cámara está adornada por una hilera de pequeños gránulos calizos. Su distribución es más limitada: Burdigaliense y Vindoboniense.

### SUBFAMILIA BAGGININAE

Concha viconvexa, con área umbilical cerrada, hialina. Abertura en la base del margen ventral de la última cámara.

### Género Cancris, Montfort, 1808.

Cancris Montfort. Conch. System., vol. I, 1808, p. 267.  
Pulvinulina (parte); Pulvinulinella (parte); Nautilus (parte); Rotalina (parte) de otros autores.

Concha trocoidal, bastante comprimida. Región umbilical con una

lámina traslúcida bastante grande. Abertura estrecha, ventral, en el borde interno de la última cámara. Terciario-Actual.

La forma típica es *C. auriculus* (Fichtel y Moll), cuya concha es una espiral muy desarrollada con nueve o diez cámaras, de las que siete forman la última vuelta. Vista ventralmente, la última cámara es tan grande como todo el resto de la concha. Es frecuente en diversos niveles desde el Tortonense al Plioceno medio de Andalucía.

*C. oblongus* (d'Orbigny) se diferencia del anterior por ser más estrecho y alargado y tener sus cámaras poco infladas. Se encuentra en el Mioceno superior y Plioceno inferior.

### Género Baggina, Cushman, 1926.

Baggina Cushman. Cont. Cushman. Lab. Foram. Res., vol. 2, pt. 3, 1926, p. 63.  
Pulvinulina (parte) de otros autores.

Concha trocoidal, bastante globulosa, con pocas cámaras. Abertura ancha, ventral, en el borde interno de la última cámara, en la que hay un pequeño espacio traslúcido casi encima de la abertura.

Pocas especies desde el Mioceno al mar actual.

*B. gibba* Cushman y Todd es la única especie que he podido encontrar. Su forma globulosa recuerda a las Globigerinas y sólo tiene de seis a nueve cámaras bastante involutas por el lado dorsal y totalmente por el ventral. Tortonense a Plioceno inferior.

### FAMILIA AMPHISTEGINIDAE

Concha espiral, con una serie de cámaras suplementarias, angulosas, romboidales, entre las cámaras normales, visibles por el lado ventral. Abertura arqueada, ventral, casi siempre con granulaciones por la zona próxima a ella.

### Género Amphistegina, d'Orbigny, 1826.

Amphistegina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 304.  
Omphalophacus Ehremsberg, 1838.

Concha lenticular, con cámaras en espiral trocoidal, involutas. Por la parte ventral hay cámaras suplementarias romboidales. Abertura pequeña, ventral, en el borde de la última cámara y rodeada de granulaciones. Especies desde el Eoceno al mar actual.

Las únicas conchas de este género halladas las atribuyo, con dudas, a la *A. lessoni* d'Orbigny, y se encuentran en terrenos diversos. Abun-

da en el Aquitaniense y base del Burdigaliense, y es muy rara en el Plioceno superior y en el Cuaternario; en todos los casos en depósitos litorales. En los ejemplares grandes las cámaras suplementarias son alargadas, en forma de cuña, con suturas sinuosas.

Dentro de esta familia se incluye el género *Asterigerina* d'Orbigny, en el que se incluye, por paleontólogos italianos del AGIP, la *A. planorbis* (d'Orbigny), que nosotros interpretamos como *Discorbis*, por su forma cónica típica, con el lado dorsal muy convexo y el ventral plano, al revés de lo que dice la descripción del género *Asterigerina*. Por otra parte, lo que parecen cámaras suplementarias de estas *A. planorbis* son partes de cámaras normales visibles entre las de la última vuelta.

Al hablar del *Discorbis orbicularis* (familia Rotálidos) ya indicamos que estas formas son como una variedad que sólo parece abundar en el Tortoniense.

#### FAMILIA CYMBALOPORIDAE

Concha con las primeras cámaras en espiral trocoidal y las últimas en disposición circular rodeando a las primeras. Abertura formada por numerosos poros.

Género *Cymbaloporetta*, Cushman, 1928.

*Cymbaloporetta* Cushman. Cont. Cushman Lab. Foram. Res., vol. 4, 1928, p. 7. *Rotalia* (parte) d'Orbigny; *Cymbalopora* (parte) de otros autores.

Concha cónica en las primeras cámaras, formada por sustancia quitinosa. Las cámaras posteriores son calizas y están en series circulares y separadas entre sí por depresiones. Área umbilical cubierta por una lámina caliza y la abertura es un conjunto de poros situados precisamente debajo de esta lámina caliza umbilical. Citada desde el Mioceno (acaso Oligoceno) al mar actual.

*C. squamosa* (d'Orbigny) responde a todos los caracteres del género, pero pudiera ser confundida con una forma joven de *Planorbulina* si se mira dorsalmente.

#### FAMILIA CASSIDULINIDAE

Concha con las primeras cámaras en espiral trocoidal. En unos géneros, las siguientes se disponen en forma de doble serie alternante,

y en otros, en serie sencilla. Abertura generalmente alargada, con un diente, situada en el plano de crecimiento de la concha. Se dividen en tres subfamilias, todas las cuales tienen representantes en la fauna estudiada.

#### SUBFAMILIA CERATOBULIMINAE

Concha con todas sus cámaras en serie rotaliforme.

Género *Ceratobulimina*, Toula, 1915.

*Ceratobulimina* Toula. Jahrb. K. K. Geol. Reichs., vol. 64, 1915, p. 665. *Rotalina* (parte); *Bulimina* (parte); *Cassidulina* (parte); *Pulvinulina* (parte) de otros autores.

Concha trocoidal alargada, con todas las cámaras visibles desde el lado dorsal. Por el lado ventral sólo se ven las cámaras de la última vuelta, que rodean un área umbilical grande. Abertura alargada en el lado ventral de la última cámara, parcialmente recubierta por un tabique delgado. Cretácico-Actual.

La única especie encontrada es la *C. contraria* (Reuss), cuya concha tiene cinco amplias cámaras en la última vuelta. Se encuentra raramente desde el Vindoboniense al Plioceno medio.

#### SUBFAMILIA CASSIDULININAE

Concha con las últimas cámaras dispuestas en serie doble alterna, a ambos lados del plano de arrollamiento espiral.

Género *Cassidulina*, d'Orbigny, 1826

*Cassidulina* d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 282. *Entrochus* (Ehremberg); *Selenostomun* Ehremberg.

Concha lenticular o globulosa, con las cámaras en espiral cerrada, dispuestas en la doble serie típica. Superficie lisa o con relieves. Abertura alargada y arqueada, a veces con un diente. Muchas especies re-partidas desde el Cretácico superior al mar actual.

La más frecuente es la *C. subglobosa* Brady, que se encuentra en todo el Mioceno y Plioceno de Andalucía. En conjunto, su concha es globulosa y de pequeño tamaño.

*C. subglobosa* Brady var. *horizontalis* Cushman y Lenz es de mayor tamaño (doble que el de la *C. subglobosa*) y su abertura muy larga y casi perpendicular al plano de arrollamiento espiral. Más que varie-

dad puede ser una especie distinta. Abundante en el Burdigaliense, pero también he encontrado algunos ejemplares en el Tortoniense.

Otra especie emparentada con la anterior no he podido clasificarla; es enorme (tres veces mayor que la *C. subglobosa*) y al exterior sólo se ven cinco o seis cámaras infladas. Sólo la he visto en el Helveciense. Esta *Cassidulina* sp. 1 puede ser una forma gigante aberrante.

*C. oblonga* Reuss es del mismo tipo que *C. subglobosa*, y se distingue de ésta por ser algo alargada y claramente biconvexa. Este alargamiento marca un tránsito hacia el género Cassidulinoides, que veremos más adelante. Común del Tortoniense al Plioceno superior.

*C. crassa* d'Orbigny es más comprimida, y su conjunto también biconvexo, con las suturas hundidas. Frecuente en diversos niveles, desde el Plioceno medio al Vindoboniense.

*C. laevigata* d'Orbigny es pequeña y muy comprimida, con el contorno casi circular y el borde agudo. La he hallado del Burdigaliense al Plioceno medio.

En el Plioceno y Tortoniense es a veces frecuente una variedad de la anterior, cuya concha presenta una quilla estrecha a lo largo de su periferia y que he identificado con la *C. laevigata* var. *carinata* Cushman.

Con los mismos caracteres: concha comprimida, biconvexa, de contorno circular y quilla periférica, hay otras conchas cuyo tamaño es el doble del de la variedad de Cushman y, provisionalmente, las he referido a esta misma variedad, aunque sus cámaras, más estrechas y alargadas, parecen corresponder a otra especie.

*C. margareta* Karrer es también grande y comprimida, con cinco cámaras visibles a cada lado y el contorno circular. Se parece a la *C. laevigata*, pero en tamaño mucho mayor. Frecuente del Tortoniense al Plioceno.

#### Género Cassidulinoides, Cushman, 1927.

Cassidulinoides Cushman. Cont. Cush. Lab. Foram. Res., vol. 3, 1927, p. 84.  
Cassidulina (parte) de los autores anteriores.

Concha con la primera parte como Cassidulina, pero con las últimas cámaras dispuestas en serie doble rectilínea, es decir, desarrollada. Abertura estrecha, arqueada, en el margen interno de la última cámara. Especies desde el Eoceno hasta los mares actuales.

La única que he clasificado es *C. bradyi* (Norman), del Plioceno medio y Mioceno superior, cuya concha es pequeña, muy alargada, comprimida y curvada en forma de coma.

#### SUBFAMILIA EHREMBERGININAE

Concha con los primeros estados como Cassidulina, pero con las últimas cámaras comprimidas, en un plano perpendicular al plano de arrollamiento.

#### Género Ehrembergina, Reuss, 1850.

Ehrembergina Reuss. Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien, vol. I, 1850, p. 377.  
Cassidulina (parte) d'Orbigny.

Concha aplanada, con el lado dorsal convexo y el ventral más abultado hacia el centro. Últimas cámaras en serie doble desarrollada y, según he indicado, comprimidas en un plano perpendicular al de arrollamiento espiral. Diversas especies desde el Eoceno a los mares actuales, de las que en Andalucía he hallado dos:

Una de ellas es semejante a la *E. cubensis* Cushman y Bermúdez, y presenta el borde dentado, debido a que cada cámara se prolonga en punta. También ventralmente el borde inferior de cada cámara aparece denticulado. Este carácter lo presenta la *E. cubensis* var. *pollentiana* Colom, aunque no resulta exactamente igual. La he hallado en el Burdigaliense, Helveciense y Mioceno superior.

La otra Ehrembergina es más grande, de contorno liso y adornada por pliegues o pequeñas costillas longitudinales. Esta especie de finas arrugas pueden verse lo mismo por el lado dorsal que por el ventral, quedando sólo lisas las tres o cuatro últimas cámaras. No he podido determinarla con certeza, aunque tiene semejanzas con la *E. dinapolii*. En las tablas aparece con el nombre *E.* sp. 1. Existe en el Mioceno superior y el Plioceno, pero sólo es abundante en el Mioceno superior y Plioceno inferior.

#### FAMILIA CHILOSTOMELLIDAE

Concha muy variable, con las primeras cámaras en espiral trocoidal y las últimas unas veces en espiral plana y otras en espiral involuta, con lo que la última cámara llega a cubrir las restantes. Abertura también muy variable, en el lado ventral.

Comprende cuatro subfamilias.

#### SUBFAMILIA ALLOMORPHININAE

Concha del adulto con tres cámaras por vuelta, aumentando rápidamente de tamaño.

### Género Allomorphina, Reuss, 1850.

Allomorphina Reuss. Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien, vol. I, 1850, p. 380.

Concha trocoidal, muy involuta, de la que sólo las tres últimas cámaras pueden verse por el lado ventral, mientras que por el lado dorsal suele verse parte de las primeras. Abertura alargada, situada bajo el borde de la última cámara, en el lado ventral, a veces con un reborde o labio. Cretácico superior-Actual.

La única especie clasificada es la *A. trigona* Reuss, cuyas conchas están siempre rellenas de pirita y aparecen desde el Burdigaliense al Plioceno inferior. Es característica su forma de corazón y el reborde calizo que tiene a lo largo de la abertura.

#### SUBFAMILIA CHILOSTOMELLINAE

La concha, en su parte final, se compone de cámaras muy involutas en número de dos por vuelta, infladas y creciendo rápidamente. Abertura lateral o terminal.

### Género Chilostomella, Reuss, 1850.

Chilostomella Reuss. Denkschr. K. Akad. Wis. Wien, vol. I, 1850, p. 379.

Concha fusiforme, ovoide, con las primeras cámaras del estilo de Allomorphina (las formas microséricas) y el adulto con dos cámaras por vuelta, muy abrazadoras, de forma que por el lado ventral sólo se ve la última cámara y una pequeña parte de la penúltima, y por el lado dorsal suele verse toda la espiral en un pequeño espacio entre las dos últimas cámaras. Abertura estrecha y larga, en el margen interno del lado ventral, provista de un reborde calizo grueso. Cretácico superior-Actual.

La más frecuente es la *Ch. oolina* (Schwager) que he hallado desde el Burdigaliense al Plioceno medio. Su concha es alargada y pequeña, de la forma ovoide usual, aproximadamente dos veces y media más larga que ancha. Es notable que, al igual que muchas formas de esta familia, se encuentran casi siempre rellenas de pirita.

*Ch. ovoidea* Reuss es más grande y más ancho que el anterior (su longitud ligeramente menor que el doble de la anchura). La he hallado exclusivamente en el Plioceno, aunque Colom la cita del Mioceno de Mallorca.

### Género Chilostomelloides, Cushman, 1926.

Chilostomelloides Cushman. Contr. Cush. Lab. For. Res., vol. 1, 1926, p. 77.  
Chilostomella (parte) de los autores anteriores.

Sus caracteres son los mismos que en el género *Chilostomella*, pero su abertura es redondeada y hace saliente del contorno general de la concha, porque tiene un corto cuello y un reborde calizo. Pocas especies repartidas desde el Cretácico superior al Oligoceno.

Aunque en la descripción original de Cushman se expresa que este género sólo llega al Oligoceno, y Colom aún precisa más, diciendo que se extingue en el Oligoceno inferior, no hay duda que algunos ejemplares que he obtenido del Burdigaliense de Andalucía pertenecen a la *Ch. oviformis* (Sherbon y Chapman), cuyo tamaño es como el de la *Chilostomella ovoidea*, pero con la típica abertura redonda. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de que se trate de conchas rodadas de otros terrenos.

#### SUBFAMILIA ALLOMORPHINELLINAE

Con todas las cámaras en espiral plana, aumentando progresivamente de tamaño.

### Género Pullenia, Parker y Jones, 1862.

Pullenia Parker y Jones: en Carpenter Introd. Foram., 1862, p. 184.

Concha con todas las cámaras en espiral plana, cerrada, por lo que sólo las cuatro o cinco cámaras que forman la última vuelta son visibles. Abertura estrecha y alargada en el centro del margen interno de la última cámara. Diversas especies desde el Cretácico al mar actual.

La más abundante es la *P. bulloides* (d'Orbigny), de forma esférica y con cuatro cámaras en la última vuelta, que he encontrado casi continuamente desde el Burdigaliense al Cuaternario.

Seguramente es la misma especie que en varios trabajos de Colom es nombrada *P. sphaeroides* (d'Orbigny), pero en el dibujo original de este autor, bajo el nombre *Nonionina sphaeroides*, se ve una concha cuyo eje de arrollamiento es claramente mayor que cualquier otro diámetro. Así resulta una forma ligeramente ovoide, que no he visto en ningún caso y que incluso puede ser un ejemplar aberrante.

*P. quinqueloba* Reuss se distingue con facilidad por ser claramente comprimida y por tener cinco cámaras visibles en la última vuelta. Frecuente desde el Burdigaliense al Plioceno inferior.

*P. salisburyi* R. E. y K. C. Stewart es, probablemente, una derivación de la anterior, de la que se diferencia por ser su espiral un poco más abierta, con lo que el tamaño de las cámaras aumenta más rápidamente de una vuelta a la siguiente. En general, llegan a ser visibles hasta seis cámaras.

#### SUBFAMILIA SPHAERODININAE

Concha con las primeras cámaras en espiral plana y las últimas muy irregularmente involutas. Abertura redondeada, con un reborde y cerrada por una lámina plana de la misma forma, que equivale a un diente.

#### Género Sphaeroidina, d'Orbigny, 1826.

Sphaeroidina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 267.  
Sexiloculina Czjzek; Bolbodium Ehremberg.

Es el único género de esta subfamilia, por lo que sus caracteres son los mismos. Cretácico-Actual.

*S. bulloides* d'Orbigny es la especie tipo, y la he encontrado sin interrupción en todo el Mioceno y Plioceno. Es muy globulosa, aproximadamente esférica y con cuatro cámaras visibles desde el exterior, de las que la última ocupa más de la mitad de la concha.

*S. variabilis* Reuss tiene cinco o seis cámaras dispuestas de un modo más irregular que en la anterior. Sólo la he encontrado en los lechos burdigalienses.

He incluido entre las Sphaeroidinas otra forma globulosa, que recuerda a la *S. bulloides*, pero cuya última cámara posee a lo largo de la sutura de un lado un grueso reborde en forma de visera, que relaciona esta especie con *Chilostomella* y *Allomorphina*. La semejanza aumenta por estar rellenas de pirita sus conchas. Algunos pequeños ejemplares sólo tienen dos cámaras al exterior, con lo que se parece mucho a la *Chilostomella globata* Galloway y Morrey, mientras que los ejemplares más gruesos tienen cuatro cámaras al exterior y se parecen más a una Sphaeroidina. Resulta interesante por su limitada distribución vertical, pues sólo la he visto en algunos niveles del Mioceno superior.

#### FAMILIA GLOBIGERINIDAE

Concha caliza con grandes poros "cancelados" (situados en el fondo de una pequeña depresión), o bien poros finos. Cámaras globulosas dispuestas en espiral trocoidal, al menos en los primeros estados, aunque es frecuente que la espira tienda a hacerse plana. Lado ventral con amplia área umbilical. Abertura variable, sencilla o múltiple.

Comprende en conjunto formas poco homogéneas, incluidas en cuatro subfamilias.

#### SUBFAMILIA GLOBIGERININAE

Concha con finas espinas, que suelen estar rotas en los ejemplares sedimentados. Las cámaras en espiral trocoidal, o adoptando una disposición de espiral casi plana.

#### Género Globigerina, d'Orbigny, 1826.

Globigerina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 277.  
Rotalia (parte), Rhynchospira, etc., de otros autores.

Concha con todas sus cámaras globulosas y en disposición trocoidal, y la superficie con poros cancelados. Abertura variable, en la zona umbilical. Sus numerosas especies se extienden desde los mares jurásicos a los actuales y, por la variedad de formas, existe una cierta confusión en su sistemática.

La máxima profusión de ejemplares en todos los terrenos estudiados de Andalucía, tanto miocenos como pliocenos, corresponde a las dos especies *G. bulloides* y *G. concinna*, principales componentes del plancton actual.

*G. bulloides* d'Orbigny tiene una concha grande, cuyas cámaras, muy globulosas, aumentan rápidamente de tamaño. El área umbilical es más bien reducida y está limitada por las cuatro caras que forman la última vuelta de espira. La abertura no es muy grande.

He visto muchas formas atribuibles a esta especie, que representan estados sucesivamente más desarrollados y en muchos trabajos son clasificadas con este nombre especies diferentes, como la *G. diplostoma* Reuss.

*G. concinna* Reuss es pequeña; sus cámaras van aumentando menos rápidamente de tamaño y están en número de cinco o más en la última vuelta. La abertura es estrecha y alargada y el área umbilical pequeña. Es frecuente encontrar ejemplares cuya última cámara está

poco desarrollada y queda reducida a la cuarta parte del tamaño de la penúltima.

*G. diplostoma* Reuss es otra especie relacionada con la *G. bulloides*; también tiene cuatro cámaras visibles por el lado ventral, pero es fácil de distinguir por su enorme abertura y menor tamaño. La he hallado con frecuencia en todo el Mioceno y raramente en el Plioceno.

Otros grandes ejemplares tienen una abertura ancha, que llega a ser visible desde el lado dorsal y los he identificado con la *G. inflata* d'Orbigny que dibuja Colom. En realidad parecen conchas de *G. bulloides* especialmente desarrolladas. Sólo la he hallado en el Mioceno superior y casi siempre rellena de pirita.

Algo parecido ocurre con la *G. dubia* d'Orbigny, a cuya especie he atribuido varios ejemplares, utilizando publicaciones de Colom. Se caracteriza por su área umbilical grande, rodeada por cinco cámaras cuyo tamaño apenas varía. Tal vez tenga algún significado el hecho de que mis ejemplares estén rellenos de pirita. Sólo los he visto en el Tortonense y Mioceno superior, y considero posible que sean otra variante de la *G. bulloides*.

En muchos niveles, desde el Vindoboniense al Plioceno, he visto una pequeña Globigerina con espira relativamente alargada, cuatro cámaras en la última vuelta y abertura pequeña, que he interpretado, con dudas, como un estado joven de la *G. concinna* Reuss.

En el Vindoboniense he encontrado unas grandes conchas en las que las cámaras resultan un poco deformes. Corresponde a la *G. conglomerata* Schwager, cuyo tamaño es mayor que el de las otras especies.

Con el nombre de *G. helicina* d'Orbigny he designado unas conchas cuyas cámaras son más largas que anchas y se disponen en una espiral claramente alargada, con amplia zona umbilical. Algunos ejemplares, más grandes, corresponden ya a la *Globigerina (Globoquadrina) altispira* Cushman y Parker, y parece indudablemente cierta la opinión de Colom de que ambas sean la misma especie en dos estados de desarrollo.

Finlay incluye estas formas alargadas en su género Globoquadrina, que veremos a continuación.

#### Género Globoquadrina, Finlay, 1947.

Globoquadrina Finlay. New Zealand Journ. Sci. Tech., vol. 28, 1947, p. 290.  
Globigerina (parte); Globoquadrina (parte) de otros autores.

Concha semejante a la de Globigerina, claramente trocoidal, de contorno redondeado. Cámaras esféricas o algo truncadas. Abertura marginal con una lámina que puede ser considerada como un diente.

*G. dehiscens* (Chapman, Parr. y Collins) es la especie tipo. Posee cuatro cámaras en la última vuelta, alargadas y como truncadas por el lado dorsal. La abertura es alargada y estrecha, a lo largo del margen de la última cámara, justamente en el área umbilical. Existe en el Burdigaliense y Helveciense.

También, según ya hemos indicado, se incluye en este género la *Globigerina altispira*, cuya abertura y arrollamiento tienen la forma de las Globoquadrinas. No más moderna que el Helveciense.

#### Género Globigerinoides. Cushman, 1927.

Globigerinoides Cushman. Cont. Cushman. Lab. Foramin. Res., vol. 3, 1927, p. 87.  
Globigerina (parte) de los autores anteriores.

Concha con las cámaras como Globigerina; abertura principal ventral, también semejante a la de las verdaderas Globigerinas, pero además hay aberturas adicionales en el margen dorsal de las cámaras. Cushman los considera como un subgénero de las Globigerinas, que evoluciona en el Terciario, llegando al mar actual.

*G. conglobatus* (d'Orbigny) se encuentra desde el Burdigaliense al Plioceno y se caracteriza porque sus cámaras son anchas y algo alargadas, con una enorme abertura principal.

*G. rubra* (d'Orbigny) tiene sus cámaras más esféricas y también la abertura principal es grande. Vista ventralmente es muy parecida a la *Globigerina diplostoma*, pero por el lado dorsal presenta las aberturas secundarias típicas de este género. Es frecuente a lo largo de todo el Mioceno y Plioceno.

En algunos niveles he encontrado unas conchas con el mismo aspecto, pero tres veces más grandes, cuya última cámara posee dos aberturas suplementarias.

*G. elongatus* (d'Orbigny) se caracteriza por su concha grande, cuyas cámaras forman una espiral bastante alargada.

*G. trilobus* (Reuss) es el más frecuente de este género a lo largo del Mioceno y Plioceno y suele presentarse con las tres últimas cámaras mucho más grandes que el resto, y formando por sí solas casi toda la concha. La abertura principal es pequeña y las suplementarias poco visibles, a excepción de las correspondientes a las dos últimas cámaras.

Con el nombre de *Globigerinoides trilocularis* (d'Orbigny) he querido referirme a unos ejemplares parecidos al *G. trilobus*, pero de menor tamaño, y cuya superficie es más groseramente rugosa. Es posible que la especie de d'Orbigny y la de Reuss sean una misma, pero las formas a las que he aplicado estos nombres se diferencian bastante

bien. De todas formas, la confusión no tendría repercusiones estratigráficas, porque ambas aparecen en todo el Mioceno y Plioceno.

Otra especie estrechamente relacionada con la *G. trilobus* es *G. sacculiferus* (Brady), que, de acuerdo con G. Colom, creemos un estado más desarrollado que el anterior, caracterizado porque, además de las cámaras del *G. trilobus*, presenta una última cámara cuya forma es más o menos irregular y cuya superficie está cubierta de perforaciones más finas que las de las demás cámaras. Su distribución es también más restringida: del Vindoboniense al Plioceno inferior.

#### Género Globigerinella, Cushman, 1927.

Globigerinella Cushman. Cont. Cush. Lab. Foram. Res., vol. 3, 1927, p. 87.  
Globigerina (parte) de los autores anteriores.

Concha con las cámaras globulosas en espiral plana y muy abierta hacia el final (sólo las formas microséricas tienen la parte inicial algo trocoidal). Abertura grande, abierta en el área umbilical de los jóvenes; pero en los adultos, en la base frontal de la última cámara, alargada hacia ambos lados casi simétricamente. Cretácico-Actual.

La única especie que hemos hallado es la típica *G. aequilateralis* (H. B. Brady), cuyos caparazones acostumbra a presentarse llenos de pirita y es común en todo el Mioceno y Plioceno.

Del mismo aspecto, pero mucho más grande, he hallado unos ejemplares, como el dibujado en este trabajo en la lámina 15, fig. 19, que procede del Plioceno inferior de las marismas y que pueden pertenecer al género *Hastigerina* Wyville Thomson, con la particularidad de que uno de los caracteres de este género es el que su concha está recubierta de espigas gruesas y cortas; pero como lo que he encontrado es el molde interno en pirita me parece posible que dichos moldes tengan este aspecto. Concretamente, creo que puede ser la *Hastigerina pelagica* (d'Orbigny).

#### SUBFAMILIA ORBULININAE

Conchas del tipo de las Globigerinas; cuya última cámara envuelve a todas las otras, las cuales acaban por reabsorberse. En esta última cámara no posee abertura propiamente dicha, pero sí cierto número de poros gruesos, aparte de los acostumbrados forámenes. Terciario-Actual.

#### Género Orbulina, d'Orbigny, 1839.

Orbulina d'Orbigny: en De la Sagra, Hist. Fis. Pol. Nat., Cuba, 1840. "Foraminíferos", p. 3.

Este género es el único representante de la subfamilia, y sus caracteres son los indicados para aquélla.

*O. universa* (d'Orbigny) tiene la concha formada por la última cámara, de forma perfectamente esférica. Común en todo el Mioceno, Plioceno y Cuaternario, a partir del Burdigaliense medio.

*O. bilobata* (d'Orbigny) debe ser una forma anómala, en la que la última cámara no recubre totalmente a la penúltima, siendo entonces visibles las dos. Esta especie siempre es escasa y la he encontrado desde el Burdigaliense al Plioceno medio.

#### SUBFAMILIA CANDEININAE

Concha trocoidal en los primeros estados, parecida a Globigerina, pero en el adulto la última cámara envuelve casi totalmente a las anteriores, de las que suelen ser visibles dos, en forma de pequeños casquetes.

#### Género Candorbulina, Jedlitschka, 1933.

Candorbulina Jedlitschka. Verh. Naturf. Ver. Brünn., Jahr., 65, 1934, p. 20.

Concha con los caracteres indicados para la subfamilia. No tiene abertura grande, sino una serie de poros gruesos a lo largo de las suturas entre las tres cámaras visibles.

La única especie hallada es la *C. universa* Jedlitschka, de pequeño tamaño. Aunque, según Cushman, es una especie miocena, Colom lo cita en el plasenciense de Cataluña y nosotros también lo hemos hallado a lo largo de todo el Plioceno.

#### SUBFAMILIA PULLENIATINAE

Concha con las primeras cámaras trocoidales, al estilo de Globigerina; luego se van haciendo más involutas y las tres o cuatro últimas abrazan y encierran a todas las anteriores.

#### Género Sphaeroidinella, Cushman, 1927.

Sphaeroidinella Cushman. Cont. Cush. Lab. For. Res., vol. 3, 1927, p. 90.

Concha según he descrito para la subfamilia. Las últimas cámaras



son grandes, y entre dos o tres forman la parte visible de la concha. La abertura es una especie de cavidad alargada y con aspecto de grieta entre las cámaras. Mioceno-Actual.

*S. seminulina* (Schwager) tiene la concha con un aspecto vítreo característico (común en este género), formada por tres o cuatro cámaras de paredes muy gruesas y la abertura es grande y ancha. La he hallado con frecuencia del Burdigaliense al Plioceno.

Otras conchas semejantes en el aspecto vítreo y abertura, pero que por el lado dorsal muestran los abultamientos de las primeras cámaras, aparecen en escaso número desde el Mioceno superior al Plioceno medio. Las incluyo con el nombre de *Sphaeroidinella* sp. 1.

#### FAMILIA GLOBOROTALIIDAE

Concha con las cámaras en espiral trocoidal; su superficie es muy variable, desde lisa y brillante hasta espinosa. En algún caso las últimas cámaras tienden a tomar una disposición concéntrica. Abertura en el lado ventral, cerca del área umbilical.

##### Género Globorotalia, Cushman, 1927.

Globorotalia Cushman. Cont. Cush. Lab. For. Res., vol. 3, 1927, p. 91. Rotalia (parte); Rotalina (parte); Planulina (parte); Pulvinulina (parte) de los autores anteriores.

Concha biconvexa, generalmente más abultada por el lado ventral. Cámara en espiral trocoidal y abertura alargada en el margen ventral de la última cámara. Comprende numerosas especies repartidas desde el Eoceno (y acaso Cretácico) al mar actual.

*G. crassula* Cushman y Stewart es exclusiva del Plioceno, y puede reconocerse porque posee cuatro cámaras en la última vuelta; su concha es casi plana por el lado dorsal y convexa por el ventral, y la superficie ligeramente rugosa.

*G. hirsuta* (d'Orbigny) es también exclusiva del Plioceno. Su concha es finamente rugosa, con cuatro cámaras en la última vuelta, de las que la última es muy grande, especialmente si se ve por el lado ventral.

*G. mayeri* (Cushman y Ellisor) tiene una forma más globulosa que se parece a la de *Globigerina concinna* Reuss. Posee cinco cámaras en la última vuelta y la abertura, que empieza en el borde de la última cámara, se prolonga un poco por la pared de ésta, apartándose del

borde. Hasta el momento sólo la he hallado en el Burdigaliense y Vindoboniense.

*G. menardii* (d'Orbigny) es muy frecuente desde el Vindoboniense al Cuaternario, y se puede reconocer por su concha, casi planocnveca, de superficie brillante, cuyas cámaras, en número de seis en la última vuelta, presentan una quilla marginal marcada.

*G. praemenardii* Cushman y Stainforth se parece a la anterior, pero es más claramente biconvexa y con pequeñas granulaciones, a modo de berrugas, especialmente abundantes en el lado ventral, sobre las cámaras más pequeñas de la última vuelta de espira; las tres últimas cámaras están libres de estos pequeños gránulos. Según las muestras estudiadas, esta especie es exclusiva del Burdigaliense.

*G. tumida* (Brady) se parece también a la *G. menardii*. Posee cinco o seis cámaras en la última vuelta, cuyo crecimiento es más uniforme y la forma de la concha también resulta más biconvexa, con el reborde o quilla menos marcado.

*G. scitula* (Brady) es, con la *G. menardii*, la más abundante en todos los terrenos estudiados. Su concha, algo más pequeña, es lisa y brillante, con el borde periférico marcado, pero romo, y cuatro o cinco cámaras en la última vuelta.

En algunos puntos, entre el Mioceno superior y el Plioceno abunda una variedad de la *G. scitula* de pequeño tamaño.

*G. punctulata* (d'Orbigny) es globulosa, sin quilla ni asomos de ella y con cuatro o cinco cámaras en la última vuelta, y superficie finamente rugosa. Se encuentra, poco abundante, en el Mioceno superior y Plioceno superior, pero no la he visto en los terrenos intermedios.

#### FAMILIA ANOMALINIDAE

Concha caliza, frecuentemente con un lado convexo y el otro plano, o casi plano. Las primeras cámaras están dispuestas en espiral trocoidal y las últimas tienden a espiral plana y son más desenvueltas. Abertura variable. Se divide en dos subfamilias.

##### SUBFAMILIA ANOMALININAE

Conchas bien desarrolladas, con tendencia a bisimétricas. Abertura en el borde periférico.

### Género Anomalina, d'Orbigny, 1826.

Anomalina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 282.

Aspidospira Ehremberg; Porospira Ehremberg; Rosalina (parte); Rotalia (parte) de otros autores.

Concha trocoidal e involuta al final, más o menos asimétrica. Abertura en la base de la última cámara, en general alargada desde la periferia hasta el área umbilical. Cretácico-Actual.

*A. balthica* (Schoeter) es pequeña, con las suturas anchas y limbadas, lo mismo que su borde periférico. La concha es transparente. Sólo existe en el Cuaternario y Plioceno superior y es posible que la transparencia de la concha se deba a su escasa antigüedad.

En otros niveles del Mioceno he visto algunas conchas que se parecen mucho a las de esta especie si se miran empapadas de glicerina, pero no existen referencias de que haya sido hallada en este periodo. De todas formas es evidente que esta especie se aparta del de las otras Anomalinas y se aproxima más bien al género Planomalina.

*A. flinti* Cushman recuerda a un Nonion, por poseer una depresión umbilical pequeña y profunda a cada lado. Se diferencia en que no es simétrica, y por uno de los lados se ve el área umbilical más abierta. La última vuelta se compone de 14-16 cámaras, si bien en el dibujo original sólo posee 12 ó 13. En el moderno atlas del A. G. I. P. aparecen, junto con la *A. flinti*, otras conchas parecidas clasificadas como *A. alazanensis* Nuttal var. *spissiformis* (Cushman y Stainforth), y Colom, en su último trabajo sobre el Burdigaliense mallorquín (8), la llama *A. flinti* Cushman var. *spissiformis* (Cushman y Stainforth), juzgando sin duda que la relación de estas Anomalinas entre sí es muy estrecha.

En el Mioceno superior y Vindoboniense hemos visto, siempre escasas, conchas atribuibles a *A. flinti* Cushman.

*A. grosserugosa* (Gümbel) es el nombre que he dado a una especie cuya superficie está llena de pequeños hoyos. Dorsalmente todas las suturas están en relieve y son limbadas, excepto las dos o tres últimas, y ventralmente se ve la espiral con una zona umbilical ancha. La clasificación de estos ejemplares la he hecho según el citado atlas del A. G. I. P. Mineraria (1), pero posteriormente a la elaboración del presente trabajo he visto el dibujo original de la *Truncalina grosserugosa* hecho por Gümbel, y advierto que no se parece a ninguna de las posteriormente citadas con ese nombre; ni de Colom, ni de Cushman, ni tampoco a ésta que yo he dibujado y que existe desde el Tortoniense al Plioceno medio.

*A. helicina* (Costa) es común en muchos niveles, desde el Tortonien-

se al Plioceno, y puede reconocerse por sus cámaras de crecimiento regular, en número de diez o más en la última vuelta, las suturas limbadas y un reborde calizo hialino que limita la espira alrededor del área umbilical por su lado dorsal.

*A. pompilioides* Galloway y Heminway tiene la superficie cubierta de pequeños hoyos, más pequeños y numerosos que en la que hemos llamado *A. grosserugosa*; las suturas son hundidas y las seis o siete cámaras de la última vuelta resultan infladas. No he podido consultar el trabajo original, pero los ejemplares de Andalucía son iguales a los que dibujan Cushman y Stainforth (19) en su trabajo sobre la formación Cípero de Trinidad. En otras publicaciones se ven ejemplares de esta especie clasificados como *A. grosserugosa* (Gümbel).

*A. ornata* (Costa) tiene una concha gruesa, biconvexa, con el borde periférico redondeado y quince o más cámaras en la última vuelta. Es característico que la parte umbilical de ambos lados, especialmente el dorsal, está cubierta por un grueso botón calizo.

He incluido como *Anomalina* sp. 1 una forma exclusiva del Burdigaliense, cuya concha es bastante evoluta por el lado dorsal, lo que le da ciertas analogías con el género Cibicides.

### Género Planulina, d'Orbigny, 1826.

Planulina d'Orbigny. Ann. Sci. Nat., vol. 7, 1826, p. 280.

Truncatulina (parte); Anomalina (parte) de otros autores.

Conchas aplanadas en general, pero siempre trocoidales; muchas veces las primeras cámaras son visibles desde ambos lados en las formas megalosféricas. Abertura en la base de la última cámara, en la línea media. Bastantes especies desde el Cretácico al mar actual.

*P. ariminensis* (d'Orbigny) es plana por los dos lados y desde ambos se ve toda la espira, pues la concha es bastante evoluta. Común desde el Mioceno superior al Cuaternario.

*P. doherti* Galloway y Morrison es plana por el lado dorsal y convexa por el ventral, pero desde este lado las cámaras son completamente involutas y sólo pueden verse las diez u once que forman la última vuelta. Puede ser la forma microsérica de *P. wuellerstorffii* y es exclusiva del Mioceno, a partir del Burdigaliense.

*P. wuellerstorffii* (Schwager) es también plano-convexa e involuta por el lado ventral, por el que sólo se ven las ocho o nueve cámaras de la última vuelta de espira. Existe también en todo el Mioceno a partir del Burdigaliense, y ya he indicado mi opinión de que sea la misma especie que *P. doherti*, pero en la forma macrosérica, pues posee una gran cámara inicial claramente visible por el lado dorsal.

*P. marialana* Hadley es biconvexa, con una pequeña quilla periférica; todas las cámaras visibles por el lado dorsal, y sólo las once o doce de la última vuelta por el ventral, donde el área umbilical forma una oquedad. Sólo es frecuente en el Burdigaliense, pero también lo he visto raramente en el Tortoniense.

*P. renzi* Cushman y Stainforth es como la anterior, pero de tamaño doble. Forma biconvexa, con una pequeña quilla periférica y de trece a quince cámaras en la última vuelta. Pueden ser formas más desarrolladas de la misma especie que *P. marialana*, porque también su distribución es semejante: abundante en el Burdigaliense y rara en el Vindoboniense.

#### Género Laticarinina, Galloway y Wissler, 1927.

Laticarinina Galloway y Wissler. Journ. Pal., vol. 1, núm. 3, 1927, p. 193.  
Pulvinulina (parte) de otros autores; Pellatispira Cushman.

Concha con la primera parte trocoidal y luego en espiral plana; las cámaras suelen tener el lado dorsal plano y el ventral inflado, pero lo más característico es la presencia de una quilla periférica muy ancha y transparente. Abertura en el margen periférico de las cámaras o, a veces, ventral.

*L. pauperata* (Parker y Jones) es frecuente en algunos niveles desde el Burdigaliense al Mioceno superior y representa la forma típica del género. En el ejemplar por mí dibujado en este atlas las cámaras son igualmente convexas a ambos lados de la quilla, pero había ejemplares de menor tamaño, cuyas cámaras sólo estaban fuertemente infladas por un lado, como corresponde a su modo de vida sedentaria, descansando sobre el lado que queda plano.

En el Mioceno superior y Plioceno he encontrado otra especie con la forma típica plano-convexa, cuyas cámaras, por el lado convexo, llevan una especie de apéndice relativamente grande. No he podido encontrar una referencia apropiada y la he dejado como *Laticarinina* sp. 1.

#### SUBFAMILIA CIBICIDINAE

Concha con el lado dorsal aplanado o cóncavo. La abertura se prolonga a lo largo de la base de la cámara por el lado dorsal.

#### Género Cibicides, Montfort, 1808.

Cibicides Montfort. Conch. System., vol. 1, 1808, p. 123.  
Truncatulina (parte); Nautilus (parte); Rosalina (parte); Rotalina (parte) de otros autores.

Concha plano-convexa, porque suelen vivir apoyados sobre el lado dorsal. Su abertura se extiende desde el borde periférico, a lo largo de la base de la última cámara, por el lado dorsal (raramente continúa por el ventral), protegida por un largo reborde. Jurásico (dudoso), Cretácico-Actual.

*C. boueanus* (d'Orbigny) es pequeño y se caracteriza por las suturas anchas y fuertemente limbadas. La forma es típica, plano-convexa, y posee ocho o nueve cámaras en la última vuelta.

*C. cushmani* Nuttall es bastante convexo por el lado dorsal; sus suturas son anchas y limbadas, y posee doce o trece cámaras en la última vuelta. La concha resulta bastante involuta por los dos lados y por ello en algunos trabajos modernos se incluye en otro género: Cibicidina. Sólo la he encontrado en el Burdigaliense y Aquitaniense.

*C. floridanus* Cushman es grande, biconvexo, un poco aplanado dorsalmente y con once o doce cámaras en la última vuelta. La superficie dorsal de las primeras vueltas de espira está adornada por granulaciones y relieves calizos, que corresponden a los rebordes de las aberturas. Común desde el Vindoboniense al Plioceno.

*C. ungerianus* (d'Orbigny) es semejante al anterior con diez u once cámaras en la última vuelta, pero la superficie de la concha es lisa, sin adornos. Es común en todo el Mioceno, Plioceno y Cuaternario.

*C. robertsonianus* (Brady) es también próximo a los anteriores, pero puede distinguirse porque su espira aumenta más regularmente y se compone de cuatro vueltas completas, mientras que las anteriores sólo tienen tres. Además su distribución es diferente: aparece en todo el Mioceno, excepto el Aquitaniense, pero no lo he visto en el Plioceno, aunque es segura su existencia, pues vive en el mar actual.

*C. pseudoungerianus* Cushman es el más frecuente y aparece en todos los niveles. Es fácil de reconocer porque dorsalmente suele ser aplanado o algo cóncavo, con un ancho botón calizo que impide ver las primeras vueltas de espira; por el lado ventral, la última vuelta es algo evoluta y limita una ancha zona umbilical, rellena igualmente de material calizo.

*C. lobatulus* (Walker y Jacob) tiene una espira bastante desenvuelta y las cámaras aumentan rápidamente de tamaño. Suele ser totalmente plano por el lado dorsal, y muy frecuentemente la concha está doblada o deformada, por adaptarse a cualquier objeto del fondo marino. Existe en todos los terrenos estudiados, pero es más abundante a partir del Vindoboniense y en el Plioceno, donde aparece con extraordinaria variedad de formas.

*C. praecinctus* (Karrer) tiene una forma próxima a los Epónides y

sólo la abertura que se prolonga hacia ambos lados del borde marginal permite incluirlo en los Cibicides. La concha es trocoidal, pero poco convexa por el lado dorsal, y posee diez o doce cámaras en la última vuelta. Frecuente del Vindoboniense al Plioceno medio.

Otras conchas las hemos determinado, con dudas, como *Cibicides mexicanus* Cushman. Son de forma cónica, con el lado dorsal aplanado y el ventral muy convexo, de forma que la parte más alta, correspondiente al ápice del cono, es la zona umbilical ventral. Existe en todo el Plioceno y también en el Mioceno superior.

#### FAMILIA ORBITOIDIDAE

Por su tamaño entran en el grupo de los macroforaminíferos.

Concha delgada o inflada, de forma discoidal, con las cámaras ecuatoriales en una capa sencilla, que puede llegar a ser múltiple cerca de la periferia y está cubierta a ambos lados por nuevas cámaras en capas superpuestas.

Las primeras cámaras de las formas microséricas se disponen en espiral plana; pero las de las formas megaloséricas forman agrupamientos muy variables, unas veces en espiral y otras en disposición irregular.

Se parecen a Nummulítidos, pero sin los sistemas de canales característicos de esta familia. Cretácico superior-Mioceno inferior.

#### SUBFAMILIA LEPIDOCYCLININAE

Género *Nephrolepidina*, H. Douvillé, 1911.

*Nephrolepidina* H. Douvillé; Philippine Journ. Sci., vol. 6, 1911, p. 59.  
*Amphilepidina* H. Douvillé.

Es considerado como un subgénero de *Lepidocyclina*.

“Estado embrionario” con dos cámaras, la primera redondeada y la segunda reniforme, generalmente mayor. Cámaras ecuatoriales en forma de espátula; toda la concha atravesada por pilares que se marcan al exterior en sendas papilas. Comprende varias especies desde el Eoceno superior al Mioceno superior.

*N. marginata* Michelotti es común en una brecha fina del Aquitaniense, y sólo puede ser clasificada en sección, para hacer visible la parte inicial de la concha.

Género *Eulepidina*, H. Douvillé, 1911.

*Eulepidina* H. Douvillé. Philippine Journ. Sci., vol. 6, 1911, p. 59.

Es otro subgénero de *Lepidocyclina*.

“Estado embrionario” con dos cámaras; la segunda muy grande y redondeada, envolviendo a la primera parcialmente. Cámaras ecuatoriales en forma de espátula; las demás con paredes curvadas o angulares. Sus especies aparecen del Oligoceno inferior al Mioceno medio.

En la misma brecha aquitaniense citada es frecuente la *E. dilatata* Michelotti, de gran tamaño, forma discoidal algo ondulada y, a veces, con la parte central algo abultada.

#### FAMILIA MIOGYPSINIDAE

Concha triangular o casi orbicular. “Estado embrionario” con dos cámaras rodeadas de otras más pequeñas en disposición muy variable, a veces en espiral. Posee un canal espiral y otros canales interseptales. Cámaras ecuatoriales romboidales.

Género *Miogypsina*, Sacco, 1893.

*Miogypsina* Sacco. Bull. Soc. Belge Geol., vol. 7, 1893, p. 205.  
*Flabelliporus* Dervieux; *Lepidosemicyclina* Ruten.

El “estado embrionario” es excéntrico y las dos cámaras son casi del mismo tamaño; alrededor hay varias cámaras pequeñas de forma redondeada, subtriangular, en tránsito hacia la forma de las demás cámaras ecuatoriales, que son romboidales o exagonales.

La *M. burdigaliensis* (Gümbel) acompaña a las *Lepidocyclinas* en la caliza brechoide del Aquitaniense y además he hallado algunas en los niveles de tipo litoral burdigalienses. La concha es discoidal, subtriangular, y la superficie está cubierta de papilas calizas.



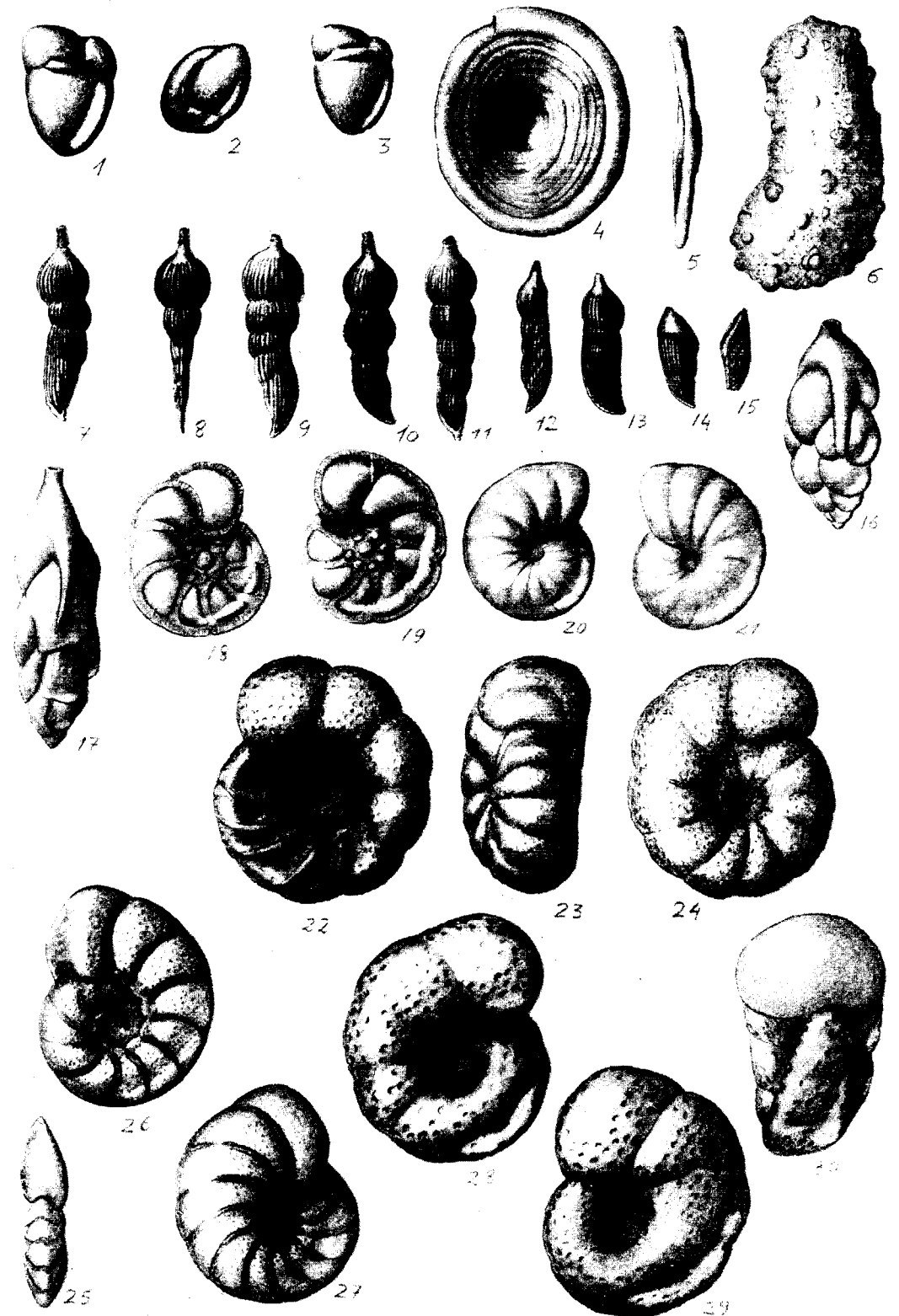
L A M I N A S

LAMINA 1

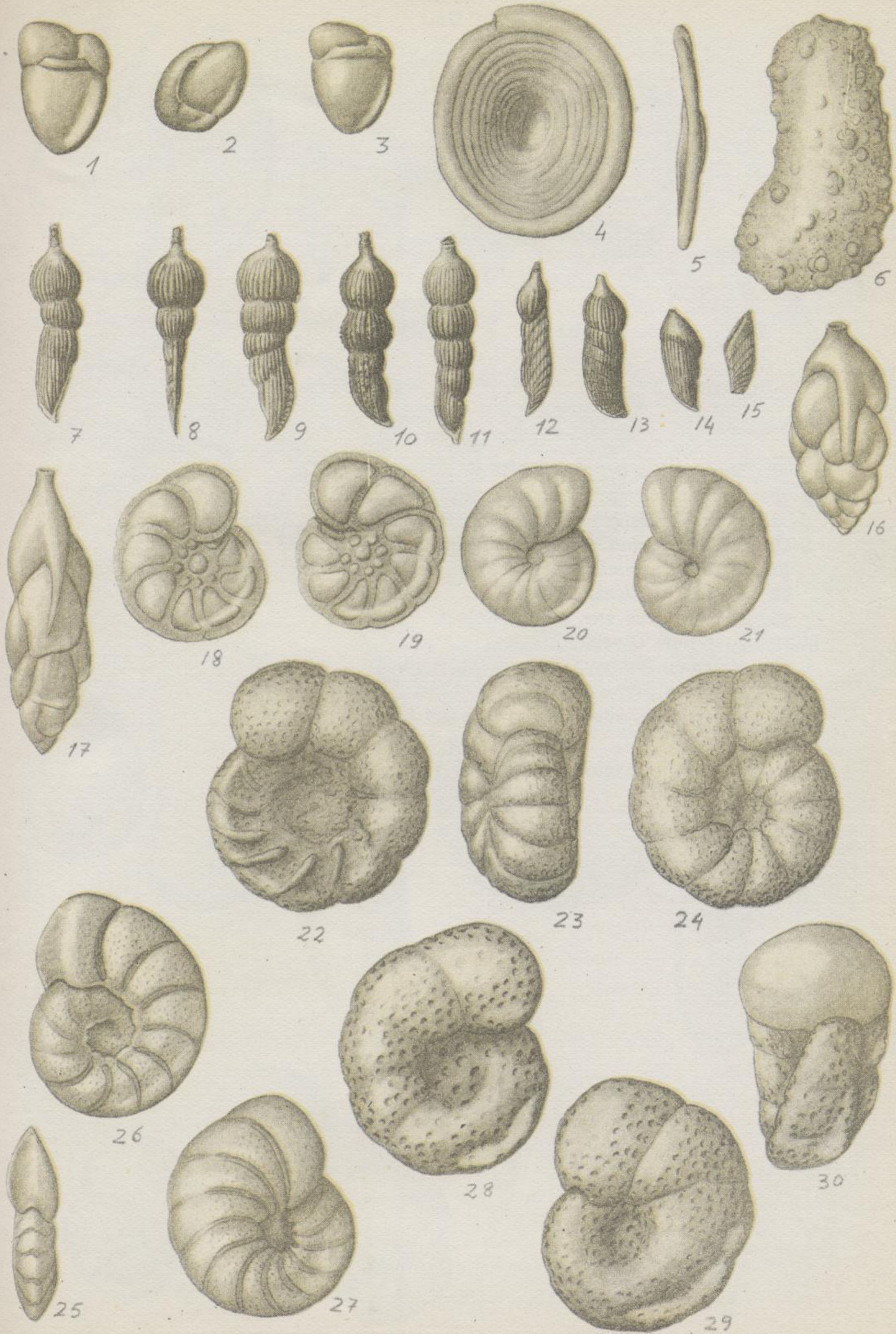
- 1- 3. *Allomorphina trigona* Reuss. (en pirita).  
 4- 5. *Ammodiscus incertus* (d'Orbigny).  
 6-14. *Amphicoryne* sp. (*Lagenonodosaria ispinicosta?*). × 50  
 15. *Ammobaculites agglutinans* (d'Orbigny).  
 16. *A. fornasini* Selli. × 100  
 17. *Angulogerina angulosa* (Williamson). × 100  
 18-19. *Anomalina balthica* (Schroeter).  
 20-21. *A. flinti* Cushman.  
 22-24. *A. grosserugosa* (Gümbel).  
 25-27. *A. helicina* (Costa).  
 28-30. *A. aff. grosserugosa* (Gümbel).

Salvo otra indicación, todos. × 65

LAMINA 1



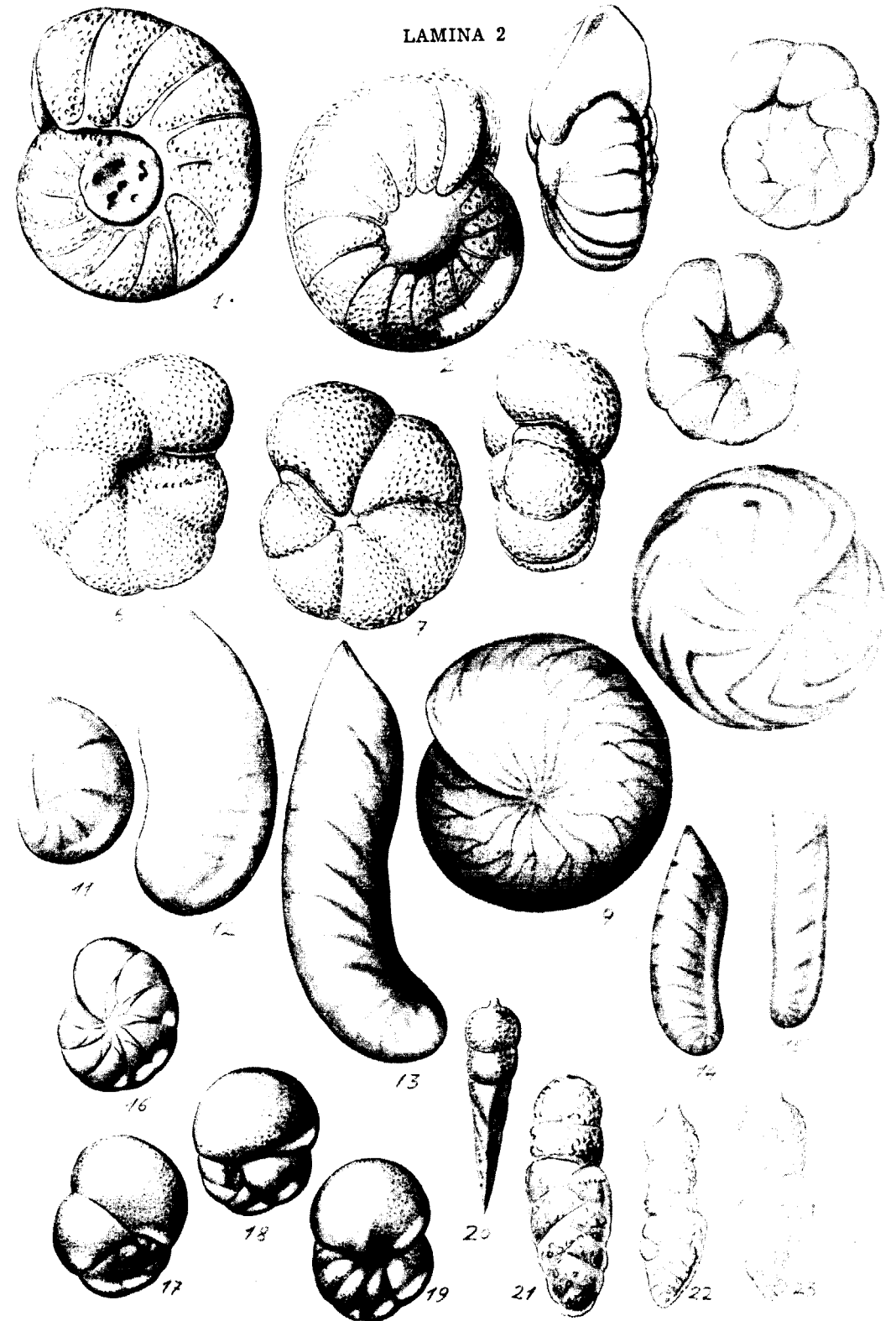
LAMINA 1



LAMINA 2

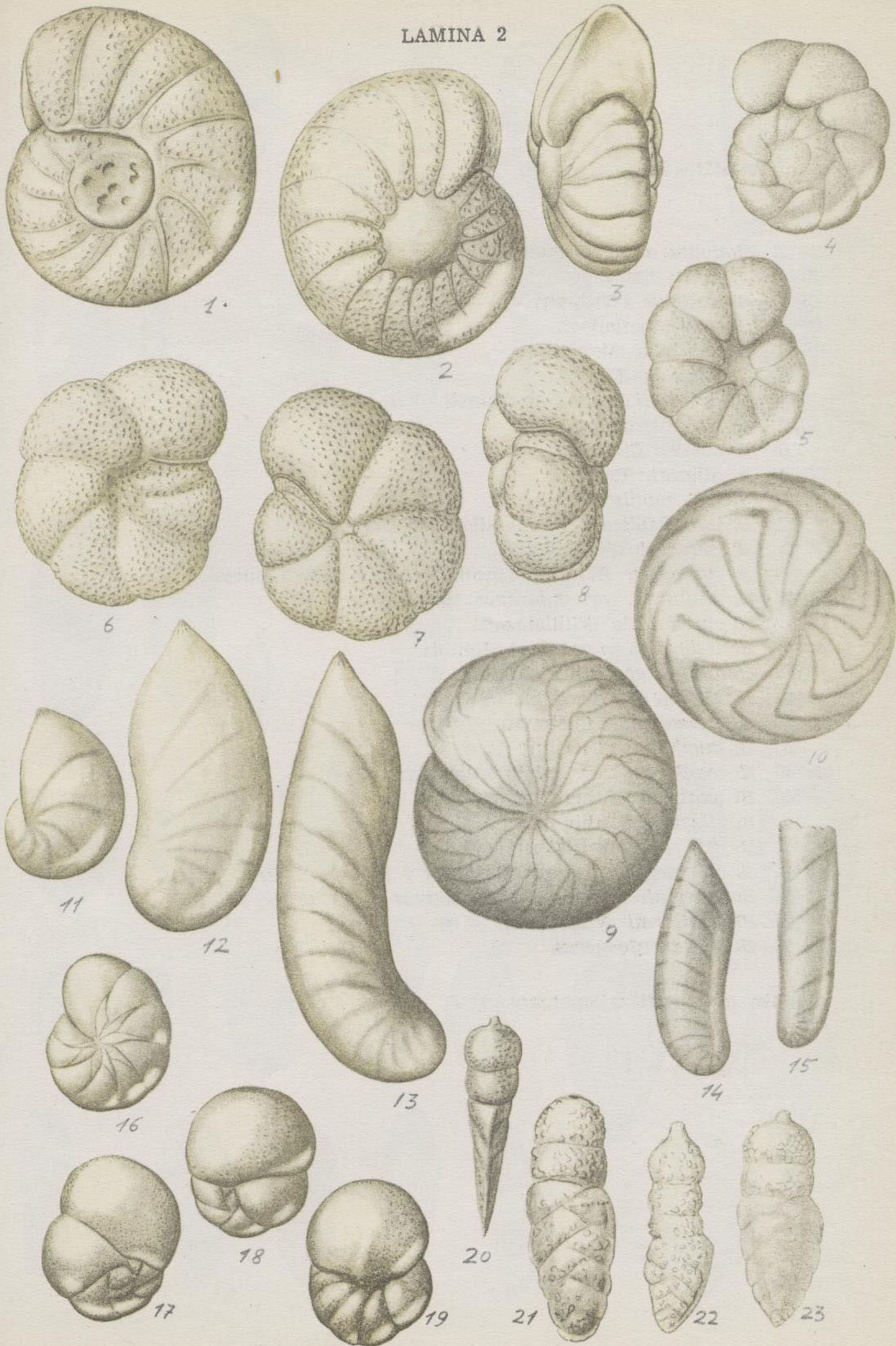
- 1- 3. *Anomalina ornata* (Costa).  
 4- 5. *Anomalina* sp. 1.  
 6- 8. *A. pompilioides* Galloway y Heminway.  
 9-10. *Amphistegina lessoni* d'Orbigny. × 40  
 11. *Astacolus ovatus* Galloway y Heminway.  
 12. *A. aff. subtilius* Nuttall.  
 13. *A. subtilius* var. *jordai* Colom.  
 14-15. *A. tenuis* (Bornemann).  
 16. *Astrononion stelligerum* (d'Orbigny).  
 17-19. *Baggina gibba* Cushman y Todd.  
 20-23. *Bigenerina nodosaria* d'Orbigny.

Salvo otra indicación, todos. × 65





LAMINA 2

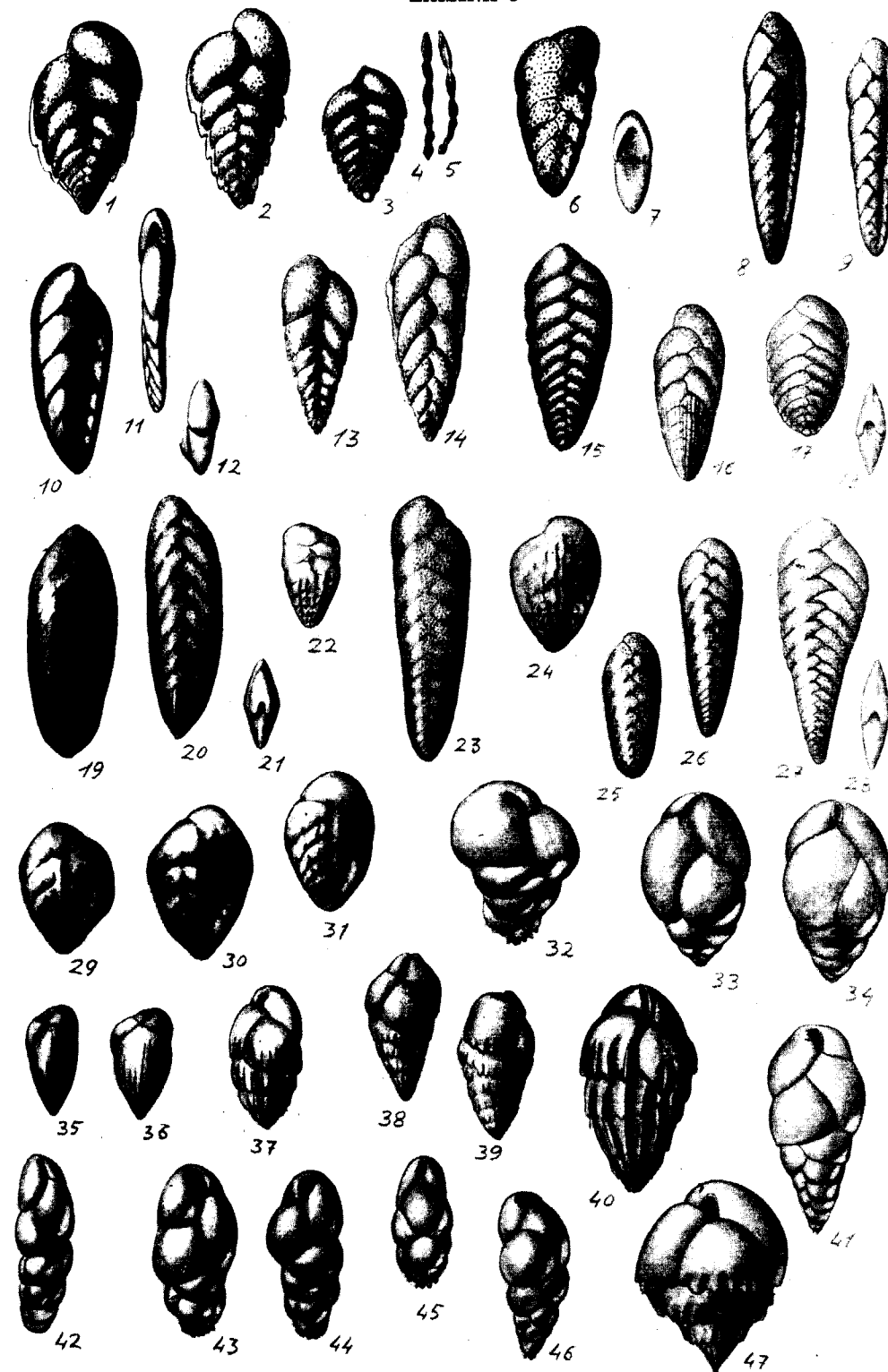


LAMINA 3

- 1- 2. *Bolivina alata* (Seguenza).  
 3- 5. *B. alata* var. 1.  
 6- 7. *B. antiqua* d'Orbigny.  
 8- 9. *B. arta* Macfadyen.  
 10-12. *B. aff. arta* Macfadyen.  
 13. *B. beyrichi* Reuss.  
 14. *B. beyrichi* Reuss. (en tránsito a *B. alata*).  
 15. *B. catanensis* Seguenza.  
 16. *B. cookei* Cushman.  
 17-18. *B. dilatata* Reuss.  
 19-21. *B. aff. nobilis* Hantken.  
 22. *B. pseudoplicata* Heron-Allen y Earland.  
 23. *B. punctata* d'Orbigny.  
 24. *B. reticulata* Hantken (probablemente Bolivinoides).  
 25-26. *B. scalprata* var. *miocenica* Macfadyen.  
 27-28. *B. spathulata* (Williamson).  
 29-31. *Bolivinoides miocenicus* Gianotti.  
 32. *Bulimina aculeata* d'Orbigny. × 60  
 33-34. *B. affinis* d'Orbigny. × 60  
 35-36. *B. alazanensis* Cushman. × 60  
 37. *B. buchiana* d'Orbigny. × 60  
 38-39. *B. buchiana* var. *calabra* Seguenza. × 60  
 40. *B. costata* d'Orbigny. × 60  
 41. *B. elegans* d'Orbigny. × 60  
 42. *B. aff. elongata* d'Orbigny. × 60  
 43-44. *B. elongata* var. *lappa* Cushman y Parker. × 60  
 45. *B. elongata* var. *subulata* Cushman y Parker. × 60  
 46. *B. fusiformis* Williamson. × 60  
 47. *B. inflata* Seguenza. × 60

Salvo otra indicación, todos. × 80

LAMINA 3



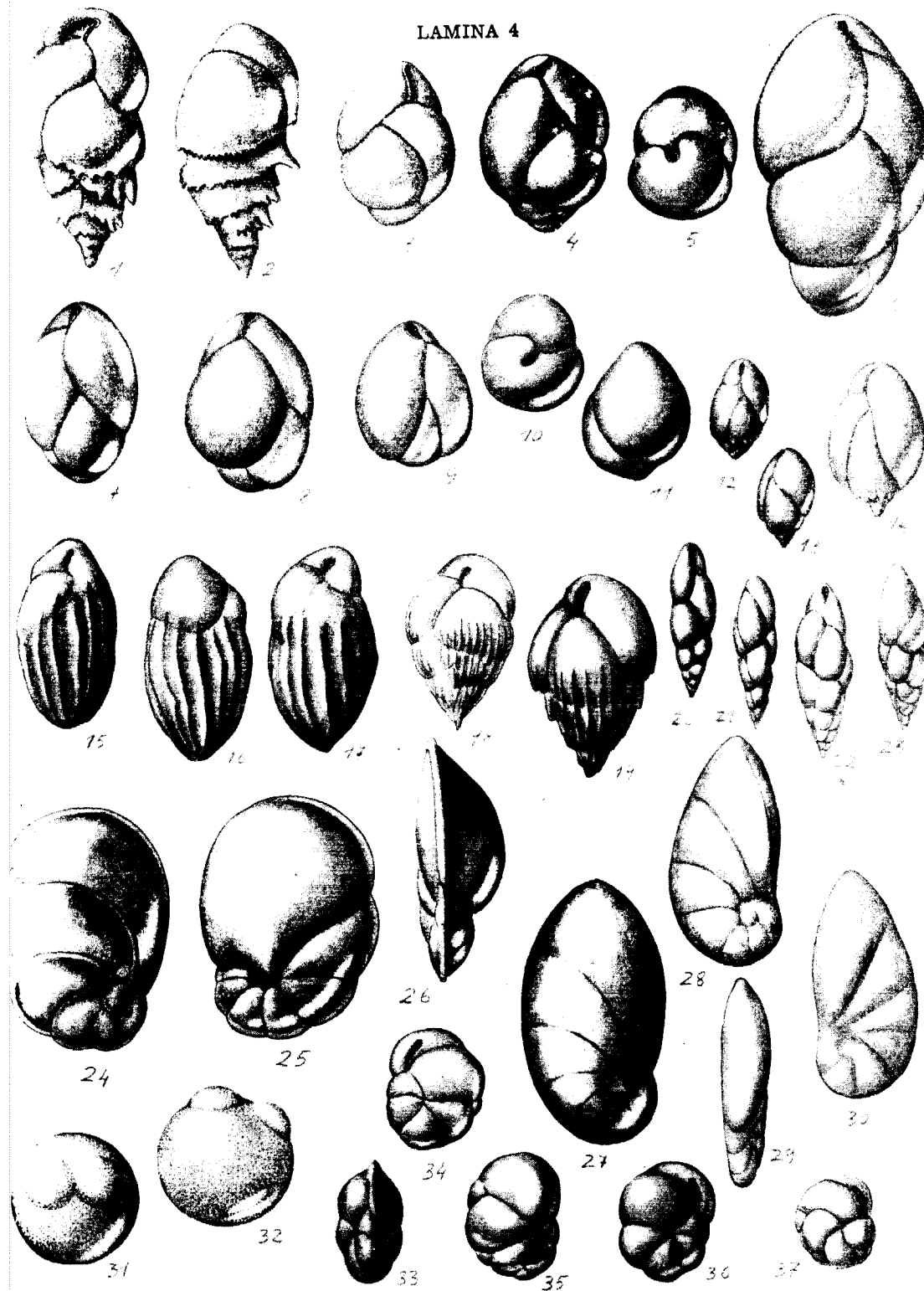
LAMINA 3



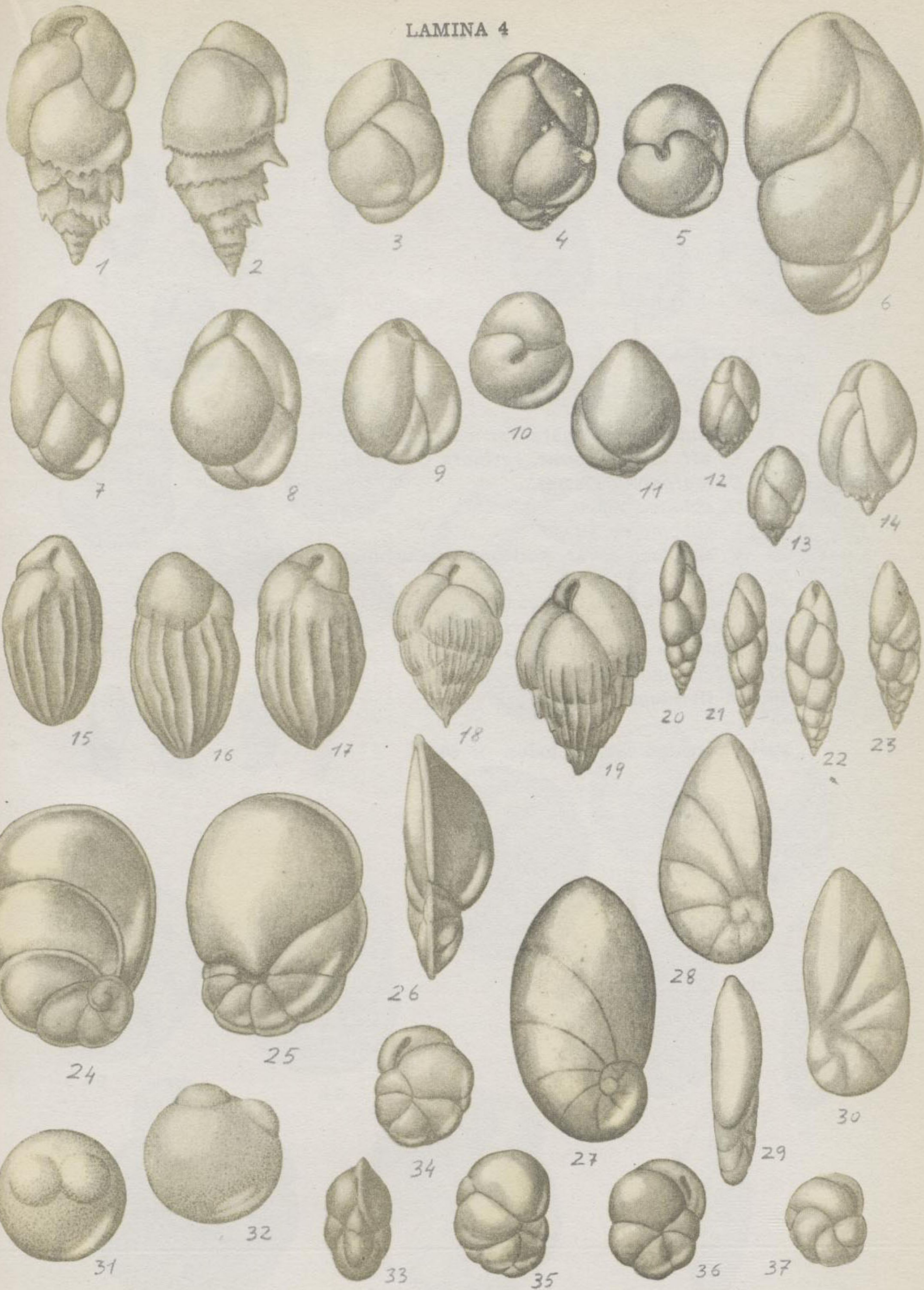
LAMINA 4

- 1- 2. *Bulimina marginata* d'Orbigny.  $\times 100$   
 3- 5. *B. aff. pseudoaffinis* Kleimpell.  
 6- 8. *B. pupoides* d'Orbigny.  
 9-11. *B. pyrula* d'Orbigny.  
 12-14. *B. aff. pyrula* var. *spinescens* Brady.  
 15-17. *B. rostrata* H. B. Brady.  
 18. *B. striata* d'Orbigny.  
 19. *B. subcalva* Cushman y K. C. Stewart.  
 20-23. *B. sp. 1.*  
 24-26. *Cancris auriculus* (Fichtel y Moll).  
 27-30. *C. oblongus* (d'Orbigny).  
 31-32. *Candorbulina universa* Jedlitschka.  
 33-36. *Cassidulina crassa* d'Orbigny.  
 37. *C. laevigata* d'Orbigny.

Salvo otra indicación, todos.  $\times 70$



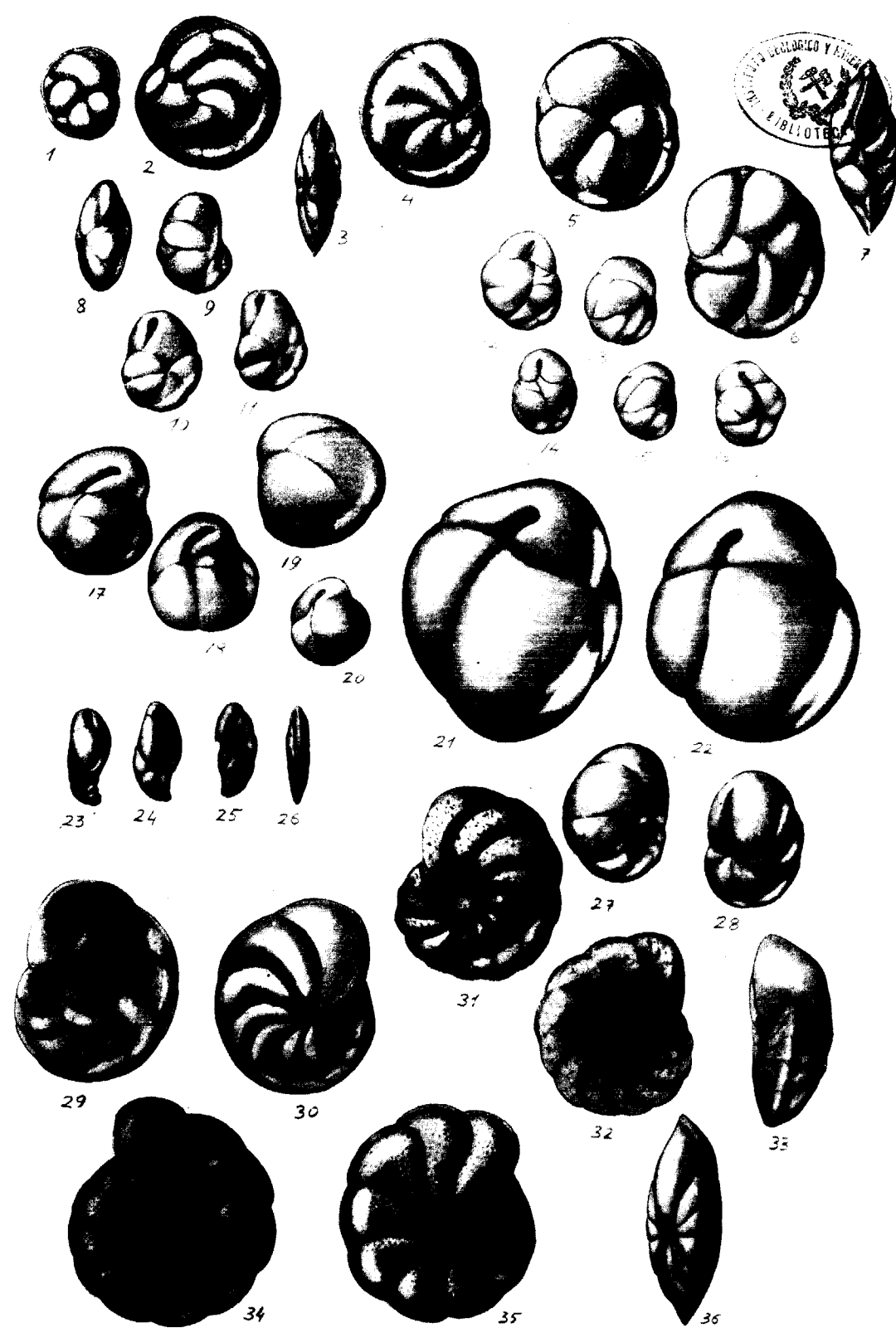
LAMINA 4

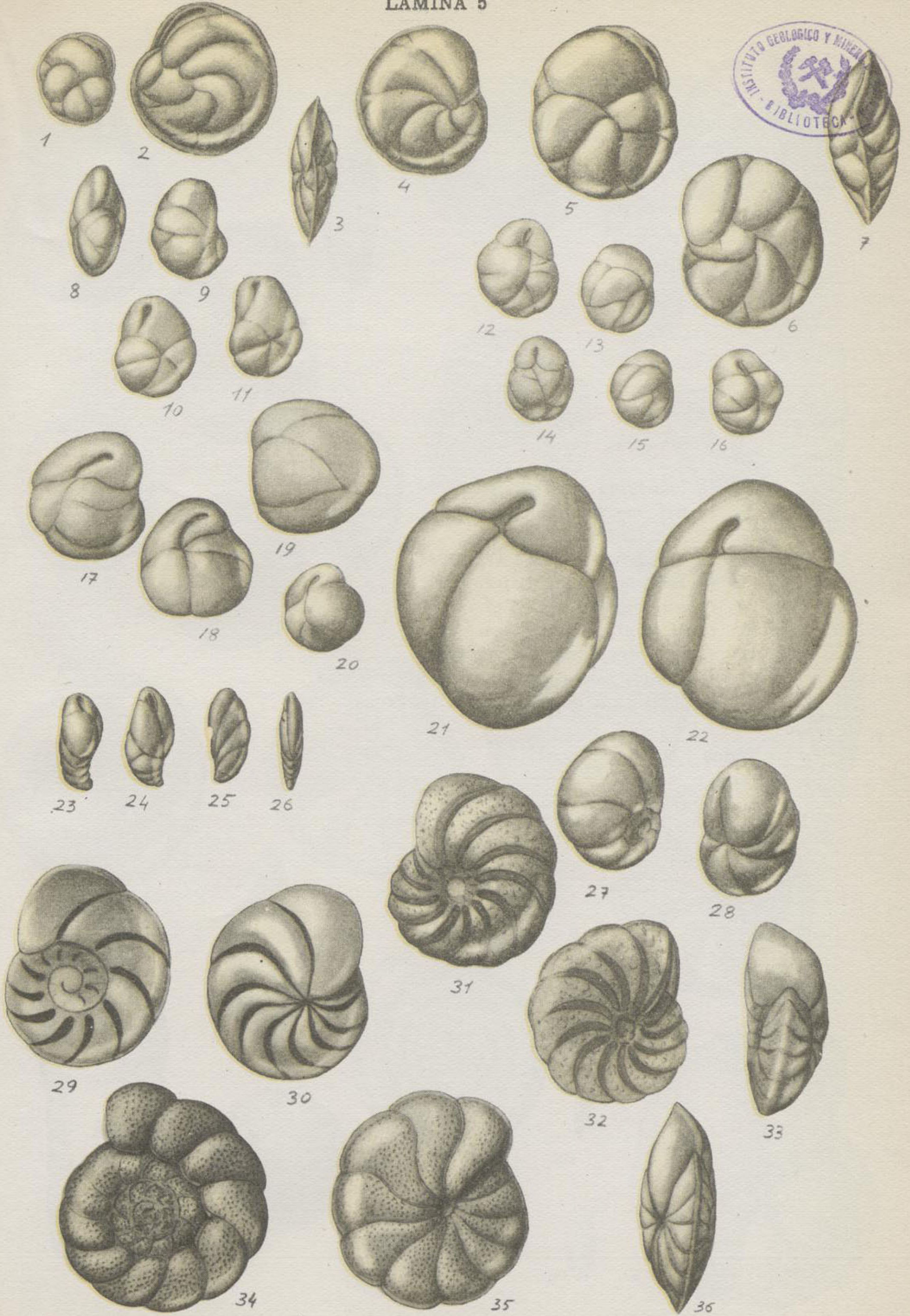


LAMINA 5

1. *Cassidulina laevigata* var. *carinata* Cushman.
- 2- 4. *C. aff. laevigata* var. *carinata* Cushman.
- 5- 7. *C. margareta* Karrer.
- 8-11. *C. oblonga* Reuss.
- 12-16. *C. subglobosa* Brady.
- 17-20. *C. subglobosa* var. *horizontalis* Cushman y Lenz.
- 21-22. *C. sp. 1.* × 70
- 23-26. *Cassidulinoidea bradyi* (Norman).
- 27-28. *Ceratobulimina contraria* (Reuss).
- 29-30. *Cibicides boueanus* (d'Orbigny).
- 31-33. *C. cushmani* Nuttall.
- 34-36. *C. floridanus* Cushman.

Salvo otra indicación, todos. × 60



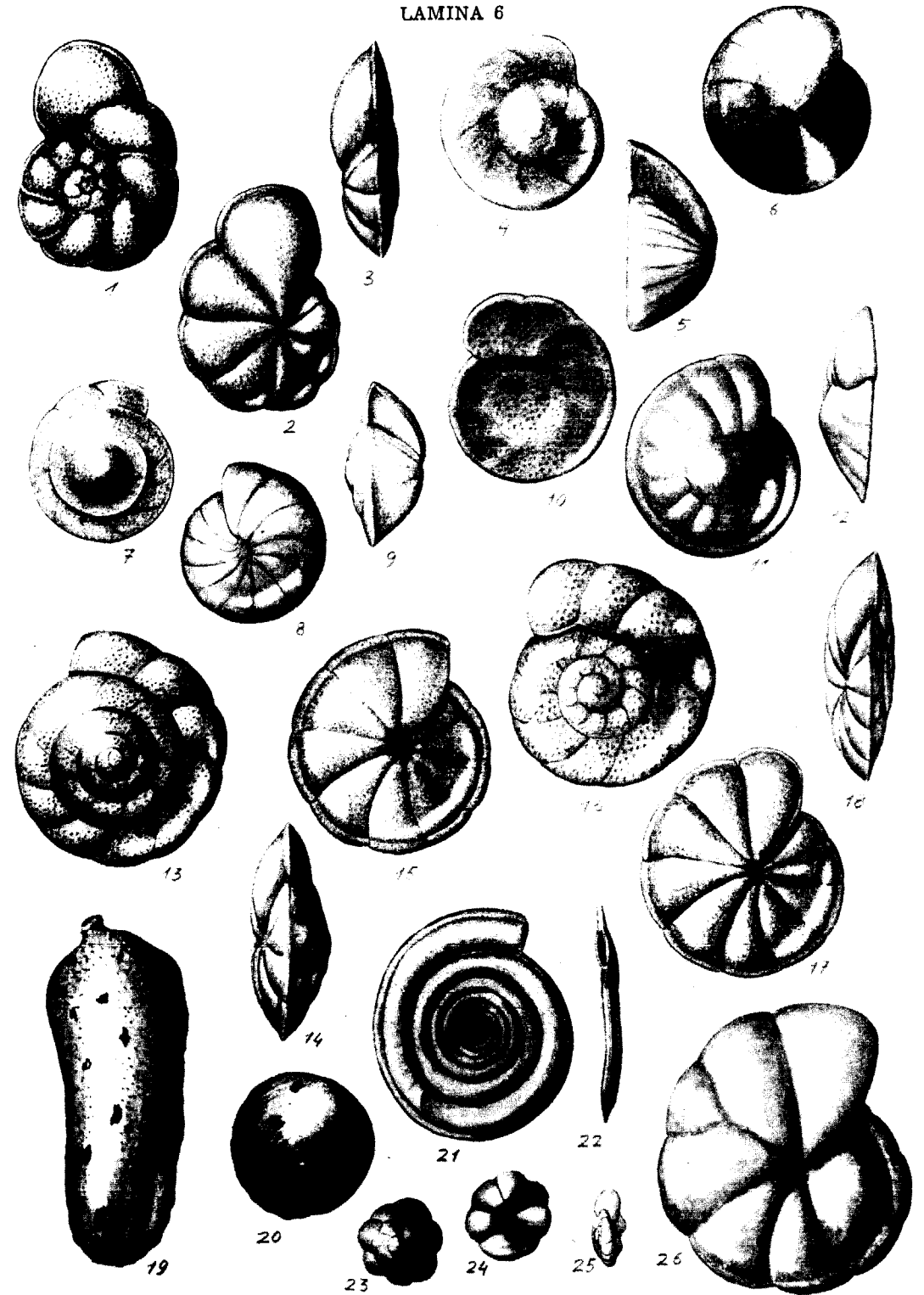


LAMINA 6

- 1- 3. *C. lobatulus* (Walker y Jacob).  
 4- 6. *C. aff. mexicanus* Cushman.  
 7- 9. *C. praecinctus* (Karrer).  
 10-12. *C. pseudoungerianus* Cushman.  
 13-15. *C. robertsonianus* (Brady).  
 16-18. *C. ungerianus* (d'Orbigny).  
 19-20. *Clavulina rudis* (Costa).  
 21-22. *Cornuspira carinata* (Costa).  
 23-25. *Cymbaloporetta squamosa* (d'Orbigny).  
 26. *Cyclammia acutidorsata* (Hantken).

Todos. × 60

LAMINA 6





LAMINA 6

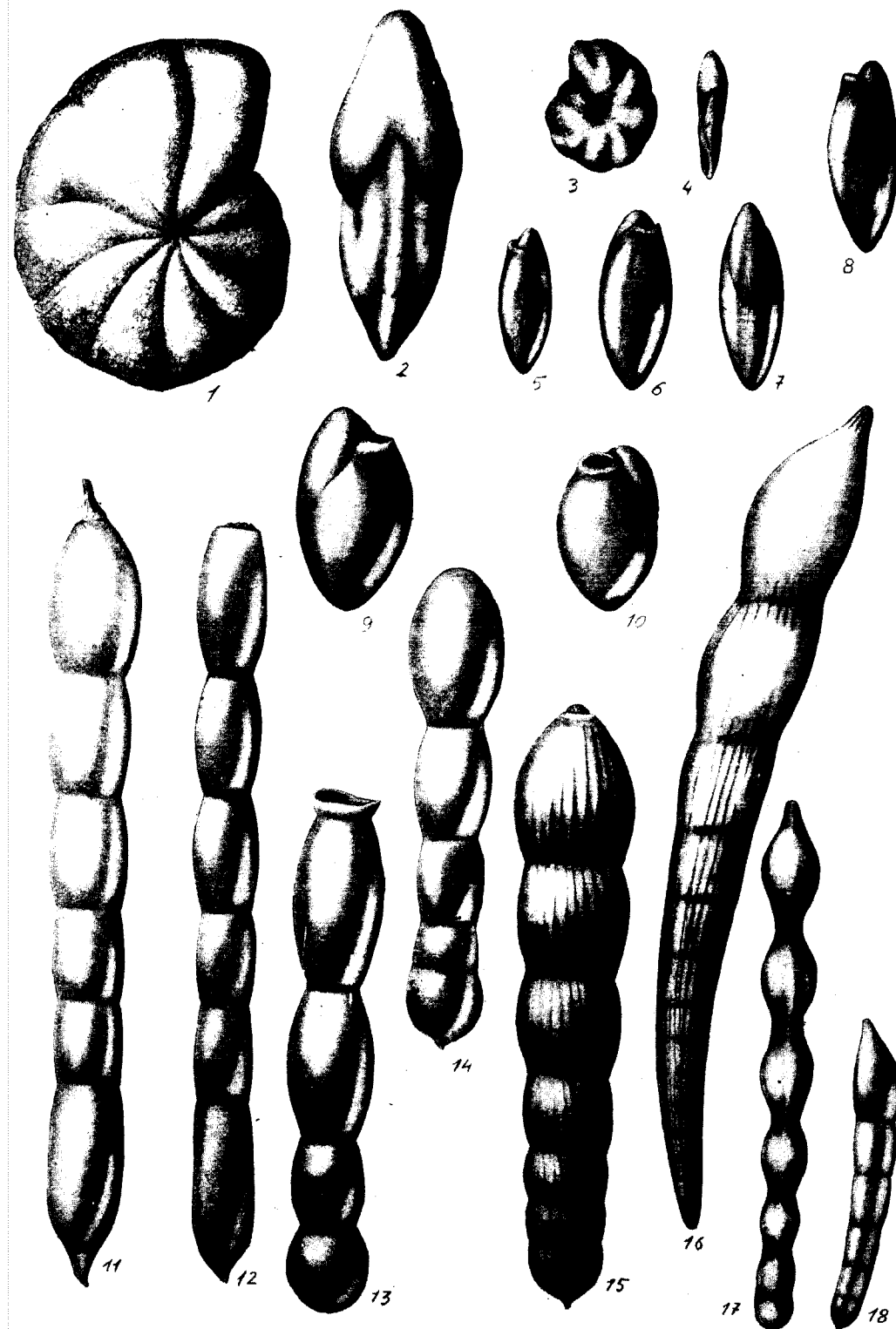


LAMINA 7

- 1- 2. *Cyclammina incisa* (Stache).  
 3- 4. *C. sp. 1.*  
 5- 8. *Chilostomella oolina* (Schwager).  
 9. *Ch. ovoidea* (Reuss).  
 10. *Chilostomelloides oviformis* (Sherborn y Chapman).  
 11-12. *Chrysalogonium lanceolum* Cushman y Jarvis.  
 13-14. *Ch. aff. lanceolum* Cushman y Jarvis.  
 15. *Ch. obliquatum* (Batsch).  
 16. *Dentalina aciculata* (d'Orbigny).  
 17. *D. catenulata* = *Nodosaria catenulata* H. B. Brady.  
 18. *D. communis* (d'Orbigny).

Todos. × 80

LAMINA 7



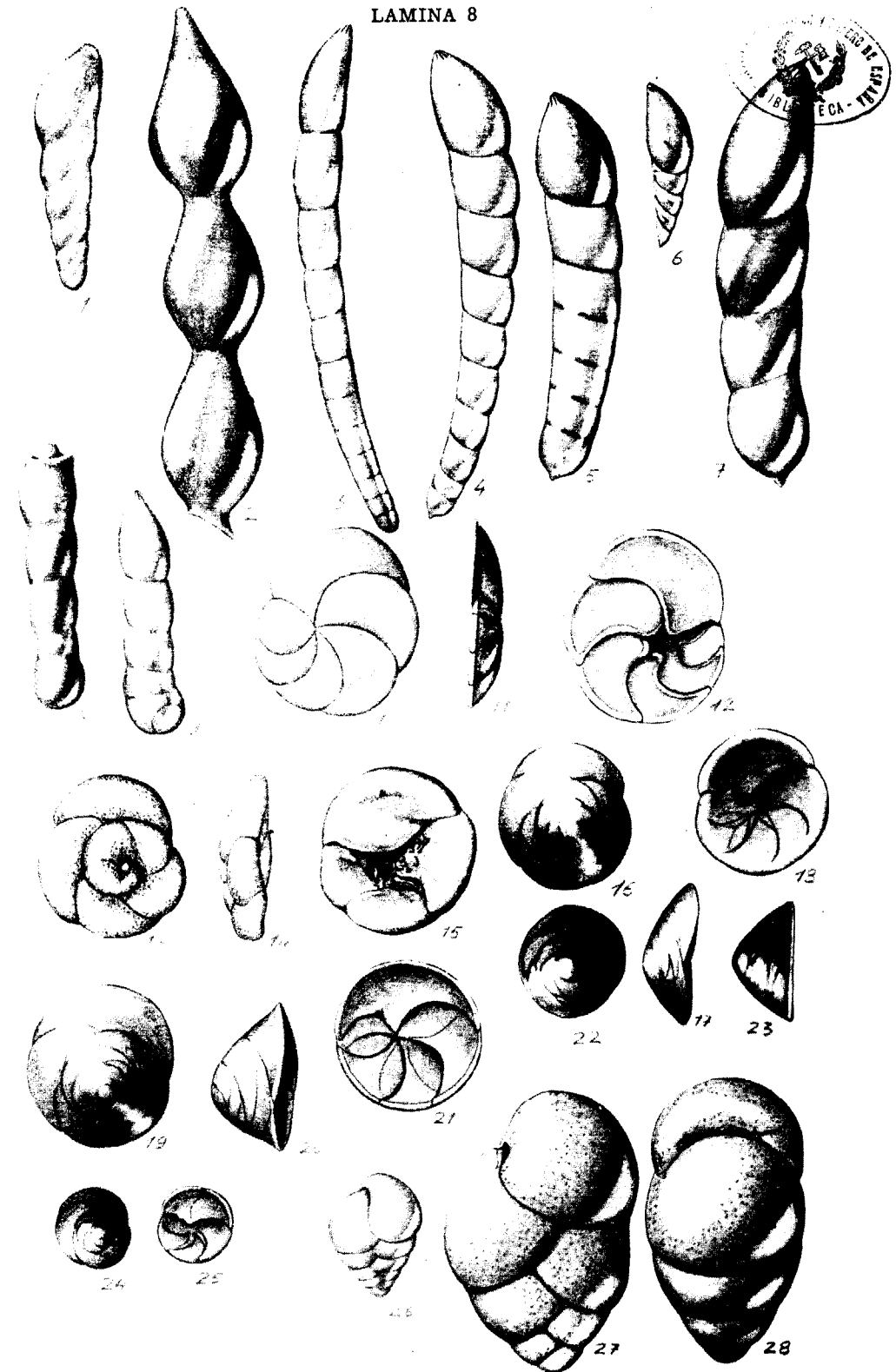
LAMINA 7



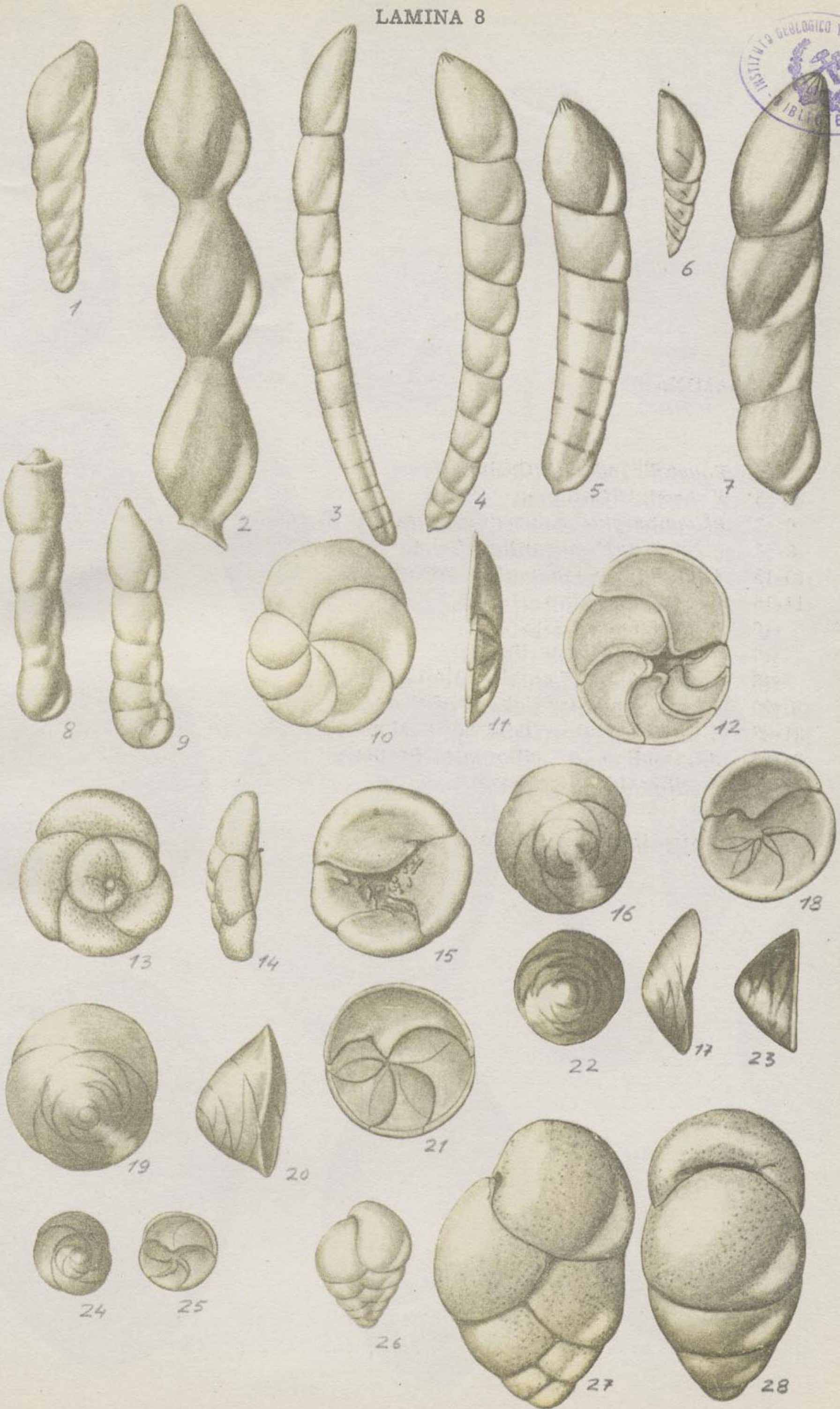
LAMINA 8

1. *Dentalina crassicauda* Seguenza.
2. *D. guttifera* (d'Orbigny).
3. *D. filiformis* (d'Orbigny).
4. *D. leguminiformis* (Batsch).
5. *Dentalina* del grupo *leguminiformis-communis*.
6. *D. mucronata* (Neugeboren).
7. *D. pauperata* (d'Orbigny).
- 8-9. *Dimorphina tuberosa* d'Orbigny.
- 10-12. *Discorbis bertheloti* (d'Orbigny).
- 13-15. *D. globularis* (d'Orbigny).
- 16-18. *D. orbicularis* Terquem.
- 19-23. *D. orbicularis* Terquem (falsas *Asterigerina planorbis*).
- 24-25. *D. orbicularis* (formas jóvenes).
26. *Dorothia brevis* Cushman y Bermúdez.
- 27-28. *D. gibbosa* (d'Orbigny).

Todos. × 80



LAMINA 8

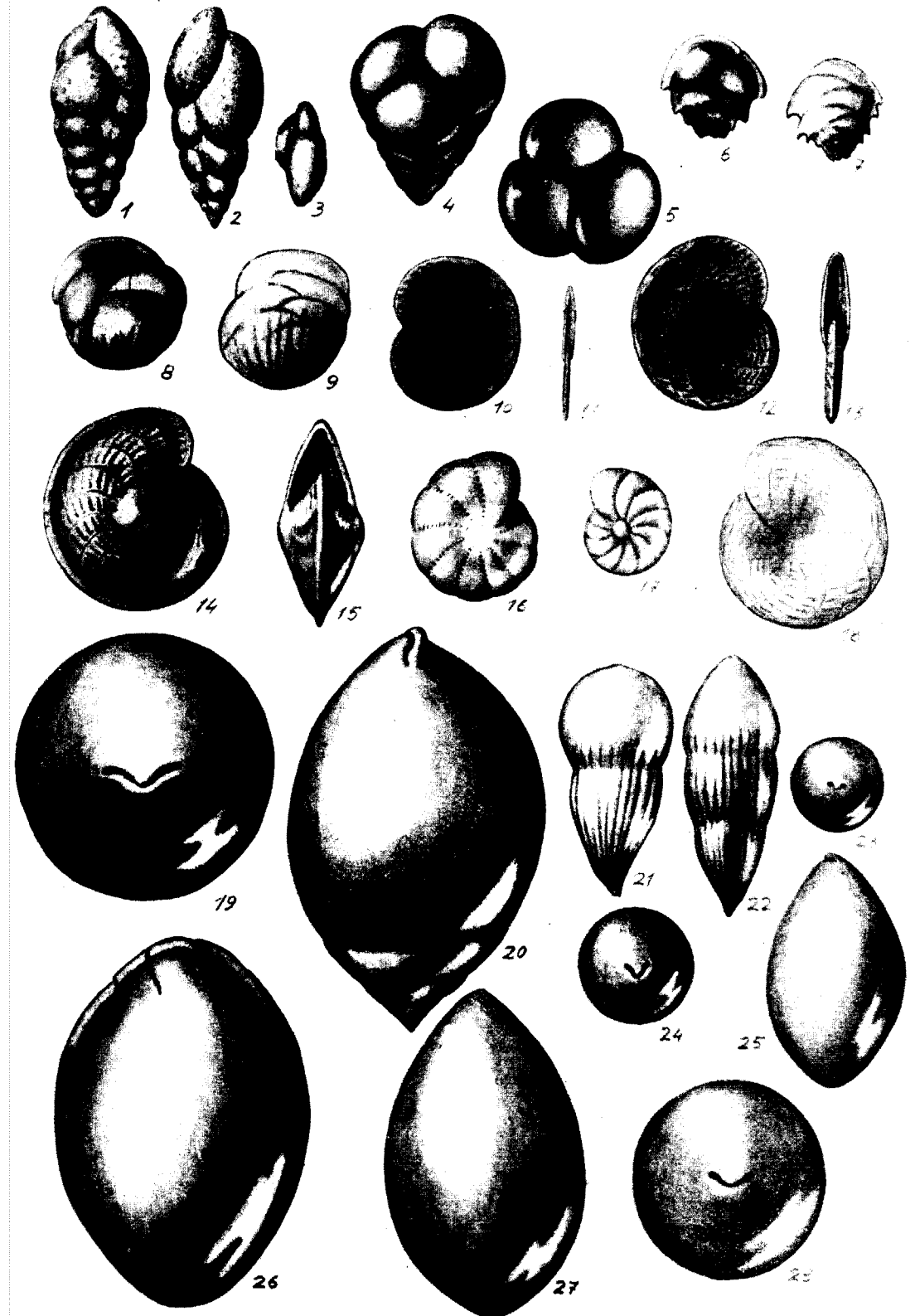


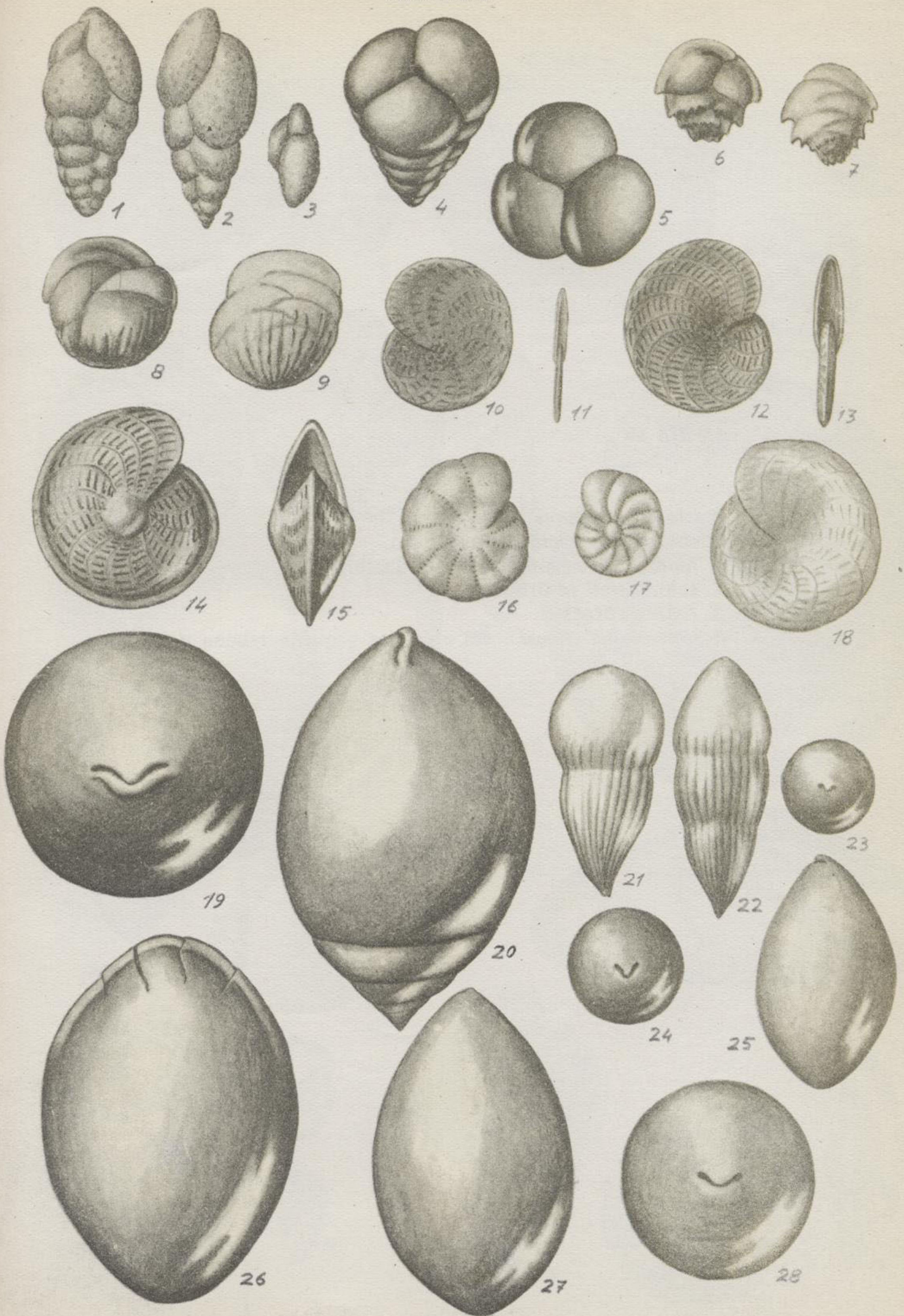
LAMINA 9

- 1- 3. *Eggerella advena* Cushman.  
 4- 5. *E. bradyi* (Cushman) × 120  
 6- 7. *Ehrembergina cubensis* Cushman y Bermúdez var.  
 8- 9. *E. sp. 1* (aff. *alicantina* Colom).  
 10-13. *Elphidium complanatum* (d'Orbigny).  
 14-15. *E. crispum* (Linneo).  
 16. *E. decipiens* (Costa).  
 17. *E. ortemburgense* (Egger).  
 18. *E. macellum* (Fichtel y Moll).  
 19-20. *Ellipsoglandulina labiata* (Schwager).  
 21-23. *E. multicosata* (Galloway y Morrey).  
 24-25. *Ellipsoidina* aff. *ellipsoides* Seguenza.  
 26-28. *E. ellipsoides* Seguenza.

Salvo otra indicación, todos. × 80

LAMINA 9



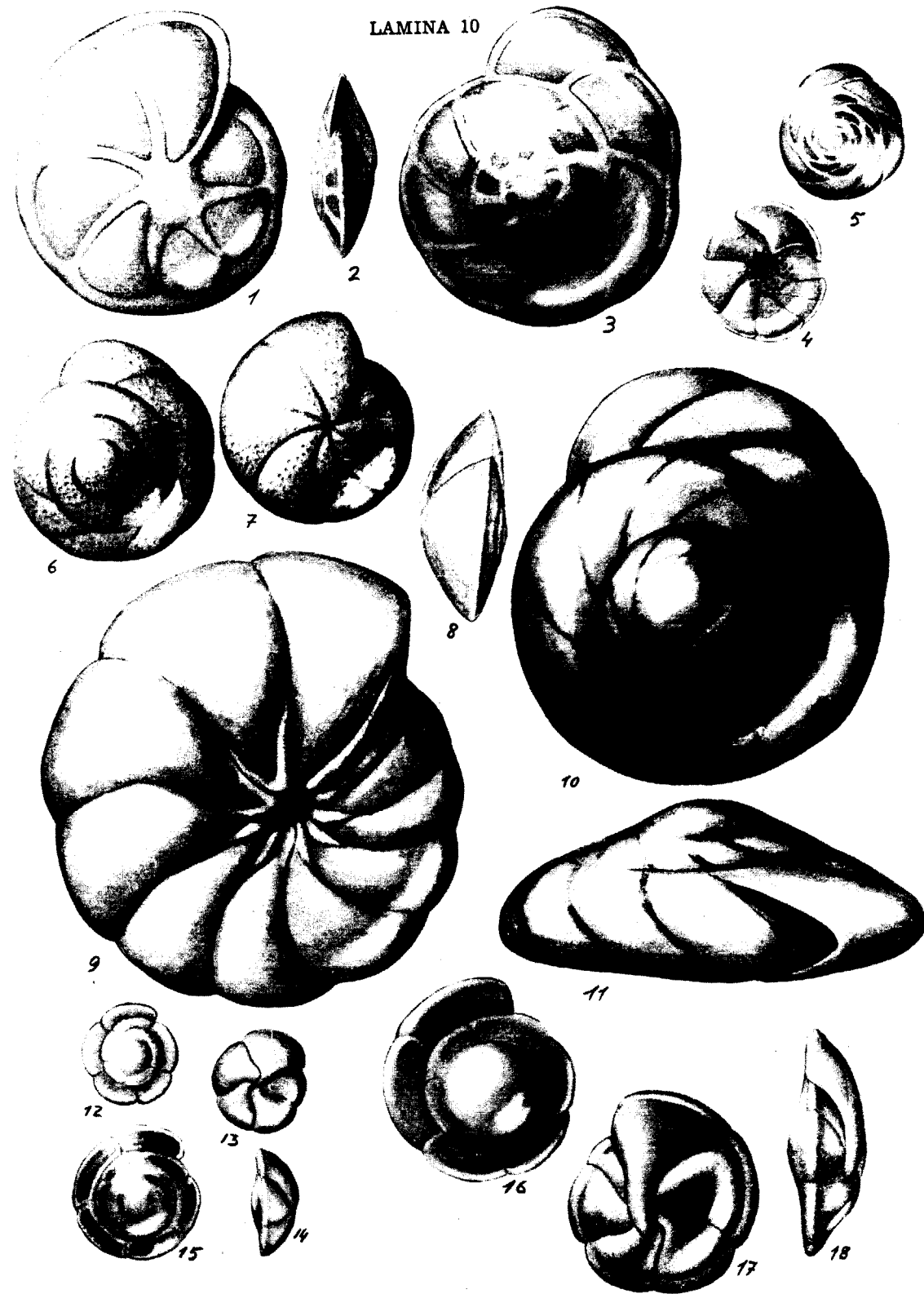


LAMINA 10

- 1- 3. *Epistomina elegans* (d'Orbigny).  
4- 5. *Eponides* aff. *frigidus* (Cushman).  
6- 8. *E. haidingeri* (según Brady, no d'Orbigny).  
9-11. *E. schreibersii* (d'Orbigny).  
12-14. *E. tenera* (Brady).  
15-18. *E. umbonatus* (Reuss). (El ejemplar pequeño relleno de pirita.)

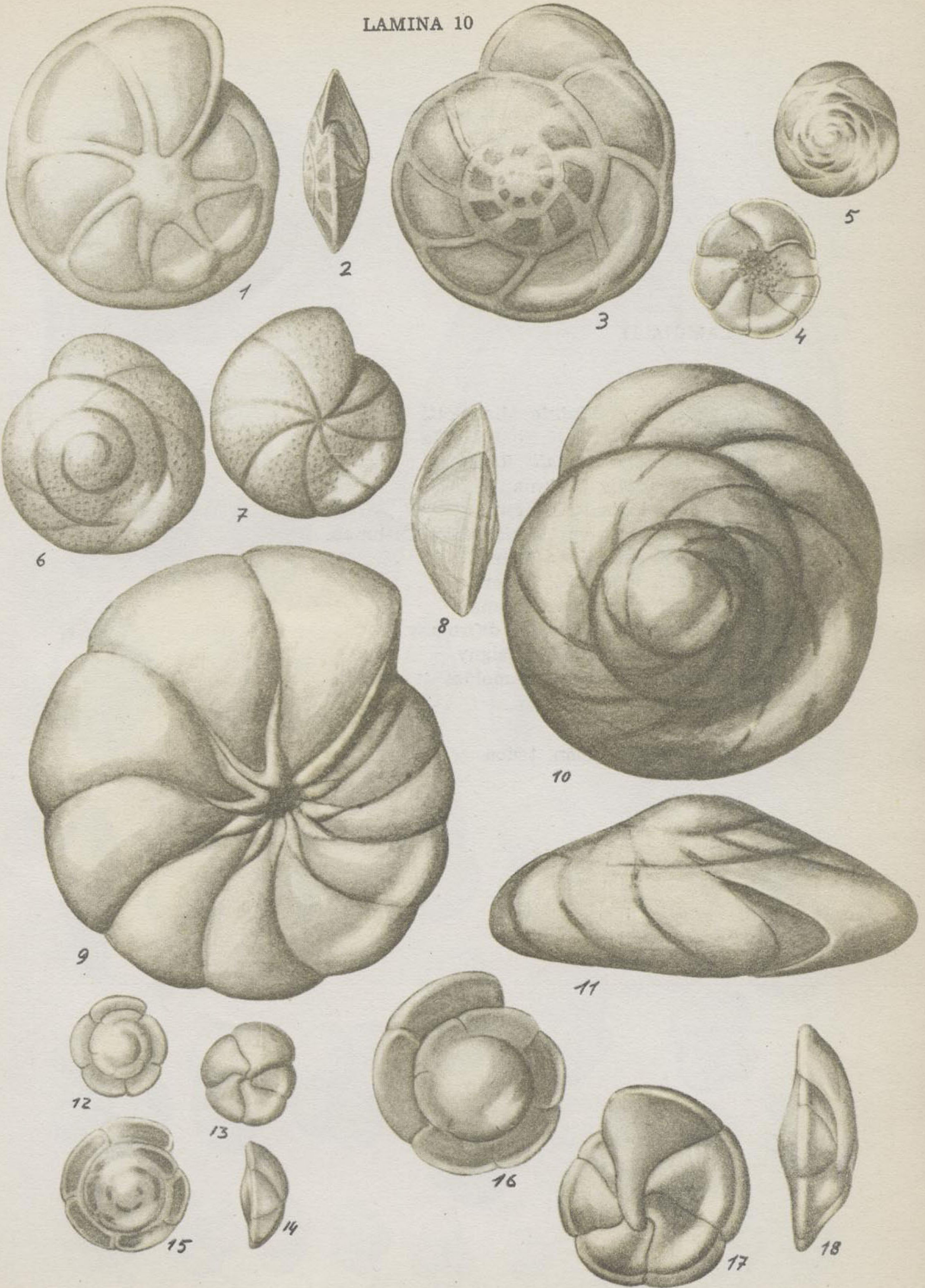
Todos. × 80

LAMINA 10





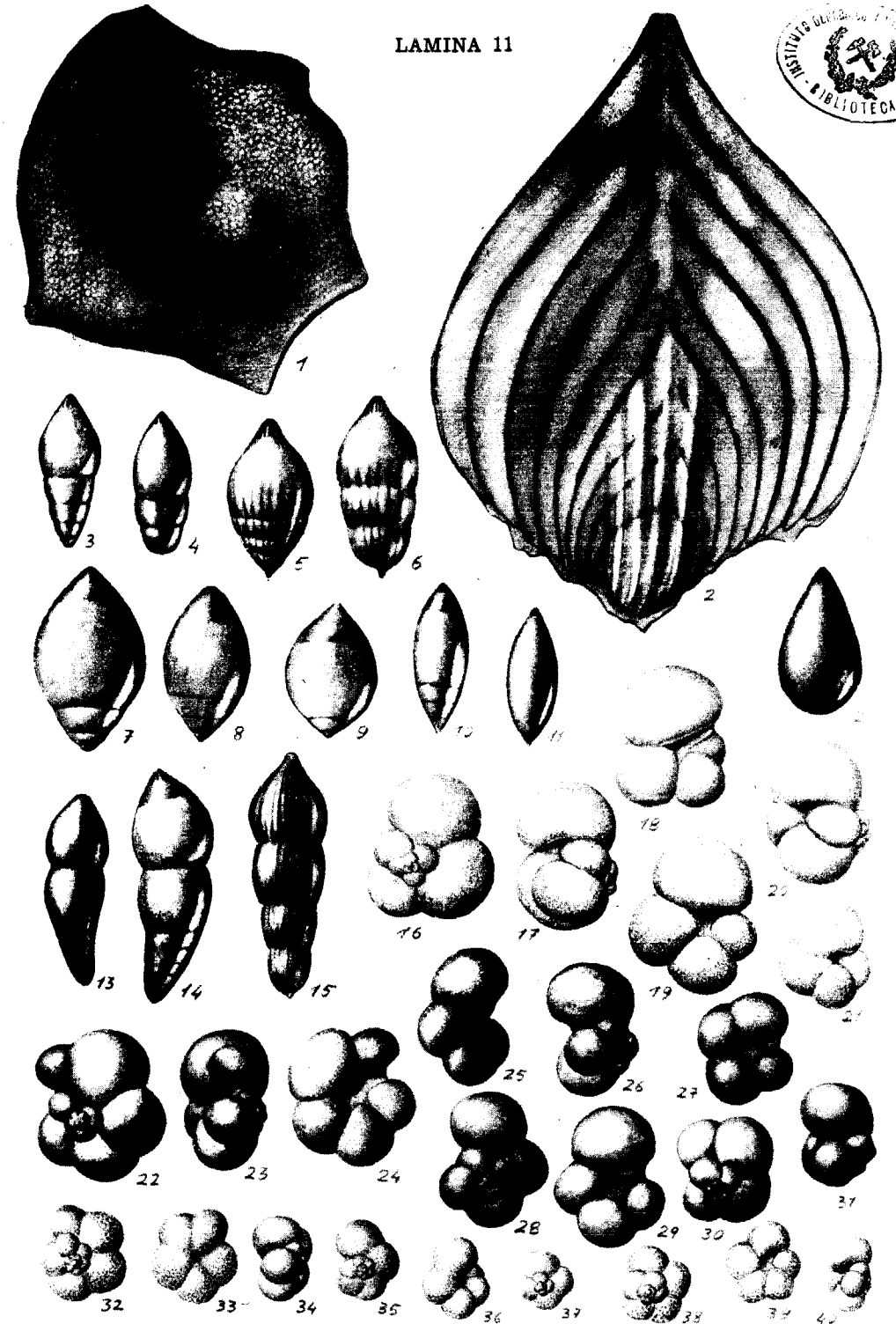
LAMINA 10



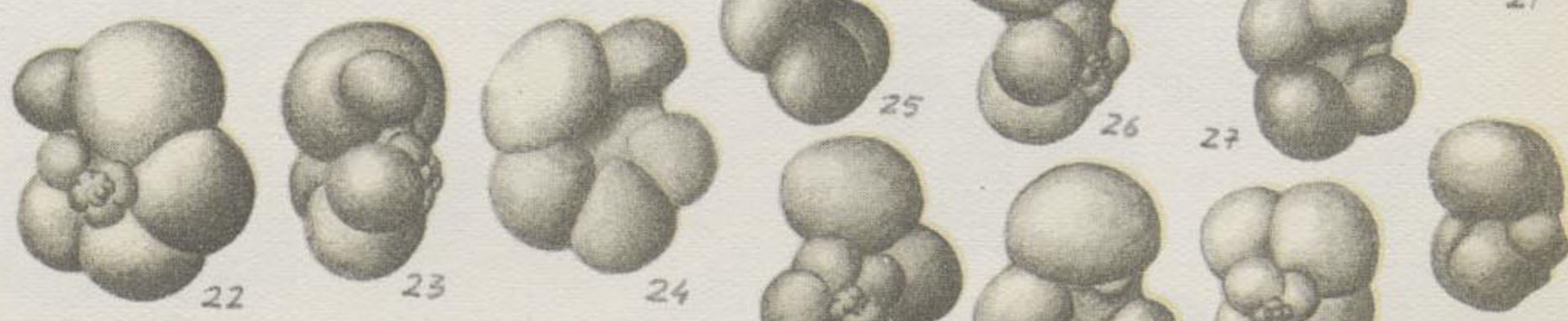
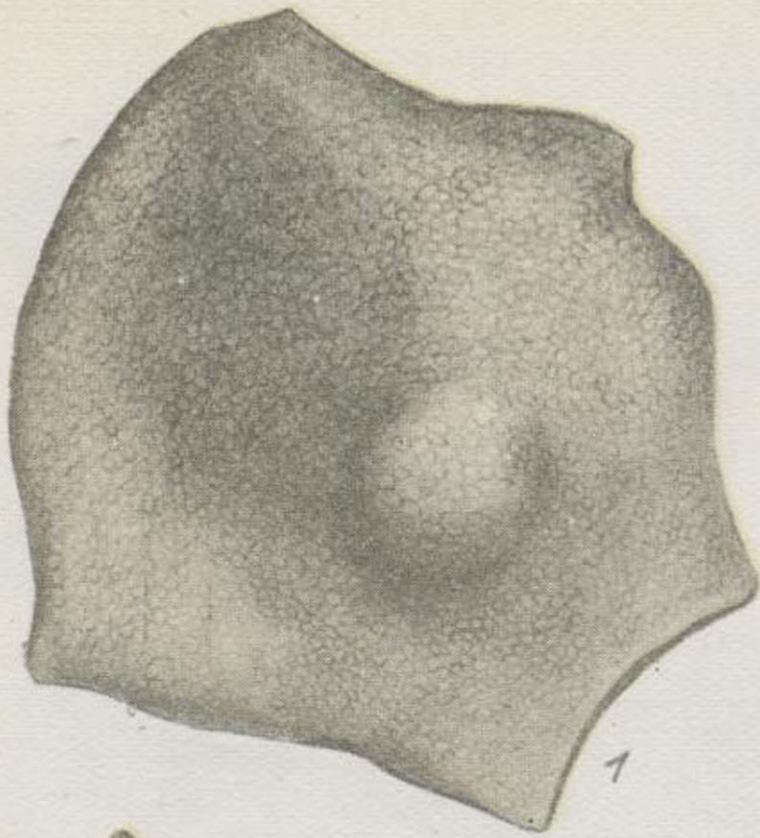
LAMINA 11

1. *Eulepidina dilatata* Michelotti.  $\times 5$
2. *Fronicularia* aff. *complanata* DeFrance.
- 3-4. *Glandulina aequalis* Reuss.
- 5-6. *G. comatula* Cushman.
- 7-9. *G. laevigata* (d'Orbigny).
- 10-11. *G. laevigata* var. *occidentalis* Cushman.
12. *G. aff. rotundata* Reuss.
- 13-14. *G. aff. solita* (Schwager).
15. *G. aff. comatula* Cushman.
- 16-21. *Globigerina bulloides* d'Orbigny.
- 22-24. *G. aff. bulloides* d'Orbigny.
- 25-31. *G. aff. bulloides* (en moldes de pirita).
- 32-40. *G. concinna* Reuss.

Salvo otra indicación, todos.  $\times 60$



LAMINA 11

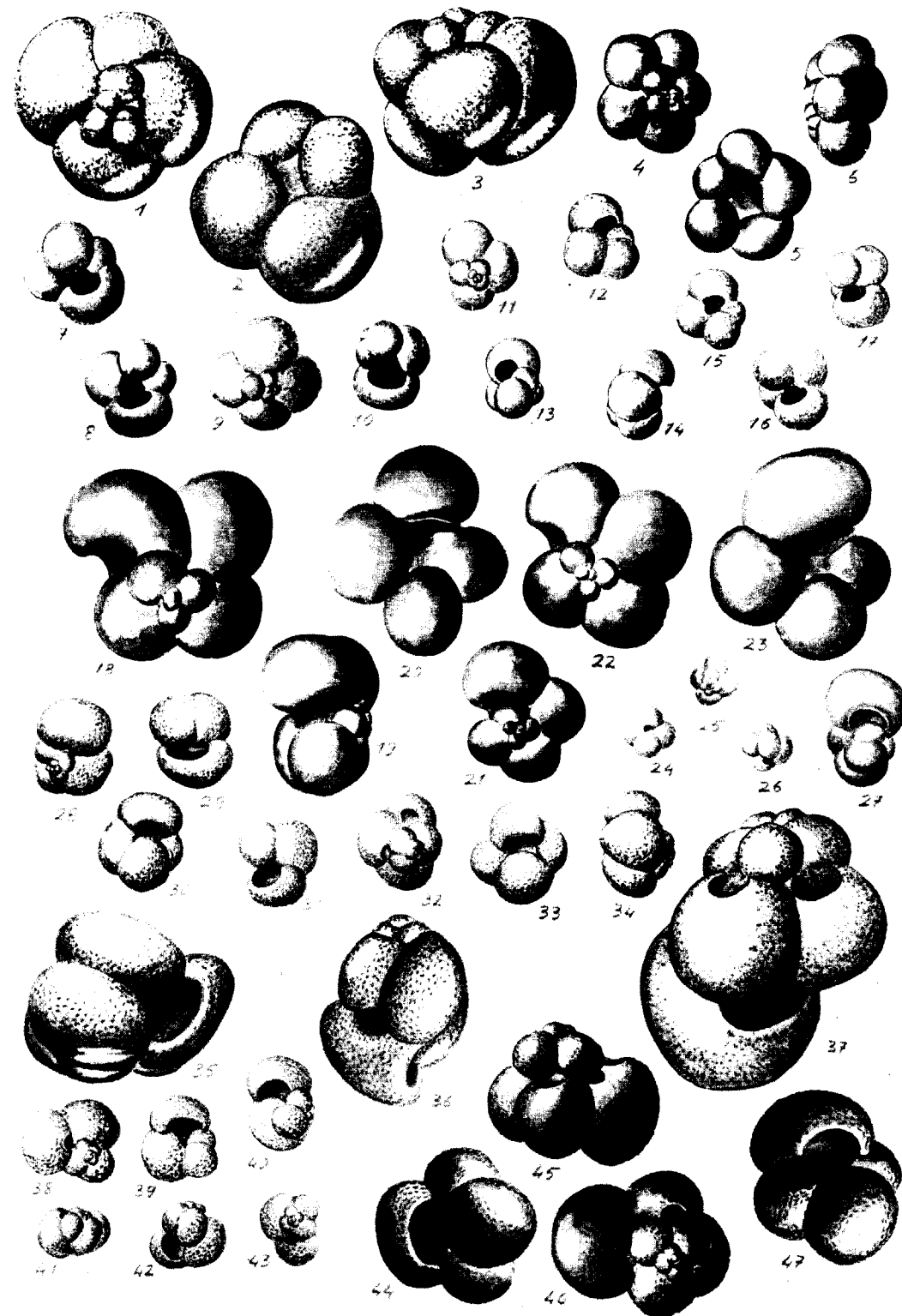


LAMINA 12

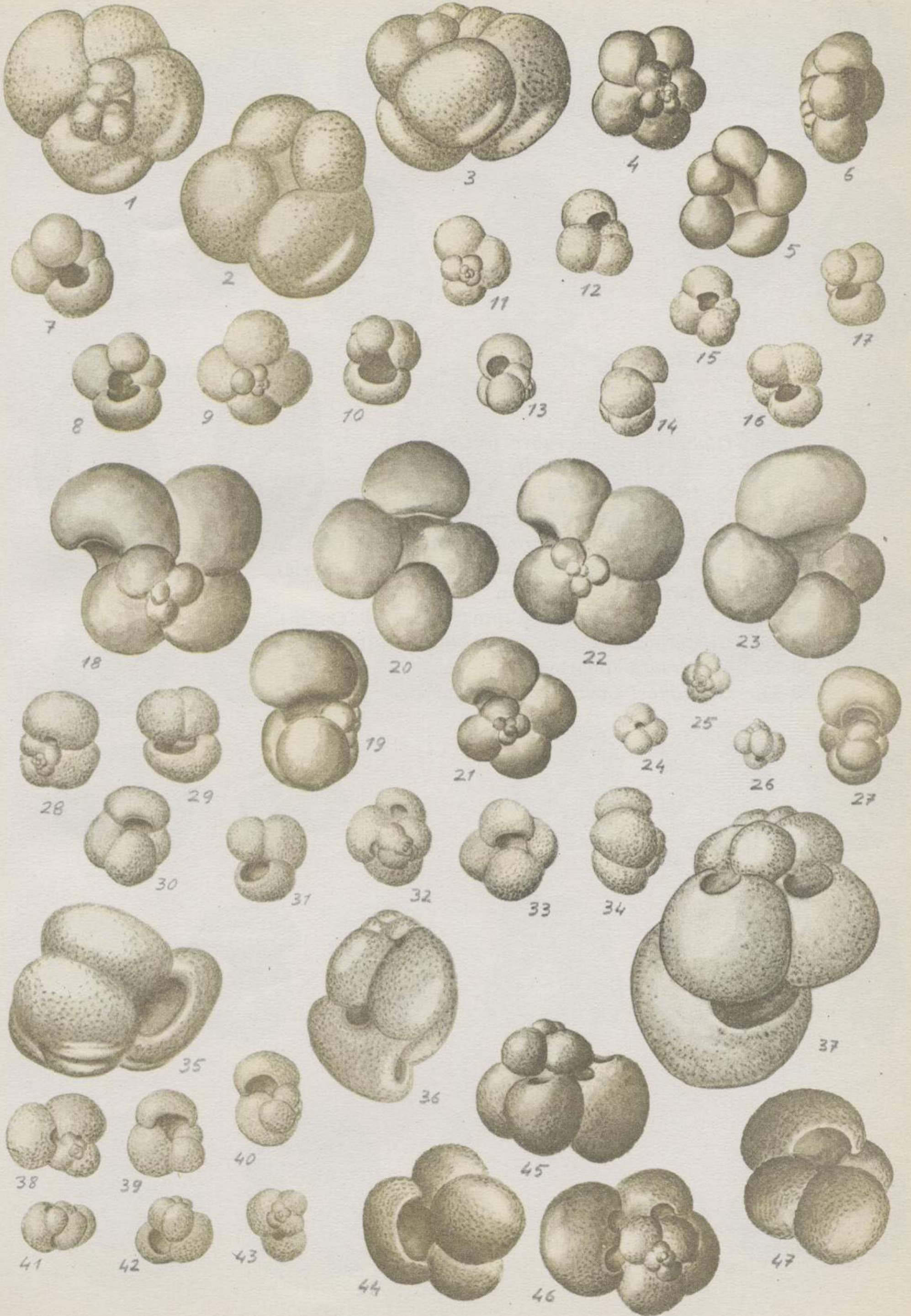
- 1- 3. *Globigerina conglomerata* Schwager.  
 4- 6. *G. dubia* d'Orbigny (parece una variedad de la *G. bulloides*).  
 7-17. *G. diplostoma* Reuss.  
 18-23. *G. inflata* d'Orbigny (parece variedad de la *G. bulloides*).  
 24-26. Forma joven de *G. concinna* Reuss.  
 27. *Globigerinella aequilateralis* Brady (en pirita).  
 28-34. *Globigerinoides conglobatus* (d'Orbigny).  
 35-36. *G. elongatus* (d'Orbigny).  
 37. *G. sp.* (forma gigante).  
 38-43. *G. rubra* (d'Orbigny).  
 44-47. *G. aff. rubra* (d'Orbigny). (Formas gigantes rellenas de pirita.)

Todos. × 60

LAMINA 12



LAMINA 12

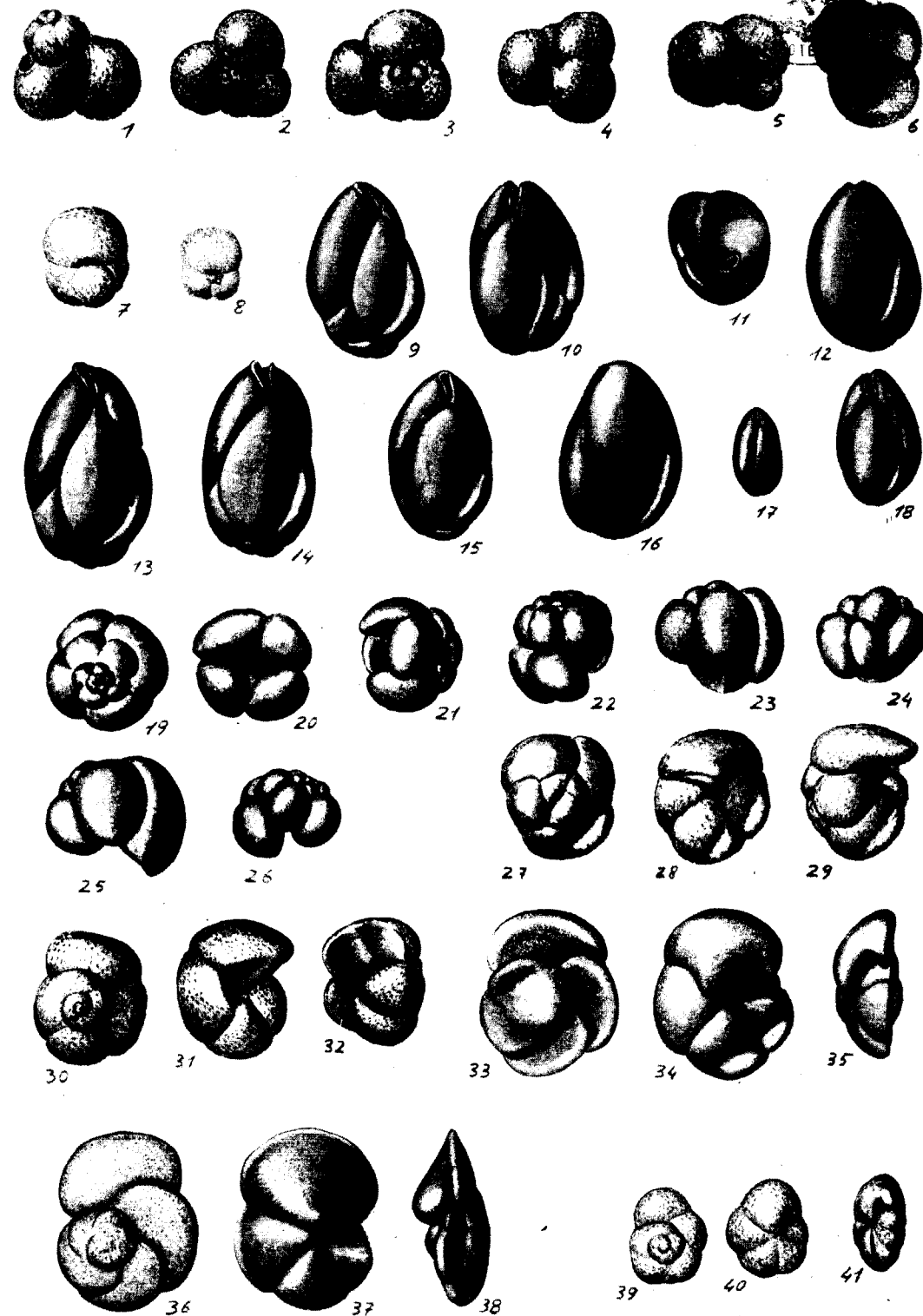


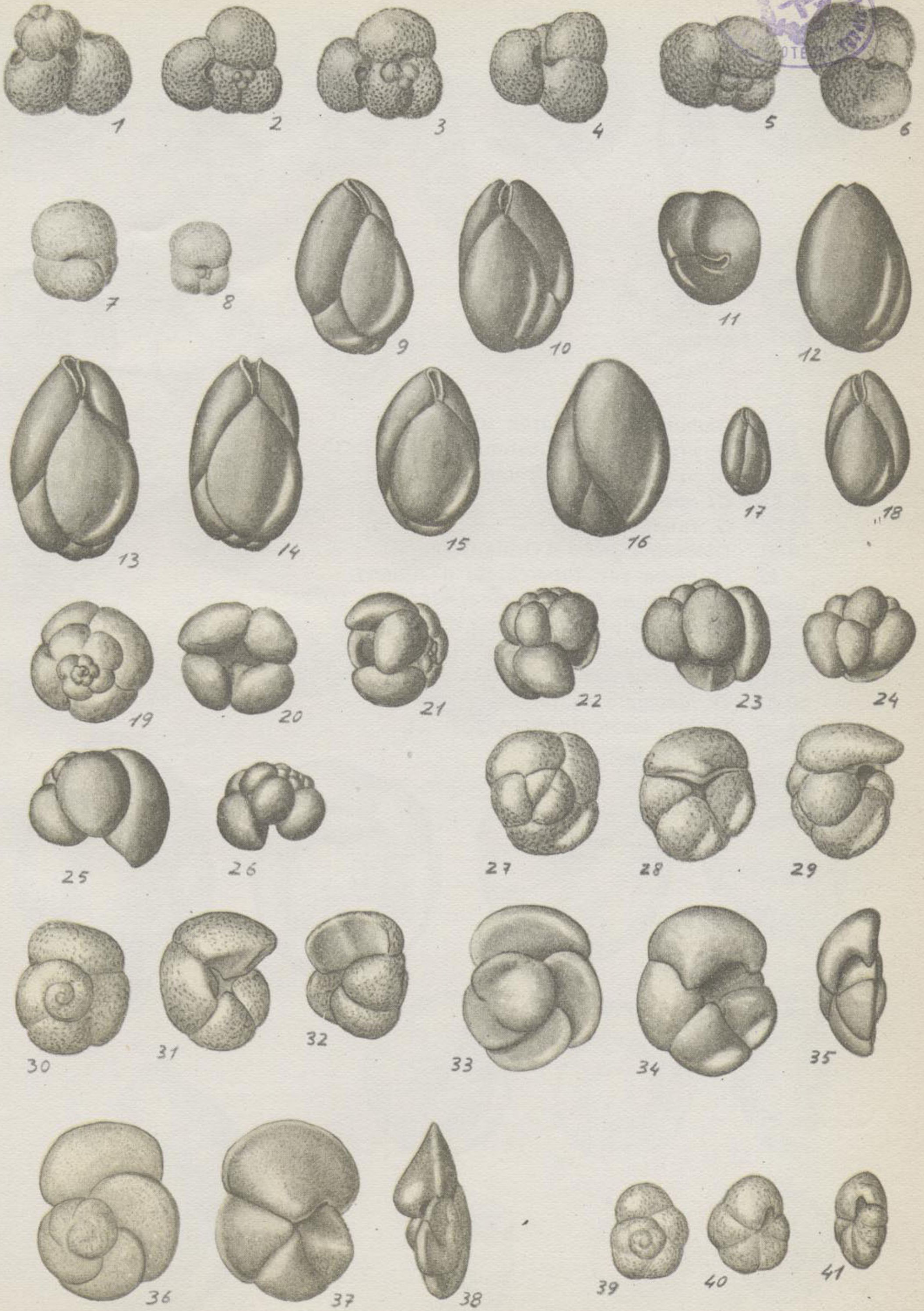
LAMINA 13

1. *Globigerinoides rubra* (d'Orbigny).
- 2- 4. *S. sacculiferus* (Brady).
- 5- 6. *G. trilobus* (Reuss).
- 7- 8. *G. trilocularis* (d'Orbigny).
- 9-18. *Globobulimina glabra* Cushman y Parker (rellenas de pirita).
- 19-26. *Globoquadrina altispira* (Cushman y Jarvis).
- 27-29. *G. dehiscens* Chapman, Parr y Collins.
- 30-32. *G. aff. dehiscens* Chapman, Parr y Collins.
- 33-35. *Globorotalia crassula* Cushman y Stewart.
- 36-38. *G. hirsuta* (d'Orbigny).
- 39-41. *G. mayeri* Cushman y Ellisor.

Todos. × 60

LAMINA 13

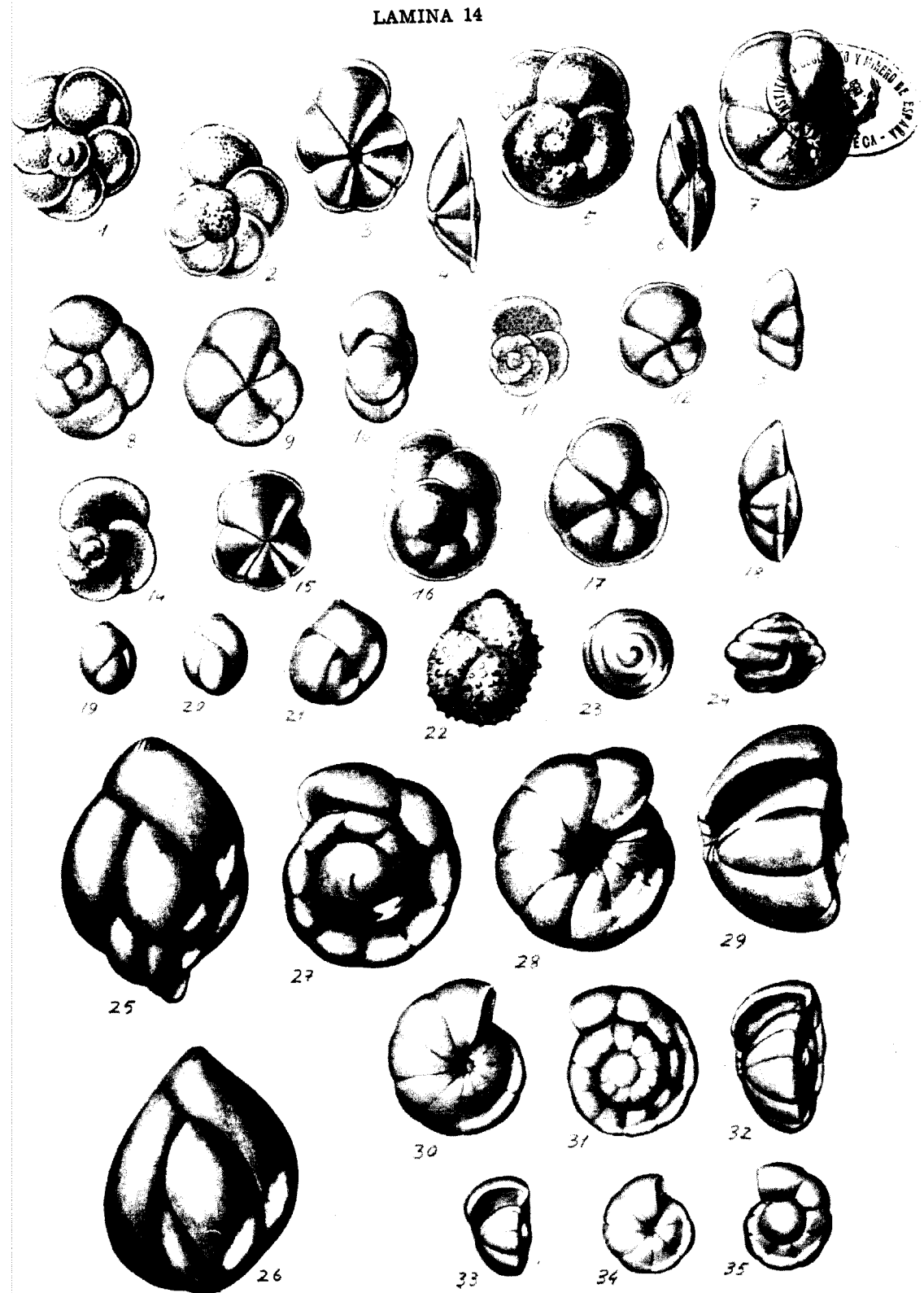




LAMINA 14

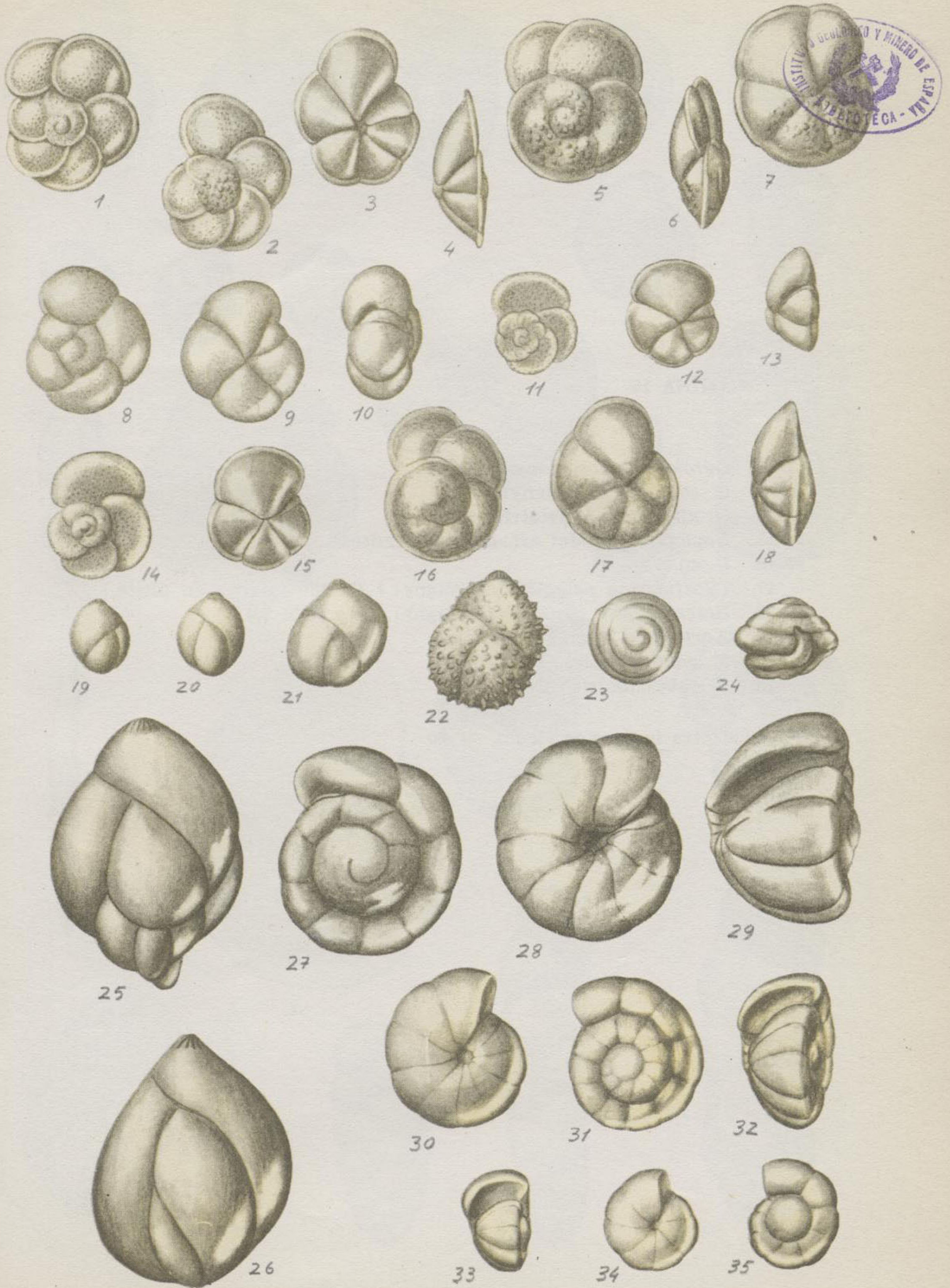
- 1- 4. *Globorotalia menardii* (d'Orbigny).  
 5- 7. *G. praemenardii* Cushman y Stainforth.  
 8-10. *G. punctulata* (d'Orbigny).  
 11-15. *G. scitula* (Brady).  
 16-18. *G. tumida* (Brady).  
 19-21. *Globulina gibba* d'Orbigny.  
 22. *G. gibba* var. *tuberculata* d'Orbigny.  
 23-24. *Glomospira* aff. *charoides* (Jones y Parker).  
 25. *Guttulina* aff. *irregularis* d'Orbigny.  
 26. *G. communis* d'Orbigny.  
 27-29. *Gyroidina girardana* (Reuss).  
 30-32. *G. laevigata* d'Orbigny.  
 33-35. *G. aff. laevigata* d'Orbigny.

Todos. × 60





LAMINA 14

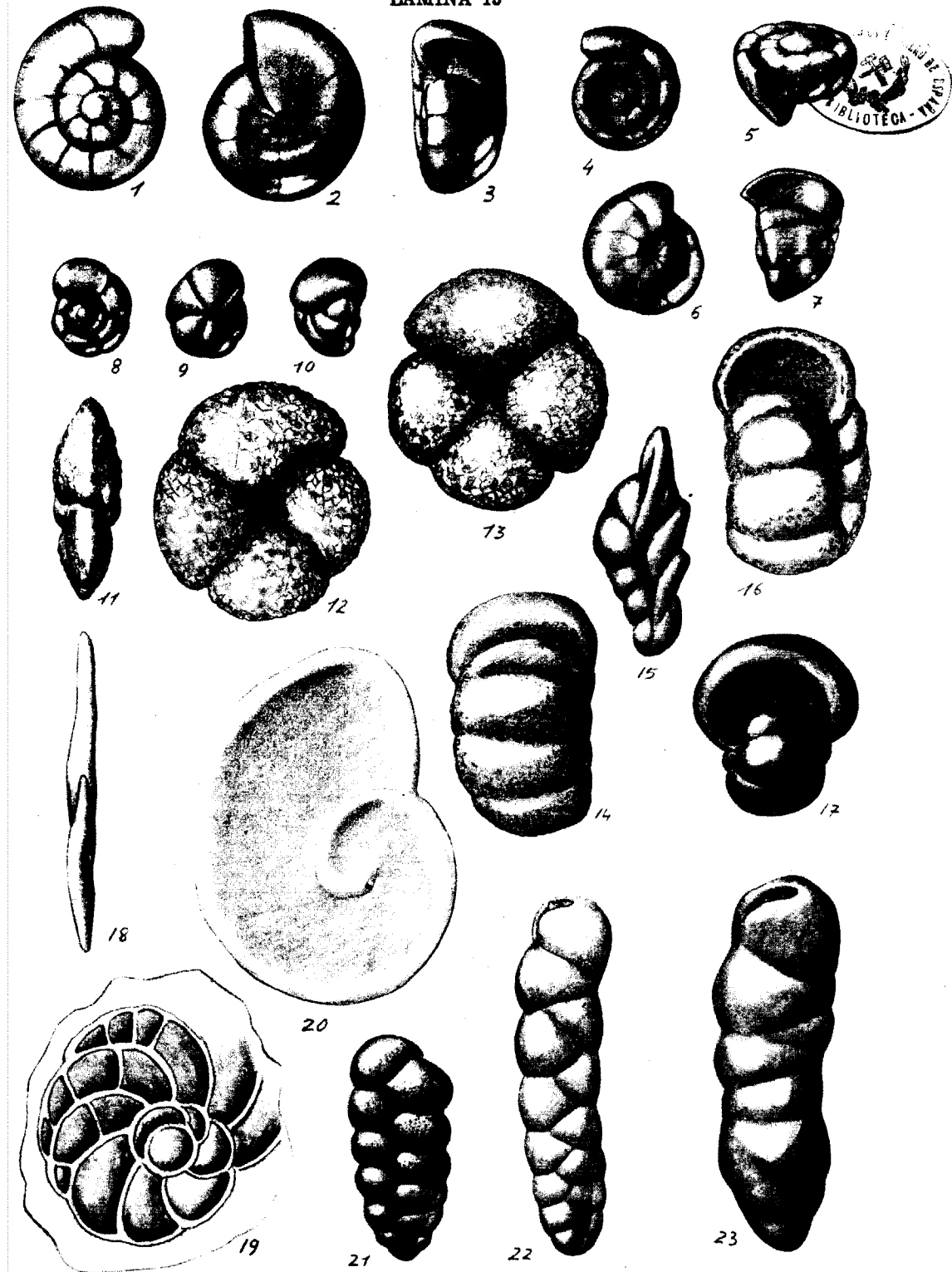


LAMINA 15

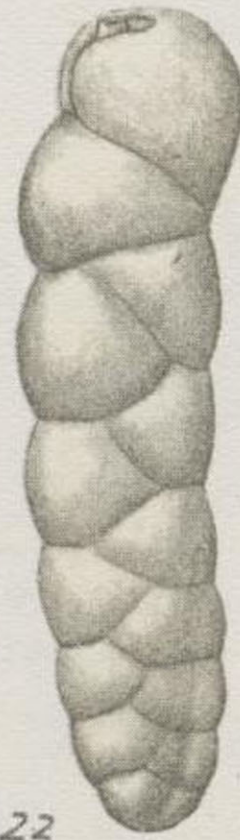
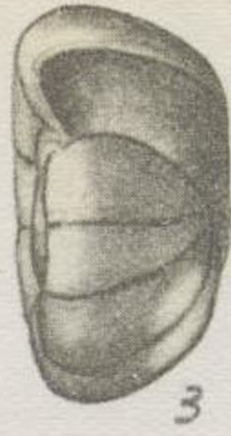
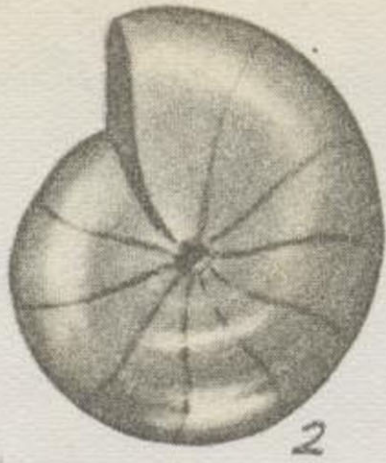
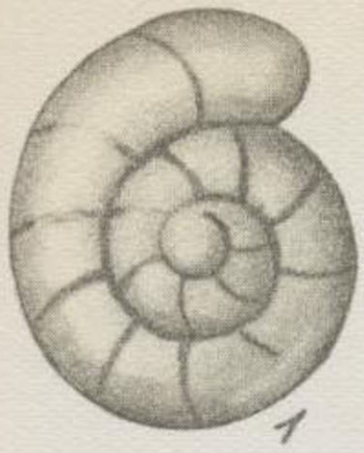
- 1- 3. *Gyroidina neosoldanii* Brotzen.  
 4- 7. *G. soldanii* (d'Orbigny).  
 8-10. *G. umbonata* (Silvestri).  
 11-13. *Haplophragmoides* aff. *deforme* Andreae.  
 14-16. *H.* sp. 1.  
 17. *Hastigerina pelagica* (d'Orbigny) ? (Molde interno en pirita.)  
 18-20. *Heterostegina costata* (d'Orbigny). (18 y 20  $\times$  20)  
 21. *Karriella bradyi* Cushman.  
 22. *K. gaudryinoides* (Fornasini).  
 23. *K. subcylindrica* (Nuttall).

Salvo otra indicación, todos.  $\times$  60

LAMINA 15



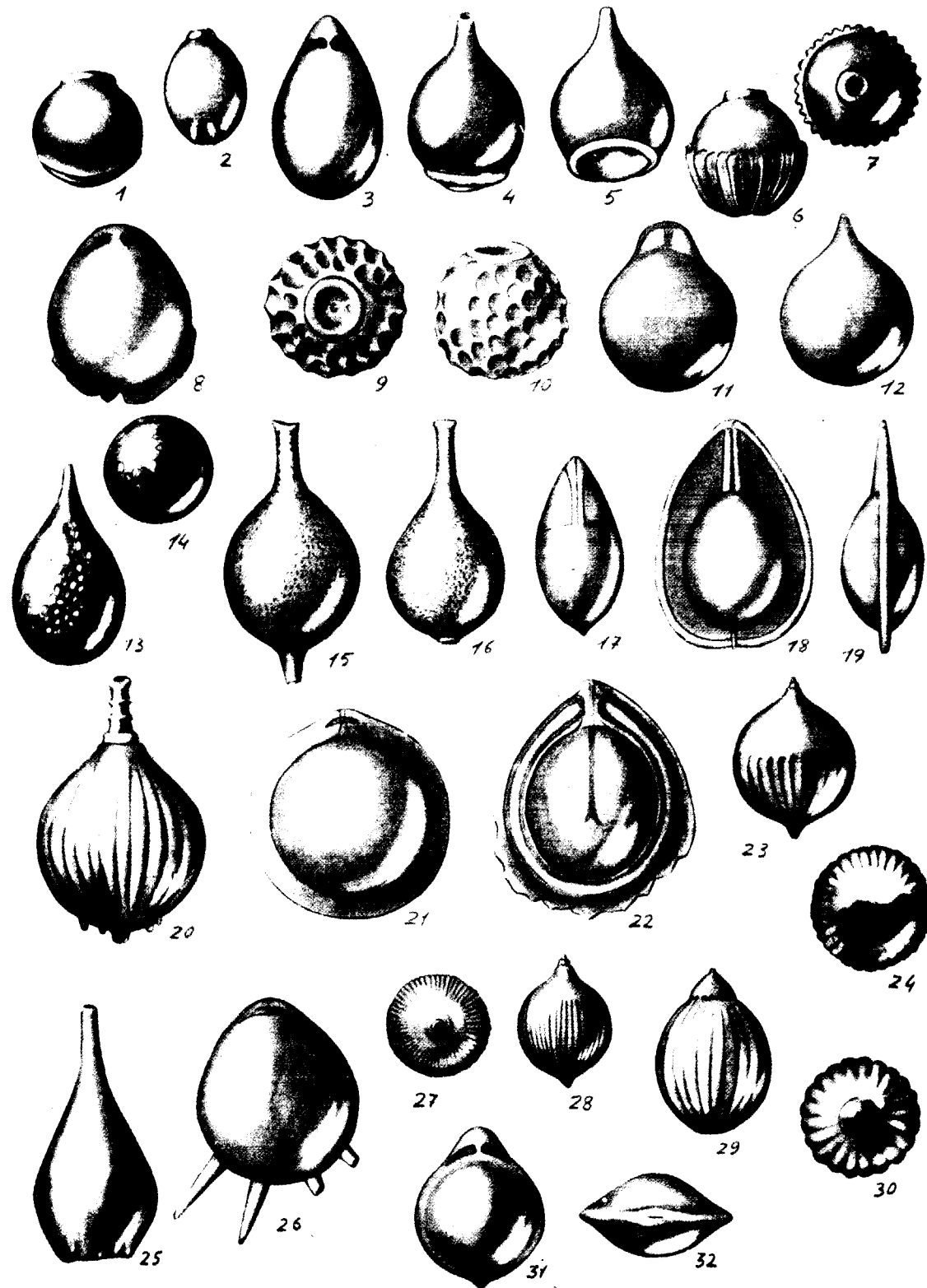
LAMINA 15

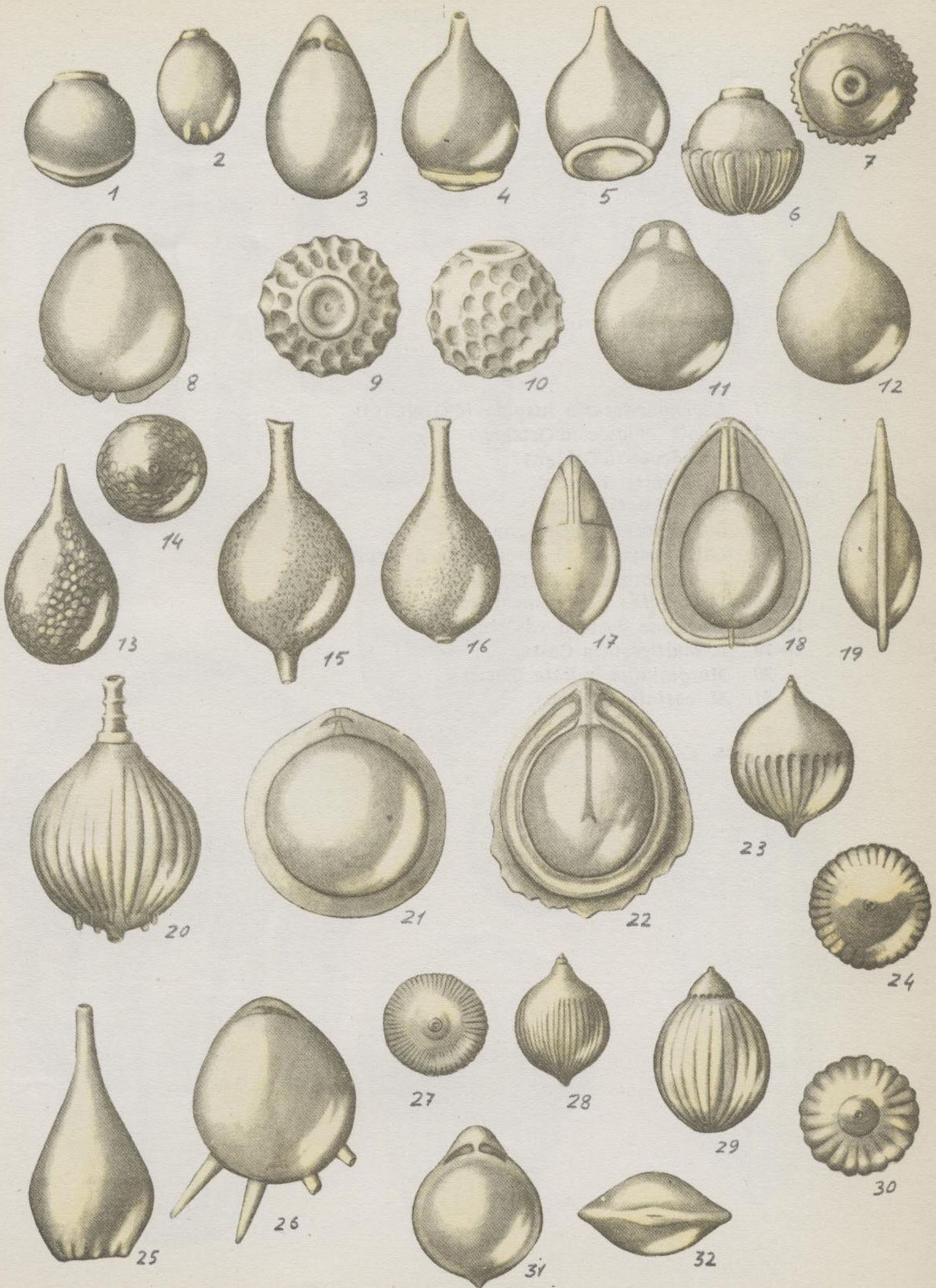


## LAMINA 16

- 1 -2. *Lagena aperta* (Seguenza).  
 3. *L. Calostoma* (Fornasini).  
 4- 5. *L. aff. castanea* Flint.  
 6- 7. *L. aff. exculpta* Brady (= *L. costata* Williamson).  
 8. *L. flintiana* Cushman.  
 9-10. *L. foveolata* (Seguenza).  
 11-12. *L. globosa* Montagu.  
 13-14. *L. hexagona* (Williamson).  
 15-16. *L. hispida* Reuss.  
 17. *L. laevigata* Reuss.  
 18-19. *L. longirostris* (Seguenza).  
 20. *L. lyelli* (Seguenza).  
 21. *L. marginata* (Walker y Jacob).  
 22. *L. orbignyana* (Seguenza).  
 23-24. *L. semicostata* (Seguenza).  
 25. *L. semistriata* (Williamson).  
 26. *L. staphillearia* (Schwager).  
 27-28. *L. striata* (d'Orbigny).  
 29-30. *L. sulcata* (Walker y Jacob).  
 31-32. *L. tenuissima* (Seguenza).

Todos. × 120



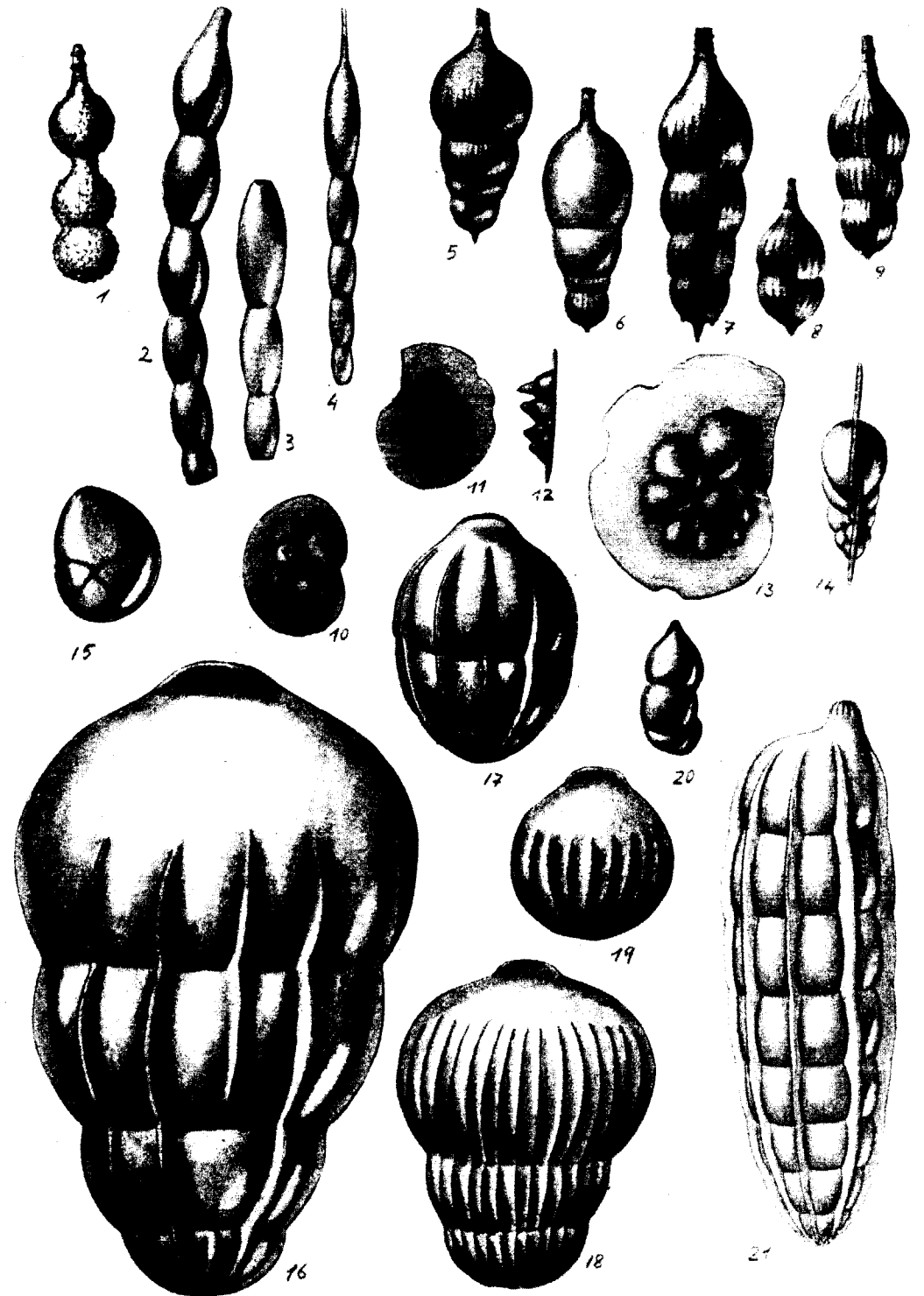


LAMINA 17

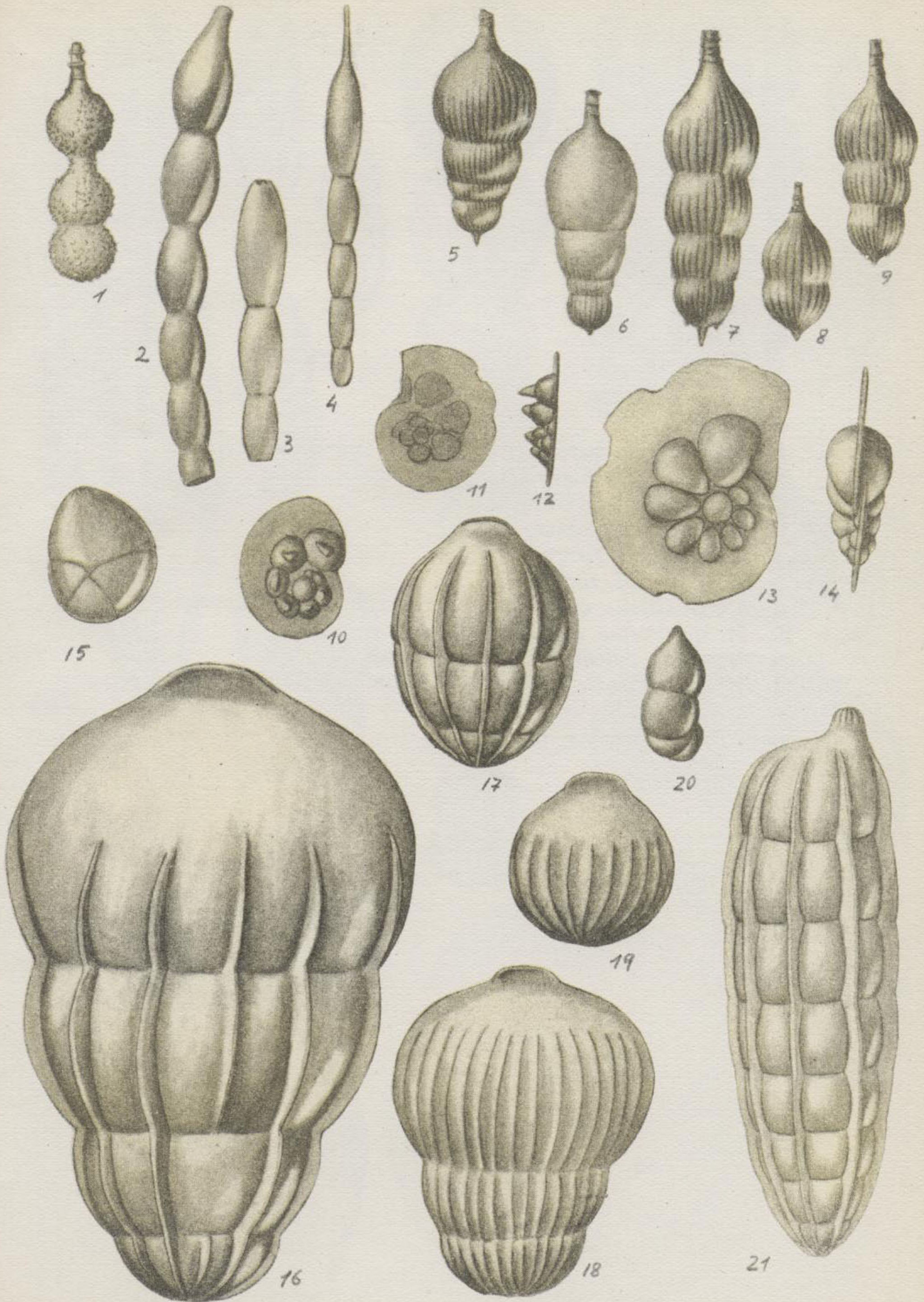
1. *Lagenonodosaria hispida* (d'Orbigny).
2. *L. aff. ovicula* (d'Orbigny).
- 3-4. *L. ovicula* (d'Orbigny).
5. *L. scalaris* (Batsch).
6. *L. semicosta* (Costa).
- 7-9. *L. spinicosta* (d'Orbigny).
- 10-12. *Laticarinina* sp. 1 (próxima a *L. pauperata*).
- 13-14. *L. pauperata* (Parker y Jones).
15. *Lenticulina peregrina* (Schwager).
- 16-17. *Lingulina costata* (d'Orbigny).
- 18-19. *L. multicostata* Costa.
20. *Marginulina bullata* (Reuss).
21. *M. costata* (Batsch).

Todos. × 60

LAMINA 17



LAMINA 17

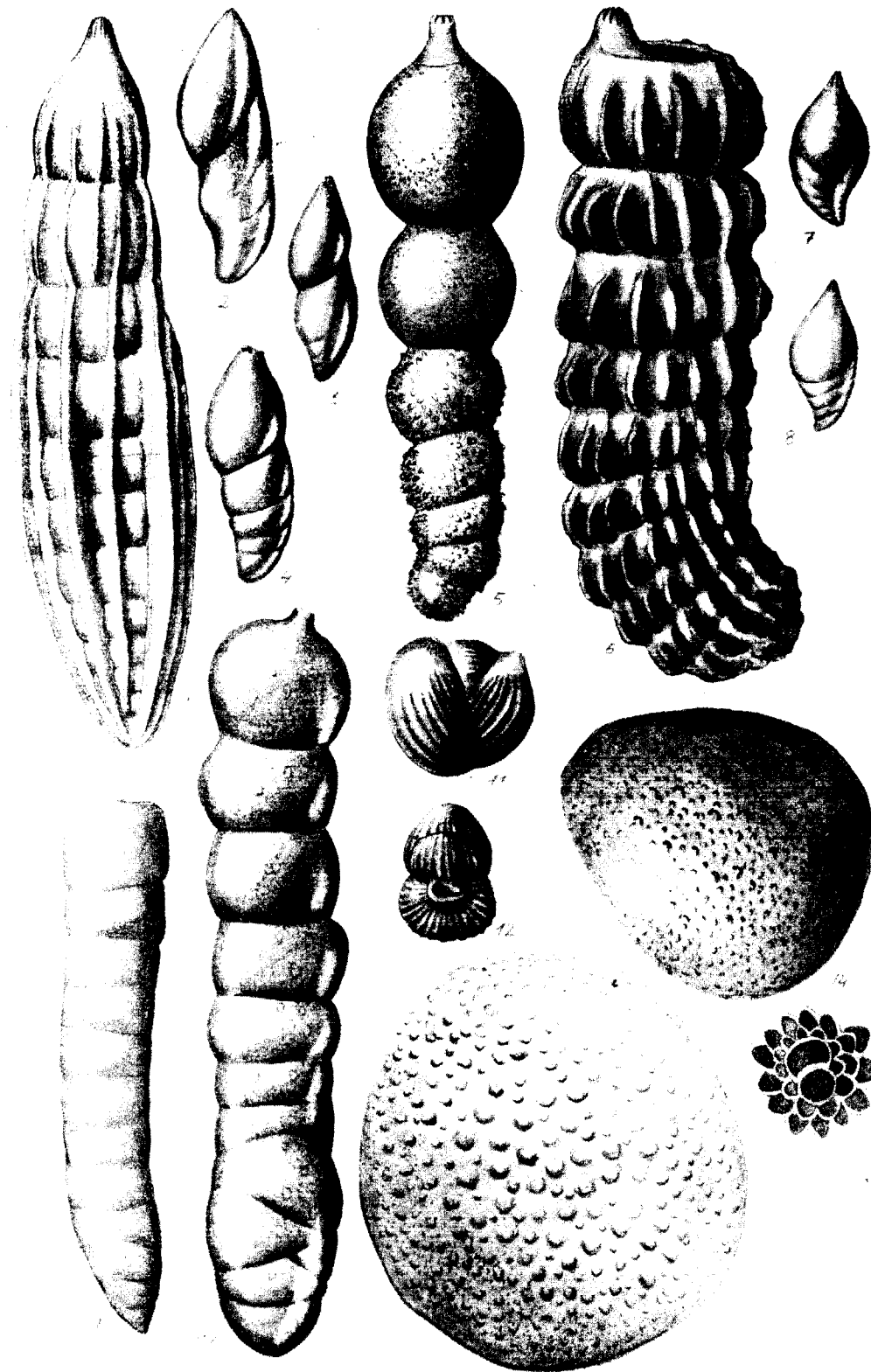


LAMINA 18

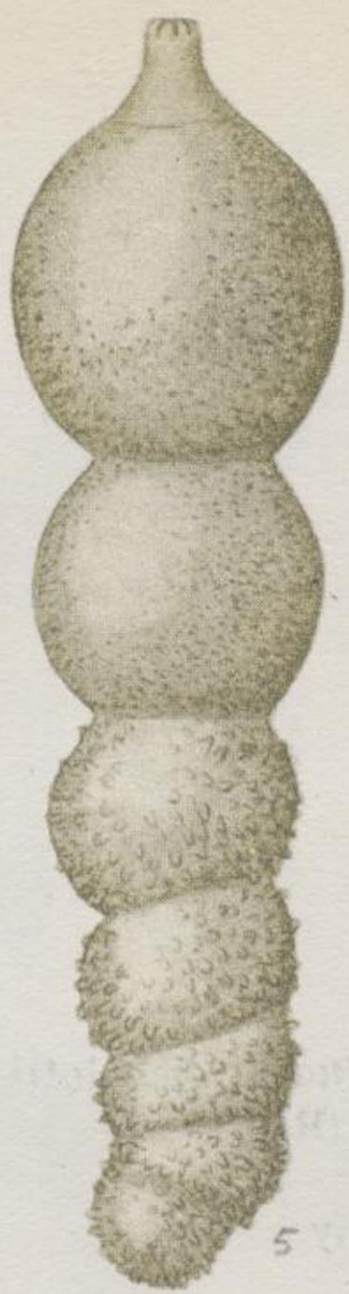
1. *Marginulina costata* (Batsch) var. *coarctata* Silvestri.
2. *M. glabra* d'Orbigny.
- 3-4. *M. aff. glabra* d'Orbigny.
5. *M. hirsuta* (d'Orbigny).
6. *M. spinulosa* Karrer.
- 7-8. *M. sp. 1* (aff. *similis*).
9. *Martinottiella communis* (d'Orbigny). (Forma típica.)
10. *M. sp.* (Forma gigante.)
- 11-12. *Massilina pulchra* Cushman y Gray.
- 13-15. *Miogypsina aff. burdigalensis* (Gümbel). (13 y 14  $\times$  25)

Salvo otra indicación, todos.  $\times$  60

LAMINA 18





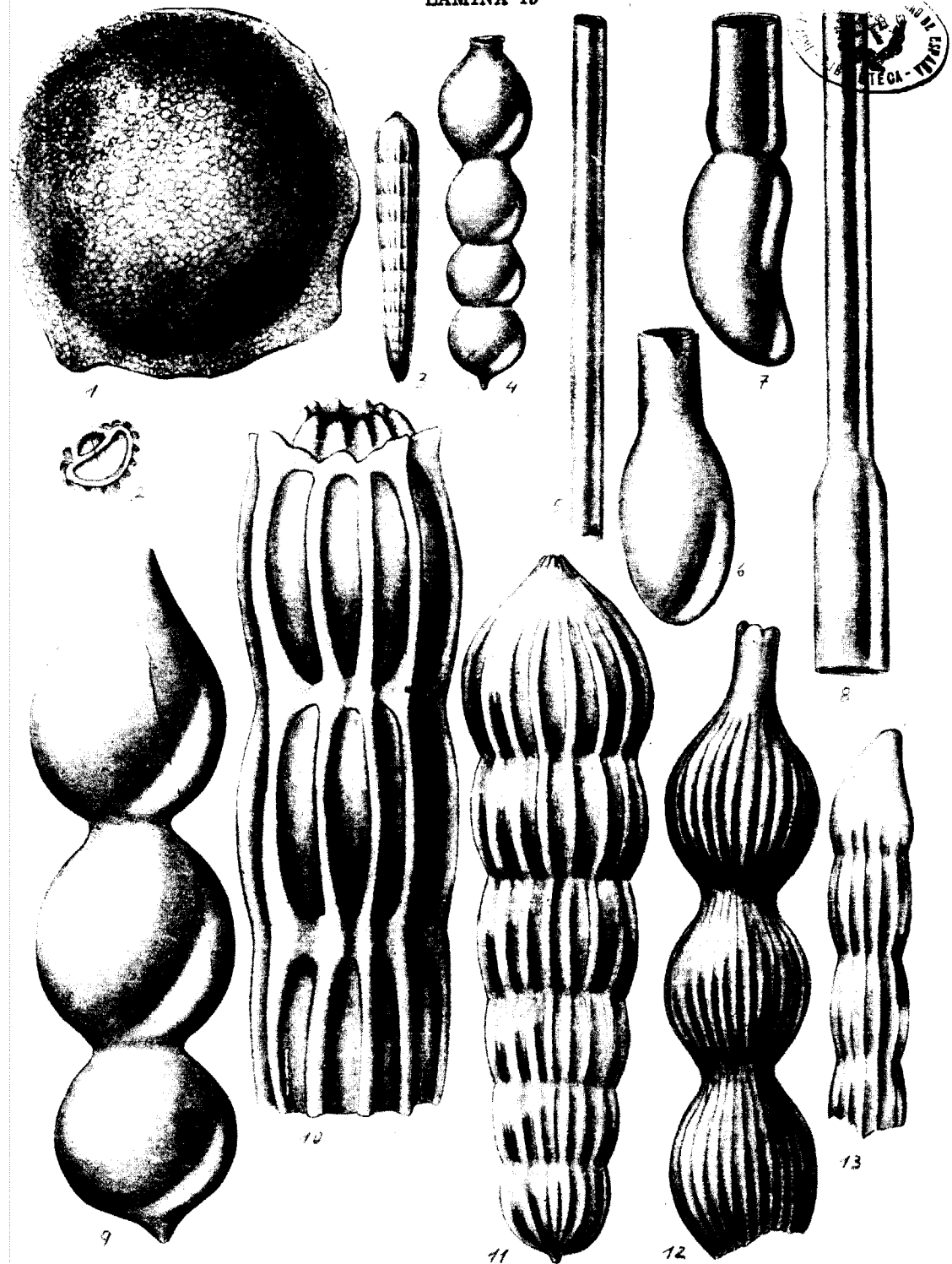


LAMINA 19

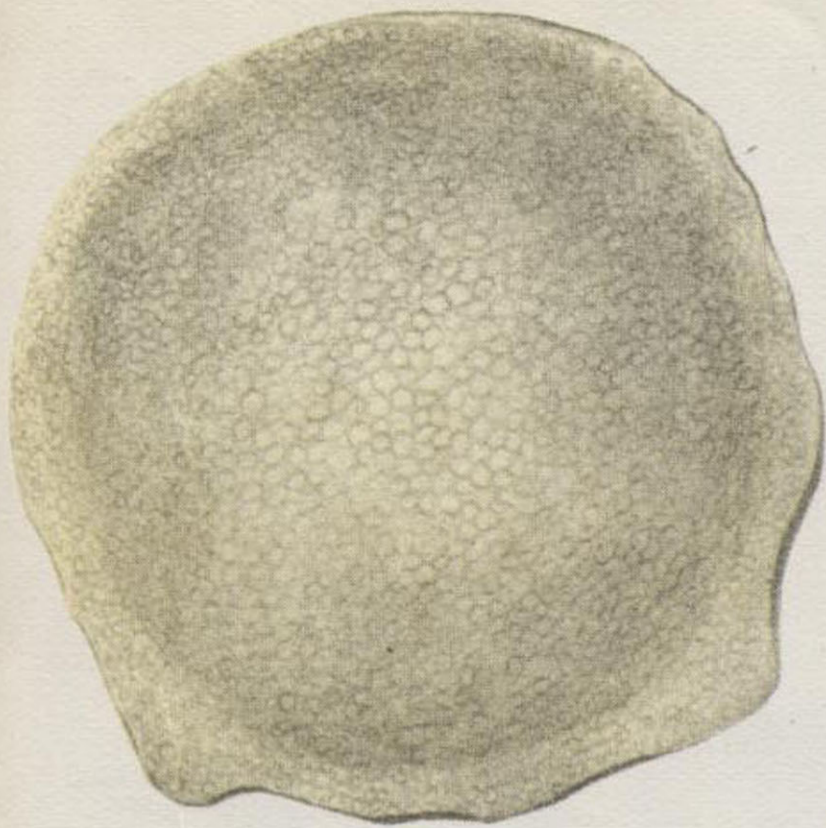
- 1- 2. *Nephrolepidina marginata* Michelotti. 1 × 10
3. *Nodosaria acuminata* (Reuss).
4. *N. calomorpha* Reuss.
- 5- 8. *N. longiscata* d'Orbigny.
9. *N. radícula* (Linneo).
10. *N. raphanistrum* (Linneo).
11. *N. raphanus* (Linneo).
12. *N. sublineata* Brady.
13. *N. vertebralis* Batsch.

Salvo otra indicación, todos. × 60

LAMINA 19



LAMINA 19



1



3



4



5



6



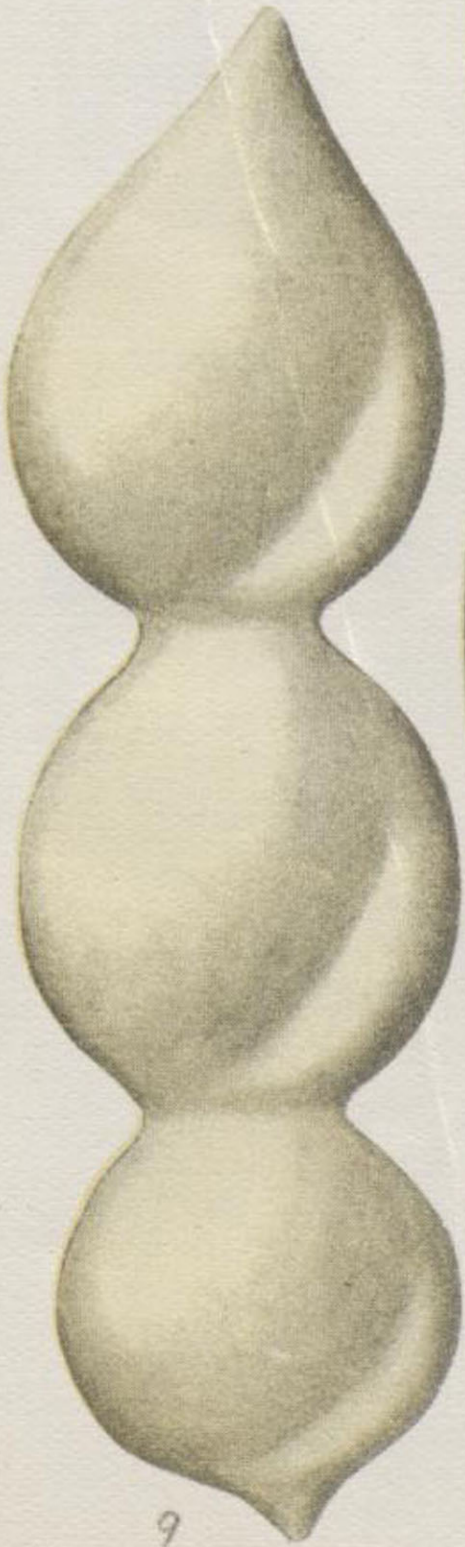
7



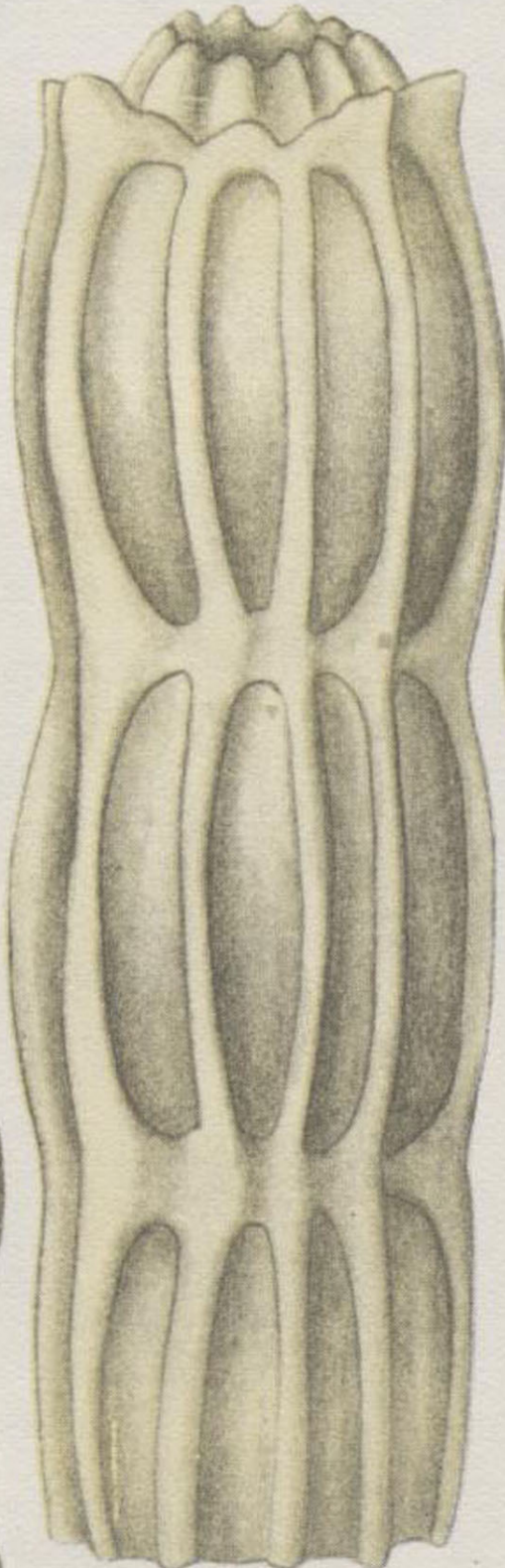
8



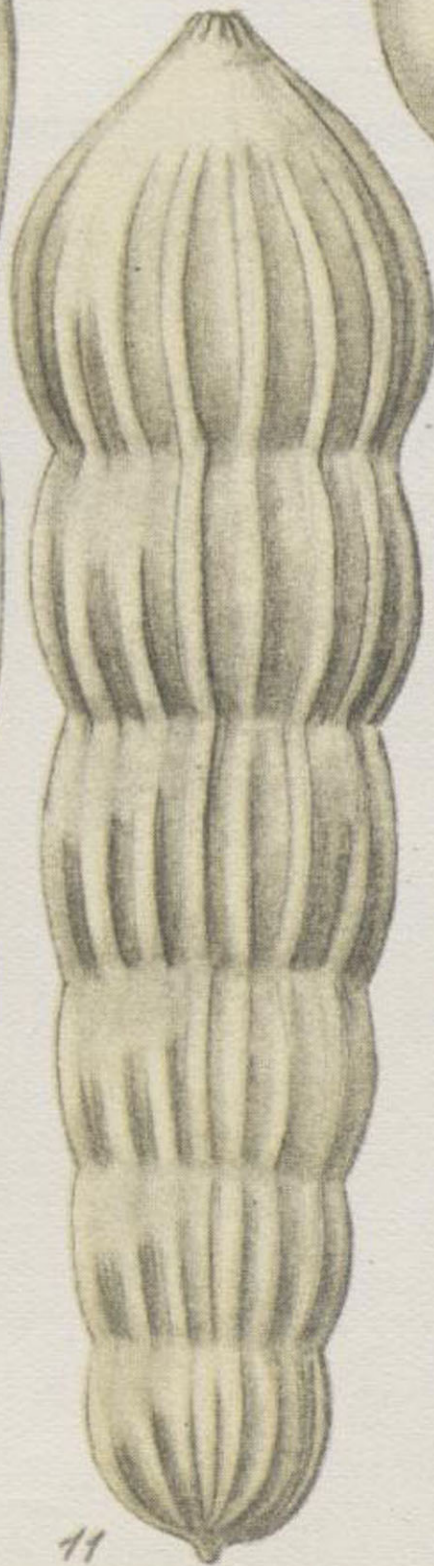
2



9



10



11



12



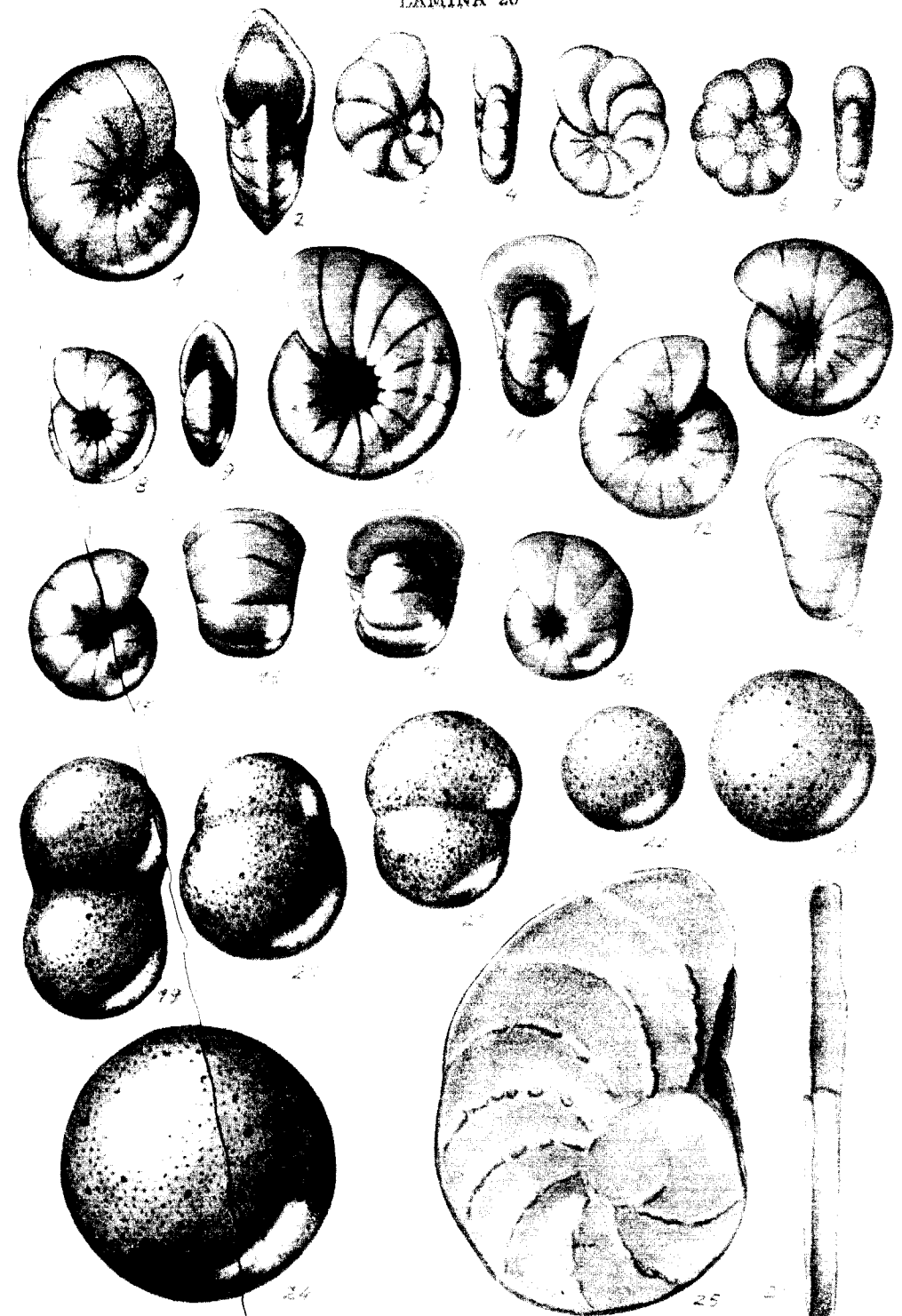
13

LAMINA 20

- 1- 2. *Nonion boueanum* (d'Orbigny).  
 3- 5. *N. depressulum* Walker y Jacob.  
 6- 7. *N. granosum* (d'Orbigny).  
 8-10. *N. padanum* Perconig.  
 11-14. *N. pompilioides* (Fichtel y Moll).  
 15-18. *N. soldanii* (d'Orbigny).  
 19-21. *Orbulina bilobata* (d'Orbigny).  
 22-24. *O. universa* (d'Orbigny).  
 25-26. *Operculina complanata* (Defrance).

Todos. × 60

LAMINA 20



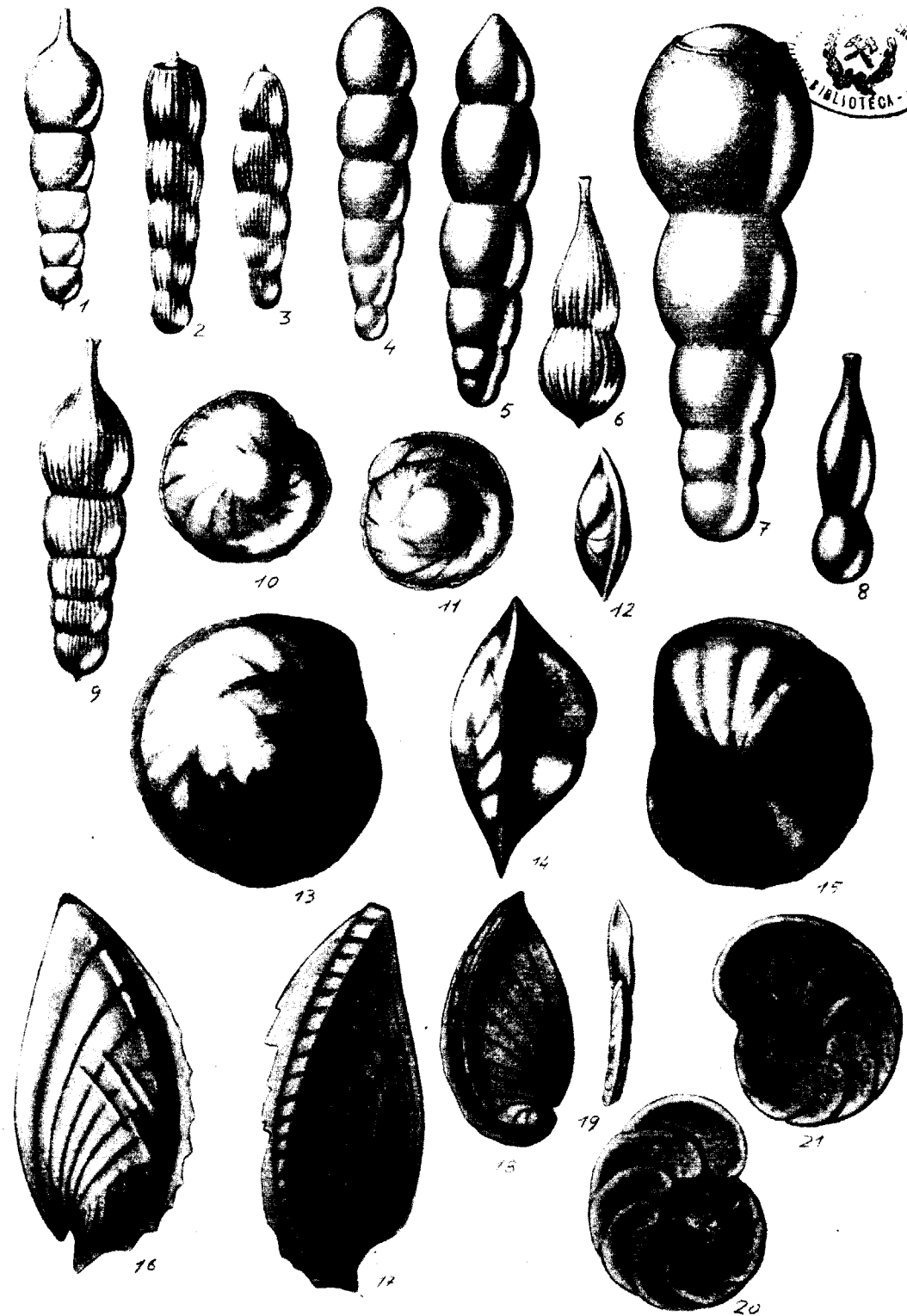
LAMINA 20

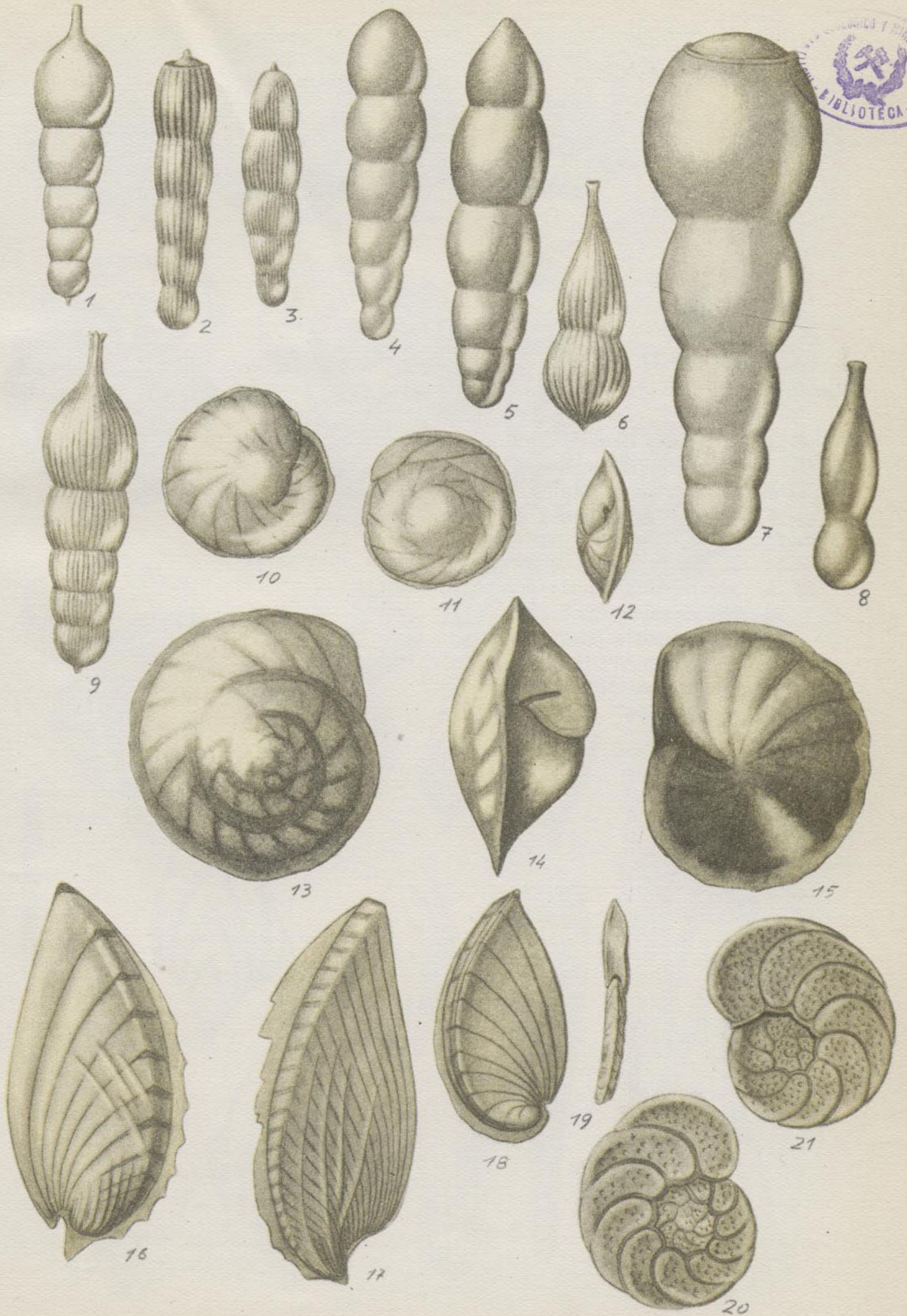


## LAMINA 21

1. *Orthomorpha bassanii* (Fornasini).
- 2- 3. *O. challengeriana* (Thalmann).
- 4- 5. *O. jedlitschkei* (Thalmann).
6. *O. proxima* (O. Silvestri).
7. *O. rorhi* (d'Orbigny).
8. *O. simplex* (O. Silvestri).
9. *O. tenuicostata* (Costa).
- 10-12. *Osangularia mexicana* (Cushman).
- 13-15. *O. aff. bengalensis* (Schwager).
16. *Planularia auris* (DeFrance).
17. *P. auris* (DeFrance) var. *angustata* (Costa).
18. *P. galea* (Fichtel y Moll).
- 19-21. *Planulina ariminensis* (d'Orbigny).

Todos. × 60



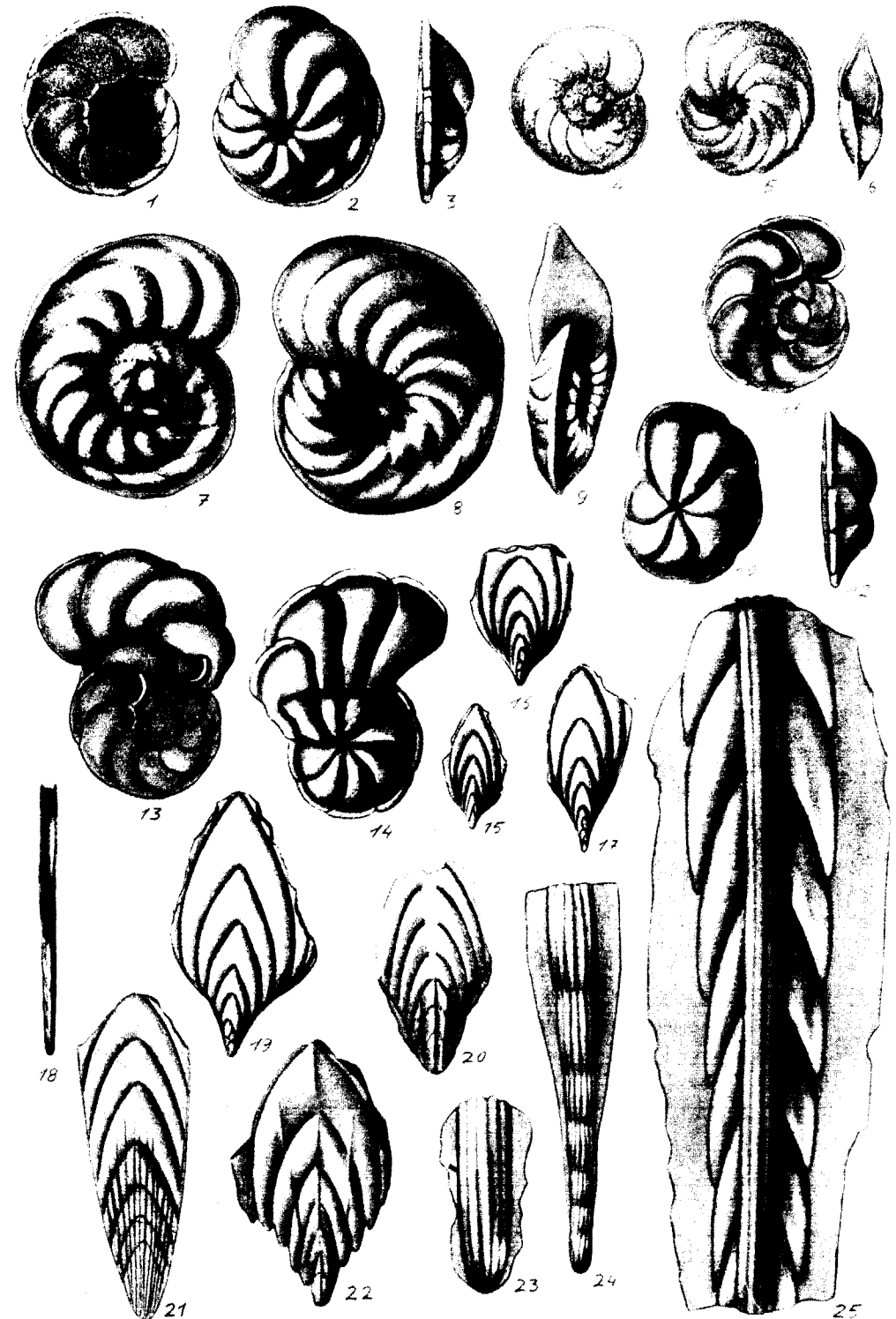


LAMINA 22

- 1- 3. *Planulina doherti* Galloway y Morrison. Forma microsérica de *P. wuellerstorffii* (Schwager).  
 4- 6. *P. marialana* Hadley.  
 7- 9. *P. renzi* Cushman y Stainforth.  
 10-12. *P. wuellerstorffii* (Schwager).  
 13-14. *P. wuellerstorffii* (Schwager). Formas aberrantes.  
 15-19. *Plectofrondicularia inaequalis* (Costa).  
 20. *P. morreyae* Cushman.  
 21. *P. semicosta* (Karrer).  
 22. *P. striata* (d'Orbigny).  
 23-24. *P. gemina* (Silvestri).  
 25. *P. ígemina?*

Todos. × 60

LAMINA 22





LAMINA 22



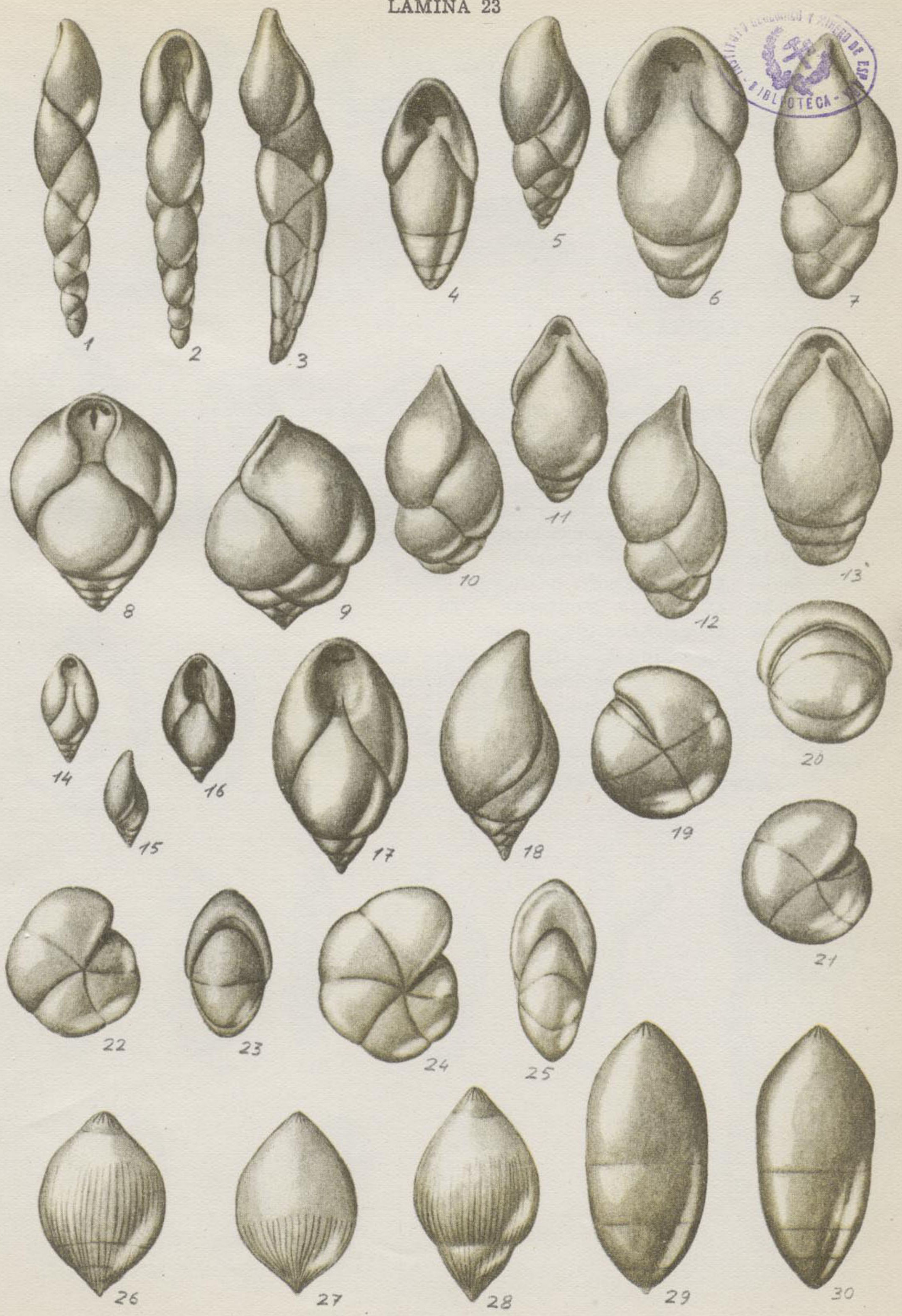
LAMINA 23

- 1- 3. *Pleurostomella alternans* Schwager.  
 4- 7. *P. bellardi* Hantken.  
 8- 9. *P. bierigi* Palmer y Bermúdez.  
 10-13. *P. brevis* Schwager.  
 14-18. *P. pleurostomella* A. Silvestri.  
 19-21. *Pullenia bulloides* d'Orbigny.  
 22-23. *P. quinqueloba* Reuss.  
 24-25. *P. salisburyi* R. E. y K. C. Stewart.  
 26-28. *Pseudoglandulina glans* (d'Orbigny).  
 29-30. *P. subcylindrica* (Reuss).

Todos. × 60

LAMINA 23



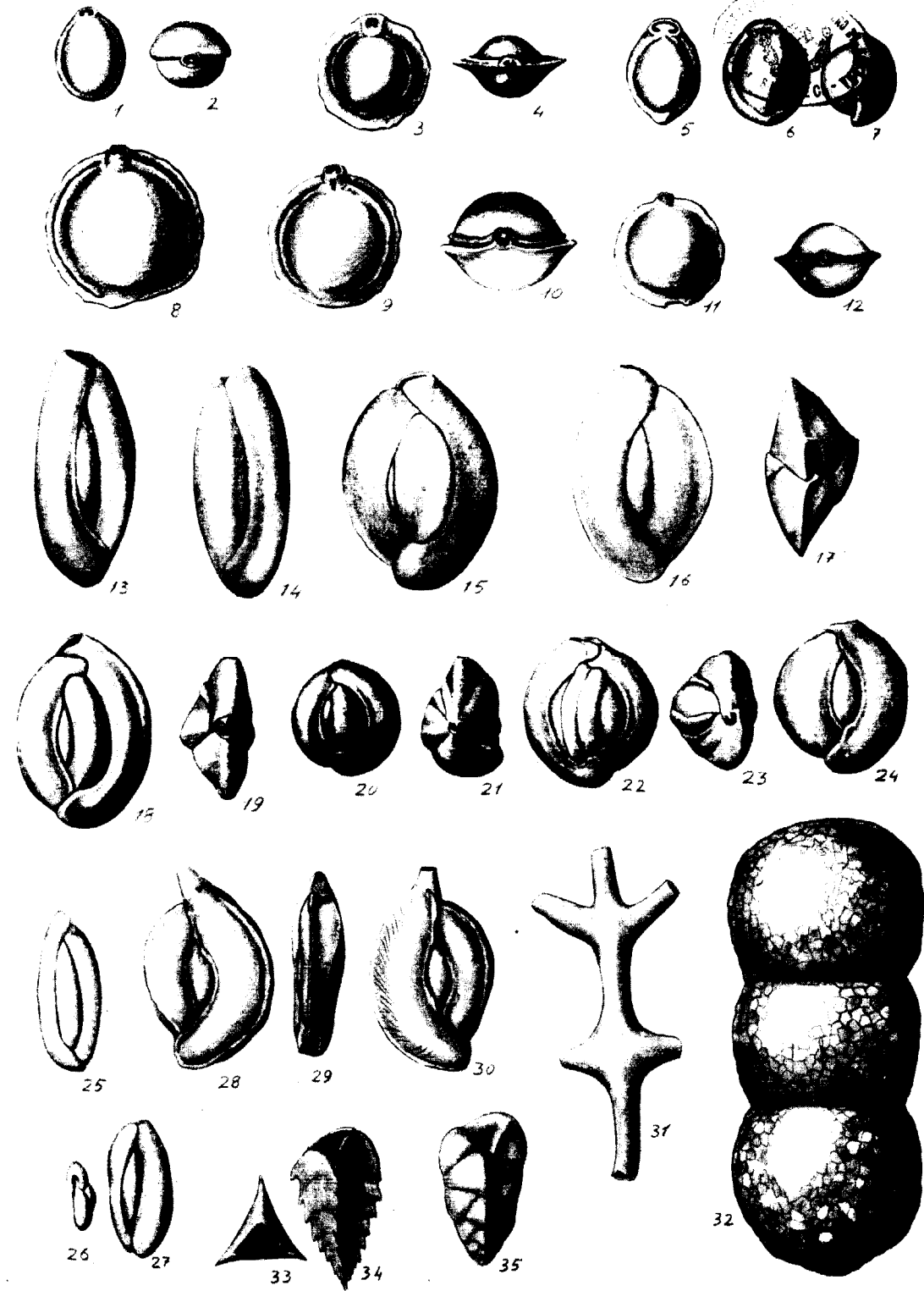


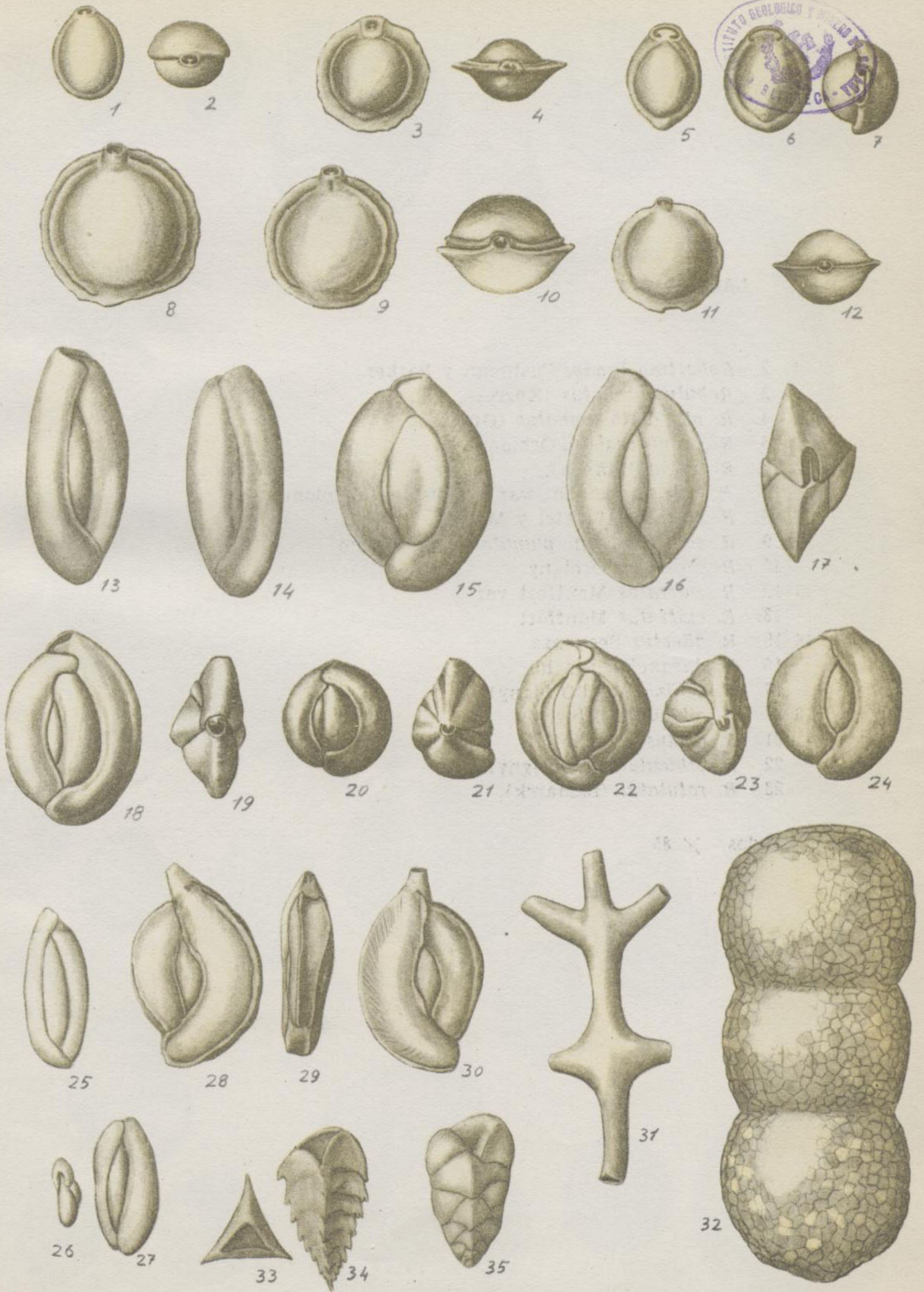
LAMINA 24

- 1- 2. *Pyrgo bulloides* (d'Orbigny) o *P. oblonga* (d'Orb.)  
 3- 4. *P. depressa* (d'Orbigny).  
 5- 7. *P. intermedia* Fornasini.  
 8-12. *P. murhina* (Schwager).  
 13-14. *Quinqueloculina seminula* (Linneo). × 80  
 15-17. *Q. bicarinata* d'Orbigny.  
 18-19. *Q. vulgaris* d'Orbigny.  
 20-24. *Q. aff. vulgaris* d'Orbigny.  
 25-27. *Q. oblonga* (Montagu). × 60  
 28-30. *Q. pulchella* (d'Orbigny).  
 31. *Ramulina* sp. (aff. *globulifera* Brady).  
 32. *Reophax papillosus* (Neugeboren).  
 33-34. *Reussella spinulosa* (Reuss).  
 35. *R. sp. 1.*

Salvo otra indicación, todos. × 40

LAMINA 24

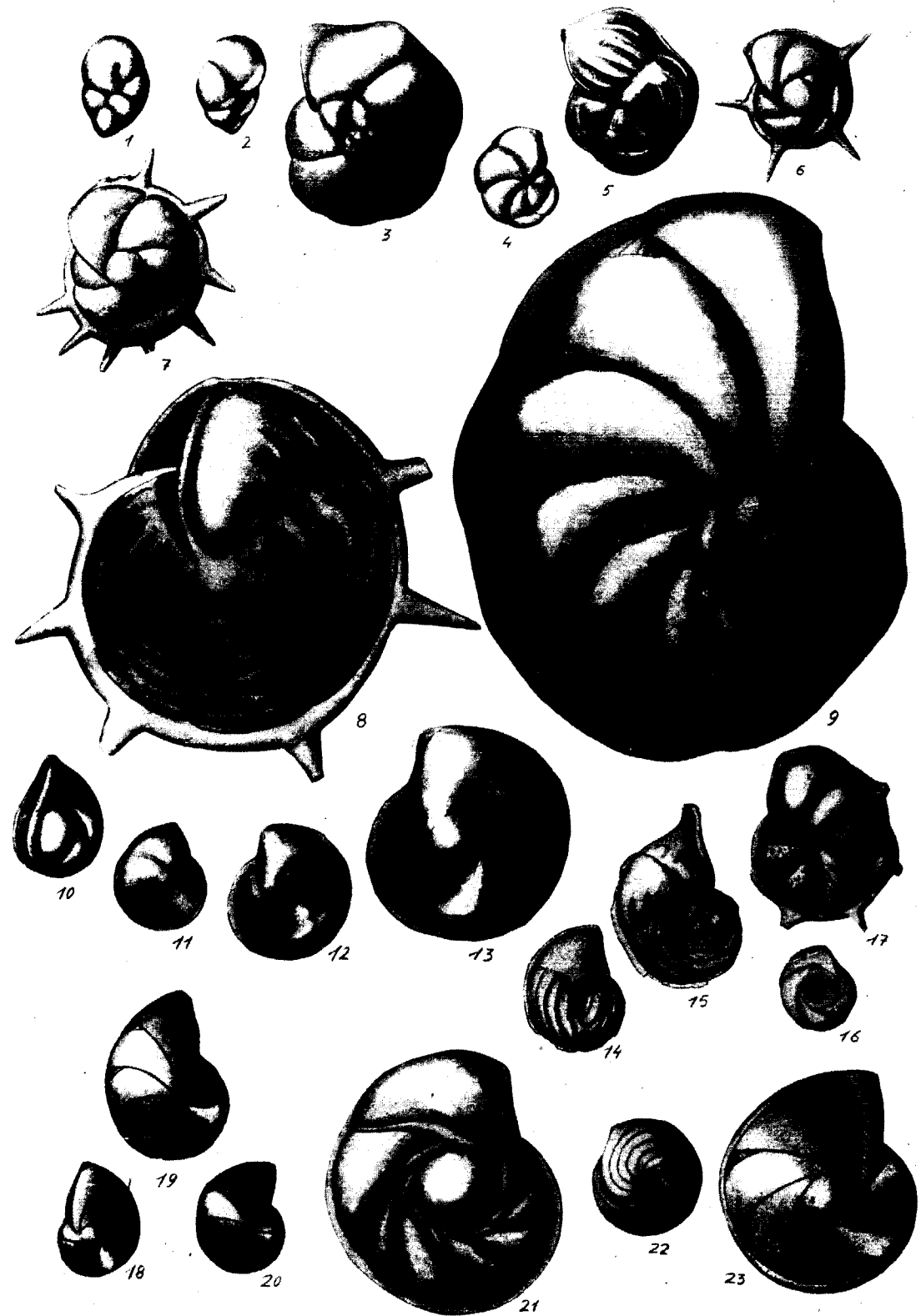


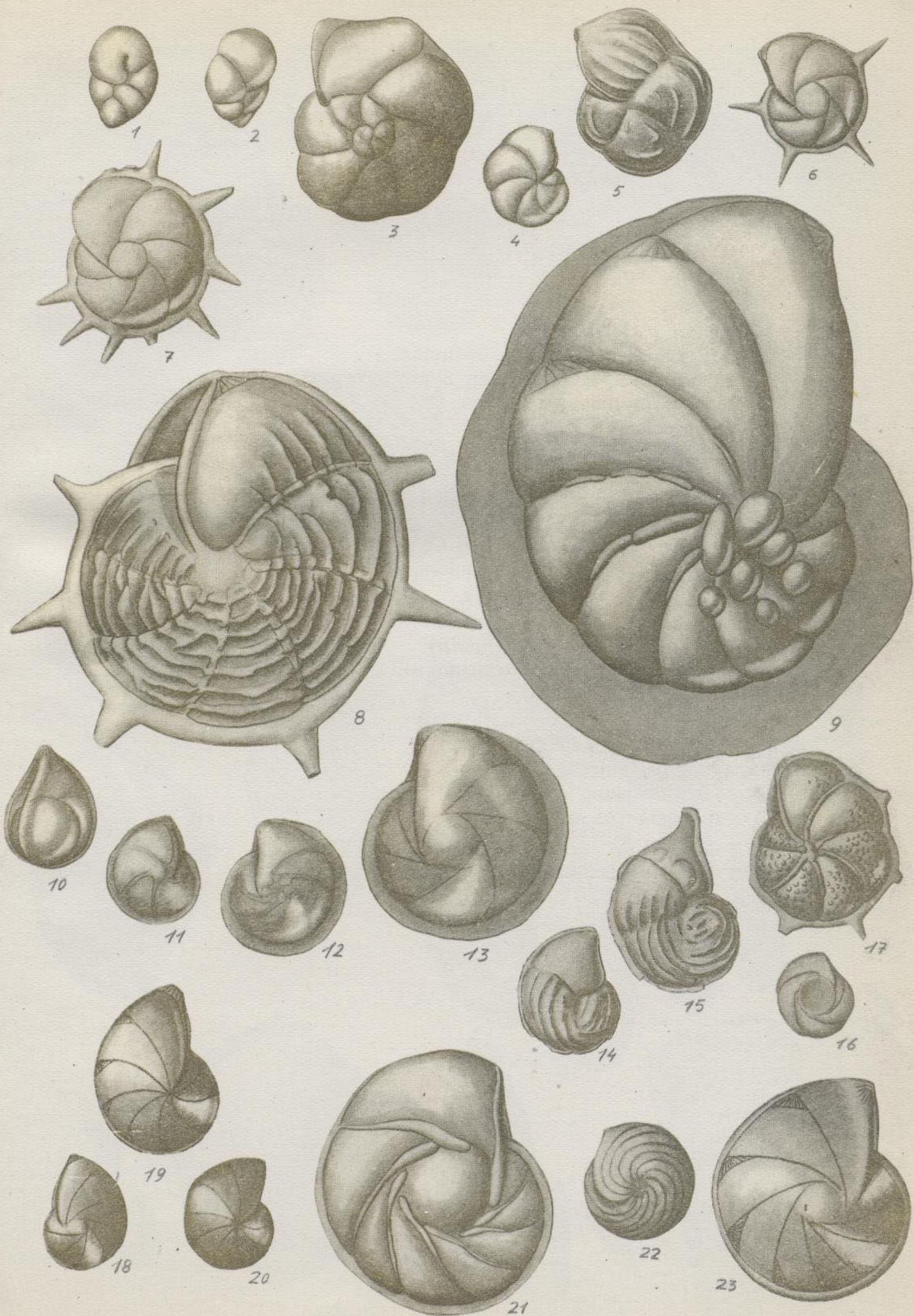


## LAMINA 25

- 1- 2. *Robertina bradyi* Cushman y Parker.
3. *Robulus arcuatus* (Karrer).
4. *R. aff. alato-limbatus* (Gümbel).
5. *R. ariminensis* (d'Orbigny).
6. *R. calcar* (Linneo).
7. *R. calcar* (Linneo) var. *multispinata* Colom.
8. *R. costatus* (Fichtel y Moll).
9. *R. coloratus* var. *planularioides* (Colom).
10. *R. crassus* d'Orbigny.
- 11-12. *R. cultratus* Montfort var.
13. *R. cultratus* Montfort.
- 14-15. *R. dilectus* Seguenza.
16. *R. durancina* Stache.
17. *R. echinatus* (d'Orbigny).
- 18-20. *R. gibbus* (d'Orbigny).
21. *R. oculus* (Stache).
22. *R. orbicularis* d'Orbigny.
23. *R. rotulatus* (Lamarck).

Todos. × 35



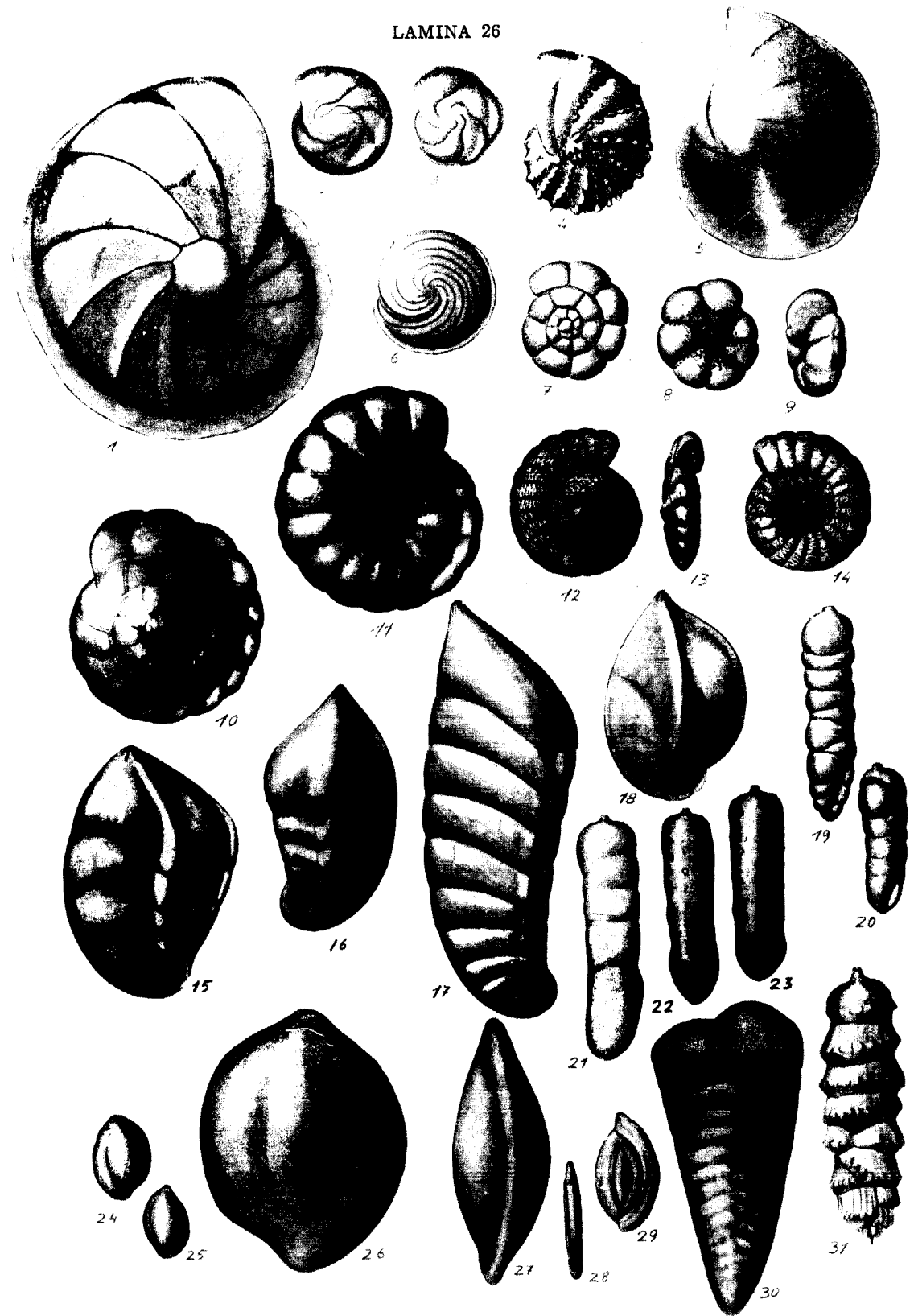


LAMINA 26

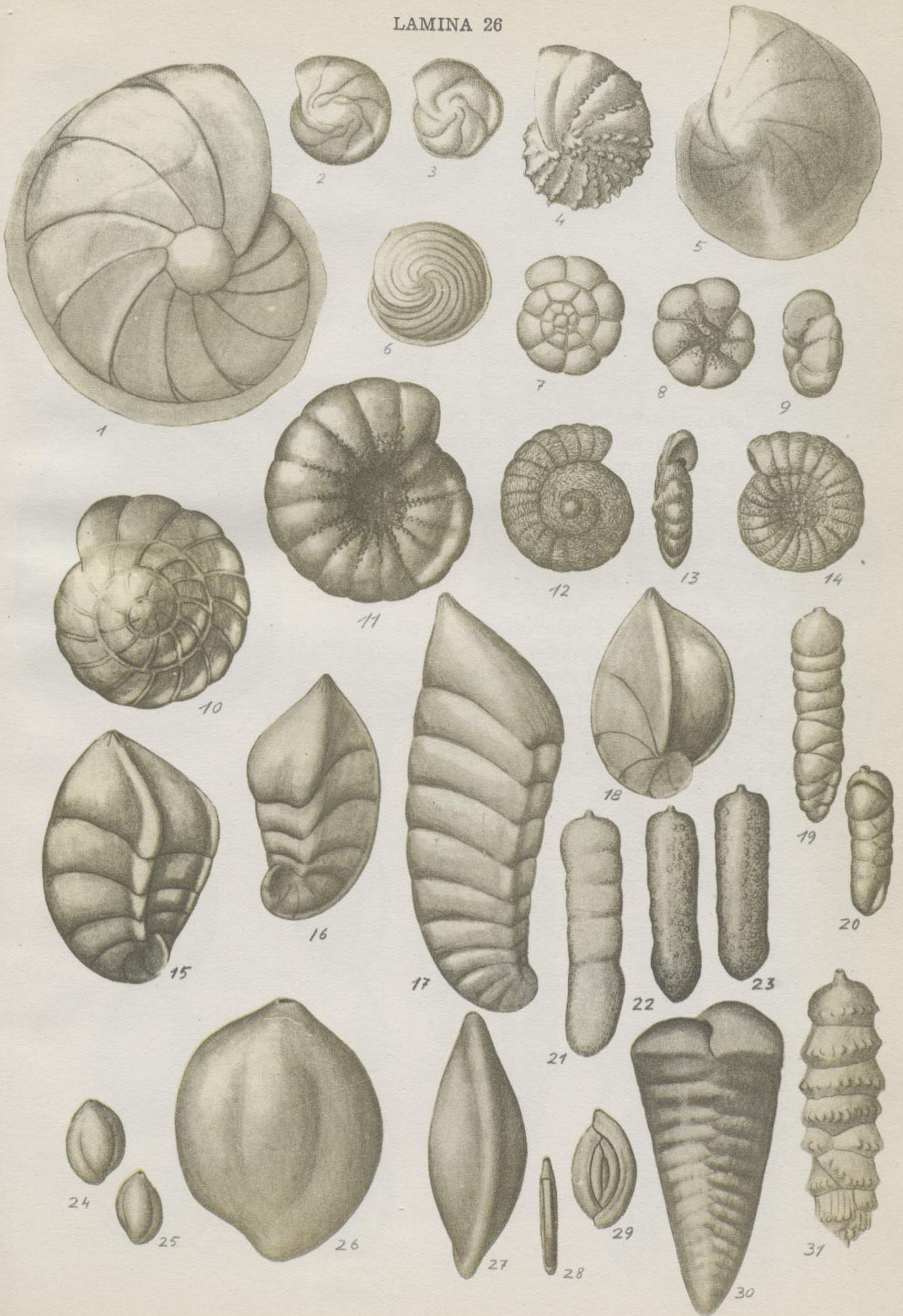
1. *Robulus septentrionalis* Cushman.
2. *R. serpens* (Seguenza) var. *clerici* (Fornasini).
3. *R. serpens* (Seguenza).
4. *R. spinulosus* (Costa).
5. *R. stellatus* (Seguenza).
6. *R. vortex* (Fichtel y Moll).
- 7-9. *Rotalia beccarii* (Linneo) var. *inflata* Seguenza.
- 10-11. *R. beccarii* (Linneo).
- 12-14. *R. sp. 1* (aff. *punctato-granosa* Seguenza).  $\times 18$
15. *Saracenaria arquata* (d'Orbigny).
16. *S. aff. arquata* (d'Orbigny).
17. *S. italica* (Defrance).
18. *S. aff. tetraedra* (Bornemann).
- 19-20. *Schenkiella primaeva* (Cushman).
21. *S. pallida* (Cushman).
- 22-23. *S. sp. 1*.
- 24-27. *Sigmoilina coelata* (Costa).
- 28-29. *S. tenuis* (Czjzek).
30. *Siphogaudryina soldanti* (Fornasini).
31. *Siphogenertna sp. 1*.

Salvo otra indicación, todos.  $\times 35$

LAMINA 26





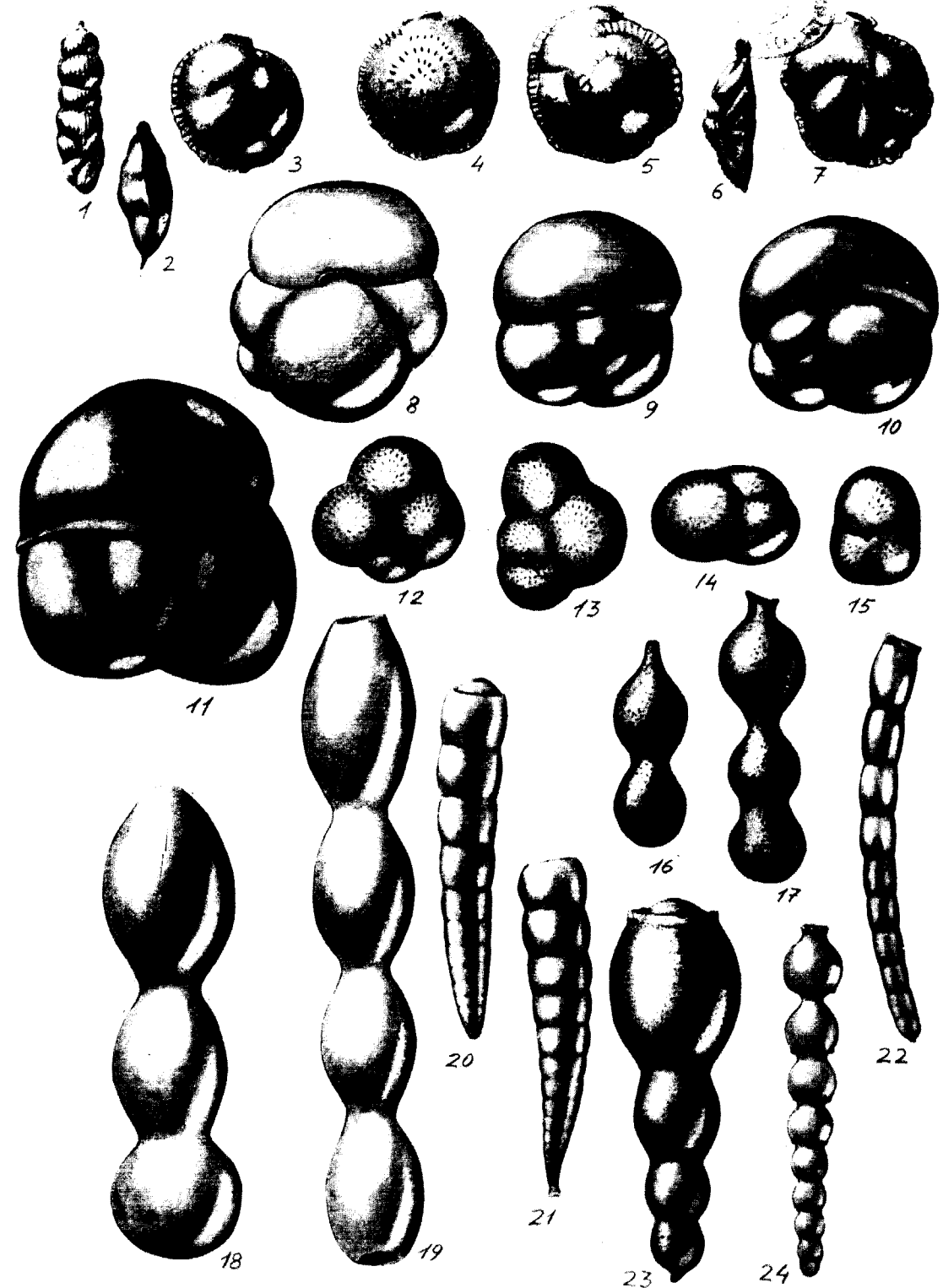


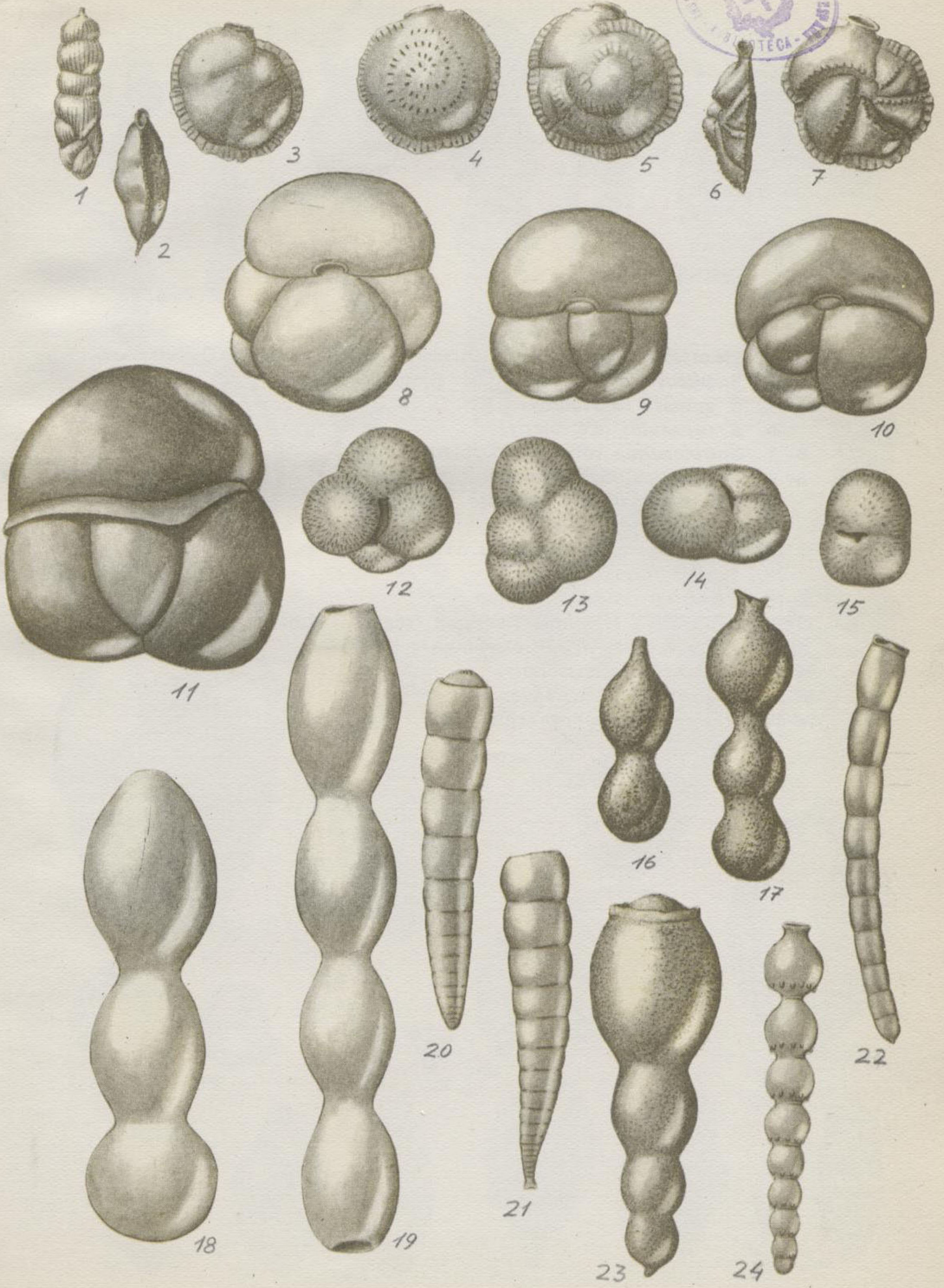
LAMINA 27

1. *Siphogenerina multicostata* Cushman y Jarvis (igual a *Uvigerina tenuis-triata* Reuss. var. *siphogenerinoides* Lippardini).
- 2-4. *Siphonina reticulata* (Czjzek).
- 5-7. *S. planoconvexa* Silvestri.
8. *Sphaeroidina variabilis* Reuss.
- 9-10. *S. bulloides* d'Orbigny.
11. *S. sp. 1.*
- 12-13. *Sphaeroidinella seminulina* (Schwager).
- 14-15. *S. sp. 1.*
- 16-17. *Stilostomella aspera* (Silvestri).
- 18-19. *S. abyssorum* (Brady).
20. *S. advena* (Cushman y Laiming).
21. *S. aff. advena* (Cushman y Laiming).
22. *S. consobrina* (d'Orbigny) var. *emaciata* (Reuss).
23. *S. fistuca* (Schwager).
24. *S. monilis* (O. Silvestri).

Todos. × 60

LAMINA 27

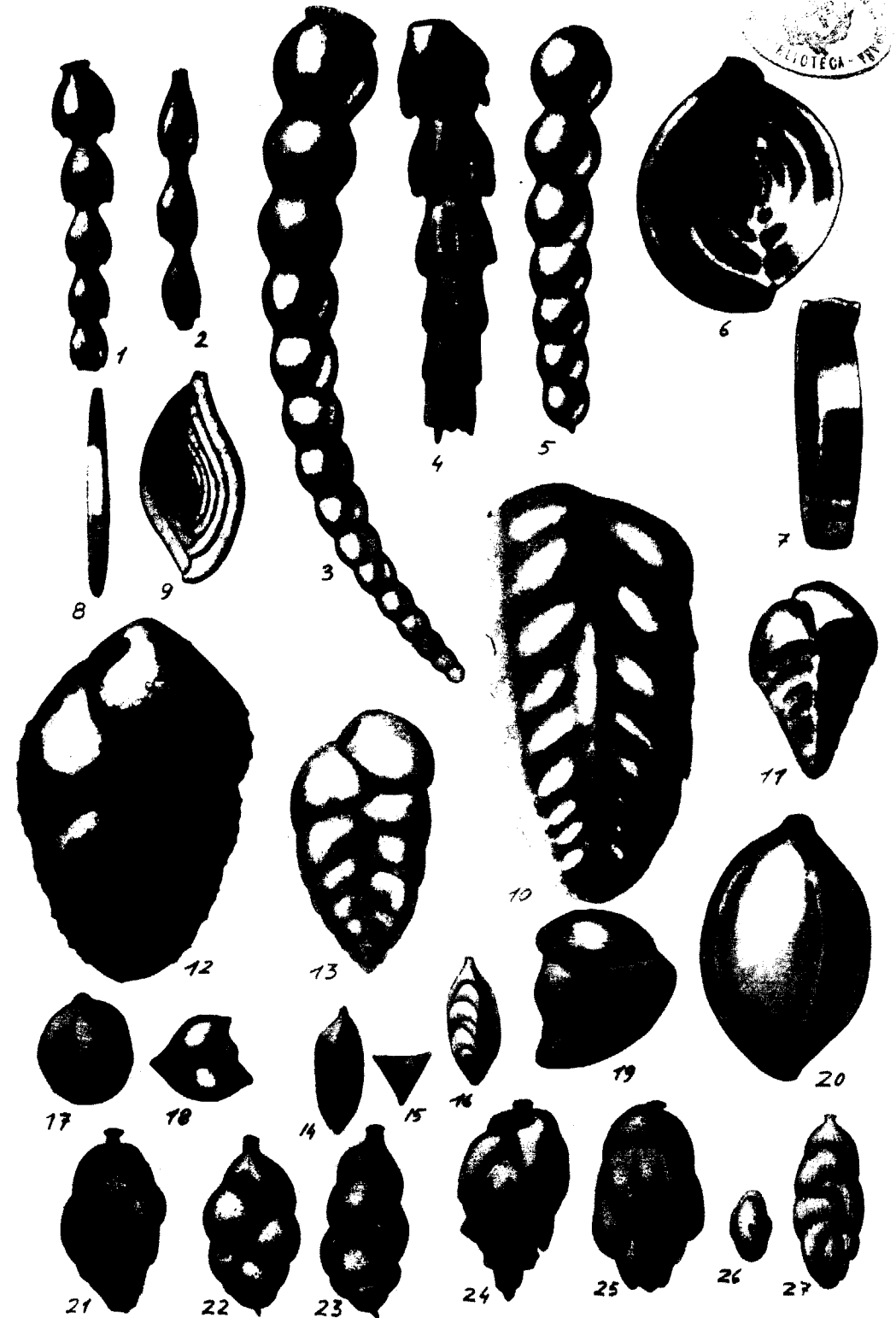




## LAMINA 28

- 1- 2. *Stilostomella monilis* (O. Silvestri) var. *laevigata* (O Silvestri).  
 3. *S. plicosuturata* (Denvieux). Ejemplar gigante.  
 4. *S. spinosa* (d'Orbigny).  
 5. *S. verneuilli* (d'Orbigny).  
 6- 7. *Spiroloculina rotunda* d'Orbigny.  
 8- 9. *S. canaliculata* d'Orbigny.  
 10. *Spiroplectammina carinata* (d'Orbigny).  
 11. *S. aff. wrighti* (Silvestri).  
 12. *Textularia aff. abbreviata* d'Orbigny.  
 13. *T. aciculata* d'Orbigny.  
 14-16. *Trifarina bradyi* Cushman.  
 17-20. *Triloculina trigonula* Lamarck (según O'Flint).  
 21. *Uvigerina aff. atwilli* Cushman y Simonson.  
 22-23. *U. auberiana* d'Orbigny.  
 24-25. *U. barbatula* Macfadyen.  
 26-27. *U. bononiensis* Fornasini.

Todos. × 60





LAMINA 29.

1. *Uvigerina canariensis* d'Orbigny.
- 2- 4. *U. peregrina* Cushman.
5. *U. proboscidea* Schwager.
6. *U. pygmaea* d'Orbigny.
7. *U. aff. pygmaea* d'Orbigny.
- 8-10. *U. rustica* Cushman y Edwards.
- 11-12. *U. rutila* Cushman.
13. *U. striatissima* Perconig.
14. *U. sp. 1.*
15. *Vaginulina legumen* (Linneo) var. *elegans* d'Orbigny.
16. *V. aff. legumen* (L.) var. *elegans* d'Orbigny.
17. *V. legumen* var. *elegans* subvar. *margaritifera* (Batsch).
- 18-19. *V. striatissima* Schrodte.

Todos. × 60

LAMINA 29.



LAMINA 29.

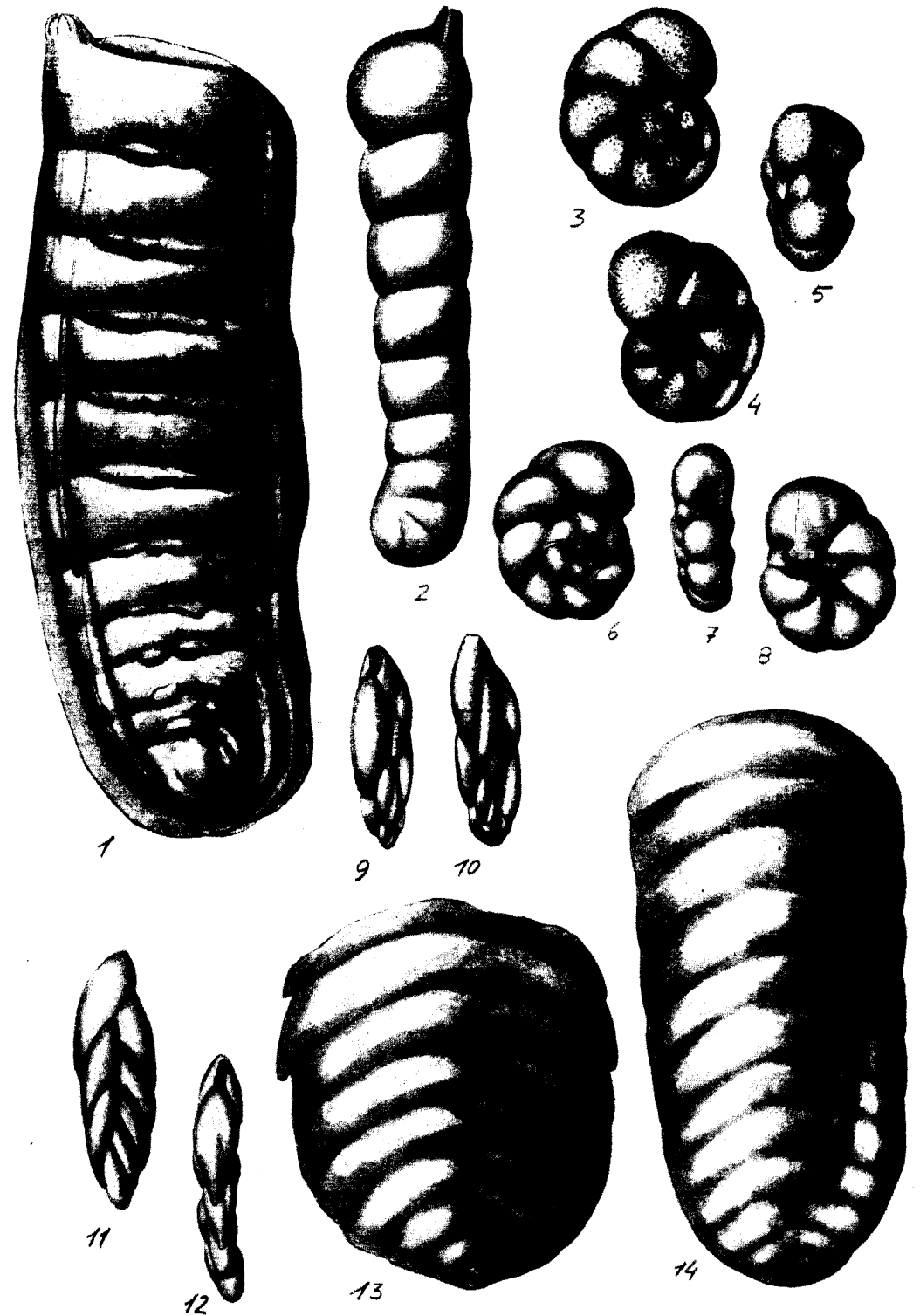


LAMINA 30

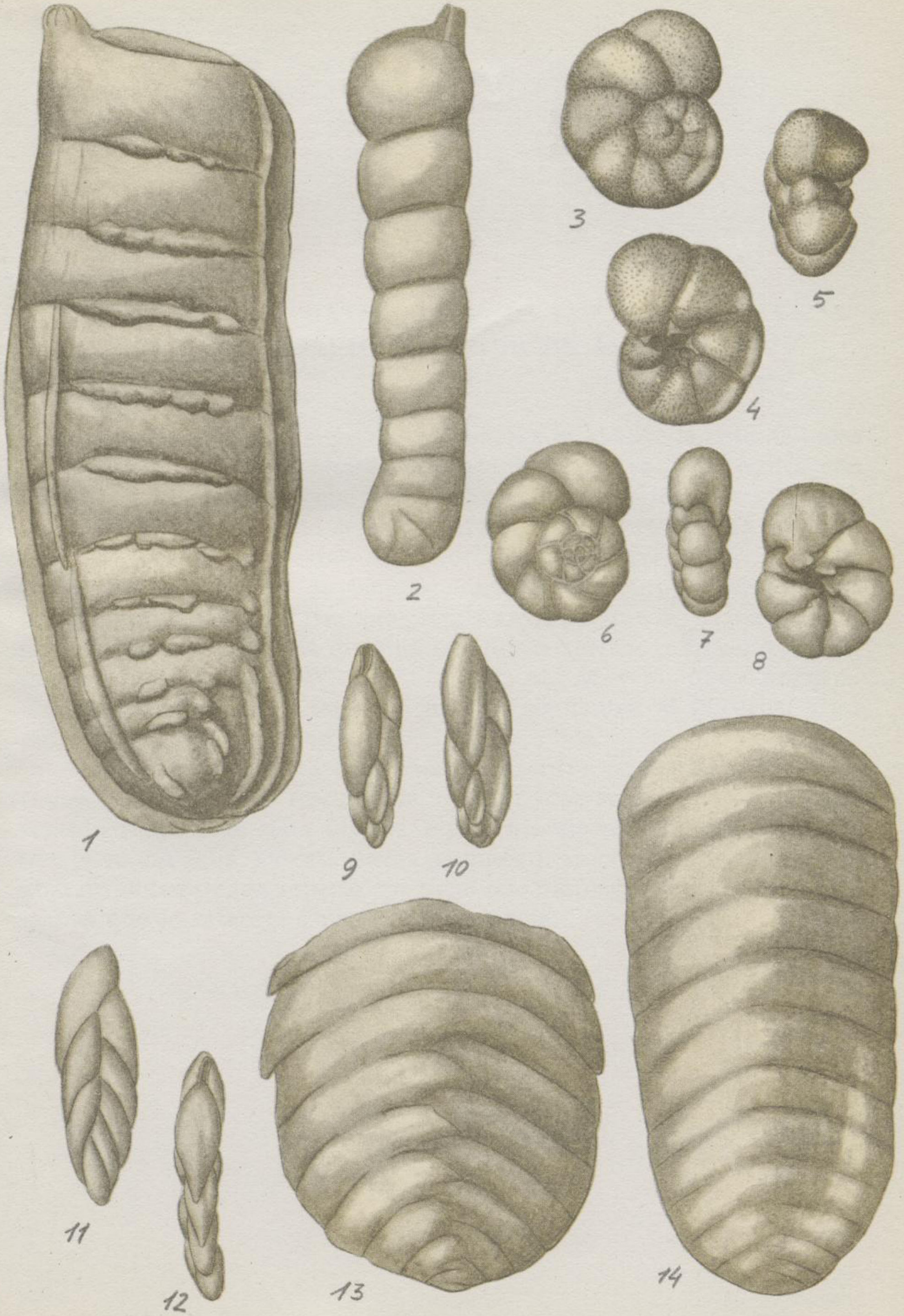
1. *Vaginulina* sp. 1 (aff. *sulcata* Costa).
2. *Vaginulinopsis inversa* (Costa) var. *carinata* Silvestri.
- 3- 5. *Valvulineria bradyana* (Fornasini).
- 6- 8. *V. complanata* (d'Orbigny).
- 9-10. *Virgulina schreiberstiana* Czjzek.
- 11-12. *V. squamosa* (d'Orbigny).
- 13-14. *Vulvulina pennatula* (Batsch).

Todos. × 70

LAMINA 30







## DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA DE LOS FORAMINIFEROS EN EL Terciario SUPERIOR DE ANDALUCIA

En los cuadros que damos a continuación se incluye la lista de todas las especies, ordenadas alfabéticamente en columna, y se indica con letras la frecuencia con que van apareciendo. Estas letras, cuyo significado ya hemos aclarado en un capítulo inicial, forman una fila a la derecha del nombre y están en cuadrículas que corresponden a intervalos arbitrarios. Hay 58 cuadrículas, cuyo conjunto representa el espesor total del Terciario superior, formando una columna estratigráfica sintética que está dividida por líneas verticales en nueve zonas amplias, nombradas C, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> y M<sub>5</sub>, que corresponden: la primera, al Cuaternario; las tres siguientes, al Plioceno, y las cinco últimas, al Mioceno.

A la derecha, al margen de cada hoja, entre los nombres de las especies y el cuadro de frecuencias, aparece más simplificado todavía el reparto vertical de cada especie, representando con un punto su presencia en esa zona. De esta forma, el que quiera consultar en qué pisos aparece determinada especie, no tiene que desplegar todo el cuadro, a menos que le interese conocer la frecuencia.



















## APUNTES PARA UNA ESTRATIGRAFIA DE DETALLE

J. M. Ríos (42 y 43) ha publicado dos notas sobre los sondeos realizados en España para la búsqueda de hidrocarburos, varios de los cuales se han hecho en el valle del Guadalquivir. Dejando aparte que los datos que las diversas empresas le han facilitado son muy poco detallados, hay un hecho que puede advertirse común a todos ellos: la total independencia del Terciario antiguo y del moderno en esa zona. En efecto, en ningún caso el Mioceno va apoyado sobre Oligoceno ni Eoceno. Ello parece indicar que durante la primera mitad del Terciario, y aun en amplias zonas durante gran parte del Secundario, la depresión del Guadalquivir, por donde ahora discurre el río, estuvo emergida, y, por eso, los sedimentos transgresivos del Mioceno se depositaron directamente sobre Paleozoico, Triásico o Jurásico.

Según esto, el Cretácico, Eoceno y Oligoceno forman en Andalucía una unidad al sur del actual valle fluvial, y los depósitos de tipo marino de esta época forman paquetes de gran espesor, como puede verse en los sondeos de Chiclana de la Frontera y Almarchal, y fue a consecuencia de la orogenia alpina del Mioceno, que todos estos depósitos fueron elevándose, a la vez que al norte de ellos la tierra descendía e iba siendo invadida por las aguas marinas.

Lógicamente, en su parte sur, el depósito mioceno de la cuenca del Guadalquivir debe apoyarse sobre Oligoceno y posiblemente en algún punto no haya habido interrupción en la sedimentación.

Pero las transgresiones del Aquitaniense, Burdigaliense y Helveciense inferior parecen ir cubriendo zonas cada vez más al Norte y, al tiempo que se produce este avance, por el Sur se va retirando la costa, de forma que en el Mioceno medio ya emergen los depósitos aquitanienses.

Este brazo de mar alcanzó pronto buena profundidad, como lo in-

dican las finas margas compactas del Burdigaliense, en cuyo momento, de un modo a veces bastante brusco, cambia la microfauna, que primeramente se caracteriza por la alternancia de restos silíceos con calizos y luego se hace homogénea.

La parte inferior del Helveciense es casi siempre un tramo claramente distinto del resto del Helveciense: unas veces margas azules, otras es una brecha de Heterosteginas y muy frecuentemente, separando el Burdigaliense del Vindoboniense, aparecen depósitos de margas areniscosas que contienen grandes cantidades de foraminíferos eocenos, oligocenos y cretácicos. Todo esto puede ser consecuencia de una nueva manifestación de la orogenia alpina, que, por un lado, eleva más el Terciario antiguo y, por otro, produce un descenso de amplias zonas, lo que provoca un aumento de erosión y de depósitos terrígenos por desmantelamiento de una costa con terrenos de aquellos periodos (u otro fenómeno similar), en el brazo de mar que, a juzgar por lo homogéneo de su microfauna, debe ser un golfo.

Este reavivamiento de la orogenia y epirogenia alpinas determina una nueva transgresión que alcanza a regiones donde no había llegado la del Burdigaliense. Así, en Carmona, Villalba del Alcor y Castilleja de la Cuesta, sobre el Paleozoico se depositó directamente el Helveciense, a la vez que emergen los extremos de las margas y moronitas depositadas en el borde sur del mar burdigaliense. Es decir: parece como si el eje de máxima profundidad de la amplia depresión ocupada por el mar mioceno haya ido desplazándose hacia el norte.

La profundidad del mar es todavía grande, pero va disminuyendo a lo largo del Mioceno medio y de modo especial en el Tortoniense, en el que la mayor parte del valle queda emergida. Ya en el Plioceno sólo está cubierta por las aguas la parte más occidental del valle del Guadalquivir, por lo menos hasta el Plioceno medio, en que tiene lugar una aceleración de la regresión, tan importante en la mitad oeste del valle como lo había sido la tortoniense en la mitad este.

Finalmente, en el Cuaternario el depósito empieza siendo de aluviones, pero luego vuelven a aparecer sedimentos litorales ricos en moluscos, en los que, junto con especies actuales de foraminíferos, se encuentran restos de muy diversos periodos, más o menos rodados, terminándose la serie cuaternaria por una paulatina colmatación de arenas a cargo de los ríos.

\* \* \*

En el cuadro que damos a continuación están resumidos todos los datos de valor estratigráfico extraídos de las tablas de distribución. La

| CARACTERES LITOLOGICOS |   | m.  | ESCALA SINTETICA | NIVELES  | FORAMINIFEROS EXCLUSIVOS  | ZONAS          | EDAD         | DISTINCION DE MIOCENO Y PLIOGENO   |
|------------------------|---|---|------------------|--|---|----------------|--------------|--|
| ESTE                   | CENTRO  |   |                  |  |   |                |              |  |
| FALTA                  |   | ARENAS Y GRAVAS con niveles conchiferos   | 120              | ← <i>Eponides frigidus</i> R/F   | <i>Bulimina elegans</i><br><i>Elphidium decipiens</i><br><i>Nonion depressulum</i><br><i>Valvulineria complanata</i>  | C              | CUATERNARIO  |  |
|                        |   | MARGA GRIS con niveles areniscosos  | 270              | ← <i>Anomalina balthica</i> R/F  | <i>Asterigerina mamilla</i><br><i>Bulimina fusiformis</i>   | P <sub>1</sub> |              |  |
| FALTA                  | Niveles de MARGA GRIS y ARENISCA MARGOSA GRIS | MARGA GRIS  | 510              | ← <i>Dentalina crassicauda</i> F   | <i>Ammobaculites agglutinans</i><br><i>Bolivina alata</i> v. B1<br><i>Bulimina elongata-subulata</i><br><i>B. cf. pseudo-afinis</i><br><i>Discorbis bertheloti</i><br><i>Nodosaria sublineata</i><br><i>Planularia auris angustata</i><br><i>Reussella</i> sp. 1<br><i>Robulus arcuatus</i><br><i>R. calcar-multispinata</i><br><i>R. costatus</i>  | P <sub>2</sub> | PLIOC. 1/2   | <i>Bulimina elongata</i> lappa, <i>B. pyrula-spinescens</i> , <i>Chilostomella ovata</i> , <i>Discorbis globularis</i> , <i>Globorotalia crassula</i> , <i>G. hir-suta</i> , <i>Lagena foveolata</i> , <i>Lagenonodosaria semicostata</i> , <i>Massilina pulchra</i> , <i>Nodosaria calomorphia</i> , <i>Orthomorphina bassanii</i> , <i>Quinqueloculina bicarinata</i> , <i>Reophax papillosus</i> , <i>Robulus oculus</i> , <i>Siphogenerina soldanii</i> , <i>Bulimina</i> sp. 1, <i>Siphogenerina</i> sp. 1  |
| FALTA                  |   | MARGA GRIS con arena hacia la base  | 630              | ← <i>Massilina pulchra</i> F   | <i>Angulogerina fornasinii</i><br><i>Dentalina aciculata</i>  | P <sub>3</sub> | PLIOC. INF.  |  |
| FALTA                  | MARGA GRIS muy areniscosa                     | MARGA GRIS clara  | 810              | ← <i>Sphaeroidina</i> sp. 1<br>← <i>Globobulimina glabra</i>   | <i>Dentalina catenulata</i><br><i>D. guttifer</i><br><i>Glandulina laevigata-occidentalis</i><br><i>Globigerina inflata</i><br><i>Lagena calóstoma</i><br><i>L. flintiana</i><br><i>L. semicostata</i><br><i>Marginulina bullata</i><br><i>M.</i> sp. 1<br><i>Sphaeroidina</i> sp. 1  | M <sub>1</sub> | MIOC. SUP.   |  |
|                        |   | ARENISCA MARGOSA GRIS hacia la base MARGA GRIS  | 1170             | ← <i>Asterigerina planorbis</i> CC<br>← <i>Karrerella subcylindrica</i> CC<br>← <i>Stilostomella spinosa</i> CC<br>← <i>Lingulina costata</i> CC                         | <i>Asterigerina planorbis</i><br><i>Cyclammina incisa</i><br><i>Elphidium macellum</i>  | M <sub>2</sub> | TORT.        | <i>Astacolus tenuis</i> , <i>Bolivina</i> <i>robertsonianus</i> , <i>Chrysalogonium lance-olum</i> , <i>Ch. obliquatum</i> , <i>Dentalina leguminiformis</i> , <i>D. filiformis</i> , <i>Karrerella subcylindrica</i> , <i>Schenkella primaeva</i> , <i>Lagena aperta</i> , <i>L. exsculpta</i> , <i>L. lyelli</i> , <i>L. marginata</i> , <i>L. staphilearia</i> , <i>Lagenonodosaria scalaris</i> , <i>L. spinicosta</i> , <i>Laticarinina pauperata</i> , <i>Lingulina costata</i> , <i>Marginulina glabra</i> , <i>Nodosaria acuminata</i> , <i>Planulina doherti</i> , <i>P. Wuelsterstorfii</i> , <i>Pleurostomella alternans</i> , <i>P. pleurostomella</i> , <i>Pyrga bulloides</i> , <i>P. depressa</i> , <i>P. murhina</i> , <i>Quinqueloculina</i> sp. 1, <i>Robulus dilectus</i> , <i>Orthomorphina rorchi</i> , <i>O. jedlitschkae</i> , <i>Stilostomella aspera</i> , <i>S. fistuca</i> , <i>S. plicosuturata</i> , <i>Uvigerina barbata</i> , <i>U. rustica</i> . |
|                        |   | MARGA GRIS  | 1350             | ← <i>Cassidulina</i> sp. 1 CC<br>← <i>Haplo phragmoides</i> sp. 1<br>← <i>Heterostegina costata</i> CC   | <i>Cassidulina</i> sp. 1<br><i>Heterostegina costata</i>  | M <sub>3</sub> | HELV.        |  |
|                        |   | MARGA GRIS con alternancias claras y oscuras  | 1680             | ← <i>Globoquadrina dehiscens</i> CC<br>← <i>Osangularia mexicana</i> CC<br>← <i>Astacolus subtilius</i> C<br>← <i>Cassidulina subglobosa</i> var. <i>horizontalis</i> CC | <i>Astacolus ovatus</i><br><i>A. subtilius</i><br><i>Bolivina</i> cf. <i>nobilis</i><br><i>Anomalina pompilioides</i><br><i>A.</i> sp. 1<br><i>Bulimina alazanensis</i><br><i>Cibicides cushmani</i><br><i>Cyclammina acutidorsata</i><br><i>Darothia brevis</i><br><i>Globorotalia praememardii</i><br><i>Guttulina irregularis</i><br><i>Haplophragmoides deforme</i><br><i>Osangularia mexicana</i><br><i>Planulina (Ena)</i><br><i>Plectrotrondicularia morreyae</i><br><i>Pleurostomella beliardii</i><br><i>P. bieri</i><br><i>Pseudoglandulina subcylindrica</i><br><i>Sphaeroidina variabilis</i><br><i>Stilostomella plicosuturata</i><br><i>Uvigerina atwilli</i> | M <sub>4</sub> | BURD.        |  |
|                        |   | a veces FALTA otras, son MOPONITAS aquitanienenses otras, ARENISCA GRIS con un nivel de otras Orbitoides y conglomerado basal | 1740             | ← <i>Diatomeas y Radiolarios</i><br>← <i>Lepidocyclinas</i> CC   | <i>Eulepidina dilatata</i><br><i>Nephrolepidina marginata</i><br><i>Amphistegina lessonii</i>   | M <sub>5</sub> | AQUITANIENSE |  |

escala de este cuadro es la misma que la de aquellas tablas para facilitar su comprensión.

En él pueden verse las cinco zonas del Mioceno, tres del Plioceno y el Cuaternario, con sus caracteres litológicos y paleontológicos, junto con 19 niveles-guía distribuidos a lo largo de la escala.

Hay que advertir que entre la zona M. 4, Burdigaliense, y la M. 3, Helveciense, hay otra muy variable, que debe corresponder a la base del Helveciense y que no he representado por su misma variedad.

## CARACTERES DE LOS DISTINTOS NIVELES ESTRATIGRAFICOS ESTUDIADOS

Por orden de antigüedad, describiremos las distintas divisiones o zonas:

### ZONA "M<sub>5</sub>".—AQUITANIENSE

Según los trabajos publicados sobre la región andaluza, puede adoptar dos facies muy distintas:

En el caso de mayor desarrollo son 30-60 metros de areniscas grises, que en su parte inferior llevan un tramo riquísimo en macroforaminíferos, cuyos caparazones le dan aspecto brechoide y, más en la base, un nivel de conglomerado con fragmentos pequeños de otras rocas.

Paleontológicamente se caracteriza por la abundancia de Amphis-*tegina*, *Eulepidina*, *Nephrolepidina*, *Operculina*, *Miogypsina* y un sinfín de foraminíferos más pequeños.

Aunque las *Lepidocyclinas* y *Operculinas* son más bien propias del Oligoceno superior, la presencia de verdaderas *Miogypsinas* eleva este depósito hasta el Aquitaniense, según ya indicó Gómez Lluca (30).

Otros autores (17 y 44) lo consideran Oligoceno superior, porque en algunos puntos se ven las capas de "moronitas" apoyadas sobre él.

En efecto, con facies totalmente distinta tenemos ese tipo de rocas que la geología local llama "albarizas" o "moronitas", y que ocupan grandes extensiones de la superficie. Así se las clasifica en el trabajo de Colom y Gamundi "Sobre la extensión e importancia de las "moronitas" a lo largo de las formaciones aquitano-burdigalienses del estrecho Nort-Bético" (17).

Todas las descripciones las definen por la mezcla de restos calizos (Globigerínidos y Coccolitoforídeas especialmente) y de restos silíceos (radiolarios, diatomeas y silicoflagelados, con espiculas de esponjas), atendiendo a los cuales resulta evidente que las moronitas típicas empiezan en el Aquitaniense, pero en muchas localidades continúan encontrándose niveles con caracteres semejantes, alternando con niveles de Globigerinas durante el Burdigaliense.

Podemos intentar separar estos dos pisos:

Según A. Robaux (44), en Sanlúcar de Barrameda aparecen tres variantes:

“Moronitas” puras, pulverulentas y blancas, que suelen yacer apoyadas sobre las areniscas del Triás continental, y a veces llevan intercalados delgados niveles de sílex.

Margas grises areniscosas, con capas blancas de “moronita” que suceden a las “moronitas” puras.

Marga grisverdosa, areniscosa, y “moronita” en niveles tan finos que el conjunto resulta hojoso.

De estos tres depósitos, que, según las localidades, pueden alcanzar 40 ó hasta 100 metros, sólo el primero es claramente Aquitaniense y los otros dos pudieran pertenecer ya al Burdigaliense.

Apoyando esta idea, citamos el hecho de que las que podemos considerar “moronitas burdigalienses” pueden aparecer sin continuidad con las anteriores, y aunque Colom y Gamundi citan “moronitas” tan típicas como las aquitanienses, la mayor parte de los casos que hemos visto adoptan la forma de una marga grisverdosa, llena de Globigerínidos, con niveles claros, que son los que contienen los restos silíceos, con predominio de radiolarios y Coscinodiscus.

Unos niveles son ricos en cuarzo, otros en limonita y pirita y otros en glauconia.

No podemos señalar un carácter que diferencie las moronitas del Aquitaniense de las de la parte baja del Burdigaliense, pero en cierto momento empezamos a encontrar niveles con *Orbulina universa*, *O. bilobata*, *Candorbulina universa*, *Globorotalia praemenardii* y *Globigerinoides conglobata*, que situamos ya en la parte media y alta del Burdigaliense.

Así, aunque siempre es mal sistema utilizar un carácter negativo, la falta de Orbulinas y Candorbulinas parece relacionada con la parte inferior del Burdigaliense y con el Aquitaniense.

El hecho de que el mismo tipo de roca aparezca en estos dos pisos parece indicar que su formación se debe a unas especiales condiciones

de sedimentación, y cuando éstas vuelven a concurrir en el tiempo se forma de nuevo la “moronita”. Por eso, que no son sincrónicos, no deben usarse los niveles de “moronitas” para definir edades relativas.

#### ZONA “M<sub>1</sub>”.—BURDIGALIENSE

Su máximo espesor excede de 300 metros y está formado por margas grises, que unas veces son compactas y duras, y otras algo más blandas. Varía igualmente el tono, que suele ser gris oscuro para las margas más blandas y gris claro para las duras.

En su parte inferior hay una zona de tránsito al Aquitaniense, formada por areniscas de grano cada vez más grueso hacia la base, con foraminíferos rodados de tipo litoral, entre ellos Miogypsinas y Amphisteginas. O bien margas de tipo moronitoide cuyos microfósiles son como los de las moronitas del Aquitaniense.

En grandes extensiones el Mioceno empieza con esas areniscas gruesas, faltando el Aquitaniense, en cuyo caso la base del Burdigaliense es un conglomerado, seguido de una brecha fina de origen orgánico, rica en Melobesias, Amphistegina, Miogypsina, rotálidos y fragmentos de equinidos, de moluscos y de briozoos, que señalan el ambiente epicontinental.

Otras veces, el depósito es de un mar más profundo y está formado por sedimentos finos cargados de microfósiles.

En general, y según hemos indicado al hablar de las “moronitas”, puede observarse un antagonismo entre dos grandes grupos faunísticos: unas veces abundan foraminíferos, otras son muy escasos y en cambio frecuentísimos los radiolarios, que suelen referirse a depósitos de aguas más frías.

Como especies típicas de esta zona, que interpretamos como Burdigaliense por analogías con el descrito por Colom en Mallorca (8 y 10), citamos:

*Astacolus ovatus* Galloway y Heminway.

*Astacolus sublituus* Nuttall.

*Astacolus sublituus* var. *jordai* Colom.

*Bolivina* aff. *nobilis* Hantken.

*Anomalina pompilioides* Galloway y Heminway.

*Anomalina* sp. 1.

*Bulimina alazanensis* Cushman.

*Cibicides cushmani* Nuttall.

*Cyclammia acutidorsata* (Hantken).



*Dorothia brevis* Cushman y Bermúdez.  
*Globorotalia praemenardii* Cushman y Stainforth.  
*Guttulina irregularis* d'Orbigny.  
*Haplophragmoides deforme* Andreae.  
*Osangularia (Parrella) mexicana* (Cushman).  
*Planulina renzi* Cushman y Stainforth.  
*Plectofrondicularia morreyae* Cushman.  
*Pleurostomella bellardii* Hantken.  
*Pleurostomella bierigi* Palmer y Bermúdez.  
*Pseudoglandulina subcylindrica* (Reuss).  
*Sphaeroidina variabilis* Reuss.  
*Stilostomella plicosuturata* (Denvieux).  
*Uvigerina aff. atwilli* Simonson y Cushman.

Dentro del Burdigaliense, en las zonas en que tiene gran desarrollo, como es el extremo oriental del valle del Guadalquivir, podemos distinguir cuatro subzonas:

a) *En la base*, un tramo arenoso con foraminíferos rodados de tipo litoral (*Cibicides cushmani*, *Uvigerina barbatula*, *Anomalina helicina*).

Equivalente a esta subzona están las "moronitas" burdigalienses de algunas localidades, como el cerro de la Mitra (17).

b) *Sigue otra subzona*, con predominio de margas claras duras, que contienen abundantes foraminíferos de mar libre (*Globorotalia praemenardii*, *Astacolus subtilius*).

c) *Otra subzona* con predominio de margas oscuras, con escasos foraminíferos, pero con niveles claros, ricos en radiolarios y *Canderbulina*, a los que antes hemos hecho referencia como "margas con caracteres moronitoides", apuntando nuestra opinión de que puedan ser resedimentadas a partir de depósitos de verdaderas moronitas situados más al sur.

d) *En la parte superior*, margas claras, blandas, con muy abundantes microfósiles (*Parrella mexicana*, *Globoquadrina dehiscens* y casi todos los de la lista anterior, con la aparición de las primeras *Globorotalia menardii*).

#### ZONA DE TRANSITO ENTRE EL BURDIGALIENSE Y EL VINDOBONIENSE (HELVECIENSE INFERIOR)

El tránsito Burdigaliense-Helveciense no siempre es claro, porque la microfauna varía gradualmente, pero casi siempre está definido de algún modo. Atribuimos al Helveciense inferior distintos tipos de depósitos, de los cuales vamos a hacer un resumen.

Unas veces, el paso de faunas de uno a otro piso es brusco, como si existiera una laguna estratigráfica que abarcara este nivel del Helveciense inferior y aun la parte superior del Burdigaliense.

Otras veces tiene carácter claramente detrítico, como si en tal momento tuviera lugar un nuevo movimiento de la orogenia alpina, que reactivara el proceso de erosión y sedimentación, pudiendo alcanzar en tal caso espesores próximos a 500 metros. Estos sedimentos son areniscas margosas, con fragmentos de diversas rocas margosas y calcáreas englobadas en su masa. Contienen abundantísimos foraminíferos del Cretácico, Eoceno y Oligoceno (procedentes de los fragmentos margosos y calcáreos), en mezcla con escasos restos miocenos.

Hacia la parte superior van predominando margas cada vez más puras, con una fauna también más homogénea.

En la zona de Ballén parece tener mucha menos potencia: unos 40 metros de areniscas margosas, sin fósiles, también formadas a expensas de rocas más antiguas arrastradas, y se encuentran formando parte de un conjunto transgresivo sobre el Triásico.

Esto puede inducir a error al que las estudia, pues se encontrará con restos oligocenos y eocenos, en un terreno que en realidad es del Mioceno medio.

En el borde norte de la depresión del Guadalquivir forma también la base del conjunto terciario, transgresivo sobre el Paleozoico, y son 30 metros de sedimentos arenosos. En su base existe una brecha fina suelta, con gran cantidad de *Pecten*, *Heterosteginas* y moldes en pirita de un coralario (*Turbinolia multiserialis* Mich.).

Este nivel pudiera confundirse a simple vista con el que en el Aquitaniense está formado por *Lepidocyclinas*.

El hecho de que siempre que aparece la caliza con *Heterosteginas* es transgresiva sobre terrenos muy antiguos, confirma que en la base del Helveciense tuvo lugar una nueva transgresión marina, que dejó bajo las aguas amplias zonas que en el Burdigaliense eran continentales. Y parece ser una nueva prueba de que simultáneamente a la elevación de terrenos del Eoceno, Oligoceno, Aquitaniense y Burdigaliense

se, se produjo el descenso de amplias zonas al norte de éstos, que fueron ocupadas por las aguas.

### ZONA "M<sub>3</sub>".—HELVECIENSE

En muchos trabajos se habla de las "margas azules vindobonienes" o sencillamente "margas azules", que en el valle del Guadalquivir ocupan grandes extensiones. Estas margas son, generalmente, helvecienses; pero como son el tipo de depósito natural en un mar templado de profundidad media, las seguimos encontrando, iguales, durante el Tortoniense, e incluso el Plioceno, en las regiones donde el mar terciario tenía estas características. En estos casos sólo el estudio de los foraminíferos puede hacer distinciones con claridad.

En casi todos los sondeos cuyos extractos fueron publicados (42 y 43) se atraviesa ese conjunto de margas grisazuladas, cuyo espesor pasa frecuentemente de 200 y 300 metros.

El mar helveciense parece tener una profundidad regular, pues siempre sus sedimentos son finos y cargados de restos pelágicos; este tipo de sedimentación continúa en el centro de la cuenca durante buena parte del Tortoniense, y en el oeste durante el Tortoniense y Mioceno superior.

Paleontológicamente se caracteriza por la microfauna, muy rica en especies y número de ejemplares, con muy frecuentes fosilizaciones en pirita, cosa que también ocurre en terrenos más modernos.

De esta formación son las microfaunas citadas por Carbonell en el Terciario de Córdoba (6).

#### Predominan:

- Globorotálidos (*G. menardii* d'Orb.).
- Globigerínidos (*G. bulloides* d'Orb., *G. concinna* Reuss, Globigerinoides y *Orbulina universa*).
- Bulimínidos (*Uvigerina rustica* Cushman y Edwards, *Bulimina inflata* Seguenza, *Bolivina antiqua*, *B. arta* Macfad. y *B. alata* Seg.).
- Lagénidos (*Robulus*, *Planularia*, *Lagenonodosaria*, *Glandulina*).
- Anomalínidos (*Planulina wuellerstorffii*, *Cibicides ungerianus* y *C. pseudoungerianus*).
- Cassidulínidos (*Cassidulina*).
- Chilostomélidos (*Pullenia*, *Chilostomella*, *Sphaeroidina*).

Naturalmente que todas estas formas son frecuentes, pero no en tal profusión, a lo largo del resto del Mioceno. En realidad son rarísimas las especies características; exclusivas de este piso sólo he encontrado dos:

*Cassidulina* sp. 1.

*Heterostegina costata* (d'Orbigny).

Por ello, el único modo de caracterizar este piso, como ocurre con todos los demás, es por la reunión de especies más antiguas que se extinguen en el M<sub>3</sub>, como:

*Dentalina pauperata* d'Orbigny.

*Eggerella advena* Cushman.

*Glandulina* aff. *solita* Schwager.

*Globoquadrina dehiscens* (Chapman, Parr y Collins).

*Globorotalia tumida* (H. B. Brady).

*Stilostomella verneuilli* (d'Orbigny).

y de especies que empiezan a ser encontradas en el M<sub>3</sub> y se continúan encontrando en terrenos más modernos, las cuales, por el cambio de ambiente respecto al Burdigaliense, son abundantísimas:

*Bigenerina nodosaria* d'Orbigny.

*Bolivina antiqua* d'Orbigny.

*B. cookei* Cushman.

*B. pseudoplicata* Heron-Allen y Earland.

*B. reticulata* Hantken.

*Bulimina elongata* d'Orbigny.

*B. subcalva* Cushman y K. C. Stewart.

*Cassidulina crassa* d'Orbigny.

*Ceratobulimina contraria* (Reuss).

*Cibicides floridanus* Cushman.

*C. praecinctus* Karrer.

*Cyclamina* sp. 1.

*Dentalina filiformis* (d'Orbigny).

*Elphidium complanatum* (d'Orbigny).

*Eponides haidingeri* (según Brady).

*E. schreibersii* (d'Orbigny).

*Frondicularia complanata* Defrance.

*Glandulina aequalis* Reuss.

*Globigerina conglomerata* Schwager.

*Globigerinoides sacculiferus* (Brady).  
*Globorotalia mayeri* (Cushman y Ellis).  
*Lagena aperta* Seguenza.  
*L. globosa* Montagu.  
*L. longirostris* (Seguenza).  
*L. sulcata* (Walker y Jacob).  
*Lagenonodosaria hispida* (d'Orbigny).  
*Lingulina costata* (d'Orbigny).  
*L. multicostata* Costa.  
*Marginulina costata* (Batsch).  
*Orthomorphina challengeriana* (Thalman).  
*Robulus dilectus* (Seguenza).  
*R. durancina* Stache.  
*R. stellatus* (Seguenza).  
*R. vortex* (Fichtel y Moll).  
*Sigmoilina tenuis* (Czjzek).  
*Stilostomella abissorum* (Brady).  
*Spiroloculina rotunda* d'Orbigny.  
*Textularia* sp. 1.  
*Uvigerina bononiensis* Fornasini.  
*U. pygmaea* d'Orbigny.  
*Vaginulinopsis inversa* (Costa) var. *carinata* Silvestri.  
*Virgulina squamosa* (d'Orbigny).  
*Schenkiella* sp. 1.

#### ZONA "M<sub>2</sub>".—TORTONIENSE

Durante el Tortoniense, toda la cuenca disminuye su profundidad, seguramente por levantamiento epirogénico, y así, la mitad oriental del valle del Guadalquivir muestra, como último depósito mioceno, areniscas margosas de esta edad, ocurriendo lo mismo con los bordes de la cuenca.

Resumiendo, diremos que, según su posición, el Tortoniense puede ser:

*En los bordes y parte este*, depósito de arenisca margosa gris.

*Más hacia el centro*, empieza con margas grisazuladas (que corresponden a la parte superior de las "margas azules vindobonienses"), sigue con margas arenosas y acaba pasando a areniscas margosas que afloran más o menos desmanteladas (éstas pueden llegar en algún caso al Mioceno superior o Saheliense).

*En la parte oeste*, todo el depósito es de marga gris, con algún tra-

mo arenoso hacia la parte superior. En este caso se continúa el depósito con el del Mioceno superior marino.

Por su carácter regresivo son muy frecuentes los afloramientos de estas areniscas margosas, a las que corresponden, al menos en parte, los términos "areniscas de Carmona", "areniscas grises vindobonienses" y "areniscas tortonienses", con que aparecen designadas en muchos trabajos. A veces, como en el Helveciense, contiene restos del Eoceno y Cretácico resedimentados.

En grandes extensiones se acaba con esto la serie sedimentaria marina, unas veces en forma de areniscas y otras, con un "albero" claro, de marga arenosa que debe su color a la acumulación de conchas de moluscos.

Desde el punto de vista paleontológico están bien caracterizados estos terrenos, y la microfauna es análoga a la del Tortoniense de Italia y Alemania.

Hay un pequeño grupo de foraminíferos característicos:

*Asterigerina planorbis* (d'Orb.) (en realidad son ejemplares grandes de *Discorbis orbicularis* de concha alta).  
*Cyclammina incisa* (Stache).  
*Elphidium macellum* (Fichtel y Moll).

Pero, como siempre, lo más sencillo para caracterizar este piso es observar la concurrencia de especies más antiguas que desaparecen en el M<sub>2</sub>, y de otras que aparecen ahora por primera vez y continúan en el M<sub>1</sub> y Plioceno.

Entre las formas que se extinguen, o por lo menos no hemos visto en terrenos más modernos, citamos:

*Ammodiscus incertus* d'Orbigny.  
*Bulimina* aff. *rostrata* H. B. Brady.  
*Cassidulina subglobosa* var. *horizontalis* Cushman y Lenz.  
*Cyclammina* sp. 1.  
*Ellipsoglandulina labiata* (Schwager).  
*Gyroidina girardana* (Reuss).  
*Haplophragmoides* sp. 1.  
*Karriella gaudryinoides* (Fornasini).  
*Schenkiella pallida* (Cushman).  
*Planulina marialana* Hadley.  
*Planulina renzi* Cushman y Stainforth.  
*Pleurostomella brevis* Schwager.  
*Robulus crassus* (d'Orbigny).

*Siphonina reticulata* var. *planoconvexa* Silvestri.  
*Uvigerina canariensis* d'Orbigny.  
*U. proboscidea* Schwager.

Y entre las especies que aparecen, o por lo menos hemos visto por primera vez en el Tortoniense:

*Angulogerina angulosa* (Williamson).  
*Anomalina grosserugosa* ? (no Gümbel).  
*Astrononion stelligerum* (d'Orbigny).  
*Baggina gibba* Cushman y Todd.  
*Bolivina punctata* d'Orbigny.  
*Bulimina aculeata* d'Orbigny.  
*B. buchiana* d'Orbigny var. *calabra* Seguenza.  
*Cancris auriculus* (Fichtel y Moll).  
*Cassidulina laevigata* var. *carinata* Cushman.  
*C. margareta* Karrer.  
*C. oblonga* Reuss.  
*Cibicides boueanus* (d'Orbigny).  
*Anomalina ornata* Costa.  
*Clavulina rudis* Costa.  
*Dimorphina tuberosa* d'Orbigny.  
*Dorothia gibbosa* (d'Orbigny).  
*Elphidium crispum* (Linneo).  
*E. ortemburgense* (Egger).  
*Epistomina elegans* (d'Orbigny).  
*Glandulina rotundata* Reuss.  
*Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny).  
*Gyroidina umbonata* (Silvestri).  
*Lagena hexagona* (Williamson).  
*Lagenonodosaria ovicula* (d'Orbigny).  
*Lenticulina peregrina* (Schwager).  
*Marginulina hirsuta* (d'Orbigny).  
*Orthomorphina proxima* (O. Silvestri).  
*O. simplex* (O. Silvestri).  
*Plectofrondicularia semicosta* (Karrer).  
*Pyrgo intermedia* (Fornasini).  
*Ramulina globulifera* Brady.  
*Robulus septentrionalis* Cushman.  
*Rotalia beccarii* var. *inflata* Seguenza.  
*R. aff. punctato-granosa* Seguenza.  
*Saracenaria italica* DeFrance.

*Spiroloculina canaliculata* d'Orbigny.  
*Spiroplectammina carinata* (d'Orbigny).  
*Triloculina trigonula* Lamarck.  
*Uvigerina* sp. 1.  
*Vaginulina legumen* var. *elegans* d'Orbigny.  
*Virgulina schreibersiana* Czjzek.  
*Vulvulina pennatula* var.  
*Cymbaloporetta squamosa* (d'Orbigny).

#### ZONA "M<sub>1</sub>".—MIOCENO SUPERIOR (SAHELIENSE)

Nunca han sido citados afloramientos claramente sahelenses, y esto pudiera ser debido a que los terrenos que después de la regresión tortoniense siguieron siendo fondo marino, continuaron siéndolo durante el Mioceno superior, y es en el Plioceno cuando se reanuda la epirogenia, con lo que los terrenos que van emergiendo llevan en la parte superior sedimentos pliocenos.

Sin embargo, en varias localidades con "areniscas tortonienses", como las colinas de los alrededores de Carmona, la parte superior muestra marcadas diferencias en su microfauna con el resto de la formación, por lo que la atribuyo al Saheliense, aunque pudiera ser la parte superior del Tortoniense.

En efecto, las microfaunas son como las tortonienses, pero con importantes variaciones. En primer lugar hay un buen número de especies que aparecen en este tramo M<sub>1</sub> y no se encuentran en el resto del Mioceno, pero sí en los terrenos más modernos, del Plioceno, como:

*Bolivina catanensis* Seguenza.  
*B. dilatata* Reuss.  
*B. spathulata* (Williamson).  
*Bulimina buchiana* d'Orbigny.  
*B. costata* d'Orbigny.  
*B. striata* d'Orbigny.  
*Cancris oblongus* (d'Orbigny).  
*Cassidulinoides bradyi* (Norman).  
*Cibicides* aff. *mexicanus* Cushman.  
*Ehrembergina* aff. *alicantina* Colom.  
*Pseudoglandulina glans* (d'Orbigny).  
*Globulina gibba* d'Orbigny.  
*G. gibba* var. *tuberculata* d'Orbigny.  
*Laticarinina* sp. 1.

*Marginulina costata* var. *coarctata* Silvestri.  
*M. spinulosa* Karrer.  
*Nodosaria raphanistrum* (Linneo).  
*N. raphanus* (Linneo).  
*Orthomorphina tenuicostata* (Costa).  
*Planularia auris* (Defrance).  
*Planulina ariminensis* (d'Orbigny).  
*Plectofrondicularia striata* (d'Orbigny).  
*Pullenia salisburyi* R. E. y K. C. Stewart.  
*Quinqueloculina oblonga* (Montagu).  
*Q. seminulum* (Linneo).  
*Robulus orbicularis* (d'Orbigny).  
*R. serpens* (Seguenza) var. *clericii* (Fornasini).  
*Siphogenerina multicostata* Cushman y Jarvis.  
*Sphaeroidinella* sp. 1.  
*Spiroplectammina wrighti* (Silvestri).  
*Textularia aciculata* d'Orbigny.  
*Vaginulina legumen-elegans* subvar. *margaritifera* (Batsch).  
*Valvulineria bradyana* (Fornasini).  
*Osangularia* aff. *bengalensis* (Schwager).

Por esto, bien sea un Saheliense, bien un Tortoniense superior, esta zona M<sub>1</sub> puede distinguirse de la M<sub>2</sub> con relativa facilidad.

Por otra parte, pese a sus grandes analogías con el Plioceno, podemos definir bien este piso. En primer lugar, tenemos las siguientes especies, que hemos hallado exclusivamente en la zona M<sub>1</sub>:

*Dentalina catenulata* H. B. Brady.  
*D. guttifera* (d'Orbigny).  
*Glandulina laevigata* var. *occidentalis* Cushman.  
*Globigerina inflata* d'Orbigny.  
*Lagena calostoma* (Fornasini).  
*L. flintiana* Cushman.  
*L. semicostata* (Seguenza).  
*Marginulina bullata* (Reuss).  
*Marginulina* sp. 1 (aff. *similis*).  
*Sphaeroidina* sp. 1.

Pero, además, son muchas las formas del Mioceno que no pasan al Plioceno. Entre ellas:

*Anomalina flinti* Cushman.

*Astacolus tenuis* (Bornemann).  
*Bolivina antiqua* d'Orbigny.  
*B. cookei* Cushman.  
*Bolivinoidea miocenica* Gianotti.  
*Bulimina subcalva* Cushman y K. C. Stewart.  
*Cibicides robertsonianus* (Brady).  
*Chrysalogonium lanceolum* Cushman y Jarvis.  
*Ch. obliquatum* (Batsch).  
*Dentalina filiformis* (d'Orbigny).  
*D. leguminiformis* (Batsch).  
*Ehrembergina cubensis* Cushman y Bermúdez var.  
*Globorotalia mayeri* (Cushman y Ellisor).  
*Lagena aperta* (Seguenza).  
*L. castanea* Flint.  
*L. hexagona* (Williamson).  
*L. hispida* Reuss.  
*L. laevigata* Reuss.  
*L. lyelli* (Seguenza).  
*L. marginata* (Walker y Jacob).  
*L. staphillearia* (Schwager).  
*L. tenuissima* (Seguenza).  
*Lagenonodosaria scalaris* (Batsch).  
*L. spinicosta* (d'Orbigny).  
*Laticarinina pauperata* (Parker y Jones).  
*Lingulina costata* (d'Orbigny).  
*Schenkiella primaeva* (Cushman).  
*Marginulina glabra* d'Orbigny.  
*Nodosaria acuminata* (Reuss).  
*Planulina doherli* Galloway y Morrison.  
*P. wuellerstorffii* (Schwager).  
*Pleurostomella alternans* Schwager.  
*Pleurostomella pleurostomella* A. Silvestri.  
*Pyrgo depressa* (d'Orbigny).  
*P. murhina* (Schwager).  
*P. bulloides* (d'Orbigny).  
*Robulus dilectus* (Seguenza).  
*R. spinulosus* (Costa).  
*Orthomorphina jedlistchikai* (Thalman).  
*O. rorhi* (d'Orbigny).  
*Stilostomella aspera* (Silvestri).  
*S. plicosuturata* (Denvieux).

- S. spinosa* (d'Orbigny).  
*Triloculina trigonula* Lamarck (según O'Flint).  
*Uvigerina barbatula* Macfadyen.  
*U. rustica* Cushman y Edwards.

De entre éstas destacamos, por su importancia, *Lagenonodosaria spinicosta*, *Lagenonodosaria scalaris*, *Uvigerina rustica*, *Bolivinoidea miocenicus* y *Cibicides robertsonianus*. Estas cinco especies son frecuentes en lo que hemos llamado Mioceno superior y medio, pero nunca las hemos visto en el Plioceno, por lo que resultan excelentes para hacer la distinción entre ambos.

### ZONA "P<sub>3</sub>".—PLIOCENO INFERIOR

En la mitad occidental del valle del Guadalquivir la sedimentación marina continúa durante el Plioceno, en forma de margas grises, más o menos areniscosas; por lo menos hasta el Plioceno medio, como si después del final del Tortonense la epirogenia hubiera sido muy lenta.

Al oeste de Sevilla (zona de La Pañoleta a Coria del Río) se encuentran depósitos margosos cuya asociación de microfauna se diferencia claramente de las miocenas. Su parte inferior es esta que llamamos "P<sub>3</sub>".

Sólo hemos encontrado dos especies exclusivas de ella:

- Angulogerina fornasini* Selli.  
*Dentalina aciculata* (d'Orbigny).

Es también de gran interés un nivel con *Massilina pulchra* Cushman y Gray, que raramente vuelve a aparecer en niveles más modernos.

Para caracterizar bien la Zona "P<sub>3</sub>" no bastan las especies citadas (porque no son abundantes), y, como siempre, es preciso recurrir a buscar el conjunto de especies que vivieron en el Mioceno y P<sub>3</sub>, pero no aparecen en terrenos más modernos y de las que empiezan a aparecer en la base del Plioceno.

Entre las primeras tenemos:

- Allomorphina trigona* Reuss.  
*Baggina gibba* Cushman y Todd.  
*Bolivina beirichi* Reuss.  
*Bulimina inflata* Seguenza.  
*Cancris oblongus* (d'Orbigny).  
*Cornuspira carinata* (Costa).

- Globigerinoides sacculiferus* (Brady).  
*Gyroidina neosoldanii* Brotzen.  
*Karrieriella bradyi* Cushman.  
*Lagena sulcata* (Walker y Jacob).  
*Orthomorphina challengeriana* (Thalman).  
*O. simplex* (O. Silvestri).  
*Plectofrondicularia gemina* (Silvestri).  
*P. striata* (d'Orbigny).  
*Pullenia quinqueloba* Reuss.  
*Robulus serpens* (Seguenza).  
*Stilostomella abyssorum* (Brady).  
*Spiroloculina rotunda* d'Orbigny.  
*Textularia* sp. 1 (aff. *abbreviata* d'Orbigny).

Las especies que hallamos por primera vez en el Plioceno inferior y continúan encontrándose en terrenos más modernos son:

- Bulimina elongata lappa* Cushman y Jarvis.  
*B. pyrula spinescens* H. B. Brady.  
*Chilostomella ovoidea* (Reuss).  
*Discorbis globularis* (d'Orbigny).  
*Globorotalia crassula* Cushman y Stewart.  
*G. hirsuta* (d'Orbigny).  
*Lagena foveolata* (Seguenza).  
*Lagenonodosaria semicosta* (Costa).  
*Massilina pulchra* Cushman y Gray.  
*Nodosaria calomorpha* Reuss.  
*Orthomorphina bassanii* (Fornasini).  
*Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny.  
*Reophax papillosus* (Neugeboren).  
*Robulus oculus* Stache.  
*Siphogaudryina soldanii* (Fornasini).  
*Bulimina* sp. 1.  
*Siphogenerina* sp. 1.

Diversas zonas de la provincia de Huelva, Cádiz y Sevilla tienen en la superficie margas con estas faunas que situamos en el Plioceno inferior. Así, en las microfaunas descritas por T. del Pan en La Pañoleta, Coria del Río y San Juan de Aznalfarache son muy probablemente de la parte superior de esta zona "P<sub>3</sub>" (37 y 38).

ZONA "P<sub>2</sub>".—¿PLIOCENO MEDIO?

Está formada por margas grises, normalmente areniscosas, idénticas a las que forman el resto del Plioceno.

A fines del "P<sub>2</sub>" se acelera el levantamiento del valle del Guadalquivir, o por lo menos eso parece indicar el hecho de que grandes extensiones de las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz tengan en la superficie niveles de esta edad. En este caso, es decir, cuando las hallamos en superficie, las margas grises están muy cargadas de arena de cuarzo, pero es muy posible que en la región de las marismas del Guadalquivir, por su posición respecto del Océano, adopte la forma de margas más puras, como corresponde a un ambiente de sedimentación menos litoral.

La microfauna es semejante a la del resto del Plioceno, pero con notables modificaciones. Damos en primer lugar varias especies que no hemos visto en ningún otro nivel y que parecen exclusivas de esta zona "P<sub>2</sub>":

- Ammobaculites agglutinans* (d'Orbigny).
- Bolivina alata* var. 1.
- Bulimina elongata* var. *subulata* Cushman y Parker.
- B.* aff. *pseudoaffinis* Kleimpell.
- Discorbis bertheloti* (d'Orbigny).
- Nodosaria sublineata* Brady.
- Planularia auris-angustata* (Costa).
- Reussella* sp. 1.
- Robulus arcuatus* (Karrer).
- R. calcar* var. *multispinata* Colom.
- R. costatus* (Fichtel y Moll).

Hay algunas otras, muy pocas, que aparecen por primera vez en el "P<sub>2</sub>" y continúan en terrenos más modernos:

- Bulimina marginata* d'Orbigny.
- Dentalina crassicauda* Seguenza.
- Globobulimina glabra* Cushman y Parker.
- Quinqueloculina pulchella* (d'Orbigny).
- Robertina bradyi* Cushman y Parker.

Y, en cambio, son muchas las formas que aparecen en terrenos más antiguos y hallamos por última vez en el "P<sub>2</sub>". Entre ellas citamos:

- Anomalina grosserugosa* (Gümbel).
- A. helicina* (Costa).
- A. ornata* (Costa).
- Astrononion stelligerum* (d'Orbigny).
- Bulimina buchiana* var. *calabra* Seguenza.
- B. costata* d'Orbigny.
- Cancris auriculus* (Fichtel y Moll).
- Cassidulina margareta* Karrer.
- Cassidulinoides bradyi* (Norman).
- Ceratobulimina contraria* (Reuss).
- Cibicides floridanus* (Cushman).
- C. praecinctus* (Karrer).
- Clavulina rudis* (Costa).
- Dentalina mucronata* (Neugeboren).
- Dimorphina tuberosa* d'Orbigny.
- Elphidium complanatum* (d'Orbigny).
- Ellipsoglandulina multicostata* (Galloway y Morrey).
- Ellipsoidina ellipsoides* Seguenza.
- Epistomina elegans* (d'Orbigny).
- Eponides schreibersii* (d'Orbigny).
- Glandulina laevigata* (d'Orbigny).
- Globigerinoides conglobatus* (d'Orbigny).
- G. elongatus* (d'Orbigny).
- Gyroidina laevigata* d'Orbigny).
- Lagena longirostris* (Seguenza).
- Lagenonodosaria hispida* (d'Orbigny).
- L. ovicula* (d'Orbigny).
- Laticarinina* sp. 1.
- Marginulina costata* var. *coarctata* Silvestri.
- M. hirsuta* (d'Orbigny).
- M. spinulosa* Karrer.
- Nodosaria calomorpha* Reuss.
- N. longiscata* d'Orbigny.
- N. raphanistrum* (Linneo).
- N. raphanus* (Linneo).
- N. vertebralis* Batsch.
- Orbulina bilobata* (d'Orbigny).
- Orthomorphina proxima* (Silvestri).
- Planularia auris* (Defrance).
- Plectofrondicularia inaequalis* (Costa).
- Robulus coloratus* var. *planularioides* Colom.

*R. cultratus* Montfort.  
*R. echinatus* (d'Orbigny).  
*R. gibbus* (d'Orbigny).  
*R. rotulatus* (Lamarck).  
*R. septentrionalis* Cushman.  
*R. vortex* (Fitchel y Moll).  
*Rotalia* aff. *punctato-granosa* Seguenza.  
*R. beccarii* var. *inflata* Seguenza.  
*Sigmolina tenuis* (Czjzek).  
*Siphogenerina multicostata* (Cushman y Jarvis).  
*Stilostomella advena* (Cushman y Laiming).  
*S. monilis* (Silvestri).  
*Spiroplectammina carinata* (d'Orbigny).  
*Uvigerina bononiensis* Fornasini.  
*Vaginulinopsis inversa* var. *carinata* Silvestri.  
*Vulvulina pennatula* (Batsch).  
*Cymbaloporetta squamosa* (d'Orbigny).

Cuando digo que estas especies se extinguen en el Plioceno medio, quiero indicar que eso ocurre en el valle del Guadalquivir, pero todas ellas continúan viviendo en el océano actual (22).

Lo que ocurre es que corresponden a un ambiente de mar libre en general; y el mar que ocupaba el valle actual dejó de tener tal ambiente paulatinamente de este a oeste, hasta que, después del Plioceno medio, incluso la parte más occidental del valle es semilitoral y el resto ya está emergido.

Por tanto, según ya hemos indicado en páginas anteriores, este piso es el final de la serie sedimentaria marina en amplias zonas de Andalucía occidental, análogamente a lo que ocurre con el Tortoniense-Saheliense en la mitad oriental. Así, nos parecen de este piso las faunas descritas por G. Colom de las localidades de Baza y rambla del Ramoncete (14), las de Calderón en 1888 y 1893 (4 y 5) y la de Schrodtt (45).

#### ZONA "P<sub>1</sub>".—¿PLIOCENO SUPERIOR?

Atribuyo al Plioceno superior unas areniscas margosas muy sueltas que son capas acuíferas en varios pozos del margen NO. de las marismas.

Estas areniscas pasan insensiblemente a las arenas sueltas y aluviones cuaternarios, y siempre es dudoso el tratar de fijar límites. No

obstante, hemos encontrado en las areniscas y arenas dos asociaciones distintas; una de ellas la suponemos pliocena, pero la otra resulta claramente cuaternaria, aunque ambas están enmascaradas por gran cantidad de foraminíferos rodados de terrenos más antiguos.

Sólo he encontrado una especie característica de esta zona:

*Bulimina fusiformis* Williamson.

Aparte de esta especie, hay otras tres que encontramos por primera vez en esta zona y continúan apareciendo en terrenos cuaternarios:

*Anomalina balthica* (Schroeter).

*Eponides* aff. *frigidus* (Cushman).

*Nonion granosum* (d'Orbigny).

Es notable la presencia de *Anomalina balthica*, que se viene refiriendo a mares fríos.

En cambio, hay bastantes especies que hallamos por última vez en los terrenos de esta edad, pero el carácter detrítico con aportes terrígenos de los lechos del Plioceno superior nos deja la duda de si serán conchas arrastradas desde terrenos más antiguos, pues ya he indicado que las únicas observaciones que he podido hacer se refieren a los bordes de los aluviones que forman las marismas. Entre ellas anotamos:

*Bigenerina nodosaria* d'Orbigny.

*Bolivina alata* (Seguenza).

*B. catanensis* Seguenza.

*B. dilatata* Reuss.

*B. punctata* d'Orbigny.

*Bulimina affinis* d'Orbigny.

*B. buchiana* d'Orbigny.

*B. elongata* var. *lappa* Cushman y Parker.

*B. pupoides* d'Orbigny.

*B. pyrula* d'Orbigny.

*Candorbulina universa* Jedlitschka.

*Cassidulina laevigata* d'Orbigny.

*C. subglobosa* Brady.

*Dentalina communis* d'Orbigny.

*Discorbis orbicularis* Terquem.

*Dorothia gibbosa* (d'Orbigny).

*Eponides haidingeri* (según Brady).

*Glandulina aequalis* Reuss.

*Globigerinoides rubra* (d'Orbigny).



*Gyroidina soldanii* (d'Orbigny).  
*G. umbonata* (Silvestri).  
*Martinottiella communis* (d'Orbigny).  
*Orthomorphina tenuicostata* (Costa).  
*O. bassanii* (Fornasini).  
*Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny.  
*Reussella spinulosa* (Reuss).  
*Robulus calcar* (Linneo).  
*R. orbicularis* (d'Orbigny).  
*Rotalia beccarii* var. *inflata* Seguenza.  
*Sigmoilina tenuis* (Czjzek).  
*Siphonina reticulata* (Czjzek).  
*Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny.  
*Sphaeroidinella seminulina* (Schwager).  
*Spiroplectammia wrighti* (Silvestri).  
*Textularia aciculata* (d'Orbigny).  
*Uvigerina auberiana* d'Orbigny.  
*U. rutila* Cushman.  
*Valvulineria bradyana* Fornasini.  
*Virgulina schreibersiana* Czjzek.  
*Pseudoglandulina glans* (d'Orbigny).

#### ZONA "C".—CUATERNARIO

Comienza el Cuaternario con unos tramos inferiores de arenisca gruesa, cuyos granos son del tamaño de grava, o aun mayores. En ellos hay muy escasos foraminíferos miocenos arrastrados con los demás aluviones.

Siguen luego lechos alternantes de grano más fino o más grueso, con niveles plagados de conchas de moluscos litorales y abundantes foraminíferos, también de tipo litoral.

Hay especies miocenas arrastradas, pero la mayoría son actuales, como:

*Bulimina elegans* d'Orbigny.  
*Elphidium decipiens* (Costa).  
*Nonion depressulum* Walker y Jacob.  
*Nonion granosum* (d'Orbigny) (aparecido en el Plioceno).  
*Valvulineria complanata* (d'Orbigny).

Cubriendo estos depósitos litorales hay más aluviones, especialmente arenas y gravas.

#### RESUMEN

En este trabajo se hace el estudio sistemático de 370 especies de foraminíferos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario de este valle, con datos sobre sus caracteres específicos y su distribución estratigráfica. La parte principal es un atlas con los dibujos de todas las especies en varias posiciones.

El estudio detallado de la distribución vertical está expresado en ocho cuadros, en los que aparecen separados nueve pisos diferentes.

Se concluye con la discusión de los caracteres que definen cada piso y las variaciones que éstos pueden presentar, haciendo unas consideraciones de tipo estratigráfico.

#### RESUME

Ce travail représente l'étude systematique de 370 espèces des foraminifères du Miocène, Pliocène et Quaternaire de la bassin du Guadalquivir, avec quelques renseignements sur ses caractères spécifiques et sa distribution stratigraphique. La partie le plus important est un atlas avec les dessins des toutes les espèces en différentes positions.

L'étude détaillée de sa distribution verticale est exposée dans huit esquisses, où apparaissent neuf niveaux différents.

Ce travail termine avec une discussion sur les caractères qui définissent chaque niveau et ses variations, et avec quelques considérations du type stratigraphique.

#### SUMMARY

This work represents the systematic study of 370 species of foraminifera from the Miocene, Pliocene and Quaternary in the Guadalquivir valley, including data about their specific characters and stratigraphical distribution. The main part is an atlas with designs of all the species in different positions.

The specified study of its vertical distribution is expressed in eight schemes showing nine different levels.

The work ends with a discussion about the characteristics of each level and its variations, and with some stratigraphical considerations.

## BIBLIOGRAFIA

1. A. G. I. P. MINEFARIA: "Stratigrafia micropaleontologica della Pianura Padana". 1953.
2. BRADY, H. B.: "Voyage of H. M. S. Challenger". Zoology, vol. IX, 1884. Atlas.
3. BUCHNER, P.: "Die Lagenen des Golfes von Neapel".
4. CALDERÓN, S.: "Foraminíferos fósiles de Andalucía". Act. R. Sociedad Esp. Hist. Nat. T. XVII, 1888.
5. CALDERÓN, S.: "Foraminíferos pliocénicos de Andalucía". Act. Real Soc. Esp. Hist. Nat. T. XXII, 1893. Madrid.
6. CARBONELL, A.: "Nota sobre los depósitos de foraminíferos terciarios de Córdoba". C. R. XIV Sesión Congr. Geol. International. Inst. Geol. y Min. de España. 1926.
7. COLOM, G.: "Introducción al estudio de los foraminíferos fósiles". Madrid, 1946.
8. COLOM, G.: "Los foraminíferos del Burdigaliense de Mallorca". Mem. R. Acad. Cienc. y Art. Barcelona. Vol. XXXII, n.º 5. 1956.
9. COLOM, G.: "Los foraminíferos de las margas vindobonienses de Mallorca". Estud. Geol., núm. 3. 1946.
10. COLOM, G.: "Los sedimentos burdigalienses de Baleares". Est. Geológicos, núm. 3. 1946.
11. COLOM, G.: "Una nueva especie del género Ehrembergina, del Burdigaliense de Alicante". Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España, núm. 20. 1950.
12. COLOM, G.: "Los foraminíferos de las facies pelágicas del Mioceno de España". Estudios Geológicos, núm. 5.
13. COLOM, G.: "Nuevas especies y subespecies de foraminíferos fósiles de Mallorca". Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. T. XLI. 1943.
14. COLOM, G.: "Estudios sobre las microfaunas de algunas cuencas

- marinas internas mio-pliocenas de la Cordillera Subbética". Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. T. XLIX, 1951. Madrid.
15. COLOM, G.: "Nota sobre las Amphisteginas, Miogypsinas y Lepidocyclinas del Burdigaliense de Mallorca". Bol. R. Soc. Esp. Historia Nat. T. XXVI. Madrid.
  16. COLOM, G.: "Notas sobre foraminíferos fósiles". Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. T. XLIII. Madrid.
  17. COLOM y GAMUNDI: "Sobre la extensión e importancia de la "moronita" a lo largo de las formaciones aquitano-burdigalienses del estrecho Nordbético". Est. Geol., núm. 14. 1951.
  18. CUSHMAN, J. A.: "Laboratory for Foraminiferal Research". Contribution, volúmenes 1-25.
  19. CUSHMAN, J. A., y COLABORADORES: "Cushman Laboratory for Foraminiferal Research". Special Publications, núms. 1 a 24.
  20. CUSHMAN, J. A.: "Bulimina and Related Foraminiferal Génera". Geological Survey; Professional paper 210-D.
  21. CUSHMAN, J. A.: "Miocene Foraminifera of the Central Plain of the Eastern United States". Dep. of Interior U. S. Geol. Surv.; Prof. Paper, 175-A.
  22. CUSHMAN, J. A.: "The Foraminifera of Atlantic Ocean". Partes I a VIII (en el U. S. Nat. Mus. Bull.).
  23. CUSHMAN, J. A.: "A monograph of the Foraminiferal Family Nonionidae". U. S. Dep. Int.; Geol. Survey. Prof. paper, 191.
  24. CUSHMAN, J. A., y JARBIS, P. W.: "Miocene Foraminifera from Buff Bay, Jamaica Journ. of Pal., vol. 4, n.º 4.
  25. CUSHMAN, J. A.: "The Foraminifera of the Tropical Pacific collections of the Albatross". U. S. Nat. Mus. Bull. 161 (partes 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>)
  26. CUVILLIER, J.: "Correlations stratigraphiques par Microfacies dans Aquitaine Occidentale".
  27. CUVILLIER, J.: "Foraminifères d'Aquitaine". Toulouse, 1949.
  28. EGGER, J. G.: "Fossile Foraminiferen von M. Bartholomew aus Gardasee".
  29. ELLISOR, A. C.: "Subsurface Miocene of Southern Louisiana". Houston, Texas, 1940. Vol. 24, núm. 3.
  30. GÓMEZ-LLUECA, F.: "Los Nummulítidos de España". Com. Investigaciones Paleont. y Prehist. Mem. 36 (serie Paleontológica, número 8). 1929.
  31. HERON-ALLEN and EARLAND: "The Miocene Foraminifera of the Filter Anarry Mocrabool River". Victoria, Australia. Journ. of the Royal Mic. Soc. 1924.

32. KILIAN, W.: "Etudes paleontologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de l'Andalousie". Mem. Acad. Sci. T. XXX.
33. KARRER, F.: "Die Miocene Foraminiferen Fauna von Kostež in Banat". Sitzungsab. K. Akad. d. W. math. Naturw. 1868.
34. LAMARCK: "Notes du voyage sur la Sierra Morena et sur le Nord de l'Andalousie". Ann. des Mines, 5.<sup>a</sup> serie, vol. XII.
35. MACFADYEN, W. A.: "Miocene Foraminifera form de Clysmic Area of Egypt and Sinai". Geol. Surv. of Egypt. Govern. Press. Cairo, 1930.
36. MORENO CARDONA, I.: "Nuevas especies de foraminíferos en Sierra Nevada". Est. Geol., núm. 25. 1955.
37. PAN ARANA, T.: "Contribución al estudio de los microforaminíferos del Mioceno de Sevilla". Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., T. L. 1952.
38. PAN ARANA, T.: "Algunos géneros y especies de foraminíferos de La Pañoleta (Sevilla)". Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. T. LI. 1953.
39. PERCONIG, E.: "Estudio preliminar del sondeo de Ecija (no publicado).
40. REUSS, A.: "Beiträge zur Kenntniss der Tertiären foraminiferen Fauna". Sitzungsb. d. K. Akad. d. W. Math. Naturw. CL vol. XLVIII Bd. 1863.
41. REUSS, A.: "Beiträge zur Kenntniss der Tertiären foraminiferen Fauna". Sitzungsb. d. K. Akad. d. W. Math. Naturw. CL vol. XIII Bd., n. 24. 1860.
42. RÍOS, J. M.: "Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos, llevados a cabo en España desde 1939". Notas y Com. Inst. Geol. y Min. España, núm. 50. 1958.
43. RÍOS, J. M.: "Relación de los principales sondeos..." (continuación). Notas y Com. Inst. Geol. y Min. España, núm. 59. 1960.
44. ROBAUX, A.: "Les marnes blanches aquitaniennes de Sanlúcar de Barrameda (Cádiz)". Bull. Soc. Géol. France, 5.<sup>a</sup> serie, vol. 8. París.
45. SCHRODT: "Beiträge zur Kenntniss Pliocen Fauna Sud-Spaniens". Berlin.
46. RZHAH, A.: "Ueber einige merkwürdige Foraminiferen aus dem österreichischen Tertiär". Ann. d. K. K. Natur. Hofmuseum; Band X, n.º 2. Wien, 1895.
47. SCHWAGER: "Die Foraminifera aus der Eocänablagerung des libyschen Wüste und Aegyptus". Palaentographica XXXIII; VI th. I.
48. SEGUENZA, J.: "Prime ricerche intorno ai Rhizopodi fossili delle

argille Pleistoceniche dei dintorni di Catania". A. Q. Acc. Gio. Sci. Nat., serie 2, V. 18. Catania, 1862.

49. SIDEBOTTON: "Foraminifera from the Coast of the Island of Delos". Manchester Mem., V. LIII, n.º 21.
50. SILVESTRI, A.: "Lagenine Terciarie Italiane". Boll. Soc. Geol. Ital., V. XXXI. 1912.

