

220107

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

II/2-3-1

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA

TOMO LXVIII



MADRID
TIP.-LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49
1957

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

ES PROPIEDAD
Queda hecho el depó-
sito que marca la Ley

Depósito legal: M. 3.279.—1958.

PLANTILLA DEL PERSONAL FACULTATIVO
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Director: Ilmo. Sr. D. Alfonso de Alvarado y Medina.

Suddirector: Ilmo. Sr. D. Antonio Almela Samper.

Vocal: Ilmo. Sr. D. Juan Antonio Kindelan y Duany.

- Ilmo. Sr. D. José Meseguer Pardo.
- Ilmo. Sr. D. Antonio Comba Sigüenza.
- Sr. D. Carlos Orti Serrano.
- Sr. D. Francisco Solache Serrano.
- Sr. D. Manuel Pastor Mendivil.
- Ilmo. Sr. D. Ismael Roso de Luna y Román.
- Excmo. Sr. D. José Cantos Figuerola y Sainz de Carlos.
- Sr. D. Luis Barrón del Real (Secretario).
- Ilmo. Sr. D. Juan Manuel López de Azcona.
- Sr. D. Jorge Doetsch Sundheim.
- Sr. D. Augusto de Gálvez-Cañero y González Luna.
- Sr. D. Juan de Lizáur y Roldán.
- Sr. D. José M.^a Fernández Becerril.
- Sr. D. José M.^a Ríos García.
- Sr. D. Serafín de la Concha Ballesteros. ☉.

Ingenieros Auxiliares: Sr. D. Manuel Zaloña Bances.

- — Sr. D. Joaquín Borrego González.
- — Sr. D. Juan Pérez Regodón.
- — Sr. D. Juan Gavala Ruiz.
- — Sr. D. Demetrio Santana Pérez.
- — Sr. D. Juan Antonio Comba Ezquerro.
- — Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
- — Sr. D. Luis Badillo Diez.
- — Sr. D. Rufino Gea Javaloy.
- — Sr. D. Carlos Muñoz Cabezón.
- — Sr. D. Antonio Marín de la Bárcena.
- — Sr. D. Tirso Febrel Molinero.

Ingenieros Auxiliares: Sr. D. José Suárez Feito.
 — — Sr. D. Carlos Villalón Dávila.
 — — Sr. D. Joaquín del Valle de Lersundi.
 — — Sr. D. Manuel Alvarado Arrillaga.
 — — Sr. D. Juan Enrique Coma Guillén.
 — — Sr. D. Indalecio Quintero Amador.
 — — Sr. D. Emilio Trigueros Molina.
 — — Sr. D. Manuel López Linares y García.
 — — Sr. D. Félix Cañada Guerrero.
 — — Sr. D. Francisco Esteban Santisteban.
 — — Sr. D. Aurelio López Herrero.

Ayudantes: Iltmo. Sr. D. Enrique Rodríguez Martínez.
 — Iltmo. Sr. D. Emilio Porrás Revilla.
 — Iltmo. Sr. D. Celestino Mora y López.
 — Iltmo. Sr. D. Francisco Merelo Azañón.
 — Iltmo. Sr. D. José M.^a Rubio Alcaraz.
 — Sr. D. Mariano Echevarría Aranzabal.
 — Sr. D. Félix Melián Abajo.
 — Sr. D. Ramón Alfredo Palomo Osorio.
 — Sr. D. José M.^a García Peña.

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

Profesor de Geología: Sr. D. José M.^a Ríos García.
 — *de Paleontología:* Iltmo. Sr. D. Antonio Almela Samper.
 — *de Mineralogía:* Sr. D. Jorge Doetsch Sundheim.
 — *de Química Analítica:* Iltmo. Sr. D. Laureano Menéndez Puget.
 — *de Topografía:* Sr. D. Pedro de Arsuaga y Daban.
Director del Laboratorio Industrial: Iltmo. Sr. D. Luis Basabe y Cotoner.

ÍNDICE DE MATERIAS

	<u>Páginas</u>
<i>La cuenca carbonífera del río Pisuerga (Palencia),</i> por M. H. Nerdlof y L. U. Sitter.....	1
Introducción.....	3
Repaso histórico de la literatura geológica.....	6
Minería del carbón.....	23
Conclusiones y estima de las reservas.....	34
Bibliografía.....	43
<i>Fósiles piritosos del Cretáceo de la Sierra de Ricote (Murcia),</i> por Antonio Almela y José de la Revilla.....	45
Aclaraciones de las especies figuradas.....	53
<i>Estudios masterométricos en la evolución de los Fisipedos,</i> por M. Crusafont Pairó y J. Truyols Santonja	85
Presentación.....	87
Los módulos angulares «alfa» y «beta»	89
Los parámetros lineales P, C y T.	167
Bibliografía.....	221
<i>Esbozo geoquímico y mineralogenético del criadero de piritas «Las Herrerías», Puebla de Guzmán (Huelva),</i> por Jorge Doetsch	225
Introducción.	227
Generalidades.....	231
Datos geoquímicos.	249
Interpretación de los datos reseñados	261
Descripción y posibles interpretaciones de los datos metalogenéticos	289
Bibliografía.....	305

Prólogo

El BOLETÍN n.º LXVIII del Instituto Geológico y Minero que tenemos la honra de presentar, contiene cuatro trabajos que pueden considerarse como una interesante aportación a la geología de nuestra patria.

Dos destacados holandeses de la Universidad de Leiden, uno de ellos el Prof. de Sitter, quien siempre puso gran entusiasmo en los interesantes problemas geológicos de España, con los que se enfrentó, y su colaborador el Dr. Nederlof, publican un trabajo sobre «La cuenca carbonífera del río Pisuerga (Palencia)», en el cual después de un estudio minucioso, tanto geológico como minero, dan cuenta de las dificultades que se les han presentado para la valoración de las reservas de carbones bituminosos con contenidos medios en materias volátiles y de las antracitas y semiantracitas del río Pisuerga. Entre ellas figuran: la complicada estructura en que arman los estratos, los pocos datos correspondientes a profundidades superiores a los cien metros y la irregularidad de sus lechos. Según estos investigadores las reservas de bituminosos son del orden de 1,8 millones de toneladas, y las de antracitas y semiantracitas 11,9 millones de toneladas.

Como paleontólogos muy destacados hemos de considerar a los dos que estudian en este BOLETÍN los «Fósiles

piritosos de la Sierra de Ricote», uno de ellos el Subdirector del Instituto, Prof. Almela, y el otro el Ingeniero Sr. Revilla. Se fijan principalmente en los restos recogidos en la zona de la Casa de los Miñanos, pertenecientes en su mayoría al Albense. También se ocupan de los procedentes de las Salinas de los Chascos, pertenecientes al Neocoquiense-Barremiense, principalmente de faunas enanas. Estimamos este trabajo como una importante aportación a las hojas geológicas de Mula y Cieza.

Una pareja de especialistas en estudios biométricos, los Dres. Crusafont y Truyols, colaboran con un trabajo original sobre el mecanismo estructural de la dentición en la evolución de los fisípedos. En la primera parte tratan del módulo angular «alfa» y del nuevo que ahora consideran en la carnífera superior que denominan «beta». Del estudio de estos coeficientes se deduce en los carnívoros del Eoceno una impresión de homogeneidad, que contrasta con la enorme dispersión que se aprecia en los del Oligoceno.

La segunda parte se refiere al estudio en la mandíbula inferior de tres áreas de diferente significación funcional, de las que deducen los parámetros P, C y T, con los que logran un ajuste más estrecho entre esta representación gráfica de las características bucales y la realidad ecológica, que la lograda con los módulos angulares. Esta investigación, realizada en el museo de la ciudad de Sabadell, aclara muchas ideas sobre el proceso evolutivo de los fisípedos y el mecanismo seguido durante el mismo.

Termina nuestra publicación con un brillante estudio del Vocal del Instituto, Prof. Doetsch, sobre los criaderos de piritas de Puebla de Guzmán, en el que se evidencian muchos puntos de la génesis de la formación piritosa de «Las Herrerías». Por medio de minuciosos estudios espec-

troquímicos, químicos, petrográficos y mineralográficos, de cincuenta y siete muestras de menas y rocas, completados con las observaciones de campo, se establecen una serie de consideraciones de sumo interés para los criaderos del SO. de nuestra península, referentes a la aportación de azufre y de hierro y a la precipitación de la pirita. Se comentan varias de las observaciones efectuadas durante la investigación, como la frecuencia e importancia de los elementos del grupo del platino, las concreciones piritosas de forma variada, las relaciones entre mena y roca encajante, etc.

Tanto por la categoría científica de los colaboradores como por la calidad de los artículos, esperamos que este número del Boletín será recibido con agrado por nuestros lectores, profesionales o aficionados a las diferentes ramas de las ciencias geológicas.

Madrid, diciembre 1957.

A. DE ALVARADO

**La cuenca carbonífera del río
Pisuerga (Palencia)**

por

M. H. Nederlof y L. U. de Sitter
del Geological Institute, University of Leiden, Holland

La cuenca carbonífera del río Pisuegra (Palencia)

por M. H. Nederlof y L. U. de Sitter ⁽¹⁾

INTRODUCCIÓN

La cuenca carbonífera del río Pisuegra, o cuenca de Pernia, es un pequeño yacimiento hullero que yace entre los de Guardo y Barruelo, en el norte de la provincia de Palencia. Llega por el norte hasta la Puerta de Piedras Luengas y por el sur hasta cerca de Cervera de Pisuegra. La margen occidental transcurre más o menos aproximadamente, de norte a sur, por las poblaciones de Arbejal, San Salvador, Lores y Caloca. Al oeste de esta línea se encuentran margas, calizas y areniscas devonianas. Por el lado oriental la cuenca está cubierta por conglomerados y areniscas bastas, triásicas, discordantes, las cuales forman una cresta que incluye el conocido pico de los Tres Mares (2.222 m.) y Valdecebollas (2.149 m.). Esta cuesta triásica, al descender hacia el sur desde el Puerto de Piedras Luen-

(1) Versión española, del original inédito, en inglés, por J. M. Ríos.

gas, hace un brusco codo próximo a Herrerueta y continúa hacia el este, por alguna distancia, para constituir el límite natural de la cuenca de Barruelo.

Unos pocos manantiales que surgen de la caliza carbonífera de esta cuenca, alimentan al río Pisuega, que nace justo por debajo de la cuesta triásica oriental y fluye desde Santa María de Redondo a San Salvador y, después en dirección al sur, hasta Cervera. Se ha construido un pantano entre Vañes y Arbejal y, en consecuencia, la cuenca sólo es accesible actualmente a lo largo de la carretera de Potes a Puenteansa, en el norte, por el Puerto de Piedras Luengas (unos 1.350 m.), y también por la carretera Cervera-Vañes, desde el sur. Todos los camiones que transportan carbón utilizan esta carretera hasta Cervera. Próximo a San Salvador ramifican algunas carreteras no asfaltadas, de la principal Cervera-Potes, que unen Lores (al NE.) y Santa María de Redondo (al O.) con esta última. Otro ramal une Herrerueta, San Felices y Celada, en Vañes, con la principal.

El área mide unos 250 Km. cuadrados. La máxima diferencia de cotas, entre los fondos de los valles y las cimas de las montañas, es de unos 1.200 m., y todas las bocaminas yacen a altitudes comprendidas entre los 1.000 y los 1.300 metros.

El transporte, que se hace por camión desde las minas hasta la estación de Vado-Cervera, establece la conexión del área productiva con el ferrocarril entre Bilbao y León. Este último cruza la línea de la R. E. N. F. E., de Madrid a Santander, en Mataporquera, unos 30 Km. al este de Vado-Cervera. Desde aquí hasta Bilbao hay unos 180 Km. a lo largo de la vía férrea. Las distancias que han de cubrir los camiones no exceden los 30 Km., pero como las pendientes son fuertes y las carreteras, en parte, mal con-

servadas, la tarea resulta muy dura para los motores; este transporte por carretera resulta bastante caro.

En este área encontramos Westfaliense y Estefanense A intensamente plegados y fallados. Como consecuencia de las diferencias litológicas, en las que las calizas y las areniscas cuarzosas son más resistentes a la erosión, se desarrolla una intrincada morfología, que a menudo refleja fielmente la estructura. La observación desde lo alto de las montañas nos pone de manifiesto, con facilidad, bellas estructuras, de manera que la fotografía aérea es muy útil para el examen de la tectónica. Para el estudio de este área se han utilizado fotografías aéreas verticales a escala aproximada de 37.500, junto con las hojas topográficas del mapa 50.000, tanto por parte del autor, más experimentado, como de sus alumnos, quienes desde 1950 están llevando a cabo la cartografía geológica del área comprendida entre Barruelo y Guardo, a escala 1 : 25.000, localmente incluso de 1 : 10.000.

Esta campaña de trabajos ha permitido la publicación de diversos resultados, y fué realizada bajo los auspicios del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, mediante su Instituto «Lucas Mallada».

De los autores de este trabajo, el más joven realiza, desde 1953, la cartografía geológica del área comprendida entre Vañes, Areños y Santa María y Herrerueta. Durante el año 1954 se prestó atención, en especial, a las reservas carboníferas en toda la cuenca, lo que cristalizó en un estudio geológico-económico que presentamos en este mismo artículo.

Los mapas más antiguos publicados de este área, así como la literatura geológica, han prestado mayor atención a las cuencas de Guardo y Barruelo, por su mayor importancia económica. Hasta ahora no se había estimado las

reservas de la cuenca del Pisuerga, como consecuencia del desconocimiento de sus estructuras. En este estudio se intenta la estimación de las de carbones semi-antracitosos y bituminosos de contenido medio en volátiles.

Después de pasar revista a los antecedentes más importantes se describe la geología de la región. Luego examinamos el conjunto de las minas en producción y las posibilidades de cada una de ellas.

REPASO HISTÓRICO DE LA LITERATURA GEOLÓGICA

El informe más antiguo que conocemos acerca de la minería en la cuenca del Pisuerga es el de B. Arce (1850). Este autor describe la de Santullán (Barruelo) y llama la atención acerca del entonces reciente florecimiento de la industria minera en las regiones al oeste y al norte, donde se habían solicitado abundantes registros mineros. Se mencionan las localidades de Lores, San Cebrián, Vergaño, San Felices, Rabanal y Cervera. Arce abrigaba grandes esperanzas acerca de las posibilidades del norte de Palencia, como futuro centro de producción minera.

El excelente «Mapa geológico-estratigráfico de las montañas de la provincia de Palencia», por D. Casiano de Prado (1857), aparecido en 1861, muestra ya los afloramientos más importantes de los lechos de carbón; de hecho, todas las localidades donde actualmente se explota carbón aparecen prácticamente ya en este mapa como afloramientos de hulla. Y desde entonces se han descubierto muy pocos más.

Navarro (1867) califica el carbón de la cuenca de Pernia como «de escaso interés», pero propone la construcción de un ferrocarril desde San Salvador a Vañes, siguiendo el valle del Pisuerga por Cervera y Salinas hasta Aguilar, de modo que la cuenca quedaba conectada con el ferrocarril de «Isabel II». Al analizar el costo de construcción de este ferrocarril de 65 Km., Navarro establece que el costo de transporte por tonelada sería igual al precio de la tonelada de carbón en boca mina y que sería necesaria una producción de 70.000 toneladas año para justificar la realización de tal proyecto.

En 1876 publica Oriol unas pocas descripciones de cuencas mineras en el norte de Palencia. Una de ellas describe la mina «Urbana», en el vértice de San Cristóbal, y la vieja y conocida mina «La Florida», próxima a San Felices. Oriol estima que el carbón de San Cristóbal constituye el último espolón del de Vergaño, interpretación estructural que ha resultado ser equivocada.

Dupuy de Lôme y Pedro de Novo publicaron, en 1924, un mapa geológico escala 1 : 100.000, y discutieron la extensión probable de la cuenca hullera de Barruelo. Su mapa es, más bien, poco exacto y los hechos parecen ciertamente mejor representados en el mapa de C. de Prado. No permite este mapa la obtención de conclusiones estructurales.

Cueto Ruy-Díaz publicó, en 1926, un extenso estudio de la geología tectónica de los Montes Cántabros, y llama la atención acerca de la posición desplomada de la serie carbonífera de Barruelo, semejante a la de Redondo. En 1934, en un estudio de carácter más local acerca del Carbonífero de Vergaño, discute con algún detalle la estratigrafía y tectónica de la parte meridional de la cuenca. Sugiere que las capas de carbón de Vergaño y Celada son

de la misma edad, y quizá también las de Santa María de Redondo.

Patac describe (1934) la cuenca, y enumera las minas que estaban en producción en 1918. Estas diez minas, que empleaban unos 250 mineros, produjeron 30.531 toneladas de carbón aquel año. Aun considera, como «caliza de montaña», las calizas de la Sierra de Corisa. Opina Patac, que el interés de la cuenca del Pisuerga es más bien geológico que industrial. Sin embargo, una gran compañía podría, tras una exploración sistemática de los valles de San Salvador y Celada de Robledo, producir con sólida base económica. Es importante la coincidencia de la semi-antracita con carbones ricos en volátiles. Como solución al problema de transportes propone Patac la construcción de líneas de vía estrecha (60 cm.) desde San Salvador y Celada a Vañes. Desde allí podría estudiarse un ferrocarril de ancho normal hasta Vado Cervera. Vañes sería una localidad apropiada para instalación de preparación mecánica, y quizá para unos pocos hornos de coque y fábrica de ovoides.

Quiring (1935), investigó la parte meridional de la cuenca en 1934, y posteriormente la zona septentrional. Estableció la edad de los lechos hulleros de San Cebrián como Westfaliense B-C, apoyado en una lista de seis plantas, determinadas por Gothan, lo que aparece más o menos confirmado por la presencia del coral *Amygdalophyllum quiringui* Weissermell, que se encontró en las calizas bajo los lechos de carbón. Aún considera las calizas de Sierra Corisa como pertenecientes al Carbonífero inferior. Sin embargo, después de sus investigaciones de 1935 y 1936, llegó a la conclusión de que estas calizas, que aparecen por toda la cuenca del Pisuerga, son mucho más modernas que lo que hasta ahora se había supuesto. Qui-

ring publicó un estudio importante y detallado en 1939. En este estudio se analizan la estratigrafía y tectónica, y en un capítulo especial la cuenca hullera del Rubagón, como denomina conjuntamente ambas cuencas de Barruelo y del Pisuerga. Además de ofrecer muchos análisis de muestras de carbón se intenta la estimación de reservas. A causa de la divergencia de nuestras opiniones acerca de la estructura de la región y entre la correlación de los lechos de carbón, se impone una revisión de aquellas evaluaciones (más bien superestimadas). Haremos frecuente referencia, en el presente artículo, al interesante estudio del profesor Quiring.

De 1945 data un artículo, por Alvarado y Sampelayo, en el que se describe la parte occidental de la cuenca del Rubagón, es decir, la del río Pisuerga. Estiman (como Oriol, 1876), que los lechos de hulla de San Cristóbal, de escasa importancia, son la prolongación de los de Vergaño. Estos autores han contribuido también al «rejuvenecimiento» de las calizas de Sierra Corisa. Encontraron, entre otros fósiles, un *Triticites* en las calizas de Cabra Mocha (vértice situado justo al este de San Cristóbal). Por esa razón colocan esas calizas de Sierra Corisa, no en el Westfaliense C, como había hecho Quiring, sino aún más altas dentro del Westfaliense.

La interpretación tectónica que dan a las estructuras ha sido confirmada, en parte, por nuestros levantamientos, pero hay unos pocos puntos en duda.

Las contribuciones más importantes al conocimiento de la estratigrafía del Carbonífero, en la cuenca del Rubagón, fueron aportadas por Wagner y Wagner-Gentis, en su publicación de 1952. Estos autores lograron establecer la estratigrafía de la región de Barruelo con gran detalle, mediante determinaciones de la flora, en cuya tarea

fueron ayudados por el profesor Jongmans, de Heerlen, Holanda.

El ya mencionado trabajo del más veterano de los autores de este trabajo y sus discípulos, condujo a la publicación preliminar de 1955 (de Sitter, 1955) y a la tesis del Dr. J. Kanis, publicada el mismo año.

Los Sres. van Ginkel e Ismet, ambos de la Universidad de Leiden, y Cope, de la Universidad de Liverpool, han cartografiado en detalle zonas de esta cuenca, y sus datos, aún inéditos, han sido de valor inapreciable para los autores de este trabajo.

a) Geología

La historia geológica es más bien complicada. Kanis (1955) y de Sitter (1955) exponen una historia esquemática de los acontecimientos geológicos, en que muestran las sucesivas fases orogénicas comenzando por la bretónica, seguida por la de «Curavacas» (astórica) y la urálica. Tras la deposición del Devoniano en esta región, representado ahora por la serie de Polentinos, tiene lugar, según Kanis, una fase dudosa de orogenia bretónica, con erosión subsiguiente. Constituyó el marco de la sedimentación carbonífera. El Carbonífero inferior está representado por sedimentos marinos, de facies costera en la región de Barro y Perapertú.

Después de la deposición de estas series, que son de edad namurensis-viseana, y con anterioridad al Westfaliense B-C, tuvo lugar una fase orogénica sudética importante, que denominamos aquí con el nombre de fase de «Curavacas» (Kanis, 1955). Existen discordancias angulares de carácter local que, junto con una diastema, sugie-

ren algunos períodos más de movimiento, pero el más importante, dentro del Carbonífero superior, está constituido por una fase astórica-tardía, que ha sido datada por Wagner entre el Estefanense A y B-C. Luego, entre la deposición del Estefanense B-C (series de Peña Cilda, cerca de Perapertú) y la deposición de las series permo-triásicas, debe haber tenido lugar la fase urálica. Estas dos últimas fases son las causas más importantes de la complicada estructura de la cuenca hullera del Pisuega.

b) Estratigrafía de la cuenca

Los sedimentos carboníferos productivos de la cuenca pertenecen al Westfaliense y al Estefanense A, según resulta de las determinaciones de plantas fósiles, braquiópodos y foraminíferos.

La litología está constituida por una alternancia de margas, margas arenosas, areniscas y algunos conglomerados y calizas orgánicas, que a veces ofrecen carácter biohémico. Aunque algunos estratos, especialmente los de areniscas cuarzosas, pueden seguirse a lo largo de distancias relativamente grandes (unos ocho kilómetros), los estratos de delgadas calizas son irregulares y tienden a acunarse pronto. Las series más gruesas de calizas pueden seguirse a lo largo de muchos kilómetros y suelen constituir alturas topográficas, como consecuencia de su mayor resistencia a la erosión. La naturaleza cíclica de estos sedimentos, junto con los rápidos cambios de litofacies, hacen sumamente difícil la comparación entre cortes litológicos de áreas distintas, aunque sean vecinas. Presentamos aquí una comparación entre cinco cortes estratigráficos: dos en el sur, que muestran las capas hulleras de San

Cebrián-Vergaño y las de San Felices. El último corte se desarrolla, más o menos, desde Piedras Luengas hasta Lores, e incluye los grupos de Casavegas y Areños. El tercero y cuarto muestran la estratigrafía del sinclinal de Redondo, y el quinto el centro de la cuenca (fig. 1).

Para comprender la extensión areal de los afloramientos de estos estratos, es necesario describamos, aunque sea en líneas muy generales, el esquema estructural de la cuenca. Puede dividirse en cuatro unidades estructurales: la primera es el «sinclinal de Sierra Corisa», situado entre Vañes y Herrerueta. Está constituido por un arco sencillo en el sur, con buzamiento septentrional, pero que cambia a una serie de complicados pliegues al norte del río de Castillería, pliegues que constituyen la segunda unidad. Esta segunda parte puede descomponerse en varios sinclinales y anticlinales más chicos, cuyos ejes se hundan hacia el sur. Estas estructuras yacen en una secuencia E.-O., situada entre San Salvador y Peña Tejedo y Valdecebollas. Son el anticlinal y sinclinal de Verdeña, el anticlinal de Celada y el anticlinal y sinclinal de Verdiana.

Por el norte yacen dos grandes sinclinales, la tercera y cuarta unidad, que comprenden entre ellos un agudo y estrecho anticlinal. La tercera parte es el más occidental de estos sinclinales, en el que están situados los poblados de Lores, Casavegas, Camasobres, Areños y Los Llanos. La cuarta parte está constituida por el sinclinal oriental de Santa María de Redondo, que yace aproximadamente entre Tremaya y la Sierra de Peña Labra y Sal de la Fuente, donde el Permo-trías cubre el Carbonífero.

La secuencia de sedimentos del Westfaliense C y D y del Estefanense A se subdivide en las siguientes series:

Permo-triásico: Lechos rojos, conglomerados y areniscas con estratificación cruzada, arcillas compactas en la parte alta.

Discordancia muy marcada.

Estef. B-C.—*Serie de Peña Cilda*: Conglomerado, marga, arenisca.

Discordancia muy marcada. Fase *asturiana*.

Estef. A.—*Serie de Barruelo*: Marga, marga arenosa, arenisca, repeticiones graduales ocasionales, en la base de los grupos, de lechos de carbón de San Felices-Redondo-Casavegas, bastante equivalentes.

(1.500 m.)

En la parte alta, grupo de capas de carbón de Areños.

Discordancia ligera.

Westf. D.—*Serie de Sierra Corisa*: Marga, marga arenosa, arenisca en la parte alta. Calizas gruesas, diastemas. Grupo de San Cebrián, con lechos de carbón en la parte baja.

(0-2.100 m.)

Discordancia dudosa.

Westf. C.—*Serie de Vañes*: Marga-areniscas, sin lechos de carbón. (500-1.200 m.)

Westf. B (o A ?).—*Conglomerado de Curavacas*. (0-1.000 m.)

Discordancia marcada, fase de *Curavacas*.

Culm (Westf. A ?): Margas, arenisca, conglomerado.

Namurense-Viseano: Marga-caliza, caliza de montaña.

Discordancia ?

Devoniano: *Serie de Polentinos o Ventanilla*.

SERIE DE VAÑES (1). MARGAS Y ARENISCAS.—Esta serie es, probablemente, de edad Westfaliense C, y parece limitada por discordancias, tanto por arriba como por abajo. Es improductiva, como lo es la infrayacente de Rabanal, cuya edad se supone viseana o aún más antigua. Pero se encontró en su base un delgado lecho de carbón donde la

(1) La serie de Vañes fué denominada con anterioridad serie de San Cebrián, pero como el grupo carbonero de San Cebrián se sitúa estratigráficamente en la base de la próxima serie por encima, lo hemos vuelto a «bautizar» para evitar confusiones.

carretera de Cervera-Vañes pasa sobre la loma de Peñas Negras y cerca de Gramedo. El afloramiento de la serie de Vañes puede seguirse desde dos kilómetros al este de Herreruella, en dirección al sur, hasta San Cebrián de Mudá, y desde allí, doblando hacia el oeste, pasa al norte de Rabanal de los Caballeros; quizá pertenecen a esta serie unos sedimentos que afloran en el centro del anticlinal de Robledo y desde luego se extienden al norte, en la base del sinclinal septentrional. Su espesor es de 1.200 metros aproximadamente.

SERIE DE SIERRA CORISA.—Esta serie está integrada por margas, margas arenosas, areniscas cuarzosas, calizas orgánicas, a veces biohermas, y cuatro capas de carbón en la base. Según Alvarado y Sampelayo (1945), Wagner (1952, 1955) y de Sitter (1955), esta serie es de edad Westfaliense D, como los lechos de carbón que lleva en la base.

Esta serie recibe su denominación de Sierra Corisa, alineación de colinas situada al sur de Herreruella y San Felices; los vértices llevan los nombres de Sierra Corisa, Alto de Sierra y Cabra Mocha. Estos estratos, de pendiente al N., forman el flanco meridional del amplio sinclinal de Corisa. Más al norte, la estructura se hace irregular, fallada con frecuencia, y se compone de muchos pliegues menores. Aquí, en la vecindad de Verdeña y Celada de Robledo, afloran de nuevo los mismos estratos que en la sierra de Corisa.

Las capas de carbón pertenecientes a estas series están en producción cerca de Celada, y probablemente pueden correlacionarse con las de San Cebrián. Contrariamente a lo que indicó Quiring (1939), no son las mismas que los lechos carboneros de los grupos de Verdeña y San Felices.

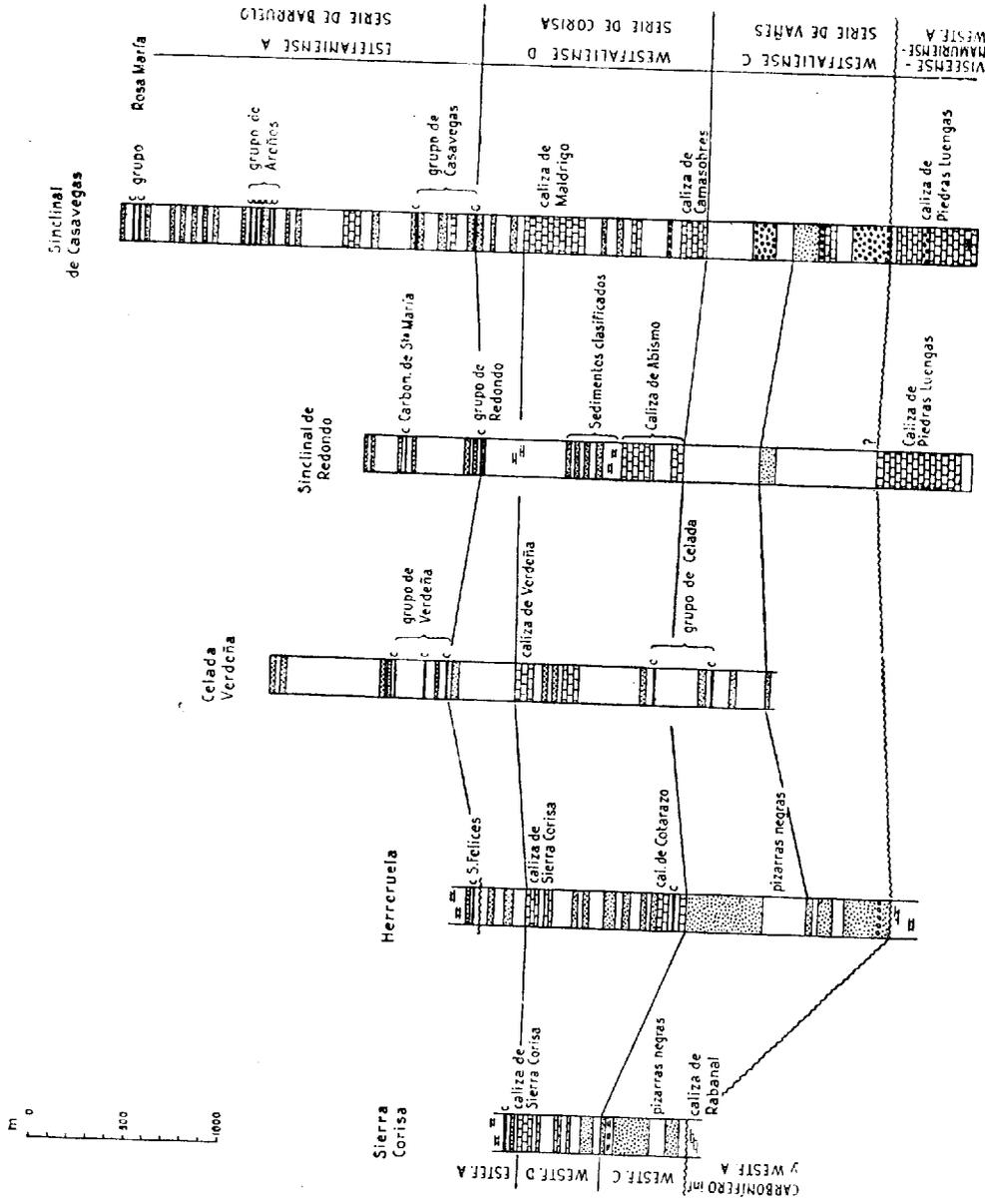


Fig. 1.—Columnas e

Los cuatro lechos de carbón del «grupo de San Cebrián» son de hullas ricas en volátiles, con un contenido de un 24 por 100. El carbón de Celada contiene 32 por 100 de volátiles, a juzgar el único análisis que conocemos. El grosor de las capas varía entre 40 cm. y 2 m., y se presentan en una secuencia de margas y margas arenosas de 50-100 m. Por encima se presenta una secuencia de margas y areniscas, con algunas pocas calizas importantes en la parte inferior, y un espesor conjunto de unos 2.000 metros. La más baja de entre estas calizas es conocida por el nombre de caliza de Cotarazo (Wagner, 1955), y la segunda se denomina caliza de Sierra Corisa; ambas están separadas por unos 400-600 m. de margas, areniscas y algún conglomerado. Su espesor varía de 0-250 m. y de 200-300 m., respectivamente, en este área.

El equivalente de estas calizas se encuentra en el flanco septentrional del sinclinal de Sierra Corisa, en la gran cresta caliza entre Verdeña y San Salvador y el bello borde del «sinclinal de Verdeña». Las calizas acuñan cerca de Celada, pero se las puede seguir aún hasta la falla que taja el sinclinal de Verdiana. Es probable que algunas de entre las gruesas calizas que asoman en el sinclinal nordoccidental de Casavegas y en el nordoriental de Redondo, sean equivalentes a las de Sierra Corisa. Los lechos de carbón situados entre Verdeña y San Salvador, y que yacen a unos pocos cientos de metros por encima de la caliza, parecen pertenecer a la misma serie. Denominaremos aquí, provisionalmente, estos lechos, «grupo de Verdeña». Este grupo se compone de una buena capa de 200 cm., que yace entre dos gruesos bancos de arenisca cuarzosa. Los 50 cm. más altos aparecen muy embozados y se tiran a la escombrera. A distancia de doce metros, por encima, yace una capa de 50 cm. Un poco

más arriba se encuentran fósiles marinos, en su mayor parte braquiópodos y artejos de crinoide. El carbón es una semi-antracita con 8,14 % de materias volátiles y 9,14 % de cenizas.

Para terminar esta descripción de la estratigrafía de la parte meridional de la cuenca, debemos hacer notar que se aprecia una discordancia angular en el flanco meridional del cerro de San Cristóbal, por encima de la cual afloran los lechos de carbón de la misma denominación. Según Breimer, quien encontró plantas fósiles próximas a estos lechos, la flora, determinada por Wagner, es precisamente la misma que la de San Felices. Esta última, es de edad Estefanense A (véase la lista en Wagner, 1955), y por consiguiente resulta imposible que el lecho de carbón tenga relación, y ofrezca continuidad, con el grupo de Vergaño-San Cebrián, como indican Oriol (1876) y Alvarado y Sampelayo (1945). El carbón de San Cristóbal y los de la mina «La Florida» y San Felices, hemos de considerarlos como pertenecientes al mismo grupo de «San Felices», de edad Estefanense, que es también la edad de las series de *Barruelo*, de Wagner. Esta serie yace discordante sobre la serie de Sierra Corisa, al oeste, mediante una aguda discordancia angular y rellena la depresión del sinclinal de Sierra Corisa. La discordancia se sigue a lo largo de una capa sucia (40 cm.), que aflora próxima al molino de la aldea de San Felices; a unos 40 metros por encima aparecen otros dos lechos, éstos productivos. El de enmedio mide 60 cm. y el más alto 1,80 a 2,20 m. de carbón muy puro (4-5 % de cenizas). Es un carbón bituminoso, de tipo medio por lo que se refiere a volátiles, con 23-30 % de m. v. y 4-16 % de cenizas.

Un corte a través del flanco oriental del sinclinal de Redondo muestra la caliza de Piedras Luengas, en la base

estratigráfica, seguida por horizontes de arenisca cuarzosa entre margas. Las calizas del «Monte Abismo» (¿Westfaliense D?) es la primera caliza importante que encontramos después. En la parte meridional del sinclinal esta caliza degenera a brechas arrecifales, que yacen entre las margas en forma de lentejones. Las margas que yacen por encima de estas calizas muestran muchas intercalaciones de areniscas y una alternancia cíclica de marga—siltstone— arenisca cuarzosa, presente en el valle del río Pisuegra. Después de la deposición de estos sedimentos diferenciados, un ambiente más francamente continental da origen a la sedimentación de areniscas cuarzosas y lechos de carbón. Estos últimos, semi-antracitosos, los denominaremos, a lo largo de este trabajo, como «grupo de Redondo». Se componen de un lecho inferior de 50-70 centímetros y, a unos 20-35 m. más arriba, otro de 80 centímetros. En una de estas minas, sobre el lecho más alto, aparecen 40 cm. de arenisca y un «carbonero» de 20-30 centímetros. Es posible que este último sea una ramificación del segundo, y queda limitado a la parte meridional del flanco oriental del sinclinal. Sobre este grupo yace un horizonte marino de lamelibranquios piritizados, gasterópodos y unos pocos braquiópodos (*Productus* sp.) y un Nautilus. Wagner da la siguiente relación de plantas fósiles, encontradas en el techo de la capa más alta (Wagner, 1955):

Neuropteris ovata Hoffm.
Neuropteris scheuchzeri Hoffm.
Pecopteris macronervosa Corsin.
Pecopteris sp. (diversas especies).
Aphlebia sp.
Annularia sphenophylloides Zenker.
Lepidophloios laricinus.

Lista que apunta a un Westfaliense D alto o Estefanense A. El carbón es una semi-antracita con 8-12 % de volátiles y 13-22 % de cenizas.

El tercer corte estratigráfico muestra el enorme espesor de los sedimentos del sinclinal de Casavegas. La parte más baja se inicia con las mismas calizas de Piedras Lueñas, de carácter biohérico, superpuestas, en discordancia, por un grueso conglomerado. Por encima de aquél, asoman otros horizontes arrecifales en la serie de margas y areniscas. Es importante la caliza de Camasobres, que atraviesa las villas de Camasobres y Casavegas. Se presenta un lecho de carbón por debajo, y otro por encima de estas calizas. Ambos puntos se designan en este trabajo como «grupo de Casavegas». El espesor del lecho más bajo varía entre 60 y 160 cm.; puede seguirse desde Lores, por Casavegas, hasta Camasobres. El lecho más alto ha sido objeto de explotación cerca de la iglesia de Casavegas, y tiene unos 40 cm. El inferior ofrece una antracita con 5-7 % de volátiles y 8-30 % de cenizas. Mr. Van Ginckel recogió plantas en este lecho, cerca de Lores. La lista, según Wagner, es como sigue:

Neuropteris ovata Hoffm.
Linopteris brongniarti V. Gutb.
Alethopteris friedeli Berir (*A. ambigua* Esq.?)
Alethopteris aff. *grandini* Bgt.
 cf. *Pecopteris plukenetti* V. Schal.
Pecopteris unita Bgt.
Sphenophyllum emarginatum Bgt.
Annularia sphenophylloides Zenker.

Lista que apunta, según Wagner, a edad estefanense. Por encima del grupo yace una gruesa secuencia de margas, areniscas y alguna caliza.

A unos 700 m. por encima del grupo de Casavegas se encuentran varios lechos de carbón (5-8) en series de margas y areniscas cuarzosas relativamente delgadas, que forman crestas en los flancos de los cerros. Estos lechos, que yacen en unos 120 m. de sedimentos, ofrecen espesores entre 0-3,30 m. Se denominan aquí con el nombre de «grupo de Areños». Los carbones se afilian entre los antracíticos y semi-antracíticos, y contienen de 3-10 % de volátiles y 7-20 % de cenizas.

Por encima de él yacen más margas, areniscas y calizas, que rellenan el resto del sinclinal.

Más modernos son los conglomerados y areniscas permotriásicos que yacen por encima del flanco oriental del sinclinal de Redondo, y las graveras de terraza terciaria que descansan, en manchas, aquí y allí, en la cuenca. Terrazas que probablemente no son muy potentes. Se presentan a ambos lados del valle de Castillería próximas a San Felices.

c) Tectónica de la cuenca

Como se ha descrito arriba, la cuenca puede dividirse en cuatro unidades estructurales (fig. 2). La primera y segunda están separadas por el sinclinal de Sierra Corisa, cuyo eje de arrumbamiento se dirige de E.-O., eje que es cóncavo hacia el N.; la segunda parte, que se compone de muchos pliegues pequeños, es mucho más complicada que el flanco meridional, y sus ejes de plegamiento arrumban N.-S. y se hunden hacia el sur; de oeste a este encontramos el «monosinclinal de Verdeña», que buza unos 80°-20° al SO. Allí yace el grupo de Verdeña, que se explota cerca de la carretera Cervera-Potes, en el valle del Pisuerga. Aquí los

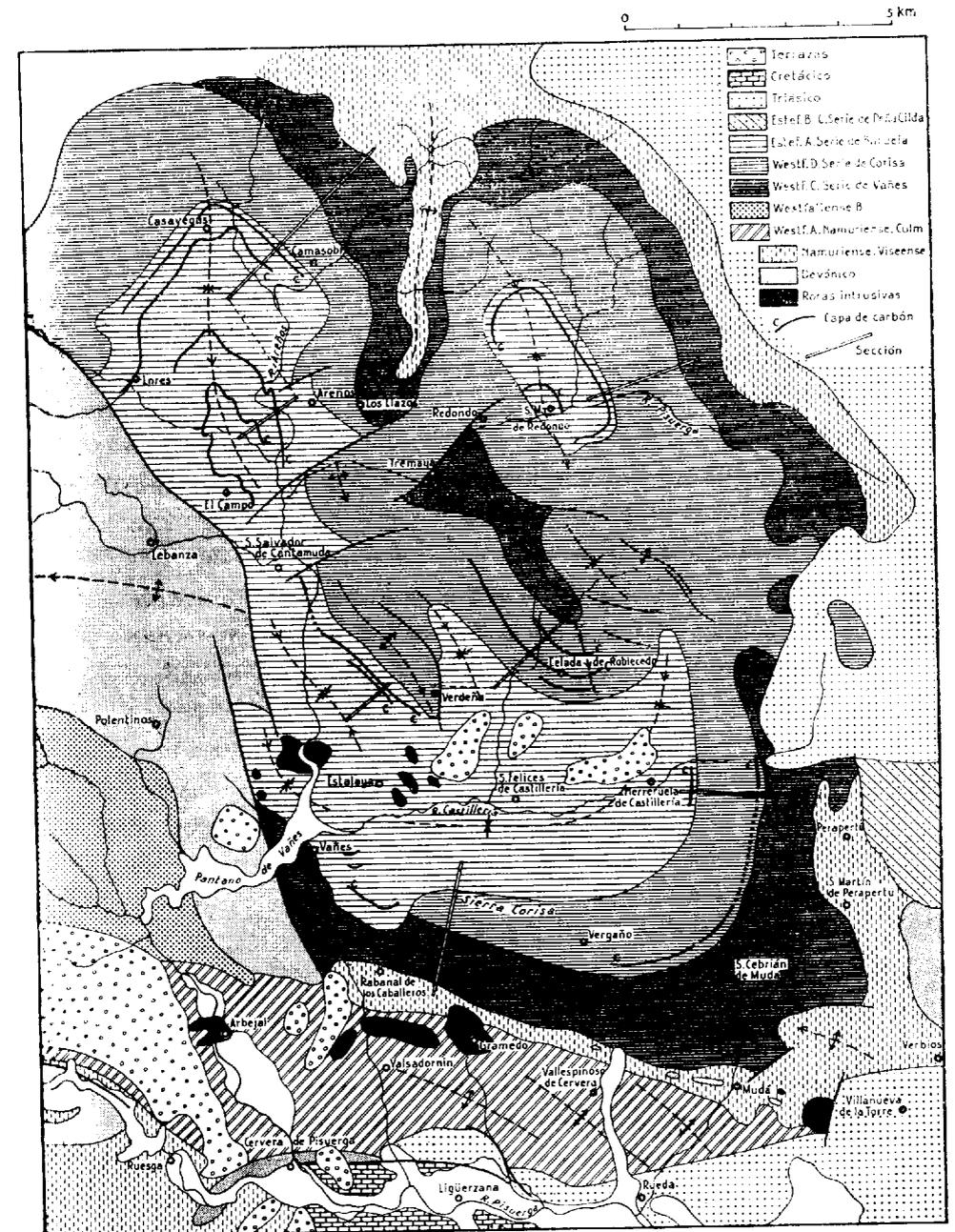


Fig. 2. — Mapa geológico de la cuenca carbonífera del río Pisuerga.

0 5 km



Fig. 2. — Mapa geológico de la cuenca carbonífera del río Pisuerga.

estratos se levantan hasta la vertical y arrumban más al norte. Los lechos de carbón se pierden próximos a la Venta de San Salvador. Lo mismo ocurre si los seguimos en dirección sureste, hacia Verdeña. Este «monoclinal» está separado del sinclinal de Verdeña mediante falla de desgarre o cabalgamiento. Sus flancos están acusados por las duras calizas de la serie de Sierra Corisa, que se disponen casi verticales a lo largo del flanco oriental de este pliegue, que es al mismo tiempo el flanco occidental del anticlinal de Celada; se encuentran los lechos de carbón de Celada a unos 250 m., por debajo, estratigráficamente, de las calizas. Pueden seguirse los afloramientos de estos lechos mediante las escombreras de minas someras, que se trabajaron en tiempos. Escombreras que se encuentran también en el valle al SE. y E. de Celada, de manera que pueden seguirse todo a lo largo de la proa del anticlinal de Celada.

La apretada y somera (si atendemos a las calizas) estructura del sinclinal de Verdiana, y las complicadas estructuras cabalgantes que yacen entre él y el de Valdecebollas y Peña Tejedo, no son de trascendencia para este estudio, puesto que no se conoce la existencia de lechos de carbón en este área. Podría explicarse la estructura del sinclinal de Sierra Corisa por la admisión de dos plegamientos sucesivos. El primero habría originado el eje E.-O., mediante compresión dirigida de N. a S. Luego una presión, de dirección NNE.-SSO., había sido causante de la complicación del flanco septentrional y de la curvatura del eje.

La tercera unidad estructural es el sinclinal de Casavegas, que es mucho más ancho que los de la segunda unidad estructural. El borde externo no es muy complicado. El eje arrumba de N. a S. y se hunde hacia el sur. Un se-

gundo eje, de dirección NNO.-SSE. y con hundimiento al SSE., lo cruza, al parecer, y es causa de la complicación existente cerca de Caloca. En el centro del sinclinal se presentan varios pliegues y fallas. No tienen trascendencia para la minería. Solamente aparece confusa, por estas complicaciones, la prolongación meridional de las capas del grupo de Areño en el flanco occidental.

El sinclinal de Redondo, cuarta unidad estructural, aparece muy complejo en su parte meridional. El eje se hunde hacia el sur y arrumba de NNO. a SSE. La parte norte es más bien normal, pero su buzamiento es muy agudo.

Sin embargo, el flanco oriental gira próximo al valle del Pisuerga, al otro lado de la vertical, y se vuelca al sur del Pisuerga. Aquí son normales los desplomes de 20°-35°. En este flanco se aprecian culminaciones y depresiones secundarias de eje E.-O. El grupo Redondo se mina solamente en el flanco oriental, al N. y S. del río Pisuerga.

MINERÍA DEL CARBÓN

Como se dijo en el capítulo II la cuenca hullera del Pisuerga es conocida desde largo tiempo. Sin embargo se ha explotado a muy reducida escala, y sólo se ha beneficiado una pequeña parte de las reservas.

En el verano de 1953, Nederlof, el más joven de los autores de este trabajo, visitó las 14 minas que actualmente están en producción en la cuenca, de entre las cuales las más importantes son las minas «Pila Rica» y «Eugenia».

La producción media diaria conjunta es de unas 50 toneladas. La mayor parte de esta producción corresponde

a calidades de pequeño tamaño, debido a la fracturación originada durante el último plegamiento a que han estado sujetos los estratos.

De hecho, la producción está regulada por la posibilidad que haya de colocar en el mercado la porción de producción que se obtiene en grano menudo.

La relación de menudo a grancilla es de 3:2. El grueso de la producción se reparte entre estas dos calidades.

En algunas minas se practica el cribado, por ejemplo en «El Olvido» y «Aurora». En toda la cuenca existen unas 50 concesiones, repartidas entre unos 20 propietarios, muchos de los cuales viven en Cervera de Pisuerga.

En el mapa se señalan los límites aproximados de las concesiones.

Breve descripción de las minas

1. MINA «LA FLORIDA». CONCESIÓN «MERCEDES».—Yace más o menos a un kilómetro al O. de San Felices. Se conocen aquí cuatro capas, repartidas en unos 50 m. de sedimentos.

La primera aflora próxima al río Castillería, en la vecindad del molino, y consta de 60 cm. de carbón sucio, entre dos lechos de areniscas duras.

La segunda puede verse a algunos metros más alta, justo a un lado de la carretera principal. Es un carbonero de unos 25 cm. de espesor.

Las capas tercera y cuarta están en explotación y tienen respectivamente espesores de 60 a 220 cm., separados por 23 m. de margas y areniscas. Se clasifican ambas entre los carbones bituminosos de categoría media de volátiles. Los estratos entre los que yace este grupo de San

Felices están plegados en forma complicada, lo que no puede sorprender, puesto que San Felices yace, prácticamente, en el centro del vasto sinclinal de Sierra Corisa.

La disposición general de los estratos es la de un sinclinal cuyo eje buza 10° al NE., pero dentro de la reducida área minada, de un kilómetro cuadrado, existen muchos pliegues de menor categoría. Las pendientes varían de 7-70°.

A causa de estas complicaciones una perforación, cuya localidad se muestra en el mapa, fracasó en su objetivo de cortar la primera capa, ya que a 70 m. aún no la había alcanzado.

Aparte de muchas labores antiguas abandonadas, existen dos galerías de arrastre.

La más baja se abre precisamente bajo la carretera Vañes - San Felices, a 1.120 m. de altitud, y se dirige al norte. Sigue la capa tercera, a distancia considerable, y tiene una longitud de unos 260 metros. En su extremo comunica con la galería alta, a 1.155 m. de altitud, mediante una chimenea o coladero subvertical de 27 metros.

La galería superior yace, en parte, en la cuarta capa y tiene dirección E.-O.

La prolongación de labores en dirección al N. es aventurada, porque las galerías se acercan ya al conglomerado terciario que cubre el área. Es seguro que las capas intetarán en algún sitio contra la superficie inferior de estos depósitos. Hacia el O. la abundancia de fallas hace prohibitiva la prolongación de las labores.

2. MINA «POR SI ACASO».—Esta mina produce en lo que probablemente forma parte del grupo de San Cebrián, y está situada un kilómetro al oeste de Celada de Robledo.

Los estratos, verticales o casi verticales, constituyen aquí la proa del anticlinal de Celada.

El primer lecho, de 60 cm. de espesor produce, carbón bituminoso de volátiles de tipo medio. Puede seguirse desde la colina de Sosa (1.428 m. de altura) a unos 250 metros al E. de las calizas de la serie de Sierra Corisa, hasta la boca-mina, y después, en doble semicircular, pasando justo al sur de Celada, para perderse un kilómetro más allá.

Las minas antiguas al este de Celada, «María Luisa» y «La Perniana», son ahora inaccesibles.

Informa Quiring (1939), que se conocen allí dos lechos, uno de 100 cm. de espesor y otro de 200. El primero yace justo bajo el segundo, pero se acuña hacia el O. y su explotación, en la mina «María Luisa», no resultó económica. Hacia el E. los lechos se estrellan contra fallas de tensión, arrumbadas al S.SE.-N.NO., que separan el sinclinal vecino de estos estratos carboníferos. Estos lechos también pueden seguirse alrededor de la proa del anticlinal de Celada.

La mina «Por si acaso» tiene un pozo vertical de unos 50 m. y un corto transversal que cruza los estratos hasta alcanzar el lecho de carbón. Luego hay una galería en dirección que lo sigue a lo largo de 100 m. El lecho tiene una pendiente de 70° al O. El aparejo del pozo es de doble jaula movido eléctricamente. La energía se genera, como en la mayor parte de las minas grandes, mediante motor Diesel. En la producción dominan los menudos.

3. MINA «PEDRITO».—Está situada justo al E. de la carretera Cervera-Potes, a unos 1.500 m. al S. de la Venta de San Salvador. Aquí las dos capas del grupo Verdeña tienen inclinación de 83° al SO. Ambos lechos contienen

semi-antracita, y están separados por 30-40 m. de marga y arenisca.

El primer lecho, la «Capa ancha», tiene 160-300 cm. de grueso. El segundo 60 cm., con muchas intercalaciones de estéril. Se encuentran fósiles marinos a 40 m. por encima de la segunda capa.

Por el sur, las capas se pierden por estar transpuestas por una falla transcurativa. Por el N. la mina viene prácticamente limitada por el límite de la concesión y allí comienza la de la mina «Pedro». La mina «Pedrito» tiene un plano inclinado desde la cota 1.118 a la 1.097, y da acceso a la galería, que sigue la capa II. Un transversal la une con la galería en la capa I. En ésta, un segundo plano inclinado desciende a los 1.073 m. Se han practicado galerías transversales a ambos lados de las dos capas, con longitudes de unos 50 m. cada una, pero, por ahora, no se han hallado más lechos.

4. MINA «PEDRO».—La mina «Pedro» yace al otro lado de la carretera, y podría constituir la prolongación de la mina «Pedrito». Comenzó sus labores hace apenas unos años, y precisamente fuera de su concesión, por lo que se abandonaron por corto espacio de tiempo; después, en 1954, se decidió que pertenecieran a la concesión «El Chozo». El plano inclinado tiene longitud de 100 metros y desciende 50 m. bajo la terraza del Pisuega. La «Capa ancha», en la que asienta el plano inclinado, tiene espesor de 200 cm., de los cuales el medio metro superior es margoso.

5. MINA «SAN FRANCISCO».—Yace 200 m. al NO. de la mina «Pedro», entre el río y la carretera Cervera-Potes.

Aquí se encuentra de nuevo la misma «Capa ancha»,

semi-antracítica, de las minas antes mencionadas, y en posición vertical. El arrumbamiento es noreste. Es muy probable que quede cortada hacia el norte por una falla importante, y se supone que acompaña desplazamiento considerable en dirección este-oeste. Al parecer, las mismas areniscas cuarzosas que comprenden el carbón, reaparecen próximas al puente de San Salvador, aunque el lecho de carbón no está manifiesto.

Minas en el sinclinal de Casavegas

6. MINA «AURORA».—Esta mina, una de las mayores, está situada en donde ramifica la carretera a Lores, a partir de la principal.

La producción de antracita y semi-antracita procede de seis lechos, cuyos espesores varían entre 20 y 150 centímetros. Estos lechos, pertenecientes al grupo de Areños, tienen en esta mina las siguientes características:

Capa 1.—20-65 cm. Buena calidad; en producción.

Capa 2.—20-65 cm. Carboneros; no se explotan.

Capa 3.—40-65 cm. Muy buena; bajo contenido de cenizas.

Capa 4.—60-65 cm. Calidad razonable. Esta capa se explota conjuntamente con la 3, ya que sólo están separadas 2,5 m. de distancia.

Capa 5.—40-60 cm. Calidad razonable. Se trabaja en superficie.

Capa 6.—50-150 cm. Buena calidad; poco menudo.

Capa 7.—Carboneros.

Capa 8.—Carboneros.

Los lechos yacen en el flanco oriental del sinclinal de Casavegas y buzan entre 40 y 85° (con 73° como promedio). Una flexura, de bastante importancia, obliga a las galerías

a girar hacia el oeste y mantener esta dirección unos cien metros, para volver después de nuevo a su primitiva dirección norte-sur. La boca-mina principal yace a 1.158 metros de cota. La altitud del terreno varía entre los 1.135 metros del valle de Areño a los 1.247 m. de la cima del monte, bajo la cual yacen las tres galerías principales.

El próximo cuadro muestra la longitud de las galerías en los diversos pisos.

	<i>Nivel</i>	<i>Longitud total de galería</i>	<i>Siguen las capas núms.</i>
Piso 4.º	1.140 m.	140 m.	1
Piso 3.º	1.099 —	1.500 —	1 (3, 4), 5, 6
Piso 2.º	1.067 —	860 —	5, 6
Piso 1.º	1.047 —	500 —	6

El piso 4.º tiene su entrada propia a nivel 1.140 m., a un lado de la carretera principal, y la galería se desarrolla en dirección N.-S., al sur de la carretera. Los otros pisos, que están comunicados mediante tres planos inclinados con la boca-mina principal, a 1.158 m., tienen galerías en la misma dirección. Cruzan el río Areños y yacen en su mayor parte bajo el cerro de la cota 1.247, al norte de la carretera. Así es que la mina yace entre las concesiones «Aurora», «San Patricio», «Demasia a San Patricio» y «San Victoriano».

Es desventajoso, para esta mina, el enredoso sistema de tener que arrastrar en ascenso, el carbón, a lo largo de los tres planos inclinados. La diferencia de nivel conjunta para los tres planos es de 108 metros. No están comunicados directamente unos con otros, sino que los separan 60 y 70 m. de galería.

Por la superficie explotada se puede calcular que se llevan extraídas unas 100.000 T. de esta mina.

7. MINA «VASCO-CÁNTABRA».—A esta mina se llega mediante una pequeña carretera que ramifica de la principal de Areños. Yace más o menos a medio kilómetro al oeste de esta aldea y explota las mismas capas que la «Aurora».

Las más importantes aquí son las 5 y 6, y sus espesores respectivos son los de 60 y 60-150 centímetros. La inclinación aquí, del flanco oriental del sinclinal de Casavegas es de 45-90°, con promedio de 60°. En algunos puntos de la mina las capas están ligeramente desplomadas.

Hay galerías al norte y sur del río. Por ahora no se ha intentado profundizar las labores por debajo del nivel bajo del valle, como en la mina «Aurora». Las galerías más antiguas e importantes son las del ribazo septentrional.

	<i>Nivel</i>	<i>Longitud total de galería</i>	<i>Siguen las capas números</i>
Piso 1...	1.156 m.	1.600 m.	4, 5, 6
Piso 2...	1.201 —	1.100 —	5, 6
Piso 3...	1.240 —	960 —	5, 6

La mayor parte del carbón ha sido arrancado ya hasta la superficie. Se ha practicado una galería al S. del río Areños a unos 1.150 m., con objeto de investigar la calidad de los lechos en el flanco de la montaña. En los cien metros abiertos no se muestran lechos prometedores.

8-9. MINAS «PILA RICA» Y «EUGENIA».—Estas minas se describen mejor conjuntamente, puesto que pueden considerarse como pisos distintos de la misma mina. Están situadas en el extremo de un valle colateral del río Lores, a unos dos kilómetros al E. de esta localidad. Estas minas obtienen su producción de antracita y semi-antracita de la

capa 6 del grupo de Areños, cuyo buzamiento es aquí de 30°-70° E. (media de 45°) y yace en el flanco oeste del sinclinal de Casavegas. El espesor de la «capa 6» varía entre 20 y 330 cm.; se estima el valor de 140 m. como promedio. Esta capa es muy buena, apenas tiene intercalaciones estériles.

La «Eugenia» tiene dos galerías bajas a 1.273 y 1.297 metros, y cada una de ellas mide unos 600 m. de longitud.

La «Pila Rica» tiene una galería de 1.315 metros. Estas galerías pueden continuarse aún hacia el N. y cuentan, por consiguiente, con reservas considerables, de fácil alcance.

En la mina «Eugenia» se obtiene aire comprimido mediante una instalación de bombas movidas por motor Diesel. Tiene su propio plano inclinado a cielo abierto para bajar el carbón desde la boca-mina hasta las tolvas, donde se cargan los camiones. La organización de la mina «Pila Rica» es análoga.

10. MINA «CUATRO AMIGOS».—Esta mina, próxima a Casavegas, produce antracita procedente del lecho más bajo del grupo. Tiene un grosor de 60-160 cm. y no contiene tanta vitreína como las restantes capas de la cuenca. Los lechos yacen aquí en la proa del sinclinal de Casavegas, y buzan 30-40° (con 38° de promedio).

Una de las galerías abre a regular altura en el flanco del monte y tiene unos pocos cientos de metros de longitud. El vértice de la montaña se eleva sólo a 20 m. por encima.

Una galería más baja, en la misma dirección, situada a nivel de la pequeña carretera, está abandonada, quizá por razones de calidad. La segunda capa del grupo de Casavegas yace a mucha mayor altura estratigráfica y está se-

parada de la primera por la secuencia de margas y areniscas que incluyen la «caliza de Lores». Se clasifica como bituminosa con contenido medio de volátiles y mucha ceniza. Se ha minado junto a la iglesia de Casavegas, sin éxito.

Los dos lechos de este grupo se han encontrado también junto a Camasobres, pero tampoco allí han dado resultado.

11. MINA «LORES».—Hay allí una mina que produce carbón bituminoso con contenido medio en volátiles, que obtiene de la capa superior del grupo de Casavegas. El lecho tiene las mismas características que en esa localidad.

Minas en el sinclinal de Redondo

12. MINA «EL OLVIDO».—A un kilómetro más o menos de la aldea de Sta. María de Redondo, y en la ribera meridional del río Pisuegra, yace la mina «El Olvido». El flanco oriental volcado del sinclinal de Redondo buza aquí 28°-45° al E.

Hay dos capas, de las cuales se trabaja la segunda. Generalmente mide 80 cm. de grueso y es de calidad semiantracítica. Unos 40 cm. más arriba se encuentra un grueso carbonero, cubierto por una capa de fósiles marinos piritizados, con muchos gasterópodos, braquiópodos y lamelibranchios. Hay galerías a cotas de 1.220 y 1.150 metros, comunicadas por un plano inclinado interior movido por cabestrante eléctrico. Se empezó una galería más baja hace pocos años a 1.207 metros. A partir de la entrada, a 1.250 m., el carbón es transportado por un cable de

150 m., hasta el otro lado del empinado valle, donde se descarga en la instalación de cribado. Aquí el carbón se clasifica en 5 ó 6 clases, por tamaños, en una criba movida por motor de gas. La longitud de las galerías es de varios cientos de metros.

13. MINA «MATASOCARRERA».—Esta mina se abre justo frente a la de «El Olvido», en la ribera septentrional del Pisuegra. Los estratos, volcados, buzan 45° al este. La capa 2 ha sido ya explotada. La capa 1 mide ahora unos 56-70 centímetros de grosor, de calidad semiantracítica, y es el objeto de la explotación actual. Tiene muchas intercalaciones estériles, hasta espesores de 30 centímetros.

La galería yace a cota de 1.245 m. y pasa bajo un cerro de 1.345 metros. Al N. los estratos se disponen verticalmente. Buzan 88° al E. en la vieja galería de Pradorroyo (1.267 m.), que comienza en el punto en que cortan un valle afluente del Pisuegra.

Las dos capas están separadas aquí unos 15 metros. Esta distancia aumenta en dirección norte. La longitud total de las galerías es de unos 800 metros.

14. MINA «MONTE ABISMO».—Una vez que los estratos del flanco oriental del sinclinal han cruzado el valle lateral afluente del Pisuegra y giran en dirección más suresteada, ya no están volcados sino que yacen normales con pendientes de 50-60°. Aquí, unos 1.250 m. al N. de Santa María las galerías de «Monte Abismo» siguen las capas del grupo de Redondo, que yacen a una distancia estratigráfica de unos 20 metros. La galería inferior, a 1.255 m. de cota, sigue la capa 1, la cual mide 60-70 cm. La galería superior, que abre a 1.225 m. de altitud, y a 400 m. de distancia de

la otra boca-mina, sigue la capa 2, la cual varía en espesor entre 90 y 120 centímetros.

El agua encontrada cuando la galería entró en material aluvial constituyó un obstáculo, ya que el contenido líquido era tan grande que una corriente de lodo invadió la galería inferior, y una parte de ella tuvo que ser cerrada.

Hay una mina abandonada en la proa del sinclinal de Redondo, la mina «María del Carmen». Tiene boca-minas a 1.400, 1.437 y 1.443 metros. Ambas galerías siguen lechos de carbón del grupo de Redondo, separados entre sí 30-40 metros. La longitud total de galería es de unos 800 metros.

El cuadro I muestra los análisis disponibles de los carbones, obtenidos, en parte, de Quiring (1939), en parte de las oficinas de las diversas minas.

CONCLUSIONES Y ESTIMA DE LAS RESERVAS

No es fácil establecer una estima de las reservas de carbones bituminosos con contenido medio en volátiles, y de las semiantracitas y antracitas de la cuenca del río Pisuerga, a causa de las dificultades siguientes:

1) La complicada estructura en que arman los estratos, como consecuencia de plegamientos y fallamiento intenso.

2) La falta de todo dato acerca de lo que ocurre cien metros por debajo de la superficie.

3) La irregularidad de los lechos, que es bien patente cuando se siguen a lo largo del rumbo, irregularidad que es lógico esperar se prolongue en profundidad.

A pesar de lo cual vamos a intentar su estima. Las únicas apreciaciones existentes con anterioridad, son las que estableció Quiring (1939). En su mayor parte están basadas en una interpretación tectónica errónea, ya que Quiring relaciona el grupo de San Cebrián con los de San Felices y Verdeña, en vez de relacionarlo con las capas próximas a Celada.

El grupo de San Felices es más moderno que el de San Cebrián. Al correlacionar los tres grupos arriba mencionados, Quiring admite la existencia de un pliegue volcado cuyo plano axial buza al N. y arrumba al E.-O. Este pliegue yacería entonces en la Sierra Corisa y en las otras colinas al S. del río Castillería. Su existencia no ha sido probada. En el cuadro II se expone la relación de estima de reservas hasta la profundidad de 500 m., estima que se ha basado en las siguientes consideraciones:

1. GRUPO DE SAN FELICES.—Este grupo no ofrece sino escasas reservas, ya que la estructura sinclinal que contiene los lechos no tiene sino unos pocos cientos de metros de anchura. La cantidad extraída de la concesión «Mercedes» alcanza ya cifras de importancia. La mina «La Florida» tiene ya más de cien años. Ese área muestra gran cantidad de labores abandonadas, restringidas a la parte que no está cubierta por las graveras de terrazas terciarias. De los lechos sólo los dos más altos parecen ser de interés. La potencia media total se estima en 2,5 metros.

2. EL GRUPO DE SAN CEBRIÁN (1), MINADO DESDE CE-

(1) No se han estudiado las minas de San Cebrián de Mudá y de Vergaño. No nos hemos propuesto incluir en nuestra estimación el flanco meridional del sinclinal de Sierra Corisa. Quiring habla de una reserva, allí, de 34,4 millones de toneladas, cifra que nos parece exageradísima.

LADA.—La calidad del lecho superior en Celada, que se beneficia en la mina «Por si acaso», decrece en dirección norte a lo largo del rumbo. Siguiendo el afloramiento en dirección opuesta, el lecho se pierde en una cresta de areniscas duras que rodea también a Celada de Roblecedo. Sólo muestra el lecho posibilidades de explotación económica en 3.000 m. a lo largo del rumbo. Parece ofrecer un espesor bastante constante de unos 60 cm. de carbón. El lecho o lechos más bajos se han explotado en las minas «Perriana» y «María Luisa», que actualmente están abandonadas. Probablemente sus lechos tuvieron solamente importancia local. No se incluyen en el cuadro II.

3. GRUPO DE VERDEÑA.—Su afloramiento puede seguirse desde cerca de la villa de Verdeña hasta San Salvador Cantamuda, a lo largo de 1.790 m. según el rumbo, y muestra lechos de interés razonable, que han sido objeto de explotación superficial en tiempos pasados. Ahora se trabaja en ellas en las minas «Pedrito», «Pedro» y «San Francisco». En dirección a Verdeña los lechos acuanan, y hacia el N. se estrellan contra la falla de San Salvador Cantamuda.

4. GRUPO DE AREÑOS.—El lecho más persistente en la cuenca es la capa 6 del grupo Areños. Puede seguirse a lo largo de 4.500 m. según el rumbo, todo alrededor del sinclinal de Casavegas. Tiene prácticamente por doquier, la misma calidad y contenido en cenizas. El espesor no varía demasiado y el valor medio lo estimamos en 150 centímetros. Las otras capas no son tan buenas, pero también pueden ser objeto de explotación. El espesor total medio de las capas de este grupo puede estimarse en 280 centímetros. Las minas que producen en lechos de este

grupo son: «Pila Rica», «Eugenia», «Vasco-Cántabra» y «Aurora».

5. GRUPO DE CASAVEGAS.—En este grupo la calidad varía muy rápidamente a lo largo del rumbo, pero la capa I puede seguirse a largas distancias en el sinclinal de Casavegas (unos 6.000 m.). Se ha incluido en estas consideraciones la parte del sinclinal que yace al NO. de un plano vertical que pasa por Lores y Camasobres. Al S. de Camasobres se pierden las capas y al S. de Lores aflora el Devoniano. La capa es objeto de explotación en la mina «Cuatro Amigos». La capa 2 del grupo Casavegas, que se trabaja en Lores, es más bien irregular y no muy gruesa. La calidad es desconocida en los diferentes puntos, por lo que este lecho no se incluye en el cuadro II.

6. GRUPO DE REDONDO.—Las dos capas miden en conjunto unos 130 cm. como promedio. Se las puede seguir alrededor del sinclinal de Redondo, desde la mina abandonada «María del Carmen» al pie del monte Abismo, hasta las minas «Matasocarrera» y «El Olvido». Se pierde al S. de esta última. El flanco O. del sinclinal de Redondo no lleva carbón.

* * *

Para que nos podamos formar idea acerca de si los cortes geológicos que presentamos aquí representan realmente las estructuras existentes deberían practicarse algunos sondeos en los sinclinales. Su importancia reside no solamente en que se averiguaría la profundidad a que se presenta la capa de carbón, sino que se obtendría el

conocimiento de las calidades y espesores de los lechos en las zonas más profundas del sinclinal.

La estima de reservas no es prometedora, la calidad del carbón no es muy buena, y los problemas de transporte de la cuenca aún aguardan solución económica. Alguna probabilidad de desarrollo ofrece la idea del lavado de carbón en una planta próxima a Vañes, con utilización de las grandes cantidades de menudo en una fábrica de ovoides.

De todos modos, no parece que espere un futuro prometedor a la cuenca hullera del río Pisuerga.

CUADRO I
Análisis de muestras de carbón procedentes de la cuenca del río Pisuerga

	Cenizas	Contenido en carbono fijo	Materias volátiles
1. Grupo de San Cebrián.			
Promedio de 8 muestras de diferentes capas...	16,71 (9-28 %)	76,83 (73-86 %)	23,17 (13-27 %)
San Cebrián y Vergaño...	21,8	67,9	32,1
2. Grupo de San Felices.			
«Mediavilla».....	7,00	74,36	25,64
«Primera Adela».....	4,53	76,43	23,57
«Segunda Adela».....	4,84	74,78	25,22
«Petronila».....	16,04	70,00	30,00
Menudo lavado.....	14,30	78,60	21,40
Menudo lavado.....	12,10	78,50	21,50
3. Grupo de Verdeña.			
Mina «San Francisco»:			
Capa ancha, menudo....	11,93	90,88	9,12
Capa ancha, galleta.....	8,98	91,38	8,62
4. Grupo de Areños.			
Mina «Vasco-Cántabra»:			
Capa 6.....	13,40	92,14	7,96
Mina «Aurora»:			
4 análisis de muestras de la capa 6.....	18,61	91,70	8,30
	16,52	92,68	7,32
	20,80	97,08	2,92
	20,52	90,98	9,02
Mina «Pila Rica»:			
Capa 6.....	6,69	93,74	6,26
5. Grupo de Casavegas.			
Camasobres:			
Capa 1.....	8,60	94,53	5,47
	9,10	92,87	7,13
Capa 2'.....	12,70	72,10	27,90
	13,30	72,07	27,93
«Cuatro amigos», capa 1.	30,40	90,02	9,98
6. Grupo de Redondo.			
Mina «El Olvido»:			
Lecho inferior.....	22,15	91,92	8,08
Mina «Matasocarrera»:			
Lecho superior.....	12,96	89,38	10,62

CUADRO II

Lista de concesiones hulleras en la cuenca del Pisuerga

- | | |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. San Antonio. | 28. San Patricio (mina Aurora) |
| 2. Veremos. | 29. San Victoriano (mina Aurora). |
| 3. Mercedes (mina La Florida). | 30. Buena Vista. |
| 4. San José. | 31. Eugenia (mina Eugenia). |
| 5. Aurrerá. | 32. Pila-Rica (mina Pila Rica). |
| 6. Avelia. | 33. Legalidad. |
| 7. Triano. | 34. La Gota. |
| 8. Vizcaya. | 35. Descuido (mina Vasco-Cántabra). |
| 9. Julia, | 36. La Penúltima. |
| 10. Aurora (cerca de Celada de Robledo). | 37. Ana Mari. |
| 11. Por si acaso (mina Por si acaso). | 38. Ruiseñor. |
| 12. Cadena. | 39. Pernia. |
| 13. (caducada). | 40. Ntra. Sra. del Carmen (mina María del Carmen). |
| 14. Manolín. | 41. Lucinda segunda. |
| 15. Ampliación a Manolín. | 42. Joaquín (mina Monte Abisimo y mina Matasocarrera, junto con n.º 42). |
| 16. Felisa. | 43. Victoria. |
| 17. Pedrito (mina Pedrito). | 44. Olvido (mina Olvido). |
| 18. Ampliación a Pedrito. | 45. Ampliación a Pardilla (mina Matasocarrera, número 42). |
| 19. La Dehesa. | 46. Señora de Viece. |
| 20. Jesusa. | 48. Quinta de Pérez e Iraola. |
| 21. Ampliación a Jesusa. | 49. Camasobres A. |
| 22. Carmina. | 50. Magdalena. |
| 23. (caducada) mina Pedro. | 51. Camasobres B. |
| 24. El Chozo. | 52. Cuatro Amigos (mina Cuatro Amigos). |
| 25. Ampliación a El Chozo (mina Pedro). | |
| 26. San Francisco (mina San Francisco). | |
| 27. Aurora, cerca de Areños (mina Aurora). | |

No se conocen con exactitud las líneas limítrofes entre las concesiones 3 y 23 y 24.

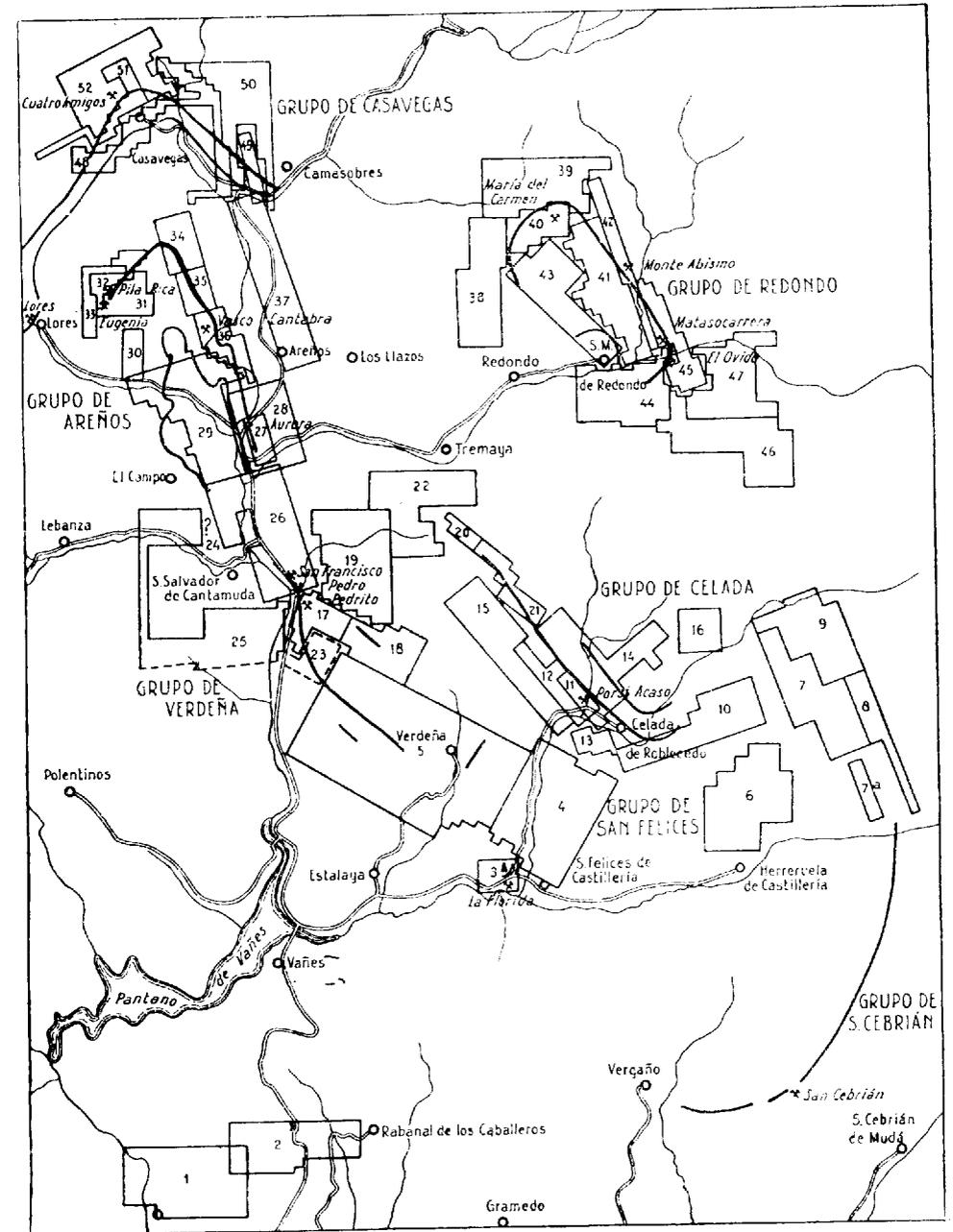


Fig. 3.—Mapa de demarcaciones mineras en la zona del río Pisuerga.

CUADRO III

Apreciación de reservas

	Espesor total de los lechos, en metros	Area total de superficie en 10 ⁶ m. ²	Reservas en 10 ⁶ T., menos 30 % de esté- riles
Grupo de San Felices...	2,50	0,2	0,6
Grupo de San Cebrián, minado desde el anti- clinal de Celada.....	0,60	1,8	1,2
<i>Reservas totales de bitumi- nosos de contenido me- dio de volátiles.....</i>			1,8
Grupo de Verdeña.....	2,00	1,0	2,3
Grupo de Areños.....	2,80	2,0	6,3
Grupo de Casavegas....	0,80	2,5	2,2
Grupo de Redondo.....	1,30	1,0	1,1
<i>Reservas totales de semi- antracita y antracita (la antracita forma sola- mente una pequeña parte de las reservas).</i>			11,9
RESERVA TOTAL: 13,7 × 10 ⁶ T.			

BIBLIOGRAFÍA

1. ARCE, B. (1850): *Minas de carbón de la provincia de Palencia.*—Revista Minera, t. I, p. 436-440.
2. PRADO, C. DE (1856, 1861): *Mapa geológico estratigráfico de las montañas de la provincia de Palencia.* 1:100.000, publ. 1861.
3. NAVARRO, J. (1876): *Consideraciones sobre el porvenir de las cuencas carboníferas en España con aplicación a la provincia de Palencia.*—Revista Minera, t. XVIII, p. 445-452 y 457-463.
4. ORIOL, R. (1876): *Descripción geológico-industrial de la cuenca hullera del río Carrión, de la provincia de Palencia.*—Bol. Com. Mapa Geol. de España, t. III, p. 137-168.
Varios itinerarios geológico-mineros por la parte norte de la provincia de Palencia.—Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. III, p. 257-275.
5. DUPUY DE LÔMB, E., y DE NOVO, P. (1924): *Estudio para la investigación del Carbonífero oculto bajo el Secundario de Palencia y Santander.*—Bol. Inst. Geol. Esp., t. XLV, p. 25-71.
6. CUETO Y RUY DÍAZ, E. (1926): *Orografía y geología tectónica del país cántabro-astúrico.*—Bol. Inst. Geol. Esp., t. XLVII, p. 7-111.
7. CUETO Y RUY DÍAZ, E. (1934): *Memoria sobre el terreno carbonífero de Vergaño.*—Catálogo y Mem. y Est. criaderos minerales de España, t. II, 2.º fasc.
8. PATAC, I. (1934): *Estudio geológico-industrial de la cuenca hullera del río Pisuerga o de la de Pernía*

- en la provincia de Palencia. Consejo de Minería. Catálogo descriptivo de memorias y estudios acerca de los criaderos minerales de España.— Tomo II, 2.º fasc., p. 273-277.
9. QUIRING (1935): *Stratigraphische Stellung der ostasturischen Steinkohlenflöze*.—Glückauf 71, n.º 15, p. 350-354.
 10. — (1939): *Die ostasturischen Steinkohlenbecken*.—Arch. f. Lagerst. H. 69.
 11. ALVARADO, A., y SAMPELAYO, A. H. (1945): *Zona occidental de la cuenca del Rubagón*.—Bol. Inst. Geol. Min. Esp., t. LVIII, p. 1-44.
 12. WAGNER, R. H., y WAGNER-GENTIS, CH. T. (1952): *Aportación al conocimiento de la geología de la zona de Barruelo*.—Est. Geol., t. XIII, n.º 16, p. 301-344.
 13. SITTER, L. U. (1955): *Nota previa sobre la geología de la cuenca carbonífera del río Pisuerga*.—Est. Geol., tomo XIII, n.º 26, p. 115-126.
 14. WAGNER, R. H. (1955): *Rasgos estratigráfico-tectónicos del Paleozoico superior de Barruelo*.—Est. Geol., t. XIII, n.º 26, p. 145-202.
 15. KANIS, J. (1955): *Geology of the eastern zone of the Sierra del Brezo*.—Leidse Geol. Mededelingen, vol. 21, p. 377-445.

Fósiles piritosos del Cretáceo de la Sierra de Ricote (Murcia)

por

Antonio Almela y José de la Revilla

Fósiles piritosos del Cretáceo de la Sierra de Ricote (Murcia)

En el trabajo titulado «Estudio geológico de la Sierra de Ricote» (1), se dió cuenta del descubrimiento de un notable yacimiento fosilífero en las proximidades de la Casa de los Miñanos (2), situado al noroeste del pueblo de Ricote, en unas margas grises, azuladas y sueltas y desagregadas por efecto de la meteorización. Con el abundante material entonces recogido, se hizo un primer estudio que permitió atribuir aquellas margas al Albense y dar en aquella ocasión la descripción de las especies determinadas.

La buena conservación que en general ofrecen los fósiles, en su mayoría Ammonites, y lo notable de aquella fauna, muy semejante a la encontrada por el profesor Fallot en Baleares, pero hasta ahora más abundante que ésta, nos indujo a insistir en el estudio de aquella zona en busca de más yacimientos y más abundante fauna.

En su consecuencia, se encomendó a los señores Mar-

(1) J. M. Ríos y A. Almela: «Estudio geológico de la Sierra de Ricote en la región de Mula (provincia de Murcia)».—Bol. Inst. Geol. y Min. de España, t. LXVI. Madrid, 1954.

(2) Esta casa no figura en los mapas, pero está próxima a la Casa de Sopa, que figura en la Hoja a escala 1:50.000.

tín y Trigueros un nuevo reconocimiento de la vertiente norte de la Sierra de Ricote. Este trabajo (3) permitió establecer algunas rectificaciones a los mapas publicados correspondientes a las hojas de Mula, n.º 912, y Cieza, número 881, al mismo tiempo que dió a conocer algún otro yacimiento fosilífero del Cretáceo, de los que merece especial atención el denominado de las Salinas de los Chascos, situado en la hoja de Cieza, a unos dos kilómetros al SO. del pueblo de Blanca. La estructura geológica y situación de los yacimientos fosilíferos citados, puede verse en el mapa que acampana al trabajo de Martín y Trigueros. Al hacer las primeras determinaciones de este nuevo yacimiento, con un material no muy abundante y bajo la impresión de la edad de los fósiles de la Casa de los Miñanos, se atribuyó éste también al Albense.

Pero con posterioridad, atraídos por la riqueza y buena conservación de la fauna, se han hecho nuevas excursiones que nos han permitido recoger en estos dos yacimientos principales, una cantidad bastante mayor de material, habiéndose terminado el estudio del correspondiente a la Casa de los Miñanos, aunque no el de los ejemplares correspondientes a las Salinas de los Chascos.

Así pues, exponemos ahora el resultado obtenido en el primero de los yacimientos, dando primero la relación completa de las especies determinadas y a continuación las citas bibliográficas con algunas aclaraciones, de las especies figuradas en las láminas 1 a 9, que son la mayoría.

Por lo que se refiere al yacimiento de las Salinas de los Chascos, las determinaciones efectuadas con el material

(3) A. Martín Díaz y E. Trigueros Molina: «Estudio geológico de la Sierra de Ricote».—Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de España, n.º 37. Madrid, 1955.

hasta ahora obtenido, nos obliga a bajar su nivel estratigráfico hasta el Neocomiense-Barremiense. Como consideramos importante este yacimiento y la discrepancia en cuanto a la edad que se le atribuye es grande, pensamos reconocerle nuevamente para hacer un estudio más detenido del mismo, y por el momento nos limitamos a dar la relación de las especies clasificadas y figuradas en las láminas 10 y 11, a continuación de la correspondiente a la Casa de los Miñanos.

El abundante material recogido en este último yacimiento, está constituido predominantemente por Ammonites, de los que disponemos de una cantidad bastante grande, algunos Belemnites, muy pocos gasterópodos y lamelibranquios y tan solo un Isocrinus y un Trochocyathus.

Comprende especies del Aptense, Albense y Cenomane, perteneciendo la mayoría de los ejemplares al Albense, piso que, siguiendo la clasificación francesa, expuesta entre otras ocasiones en la reunión extraordinaria de la Sociedad Geológica de Francia para conmemorar el CXXV aniversario de su fundación, consideramos dividido en tres tramos.

En cuanto a los fósiles determinados del yacimiento de las Salinas de los Chascos, ya hemos dicho que las especies hasta ahora encontradas pertenecen al Neocomiense-Barremiense.

Estas interesantes y curiosas faunas, están constituidas por ejemplares fosilizados en pirita, en general bien conservados y de tamaño pequeño y a veces incluso diminuto, en especial por lo que se refiere a algunos lamelibranquios, sin que se haya encontrado ningún individuo de tamaño grande en ninguno de los grupos fósiles.

Esto induce a suponer que se trata de individuos jóvenes, tanto más cuanto que es frecuente en los Ammonites

que las primeras vueltas fosilicen en pirita y las restantes en caliza. Pero, por una parte, no hemos encontrado nunca ejemplares grandes de Ammonites ni de ningún otro grupo; y por otra, los individuos pequeños tienen todos los caracteres de los adultos, así que estos hechos inducirían más bien a considerar a estas faunas como enanas.

Por último, queremos hacer presente la eficaz ayuda que nos ha prestado el Auxiliar del Laboratorio de Paleontología, D. Pablo Yagüe Moreno, tanto en la preparación y clasificación del material, como en la ejecución de los dibujos que ilustran esta nota.

Relación de especies determinadas

YACIMIENTO DE LA CASA DE LOS MIÑANOS.

- Trochocyathus* cf. *harveyanus*, Edw.-Haim. Aptense-Albense.
Isocrinus sp.
Waldheimia celtica, Morris. Aptense.
Waldheimia tamarindus, Sow. Aptense.
Nucula gaultina, Gardner. Albense.
Nucula ovata, Mantell. Albense.
Trigonoarca hebertiana, Cott. Albense.
Mytiloides aff. *labiatus*, Schl. Cenomanense.
Natica gaultina?, Mich. Albense.
Turbo delafossei, d'Arch. Albense.
Turbo decussatus, d'Orb. Albense.
Solarium tollotianum, Pict.-Roux. Albense superior.
Scalaria sp. Albense.
Raulinia gaultina, Lor. Albense.
Ringinella inflata, d'Orb. Albense.
Phylloceras (*Salfeldiella*) *guettardi*, Raspail. Albense inf.
Phylloceras aff. *grothi*, Fallot. Albense superior.
Phylloceras subalpinum, d'Orb. Albense.

- Phylloceras* (*Phyllopachyceras*) *forbesianum*, d'Orb. Cenomanense.
Phylloceras velledae, Mich. Albense-Cenomanense inf.
Phylloceras lytoceroide, Fallot. Albense superior.
Phylloceras lateumbilicatum, Pervinq. Límite del Aptense-Albense.
Phylloceras aphrodite, Fallot et Term. Gault-Albense sup.
Phylloceras pseudolateumbilicatum?, Coll. Cenomanense.
Tetragonites aff. *kiliani*, Jacob mut. *jacobi*, Coll. Albense-Cenomanense.
Tetragonites jurinianus?, Pict. Albense.
Tetragonites timotheanus, Mayor. Albense.
Jaubertella jaubertiana, d'Orb. Aptense-Albense.
Jaubertella latericarinata, Anth. Albense.
Jaubertella micheliana, d'Orb. Albense.
Kosmatella agassiziana, Pict. Albense.
Gaudryceras sacya, Forbes. Cenomanense.
Uhligelia rebouli, Jacob. Albense.
Uhligelia balmense, Jacob. Albense.
Beudanticeras revoili, Pervinq. Albense inferior.
Beudanticeras dupinianum, d'Orb. var. *africana*, Pervinq. Albense inferior.
Desmoceras getulinum, Coq. Aptense.
Desmoceras latidorsatum, Mich. Albense-Cenomanense.
Puzosia mayoriana, d'Orb. Vraconiense.
Silesitoides kiliani, Fallot var. *inornata*, Fallot. Gault.
Silesitoides nolani, Fallot var. *kilianiformis*, Fallot. Gault.
Parahoplites sp. Aptense superior-Albense inferior.
Cheloniceris aff. *subnodosocostatum*, Sinzow. Aptense superior.
Dipoloceras cristatum, Deluc. Gault.
Pervinquieria sp. Albense superior.
Brancocheras aff. *zrissense*, Pervinq. Albense inf.-Gault.
Lyelliceras lyelli, Leym. Albense inf.-Gault.
Tegoceras camatteanum, d'Orb. Albense.
Acanthoceras rhotomagense, Defranc. Cenomanense.
Prionotropis aff. *subvicinale*, Boule, Lemoine, Thevenin. Cenomanense medio.

- Neosaynoceras* sp. Aptense-Albense.
Hamites attenuatus, Sow. Gault.
Hamites virgulatus, Brongn. Gault.
Hamites halleri, Pict.-Camp. Gault.
Hamites annulatum, d'Orb. Gault.
Hamites aff. *rotundus*, Sow. Gault.
Hamites nov. sp. ? Gault.
Anisoceras raynaudi, Boule, Lemoine et Thevenin. Albense superior-Cenomanense inferior.
Turrilites vibrayeanus, d'Orb. Albense superior.
Turrilites acutus ?, Passy. Cenomanense.
Baculites baculoides, Mantell. Vraconiense.
Ptychoceras laeve, Math, var. *hamaimensis*, Pervinq. Albense inferior.
Ptychoceras sp. Aptense.
Actinocamax plenus, Blainv. Cenomanense.
Neohibolites semicanaliculatum, Blainv. Aptense superior-Albense.
 Fhragmocono de *Neohibolites* ?

YACIMIENTO DE LAS SALINAS DE LOS CHASCOS.

- Waldheimia hippopus*, d'Orb. Gargasiense.
Himalayites aff. *seideli*, Opp. Neocomiense.
Kilianella pexyptychus, Uhlig. Valanginiense inferior.
Thurmaniceras gueymardi, Sayn. Valanginiense.
Neocomites neocomiensis, d'Orb. Valanginiense.
Neocomites subneocomiensis, Mant. Neocomiense.
Neocomites ? *subgargasensis*, Mant. Neocomiense.
Neocomites ? *longi*, Sayn. Neocomiense.
Astieridiscus morleti. Kilian. Barremiense.
Leopoldia submartini, Mallada. Valanginiense superior.
Olcostephanus astierianus, d'Orb. Hauteriviense.
Olcostephanus aff. *multiplicatus*, Röm. Neocomiense.
Subastieria sulcosa, Paulow et Lamplugh. Valanginiense.
Saynoceras nov. sp. ? Valanginiense.
Pseudothurmania angulicostata, d'Orb. Hauteriviense.

- Pseudothurmania angulicostata*, d'Orb. var. Hauteriviense.
Pseudothurmania ? *regalis*, Bean. Neocomiense.
Holcodiscus caillaudi. d'Orb. Barremiense.
Holcodiscus aff. *caillaudi*, d'Orb. Barremiense.
Holcodiscus nov. sp. ? Neocomiense-Barremiense.
Belemnites nov. sp. Neocomiense.
 Diente de reptil ?

ACLARACIONES A LAS ESPECIES FIGURADAS

Trochocyathus cf. *harveyanus*, Edw.-Haim.

Lám. I, fig. 1.

Un solo ejemplar, ha sido estudiado por el Dr. Alloiteau, que dice se trata de una especie nueva, que tiene gran analogía con el *T. harveyanus*, del que difiere, sin embargo, por su forma cupuloide mucho más ancha que alta y por el órgano axial, formado de elementos menos numerosos y más alargados, siendo idénticos todos los demás caracteres.

Aptense-Albense.

Isocrinus sp.

Lám. I, fig. 2.

Hemos recogido un tallo pentagonal, de caras laterales ligeramente ahondadas, compuesto de artejos iguales, que llevan en su parte media dos filas de gránulos. La cara articular tiene sus pétalos grandes y limitados por estrías poco profundas.

Es muy semejante al *I. basaltiformis*, Mill., del Lías. Albense.

***Waldheimia celtica*, Morris.**

Lám. I, fig. 3.

1851-55.—Davidson: British Fossil Cretaceous Bra-
quiopoda. Paleontographical Society, pág. 47,
lám. 9, fig. 47.

Nuestros ejemplares se ajustan a los figurados por Da-
vidson en la anterior referencia.

Aptense.

***Waldheimia tamarindus*, Sow.**

Lám. I, fig. 4.

1847.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. 4, pág. 72,
lám 505, fig. 1-10.

1851-55.—Davidson: Brist. Foss. Cretac. Brach, Pa-
leont. Soc. Lám. 9, fig. 26-31.

1874-82.—Davidson: Brist. Foss. Cretac. Brach. (Su-
plement) Palaeont. Soc. Pág. 49, lám. 7, fig. 5-9.

Concha redondeada, casi tan ancha como larga, más
o menos deprimida según la edad, lisa o con algunas lí-
neas de crecimiento sobre el borde. Valva superior un
poco más bombeada que la otra, ligeramente carenada en
las proximidades del corchete, que es ancho. Fuertemen-
te recurvada. Foramen mediano separado de la charnela
por un corto deltidium; comisuras laterales de las valvas
rectas o ligeramente inflexionadas hacia la valva inferior
en su extremidad paleal. D'Orbigny la sitúa en el Neoco-
miense inferior y Davidson en el Aptense, en cuyo nivel
la hemos recogido nosotros, en número de 18.

Aptense.

***Nucula gaultina*, Gardner.**

Lám. I, fig. 5.

1884.—Gardner: British Cretac. Nuculidae. Quart.
Journal. T. 40, pág. 134, lám. 3, fig. 9-11 y 26-27.

De las varias formas figuradas por este autor encontra-
mos semejante a nuestro ejemplar el representado en la
figura 26.

Albense.

***Nucula ovata*, Mantell.**

Lám. I, fig. 6.

1843-47.—D'Orbigny: Paleontologie franc. T. 3,
pág. 173, lám. 302, fig. 1-3.

1884.—Gardner: Brit. Cret. Nuculidae. Quart. Jour-
nal. T. 40, pág. 123, lám. 3, fig. 1-3, lám. 4,
fig. 28-30.

Concha oval, oblonga, comprimida, un poco estriada
en el sentido del crecimiento, sobre todo del lado bucal,
que es corto, formando un ángulo bastante agudo. Parte
anal larga.

Albense.

***Trigonoarca hebertiana*, Cotteau.**

Lám. I, fig. 7.

1887.—Loriol: Études sur la faune des couches del
Gault de Cosne. Mem. Soc. Paleont. Suiss., T. 9,
pág. 77, lám. 9, fig. 14-15.

Concha de pequeño tamaño, gruesa, alargada, subcua-
drada, inequilátera. La parte de mayor espesor está más
próxima de la extremidad anal que del centro de las val-
vas. Región bucal más corta que la anal, muy redondeada
en la extremidad. Región anal ancha, truncada en su ex-

tremidad, siguiendo una línea un poco oblicua. Una carena aguda parte del corchete y llega a la extremidad del borde paleal. Coselete un poco cóncavo y muy acentuado. Borde paleal ligeramente arqueado. Corchetes poco salientes, bastante separados. Las valvas están ornamentadas de finas costillas concéntricas, que cruzan otras radiales muy ligeras, de las que no se ven más que muy pocas. Se ven muy marcadamente pliegues de crecimiento.

Albense.

Mytiloides aff. labiatus, Schl.

Lám. I, fig. 8.

1820.—Schlotheim: Petref. Pág. 312.

1822.—Brongniart: Géol. des env. de Paris. Pág. 215, lám. 3, fig. 4.

1822.—Mantelli: Geol. of Suisse. Lám. 27, fig. 3; lám. 28, fig. 2.

1823.—Sowerby: Min. conch. Pág. 61, lám. 462.

1836.—Goldfuss: Petref. germ. Pág. 118, lám. 113, fig. 4.

1843.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. 4, pág. 510, lám. 406.

1872-75.—Geinitz: Das Elbthalgebirgin Sachsen. Palaeontographica. T. 20-2, pág. 46, lám. 12, fig. 1-3.

1933.—Heinz: Inoceramen von Madagaskar. Zeitsch. der Deutsch. geolog. Gesells. T. 85, pág. 243, lám. 17.

Concha oval, alargada, lingüiforme, valvas convexas, casi equivalvas, ornamentada con estrías y ondulaciones concéntricas espaciadas. La expansión en la región cardinal poco marcada, borde paleal muy redondeado, los corchetes salientes.

Cenomanense.

Natica gaultina? Mich.

Lám. I, fig. 9.

1842.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. 2, pág. 156, lám. 173, fig. 3-4.

Concha más ancha que alta, con líneas de crecimiento muy pronunciadas. Espira de vueltas muy convexas, fuertemente canaliculadas sobre la sutura; la última vuelta es muy grande; boca oval. Ombligo bastante ancho.

Albense.

Turbo delafosse, d'Arch.

Lám. I, fig. 10.

1847.—d'Archiac: Rapport sur les foss. du Tourtia. Mem. Soc. Géol. Franc. 2.^a serie, t. 2, 2.^a parte, pág. 338, lám. 24, fig. 5.

Concha conoide, compuesta de cinco o seis vueltas muy convexas, llevando hacia su centro tubérculos dentiformes, elevados, bastante espaciados, que determinan una especie de carena discontinua. Sutura profunda. Estrías de crecimiento desiguales que se marcan particularmente en la última vuelta, muy redondeada. Boca redondeada.

Albense.

Turbo decussatus, d'Orb.

Lám. II, fig. 1.

1842.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. 2, pág. 219, lám. 184, fig. 11-13.

Concha un poco cónica, con espira compuesta de vueltas convexas redondeadas, llevando a lo ancho y de través pequeñas costillas, que se cruzan, presentando un

cuadrulado muy regular; las costillas transversales son más salientes que las otras. La boca es redonda.

Albense.

***Solarium tollotianum*, Pict. et Roux.**

Lám. II, fig. 2-3.

1849.—Pictet et Roux: Moll. foss. des Grés verts, du Gault de la perte du Rhone. Pág. 218, lám. 21, fig. 6.

1861-64.—Pictet et Campiche: Description des foss. des terr. crétacés des environs de Sainte-Croix. 3.^a ser., 2.^a part., pág. 541, lám. 88, fig. 6-8.

Concha más ancha que larga. Espira compuesta de vueltas angulosas; la última está dividida por dos carenas en tres superficies, la anterior y la posterior son oblicuas y la situada entre las dos carenas, plana o débilmente cóncava; las dos carenas llevan tubérculos un poco irregulares. La cara umbilical lleva una línea tuberculada que rodea el ombligo.

Albense superior.

***Scalaria* sp.**

Lám. II, fig. 4.

Concha cónica, no umbilicada, compuesta de vueltas convexas, redondeadas, separadas por una sutura profunda. Está ornamentada de costillas longitudinales rectas, en número de 18 por vuelta. Finas estrías transversales, ligeramente onduladas, se extienden sobre todas las vueltas, pasando sobre las longitudinales, y en los puntos en que se cruzan se forman como unos pequeños nudos. En la última vuelta las costillas longitudinales se interrumpen a algo más de la mitad, quedando muy visibles tres estrías transversales y una carena. La boca es redondeada.

Es muy semejante a la *S. dupiniana*, d'Orb., de la que se diferencia principalmente por su tamaño mucho menor y porque las costillas se interrumpen en la última vuelta a algo más de la mitad de la misma.

Creemos es una especie nueva o una variedad de aquélla.

Albense.

***Raulinia gaultina*, Loriol.**

Lám. II, fig. 5.

1882.—Loriol: Etud. sur le faun. des couch. du Gault de Cosne. Mem. Soc. Paleont. Suiss. T. 9, pág. 30, lám. 4. fig. 8-11.

Concha turbinada. Espira compuesta de cinco vueltas convexas, separadas por suturas simples, creciendo regular, pero rápidamente; la última es muy grande con relación al conjunto. Estas vueltas están ornamentadas de surcos espirales estrechos y poco profundos, separados por intervalos planos y mucho más anchos; la superficie está cubierta de estrías oblicuas muy finas y numerosas, apenas visibles a simple vista. Boca grande redondeada y ensanchada hacia delante. Labro simple. Columela casi recta, provista de una especie de surco ligeramente bífido, colocado tan hacia delante en el interior que no es visible más que cuando la concha está rota.

El género *Raulinia* no figura en ninguno de los autores modernos, y únicamente lo hemos visto citado dudosamente por Zittel.

Como no hemos encontrado ningún otro género a que poder referirlo y todos los caracteres específicos coinciden con los descritos por Loriol lo atribuimos al género *Raulinia*, de Mayer.

Albense.

Superfamilia: PHYLLOCERATACEAE, Hyatt, 1900.

Phylloceras (Salfeldiella) guettardi, Raspail.

Lám. II, fig. 6.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 169, lám. 53, fig. 1-3.

1907.—Pervinquier: Cephal. des terr. secondaires. Pág. 60.

1920.—Fallot: La faune des marnes Aptiennes et Albiennes de la région d'Andraitx (Majorque). Trab. Mus. Nac. de Cienc. Nat., Ser. Geol., núm. 26, pág. 18, lám. I, fig. 1-2.

1937.—Collignon: Les Ammonites pyriteuses de l'Aptien d'Antanatanamirafy. Ann. de Paleont., t. 26, pág. 109, lám. I, fig. 1.

Esta especie abunda en el yacimiento, y los ejemplares recogidos son análogos a los estudiados por Fallot, en Mallorca.

Albense inferior.

Phylloceras aff. grothi, Fallot.

Lám. II, fig. 7.

1920.—Fallot: La faune des marnes Aptiennes et Albiennes de la région d'Antraitx (Majorque). Trab. Mus. Nac. de Cienc. Nat., Ser. Geol., núm. 26, lám. I, fig. 3-6.

Dos ejemplares, cuyos caracteres responden a los del *Ph. grothi*, de Fallot, se diferencian sin embargo, de ellos por tener cuatro surcos por vuelta en lugar de los cinco a siete de esta especie, por lo cual no podemos asegurar sea ésta.

La línea de sutura es análoga, y por estas circunstancias creemos sea una variedad del *Ph. grothi*.

Albense superior.

Phylloceras subalpinum, d'Orb.

Lám. II, fig. 8.

1840.—D'Orbigny: Pal. franc. T. I, pág. 283, lám. 83.

1910.—Fallot, P.: Sur quelques foss. pyrit. du Gault de Baleares, Pág. 71, lám. 3, fig. 6.

1920.—Fallot, P.: La faune des marnes Aptiennes et Albiennes de la région d'Andraitx (Majorque). Pág. 23.

Concha lisa, involuta, comprimida, de ombligo pequeño y deprimido. Boca más ancha que alta, correspondiendo el mayor espesor a la mitad de la sección.

Albense.

Phylloceras (Phyllopachyceras) forbesianum, d'Orb.

Lám. III, fig. 1.

1906.—Boule, Lemoine et Thevenin: Céphalop. crétaç. des environs de Diego Suárez. Pág. 9, lám. 1, fig. 8-9.

1907.—Pervinquier: Cephalop. des terr. secondaires, Pág. 57, lám. 3, fig. 12.

Es una forma lisa, bastante abultada, muy involuta, de ombligo puntiforme y de boca casi tan alta como ancha.

Cenomanense.

Phylloceras velleidae, Mich.

Lám. III, fig. 2.

1842.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 280, lám. 82.

1860.—Pictet et Campiche: Description des fossiles des terr. crétaç. des environs de Sainte-Croix. Mater. pour la Paleont. Suiss. 2.^a ser., 1.^a parte, pág. 268, lám. 36, fig. 8.

1906.—Boule, Lemoine et Thevenin: Cephal. cré-tac. des environs de Diego Suárez. Pág. 7, lám. 1, fig. 6 a 11.

1910.—Fallot: Sur quelques foss. du Gault des Ba-leares. Pág. 11, lám. 3, fig. 4.

Esta especie está bien representada en el yacimiento, y tenemos ejemplares que varían desde 11 a 27 mm. de diámetro.

La concha es apenas umbilicada, de espira compuesta de vueltas redondeadas por el contorno, pero, un poco aplanadas en los flancos, se recubren casi completamente. Esta concha está ornamentada de pequeñas costillas muy finas, pasando sin interrupción por la región ventral y se atenúan hacia el ombligo.

Albense-Cenomanense inferior.

***Phylloceras lytoceroides*, Fallot.**

Lám. III, fig. 3.

1920.—Fallot: La faune des marnes Aptiennes et Albiennes de la région d'Andraitx (Majorque). Pág. 28, lám. 1, fig. 9-11.

Vueltas redondeadas subovalares o subcilíndricas, en general más anchas que altas, o en proporciones iguales, se recubren sobre la mitad de su altura. Ombligo ancho, francamente limitado por la pared vertical de vuelta de la espira, que se une con los flancos por una superficie curva sin arista neta; en su centro la espiral de las vueltas internas es netamente visible. La concha está ornamentada de tres o cuatro constricciones por vuelta, inclinadas hacia delante, sin ser tangentes al ombligo, y pasan el sifón sin flexionarse.

Albense superior.

***Phylloceras late-umbilicatum*, Pervinq.**

Lám. III, fig. 4.

1907.—Pervinquière: Cephal, des terr. secondair. Pág. 60, lám. 3, fig. 13-15.

Esta especie es de aspecto litoceroides, de vueltas un poco aplastadas lateralmente, recubriéndose un poco más de la mitad y creciendo mucho más rápidamente en altura que en espesor; presenta cinco surcos profundos, completamente rectilíneos en los ejemplares jóvenes y apenas flexuosos más tarde, atravesando la región ventral sin flexionarse.

El ombligo es poco profundo y extraordinariamente ancho para un *Phylloceras*.

Límite del Aptense-Albense.

***Phylloceras aphrodite*, Fallot et Termier.**

Lám. III, fig. 5.

1923.—Fallot et Termier: Ammon. novell. des Iles Baléares. Pág. 25, lám. 2, fig. 5-7.

Concha de vuelta muy abrazante, de sección oval alargada, cuya mayor anchura corresponde, aproximadamente, al centro de los flancos. Presenta 5 ó 6 surcos rectos por vuelta, partiendo del ombligo e inclinados hacia delante; pasan la región ventral dibujando un seno muy ligeramente cóncavo hacia detrás. La concha está ornamentada de finas estrías radiales análogas a las de los Ph. del grupo del Thetys pero, un poco más finas.

Gault y Albense superior.

***Phylloceras pseudolateumbilicatum* ?, Coll.**

Lám. IV, fig. 1.

1931.—Collignon: La faune du Cenom. a fossil. pyrit. du Nord de Madagaskar. Paleont. de Madagaskar. Pág. 27. lám. 3, fig. 4.

Un solo ejemplar semejante por todos sus caracteres al figurado por Collignon, con línea de sutura muy incompleta, por lo que le atribuimos con duda a esta especie. Cenomanense.

Superfamilia: LYTOBRATACEAE, Buckman, 1894.

Familia: TETRAGONITIDAE, Hyatt enmend. Spath, 1927.

Subgénero: TETRAGONITES, Kossmat enmend. Jacob, 1907.

***Tetragonites aff. kiliani*, Jacob mut. *Jacobi*, Coll.**

Lám. IV, fig. 2.

1928.—Collignon: Les cephal. cenom. pyrit. de Diego Suárez. Pág. 18, lám. I, fig. 19.

Hemos estudiado bastantes ejemplares análogos a los descritos por Collignon, con vueltas de sección rectangular más ancha que alta y surcos rectos, pero se diferencian nuestros ejemplares de aquéllos por tener cuatro de éstos por vuelta en lugar de cinco.

Albense-Cenomanense.

***Tetragonites jurinianus* ?, Pictet.**

Lám. IV, fig. 3.

1907.—Jacob: Étude sur quelques Ammon. du Cret. moyen. Mem. Soc. Géol. Franc. Mem. 38, pág. 19, lám. I, fig. 12.

Hemos recogido un solo ejemplar, algo deformado e incompleto, semejante al figurado por Jacob, tanto en su

forma como en lo que puede apreciarse de las líneas de sutura.

Albense.

***Tetragonites timotheanus*, Mayor.**

Lám. IV, fig. 4.

1847-53.—Pictet et Roux: Descript. Moll. foss. Grès Verts de Geneve. Pág. 39, lám. 2, fig. 6; lám. 3, figs. 1-2.

1907.—Jacob: Étude sur quelques ammon. du Cret. moyen. Mem. Soc. Géol. Franc. Mem. 38, pág. 19, lám. I, figs. 10-13.

Concha ancha, comprimida en los flancos, con cinco o seis surcos rectos que parten tangencialmente del círculo umbilical, inflexionándose hacia delante en la región ventral, que es aplanada, formando con los flancos un ángulo redondeado bien marcado. Espira compuesta de vueltas estrechas, aplanado sobre los costados, visibles en el ombligo. Boca más ancha que alta, subcuadrangular.

Albense.

Subgénero: JAUBERTELLA, Jacob, 1907.

***Jaubertella jaubertiana*, d'Orb.**

Lám. IV, figs. 5-6.

1907.—Jacob: Quelq. Ammon. du Cret. moyen. Mem. 38, Soc. Géol. Franc., pág. 17, lám. 2, figs. 13-16.

Vueltas rebajadas, casi planas exteriormente, lisas, fuertemente angulosas en la parte externa; ombligo ocupando todo el ancho de la concha en forma de embudo.

Juntamente con esta forma tipo, que representamos en la fig. 5, hemos recogido también la variedad citada por

Jacob, cuya vuelta, que conserva los caracteres generales, es más redondeada, la región sifonal es convexa y puede apreciarse en el interior del ombligo parte de las vueltas internas. Esta variedad la representamos en la fig. 6.

Aptense-Albense.

***Jaubertella latericarinata*, Anth.**

Lám. IV, fig. 7.

1907.—Jacob: Étude sur quelq. Ammon. du Cret. moy. Mem. Soc. Géol. Franc. Mem. 38, pág. 18, lám. 2, figs. 17-18.

Tenemos tres ejemplares, uno de ellos muy completo y bien conservado, en el que se observan claramente las líneas de sutura y cuyos caracteres corresponden a los de la especie: vueltas muy rebajadas, casi planas exteriormente; ombligo en forma de embudo; finas estrías inclinadas hacia delante y presentando cuatro constricciones por vuelta.

Albense.

***Jaubertella micheliana*, d'Orb.**

Lám. V, fig. 1.

1907.—Jacob: Quelques Ammon. du Cret. moy. Mem. 38, Soc. Géol. de Franc., pág. 18, lám. 2, fig. 19.

Concha subsférica, más alta que ancha, carenada en el contorno del ombligo, que tiene forma de embudo regular.

Albense.

Subgénero: *KOSMATELLA*, Jacob, 1907.

***Kosmatella agassiziana*, Pictet.**

Lám. V, fig. 2.

1907.—Jacob: Quelq. Ammon. du Cret. moy. Memoria 38 de la Soc. Géol. de Franc., pág. 21, lám. 2, figs. 1-3.

1910.—Fallot. Sur quelq. foss. pyrit. du Gault de Balears. Pág. 10, lám. 3, fig. 2.

Los dos ejemplares que poseemos de esta especie son en todo semejante a los figurados por Jacob y Fallot en los trabajos arriba citados.

Albense.

Familia: GAUDRYCERATIDAE, Spath, 1927.

Género: GAUDRYCERAS, De Gross, 1898.

***Gaudryceras sacya*, Forbes.**

Lám. V, fig. 3.

1906.—Boule, Lemoine et Thevenin. Cephal. Cret. de Diego Suárez. Pág. 12, lám. 2, fig. 2.

1928.—Collignon: Cephal. Cenom. pyrit. de Diego Suárez. Pág. 15, lám. 1, fig. 14.

1931.—Collignon: Faun. Cenom. foss. pyrit. Nord de Madagascar. Pág. 28, lám. 3, fig. 6.

Concha con vueltas de arrollamiento casi tangente, con ombligo muy ancho, que deja ver todas las vueltas internas, que son de sección reniforme. Flancos muy redondeados. Cada vuelta está ornamentada con cuatro constricciones un poco oblicuas hacia delante y poco marcadas en la región ventral.

Cenomanense.

Superfamilia: DESMOCERATACEAE, Wright, 1951.

Familia: DESMOCERATIDAE, Zittel, 1895.

Subfamilia: DESMOCERATINAE, s. str.

Subgénero: UHLIGELLA, Jacob, 1907.

***Uhligella rebouli*, Jacob.**

Lám. V, fig. 4.

1907.—Jacob: Étude sur quelq. Ammon. du Cret. moy. Mem. 38, Soc. Géol. de Franc., pág. 32, lám. 4, figs. 1-5.

1910.—Fallot: Sur quelq. foss. pyrit. du Gault des Balears. Pág. 21, lám. 2, figs. 1-2.

Tenemos varios ejemplares, algunos muy bien conservados, que se ajustan a la descripción de la especie y a las figuras dadas por los autores anteriormente citados.

Albense.

***Uhligella balmense*, Jacob.**

Lám. V, fig. 5.

1907.—Jacob: Étude sur quelq. Ammon. du Cret. moy. Mem. 38 de la Soc. Géol. de Franc., pág. 33, lám. 4, figs. 6-9.

Esta especie es más gruesa que la precedente, de ombligo mayor, vuelta más redondeada y ornamentación mucho más acentuada. Desde el diámetro de 5 mm. el ombligo está rodeado de fuertes tubérculos, de los que parten dos o tres costillas flexuosas, que pasan sin interrupción la región sifonal.

Albense.

Género: BEUDANTICERAS, Hitzel, 1905.

***Beudanticeras revoili*, Pervinq.**

Lám. VI, fig. 1.

1907.—Pervinrière: Cephal. des terr. second. Pág. 131, lám. 5, figs. 13-15.

Concha aplanada muy involuta; ombligo pequeño de pared vertical, de flancos débilmente bombeados, casi paralelos. A partir del ombligo divergen muy ligeramente y convergen enseguida débilmente.

Albense inferior.

***Beudanticeras dupinianum*, d'Orb. var. *africana*, Pervinq.**

Lám. VI, fig. 2.

1907.—Pervinrière: Cephal. des terr. secondair. Pág. 133, lám. 5, fig. 16-17.

Concha relativamente más gruesa que la del *Desm. revoili*, de borde umbilical más redondeado y de costados más abombados, con algunas costillas que parten casi radialmente, que se inflexionan bruscamente hacia delante y atraviesan la región ventral describiendo un seno muy acentuado; entre estas costillas principales se intercalan otras más pequeñas.

Albense inferior.

Género: DESMOCERAS, Zittel, 1884.

***Desmoceras getulinum*, Coq.**

Lám. VI, fig. 3.

1907.—Pervinrière: Cephal. des terr. second. Pág. 151, lám. 6, fig. 16.

1920.—Fallot: La faun. des marnes Aptiennes et Albiennes de la région de Andraitx (Majorque). Pág. 45, lám. 2, figs. 7-10.

Forma globulosa, con vueltas recubriendo casi completamente cada una a la anterior; costados pequeños, llevando cinco surcos casi rectos en cada vuelta y atravesando la región ventral, que es muy ancha y redondeada. El ombligo es profundo, de pared casi vertical y borde redondeado.

Aptense.

***Desmoceras latidorsatum*, Mich.**

Lám. VI, fig. 4.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I., pág. 270, lám. 80.

1847.—Pictet et Roux: Grès verts des environs de Genève. Pág. 44, lám. 3, figs. 4-5.

1906.—Boule, Lemoine et Thevenin: Cephal. Cret. de Diego Suárez. Pág. 16, lám. 2, fig. 4.

1907.—Jacob: Quelq. Amm. du Cret. moy. Mem. 38 de la Soc. Géol. de Franc., pág. 35, lám. 4, figs. 10-14 y lám. 5, figs. 1-2.

Esta especie es muy abundante y hemos recogido ejemplares de todas las variedades, desde las formas aplanadas a las más globulosas, lisas y con surcos visibles claramente en las vueltas y cuyas dimensiones varían entre los siguientes límites:

Diámetro, de 35 a 11 mm.; espesor, de 20 a 6 mm.; altura, de 19 a 6 mm.

Albense-Cenomanense inferior.

Superfamilia: DESMOCERATACEAE, Wright, 1951.

Subfamilia: PUZOSIINAE, Spath, 1922.

Género: PUZOSIA, Bayle, 1878.

***Puzosia mayoriana*. d'Orb.**

Lám. VII, fig. 1.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 267, lám. 79.

1878.—Bayle: Explicación de la carte géolog. de Franc. T. 4, lám. 45, figs. 6-8.

1907.—Pervinquière: Cephal des terr. secondair. Pág. 157, lám. 6, figs. 25-30.

1907.—Jacob: Etude sur quelq. Ammon. du Crétacé moy. Mem. 38 de la Soc. Géol. de Franc., pág. 38, lám. 6.

1910.—Fallot: Sur quelq. foss. pyrit. du Gault des Balears. Pág. 27, lám. I, fig. 4.

Hemos recogido numerosos ejemplares, cuyos diámetros varían desde 7 a 30 mm., de forma aplanada lateralmente, con los bordes del ombligo redondeados. Tienen cuatro o cinco constricciones por vuelta, ligeramente inflexionadas hacia delante, acodándose en el centro de los flancos y atravesando la región sifonal. Entre las constricciones pueden apreciarse finas estrías, que son, sobre todo, visibles en la región ventral.

Vraconiense.

Subfamilia: SILESITINAE, Hyatt, 1900.

Género: SILESITOIDES, Spath, 1925.

***Silesitoides kiliani*, Fallot var. *inornata*, Fallot.**

Lám. VII, fig. 2.

1920.—Fallot: La faune des marnes Aptiennes et Albiennes de la région d'Andraitx (Majorque). Pág. 48, lám. 3, figs. 1-2.

Ammonites muy comprimido, con vueltas que recubren

cada una a la precedente, aproximadamente a la mitad de su altura; sección subtriangular, teniendo su mayor espesor en la proximidad del ombligo; costados apenas bombeados. Cada vuelta lleva cinco o seis constricciones irregularmente espaciadas, sinuosas en los costados y pasando la línea sifonal se curvan hacia la boca.

Gault.

***Silesitoides nolani*, Fallot var. *kilianiformis*, Fallot.**

Lám. VII, fig. 3.

1920.—Fallot: La faune des marnes Aptiennes et Albiennes de la région d'Andraitx (Majorque). Pág. 46, lám. 3, fig. 3.

Varios ejemplares bien conservados que encajan perfectamente en la descripción del profesor Fallot.

Gault.

Superfamilia: HOPLITACEAE, Spath, 1922.

Familia: PARAOPLITIDAE, Spath, 1922.

Subfamilia: PARAOPLITINAE, s. str.

Género: PARAOPLITES, Anthula 1900 enmend. Jacob-Spath.

***Parahoplites*, sp.**

Lám. VII, fig. 4.

Un solo ejemplar que por estar deformado e incompleto no permite dar especie.

Aptense superior-Albense inferior.

Familia: CHELONICERATIDAE, Spath, 1923.

Género: CHELONICERAS, Hyatt, 1922.

***Cheloniceras* aff. *subnodosocostatum*, Sinzow.**

Lám. VII, fig. 5.

1906.—Jacob et Tobler: Étude du Gault de la Vallée. Pág. 14, lám. 1, fig. 6.

El autor arriba citado, figura varios ejemplares cuyos diámetros varían de 39 a 43 mm. Nosotros tenemos un pequeño ejemplar de solo 9 mm. de diámetro, cuyos caracteres se asemejan a los de la fig. 6 del citado trabajo, y que muy dudosamente atribuimos a dicha especie.

Aptense superior.

Superfamilia: DIPLOCERATACEAE, Spath, 1921.

Familia: DIPLOCERATIDAE, Spath, 1921.

Género: DIPLOCERAS, Hyatt, 1900.

***Diploceras cristatum*, Deluc.**

Lám. VII, fig. 6.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 298, lám. 88, fig. 1-5.

Concha con una quilla cortante, con costillas desiguales, unas muy prominentes y agudas, a menudo bifurcadas, y otras intercaladas entre las primeras, mucho más estrechas y casi siempre simples, en número de 1 a 5, según la edad.

Gault.

Subfamilia: MORTONICERATINAE, Douvillé, 1911.

Género: PERVINQUIERIA, Böhm, 1910.

***Pervinqueria* sp.**

Lám. VII, fig. 7.

Sólo poseemos un ejemplar con los caracteres de este

género, pero que por ser muy incompleto no permite ni aproximadamente indicar la especie.

Albense superior.

Superfamilia: DIPLOCERATACEAE, Spath, 1921, enm. 1931.

Subfamilia: HYSTATOCERATINAE, Hyatt, 1900.

Género: BRANCOBRAS, Steimann, 1881.

***Brancoceras aff. zrissense*, Pervinq.**

Lám. VII, fig. 8.

1907.—Pervinquier: Cephal. des terr. second. Pág. 225, lám. 11, fig. 17-18.

Concha moderadamente curvada, de ombligo bastante ancho; vueltas recubriéndose sobre poco menos de la mitad. Región ventral redondeada, con una ligera carena que tiende a desaparecer al final de la última vuelta. Sección un poco más alta que ancha. Flancos redondeados, con costillas simples, las tres primeras apenas visibles y limitadas al tercio externo; las siguientes muy fuertes, alternativamente largas y cortas, deteniéndose a alguna distancia de la carena.

El ejemplar recogido por nosotros tiene menor número de costillas que el descrito y figurado por Pervinquier, por lo cual suponemos se trata de una variedad.

Creemos que esta especie no ha sido citada hasta ahora en Europa.

Albense inferior-Gault.

Superfamilia: ACANTHOCERATACEAE, Hyatt, 1900.

Familia: LYELLICERATIDAE, Spath, 1921.

Género: LYELLICERAS, Spath, 1921.

***Lyelliceras lyelli*, Leym.**

Lám. VIII, fig. 1.

1840-42.—D'Orbigny: Paleont. franc., T. 1, pág. 225 lám. 74.

1842.—Leymerie: Terr. cret. du depart. de l'Auba. Mem. Soc. Géol. Franc. 1.^a ser., t. 5, pág. 15 y 52, lám. 17, fig. 16.

1847.—Pictet et Roux: Moll. des grès verts du gault de la Perte-du-Rhone et des Alpes. Pág. 80, lám. 7, fig. 6.

1858.—Pictet et Campiche: Descript. des foss. des terr. cret. des envir. de Sainte-Croix. 2.^a serie, 1.^a part., pág. 196, lám. 24.

Esta especie es muy variable, tanto en su arrollamiento y su espesor como en número de tubérculos y de costillas, pero en general está formada por vueltas redondeadas, convexas, dejando un gran ombligo, en el cual son visibles en la mayor parte de su anchura. Está ornamentada de costillas salientes, en número de 18 a 20, que terminan por dos fuertes tubérculos, más o menos comprimidos en las proximidades de la región sifonal, que es redondeada y en cuyo centro lleva una fila de tubérculos, un poco irregulares, que no siempre corresponden con los de las costillas. La boca es más ancha que alta.

Albense inferior-Gault.

Género: *TEGOCERAS*, Hyatt, 1900,

***Tegoceras camatteanum*, d'Orb.**

Lám. VIII, fig. 2.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 241, lám. 69.

1910.—Pervinquièrre: Sur quelq. Ammon. du cret. Algerien. Pág. 40, lám. 4, fig. 38-39.

Concha discoidal, comprimida, con costillas radiantes que se elevan poco a poco hasta la mitad de la anchura de cada vuelta, donde forman un tubérculo; después descienden de repente, para elevarse de nuevo cerca de la espalda, donde presentan nudosidades; éstas, poco aparentes en la edad joven. Boca más alta que ancha, cuadrangular.

Albense

Subfamilia: *ACANTHOCERATINAE*, De Gross, 1894.

Género: *ACANTHOCERAS*, Neumayr, 1875, enm. De Gross, 1893.

***Acanthoceras rhotomagense*. De franc.**

Lám. VIII, fig. 3.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 345, lám. 105-6.

1860.—Pictet et Campiche: Description des foss. de terr. cret. des env. de Sainte-Croix. 2.^a serie, pág. 190, lám. 25, fig. 1-3.

1860.—Schlüter: Cephal. der oberen deutsch. Kreide. Pág. 15, lám. 6, fig. 9-13; lám. 7 fig. 1-3.

Concha abultada, de contorno externo ancho, un poco convexo. Esta concha está ornamentada de unas 20 costillas simples, rectas, elevándose cerca del ombligo en un tubérculo comprimido; se rebajan un poco sobre los flan-

cos, volviendo a elevarse y terminando por dos tubérculos salientes y redondeados. La línea media lleva una serie de tubérculos semejantes a los de las costillas y dispuestos de manera que se corresponden exactamente, de forma que hay un tubérculo mediano delante de cada costilla, y que cuando se mira la concha por el lado externo se ven cinco series de tubérculos regulares y casi iguales. La serie mediana de tubérculos, bien claros en la edad joven, disminuyen a medida que la concha crece, llegando a desaparecer.

Cenomanense.

Familia: *PRIONOTROPIDAE*, Hyatt, 1900.

Género: *PRIONOTROPIS*, Meek, 1876.

***Prionotropis aff. subvicinale*, Boule, Lemoine, Thevenin.**

Lám. VIII, fig. 4.

1906.—Boule, Lemoine et Thevenin: Cephal. cret. des env. de Diego Suárez. Pág. 31, lám. 8, fig. 5.

Forma bastante plana, surcada en la región ventral; el ombligo es pequeño. La región sifonal presenta una quilla discontinua y muy débil, algunas veces poco visible. Está bordeada de una parte y de otra por una fila de tubérculos. Las costillas, flexuosas, nacen cerca del ombligo, de tubérculos alargados, bifurcándose después. Entre las costillas principales bifurcadas se intercalan otras simples; todas se inflexionan hacia delante cerca de la región sifonal y llevan en esa región tubérculos.

Hemos recogido un solo ejemplar, que atribuimos con duda a esta especie, porque si bien el tabique es igual al figurado por dichos autores y presenta los mismos caracteres generales, tiene un número de costillas inferior.

Cenomanense medio.

***Neohimalayites* sp.**

Lám. VIII, fig. 5.

Hemos recogido un ammonites, muy pequeño, pues sólo tiene ocho milímetros de diámetro, que tiene forma globosa, de vueltas ensanchadas y poco abrazadoras, con región ventral muy ancha y ombligo en forma de embudo, rodeado de una corona de 14 ó 16 tubérculos, de los que parten unas finas costillas bifurcadas, apenas visibles, que atravesando la región ventral vuelven a reunirse en el tubérculo correspondiente en el costado opuesto. Estos tubérculos están fracturados y seguramente han servido de base a espinas. En las vueltas internas de la concha se observan unas costillas tan suaves que más bien parecen ondulaciones; son rectas, paralelas en casi toda su longitud, y al final convergen rápidamente para reunirse en número de dos o tres en cada espina.

Tiene mucha semejanza con el *Himalayites ? laevis*, Fall. et Term., descrito y figurado en el trabajo «Ammonites nouvelles des Iles Baleares», pág. 13, lám. 1, fig. 3, del que sin embargo se diferencia en que éste es de mucho mayor tamaño y no tiene las costillas bifurcadas en cada tubérculo, que pasan la región ventral para reunirse en el flanco opuesto, como ocurre en el nuestro.

Todos los caracteres genéricos parecen ser de Himalayites, género que sólo se cita en el Titónico y Berriasiense, por cuya razón le damos de momento la denominación de *Neohimalayites*.

Aptense-Albense.

Superfamilia. HAMITACEAE, Wright, 1951.

Familia: HAMITIDAE, Hyatt, 1900.

Género: HAMITES, Parkinson, 1811.

***Hamites attenuatus*, Sow.**

Lám. VIII, fig. 6.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. 1, pág. 533, lám. 131, fig. 9-13.

1861.—Pictet et Campiche: Descript. des terr. cret. des envir. de Sainte-Croix. 3.^a serie, 2.^a parte, pág. 88, lám. 54, fig. 13.

Esta especie es análoga que las citadas en las proximidades de Génova, por Pictet et Campiche, cuya concha es de sección un poco comprimida y oval, con costillas muy finas y fuertemente oblicuas de atrás hacia delante, atenuadas en la región sifonal.

Gault.

***Hamites virgulatus*, Brong.**

Lám. IX, fig. 1.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. 1, pág. 545, lám. 134, fig. 1-4.

1861.—Pictet et Campiche: Descrip. des foss. des terr. cret. des envir. de Sainte-Croix. Pág. 85, lám. 54, fig. 6-12.

1931.—Collignon: La faune du Cenom. a foss. pyrit. du N. de Madagascar. Pág. 52, lám. 5, fig. 23-24.

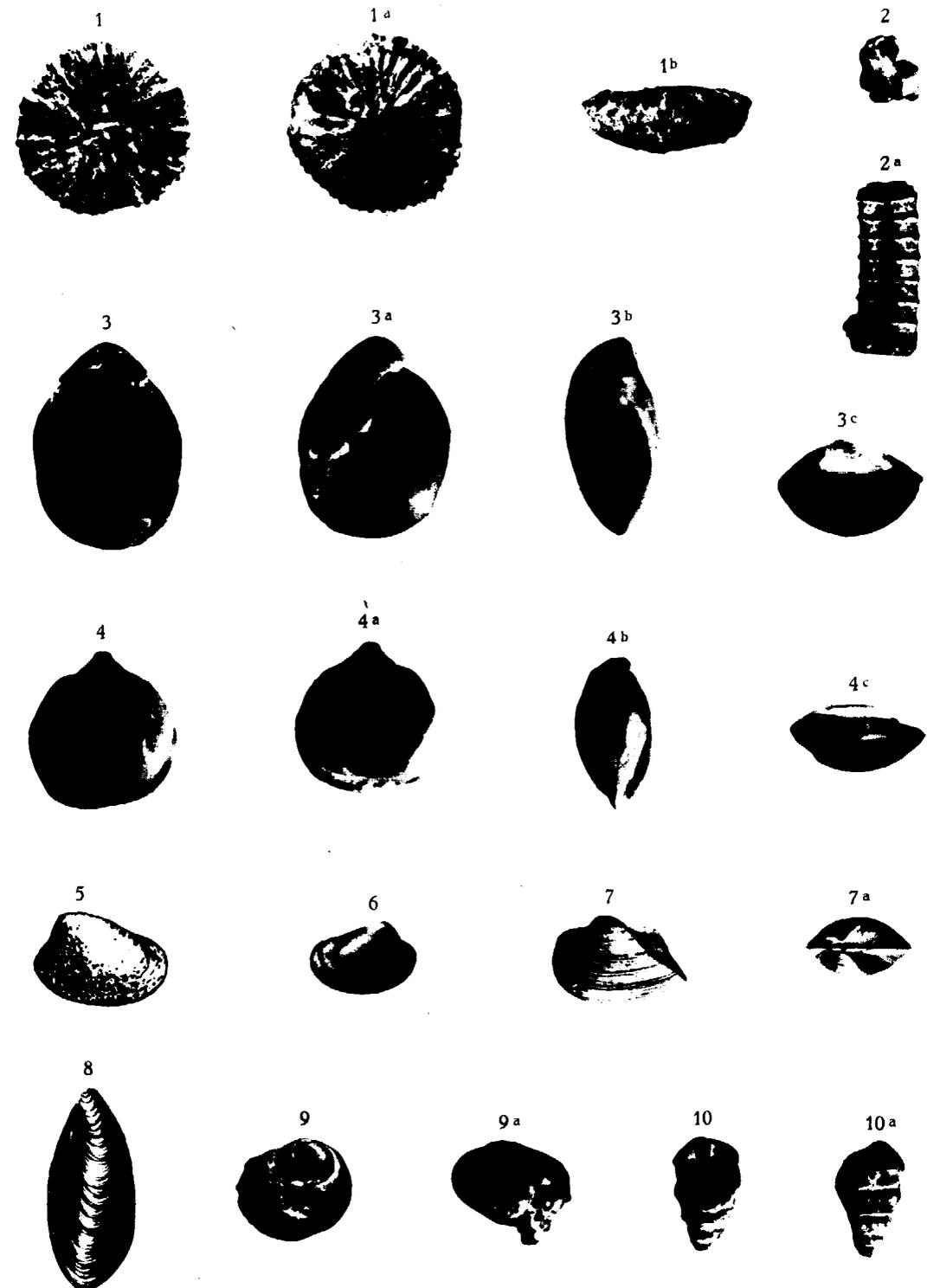
Varios fragmentos, que creemos sean de esta especie, son de sección elíptica, con costillas iguales, salientes, bastante gruesas en la región sifonal, casi perpendiculares al eje, van disminuyendo de espesor a medida que se aproximan a la cara interna, en cuyos bordes se interrumpen.

LAMINA I

- 1.—Trochocyatus cf. harveyanus, Edw.-Haim. Albense. X 2,5.
- 2.—Isocrinus sp. X 2.
- 3.—Waldheimia celtica, Morris. Aptense. X 1,5.
- 4.—Waldheimia tamarindus, Sow. Aptense. X 1,5.
- 5.—Nucula gaultina, Gardner. Albense. X 2.
- 6.—Nucula ovata, Mantell. Albense. X 1,5.
- 7.—Trigonoarca hebertiana, Cott. Albense. X 2,5.
- 7a.—Otro ejemplar de la misma especie. X 2.
- 8.—Mytiloides aff. labiatus, Schl. Albense. X 5.
- 9.—Natica aff. gaultina ?, Mich. Albense. X 2.
- 10.—Turbo delafosseii, d'Arch. Albense. X 1,5.

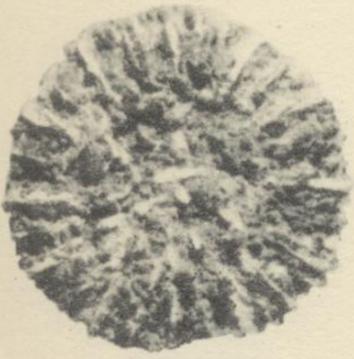
YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA I

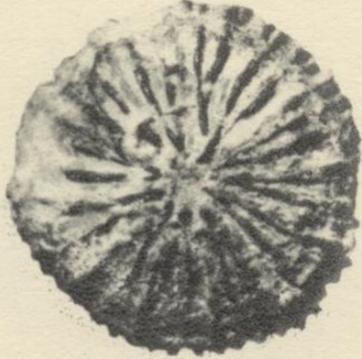


LAMINA I

1



1 a



1 b



2



2 a



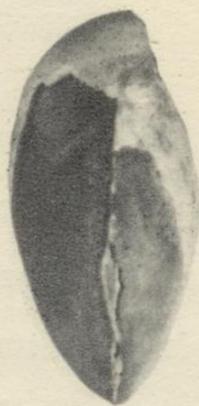
3



3 a



3 b



3 c



4



4 a



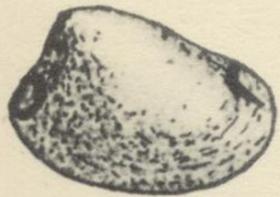
4 b



4 c



5



6



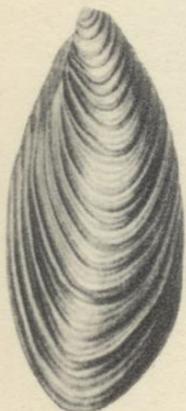
7



7 a



8



9



9 a



10



10 a

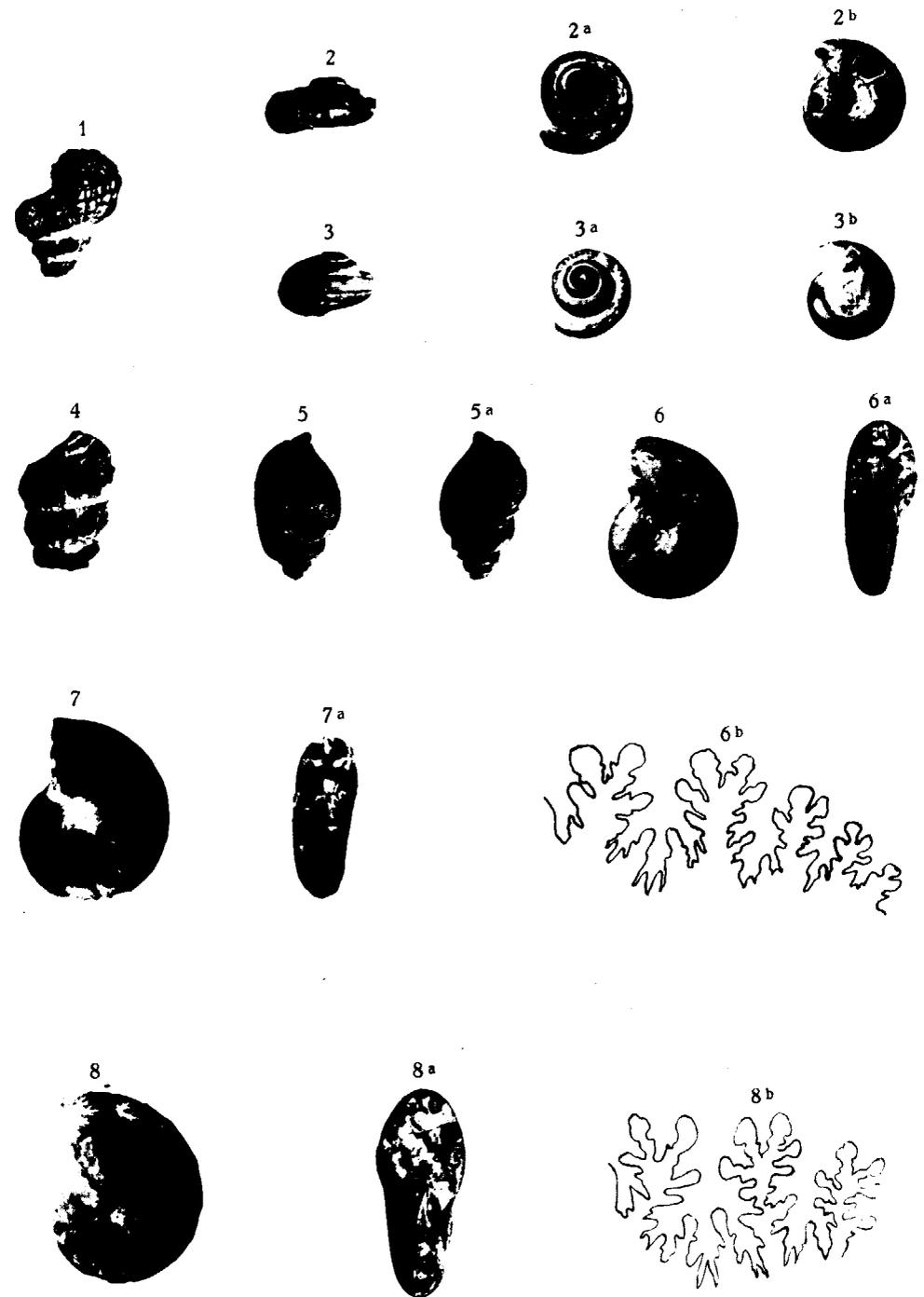


LAMINA II

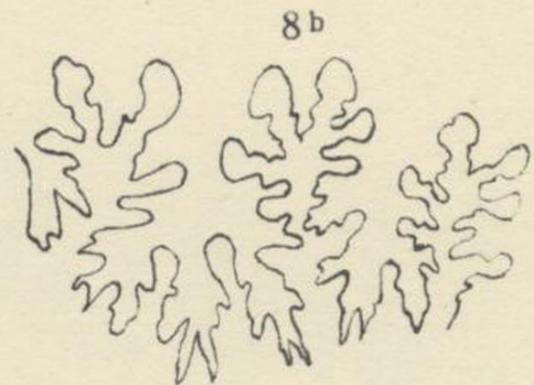
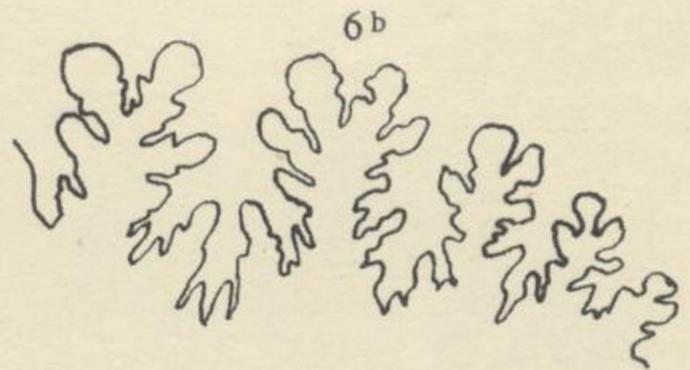
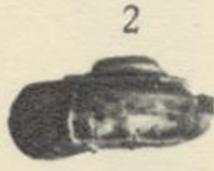
- 1.—*Turbo decussatus*, d'Orb. Albense. X 2,5.
 2-3.—*Solarium tollotianum*, Pict.-Roux. Albense sup.
 4.—*Scalaria* sp. Albense. X 2.
 5.—*Raulinia gaultina*, Loriol. Albense. X 1,5.
 6.—*Phylloceras* (*Salfeldiella*) *guettardi*, Raspail. Albense inf.
 7.—*Phylloceras* aff. *grothi*, Fallois. Albense sup. X 2.
 8.—*Phylloceras subalpinum*, d'Orb. Albense.

YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA II



LAMINA II

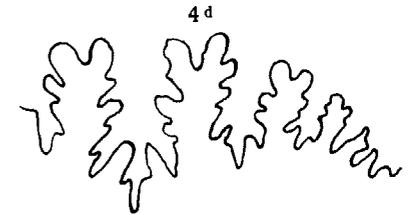
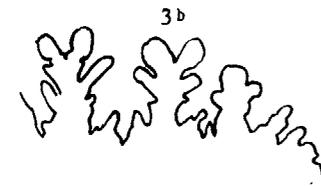
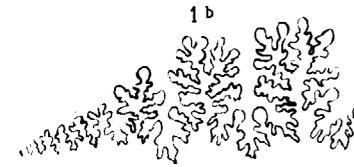


LAMINA III

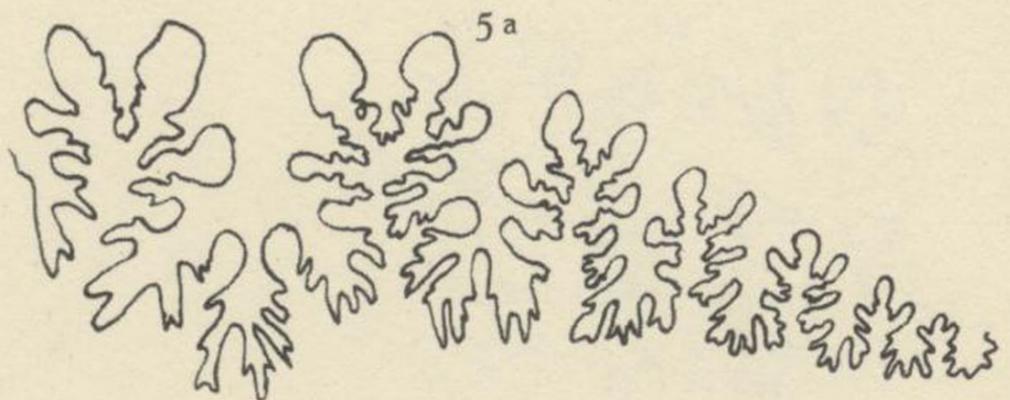
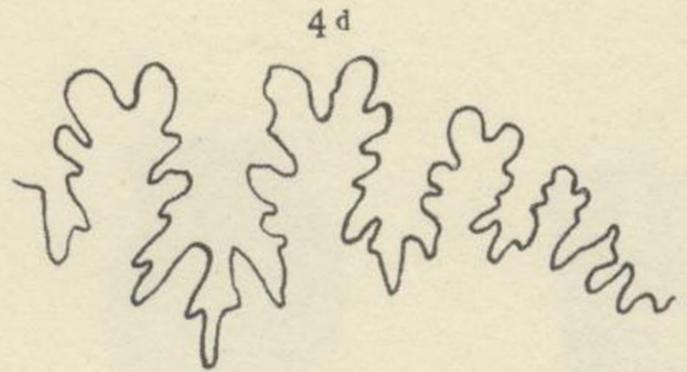
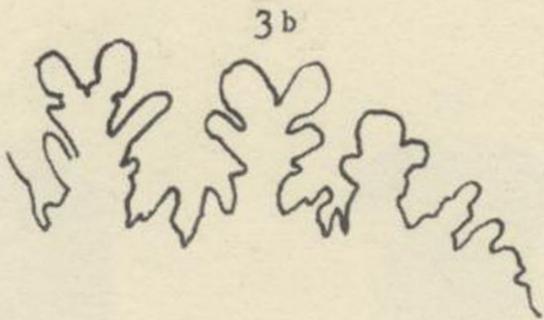
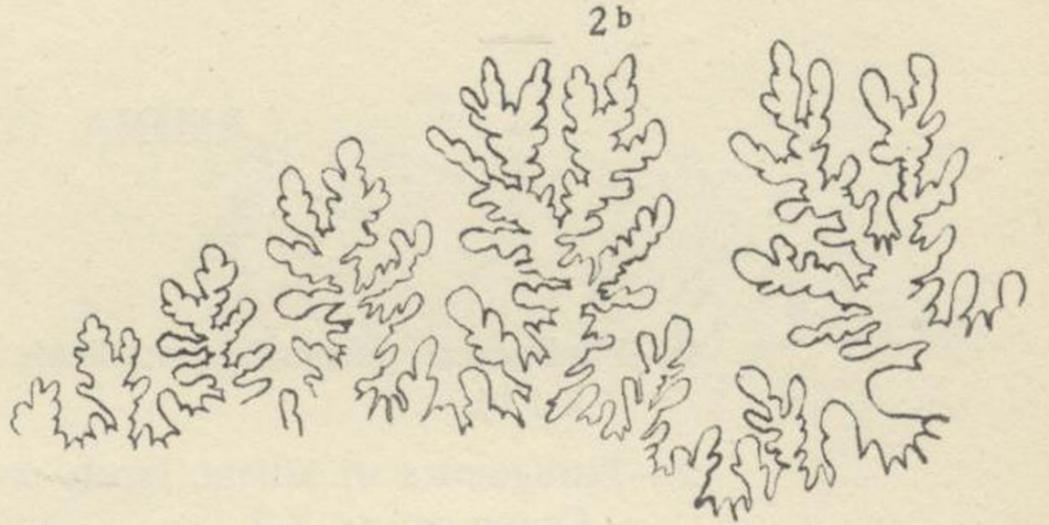
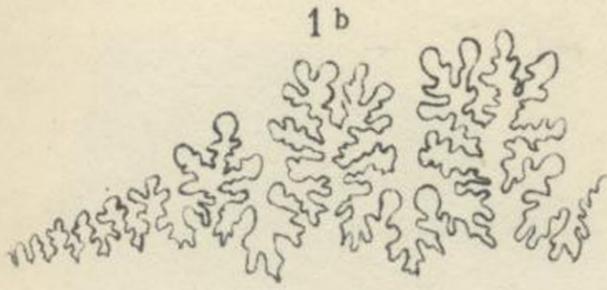
- 1.—Phylloceras (Phyllopachyceras) forbesianum, d'Orb. Cenomanense. X 2.
- 2.—Phylloceras velledae, Mich. Albense-Cenomanense inf.
- 3.—Phylloceras lytoceroide, Fallot. Albense sup. X 2.
- 4.—Phylloceras lateumbilicatum. Pervinq. Límite del Aptense-Albense.
- 5.—Phylloceras aphrodite, Fallot-Termier. Gault-Albense sup. X 1,18.

YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA III



LAMINA III

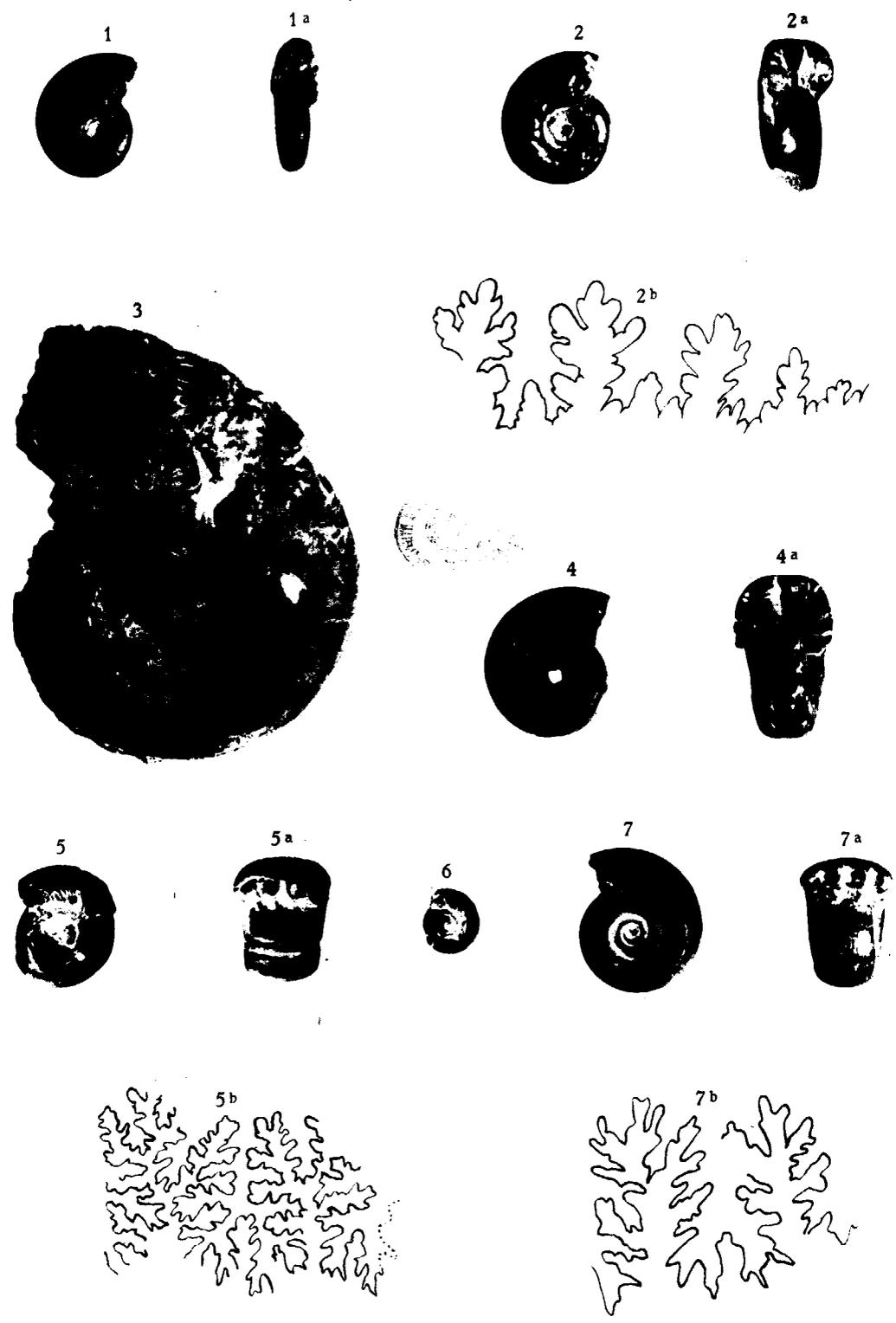


LAMINA IV

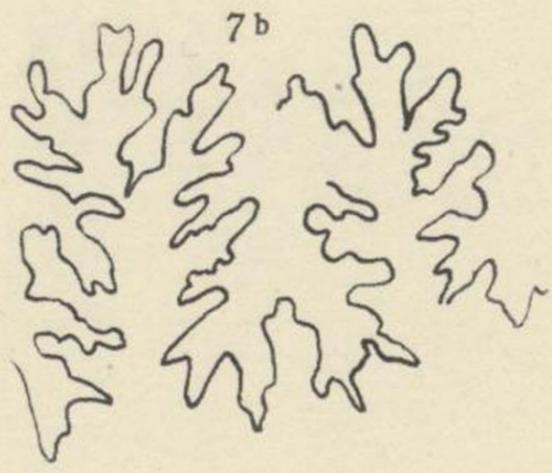
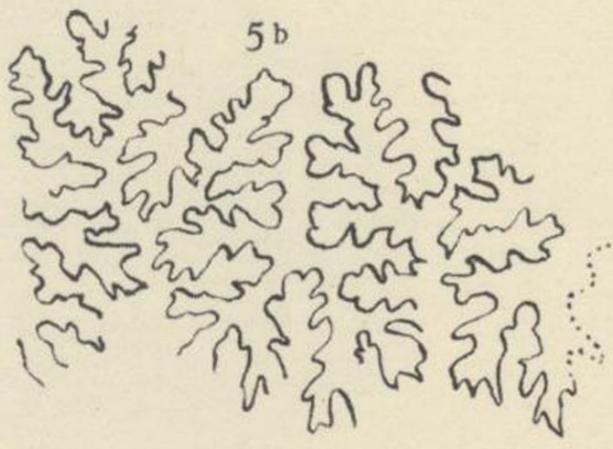
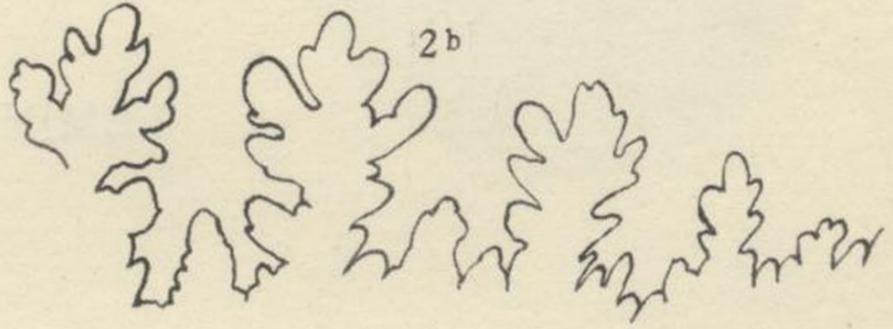
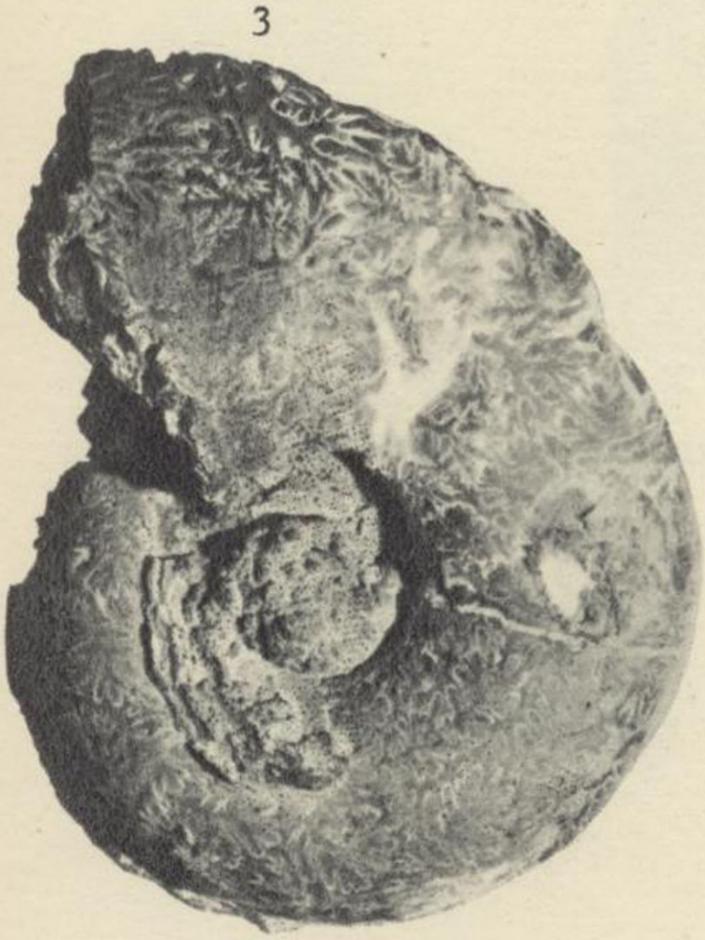
- 1.—Phylloceras pseudolateumbilicatum ?, Coll. Cenomanense. X 1,10.
- 2.—Tetragonites aff. kiliani, Jacob. mut. jacobi, Coll. Albense-Cenomanense. X 2.
- 3.—Tetragonites jurinianus ?, Pict. Albense.
- 4.—Tetragonites timotheanus, Mayor. Albense. X 0,66.
- 5-6.—Jaubertella jaubertiana, d'Orb. Aptense-Albense.
- 7.—Jaubertella latecarinata, Anth. Albense. X 2.

YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA IV



LAMINA IV

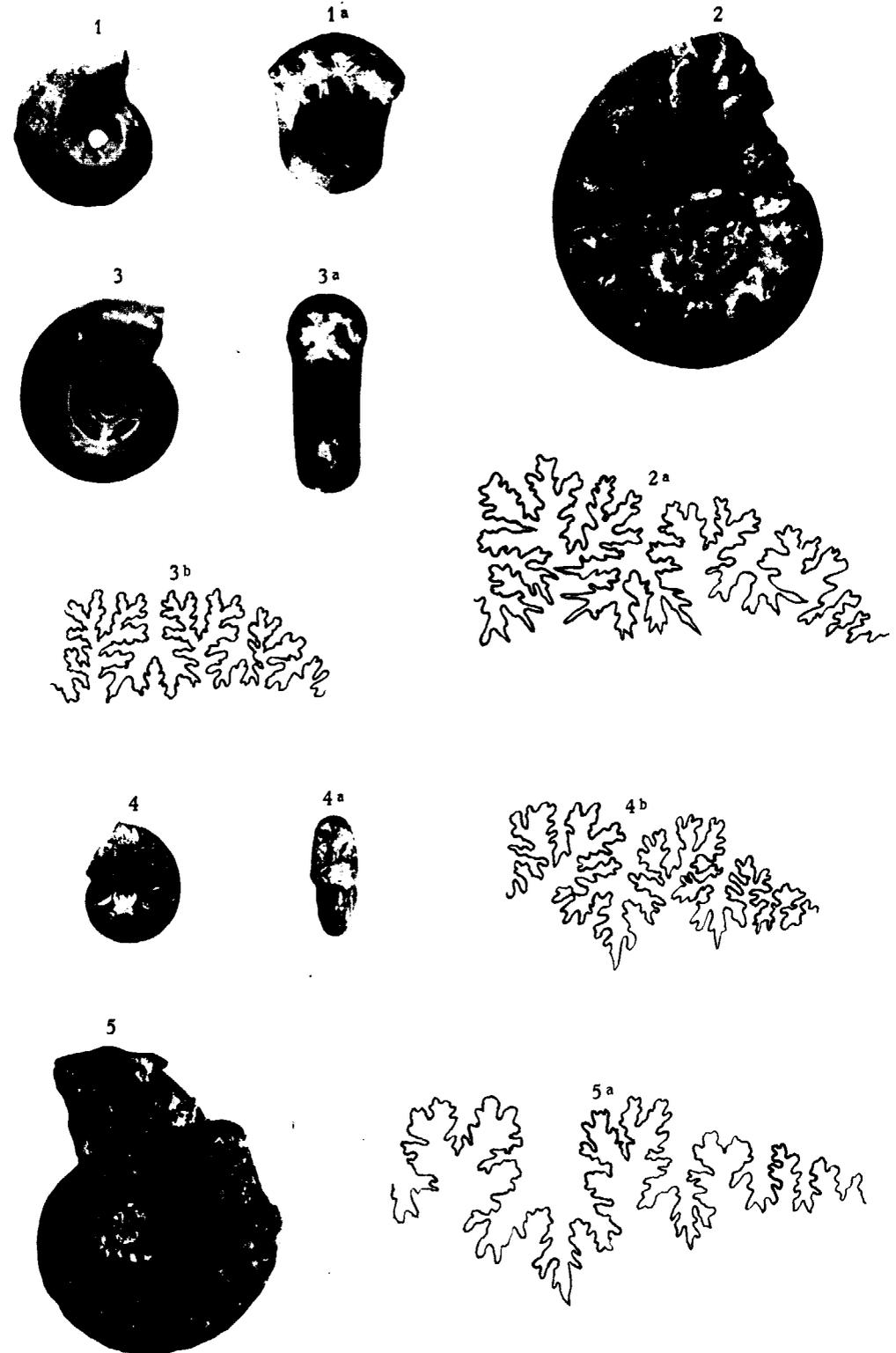


LAMINA V

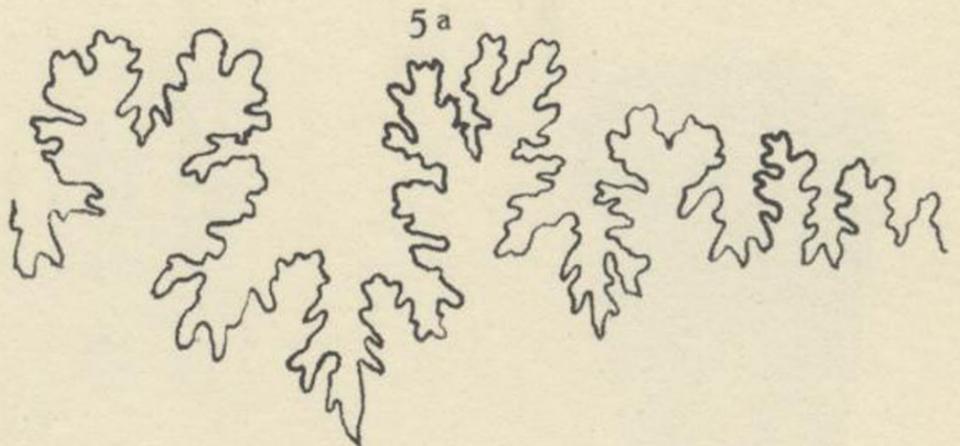
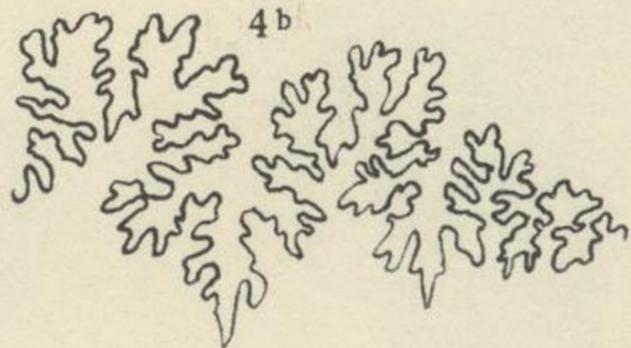
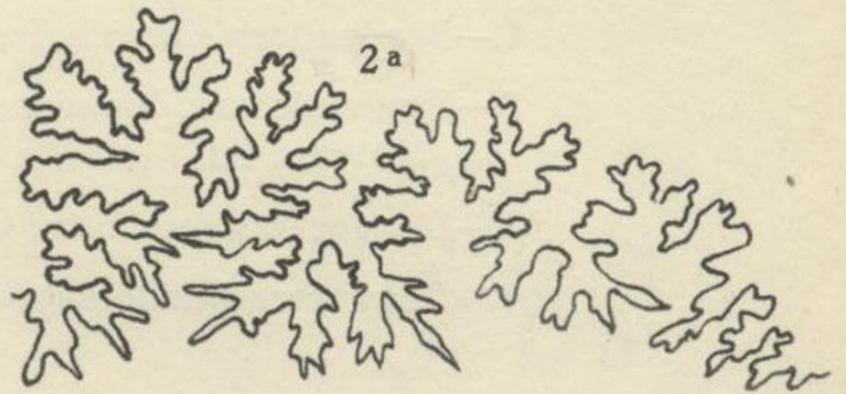
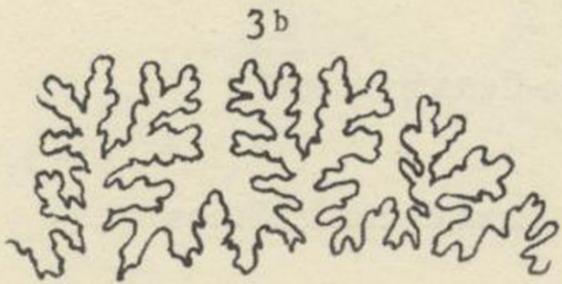
- 1.—*Jaubertella micheliana*, d'Orb. Albense. X 1,5.
- 2.—*Kosmatella agassiziana*, Pict. Albense. X 1,15.
- 3.—*Gaudryceras sacya*, Forbes. Cenomanense. X 2.
- 4.—*Uhligella rebouli*, Jacob. Albense.
- 5.—*Uhligella balmense*, Jacob. Albense. X 1,25.

YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA V



LAMINA V



LAMINA VI

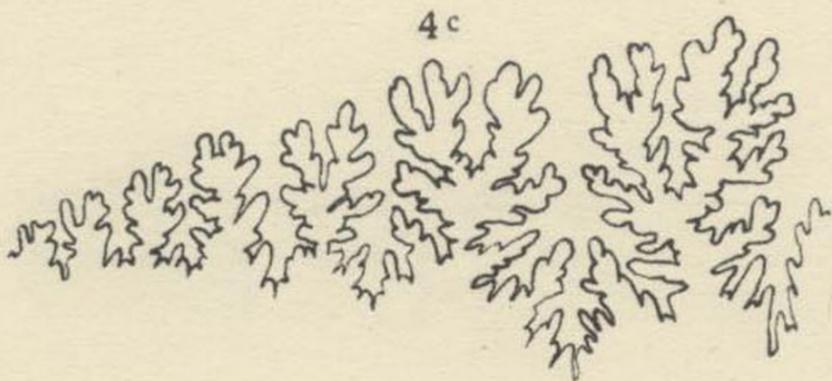
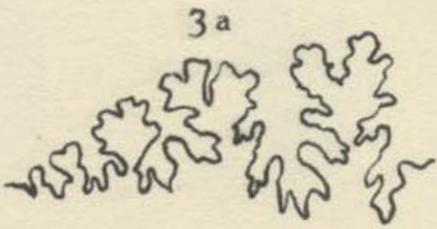
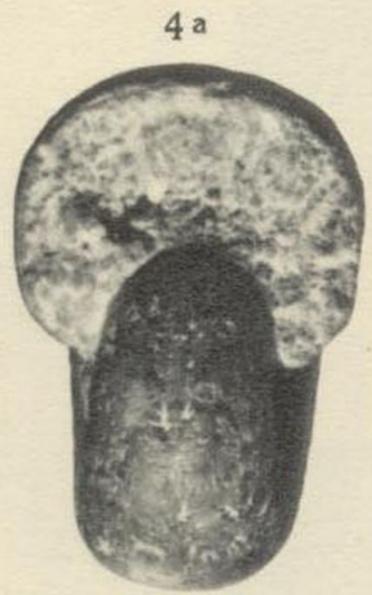
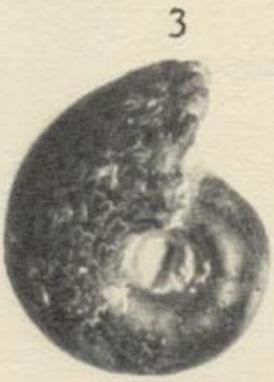
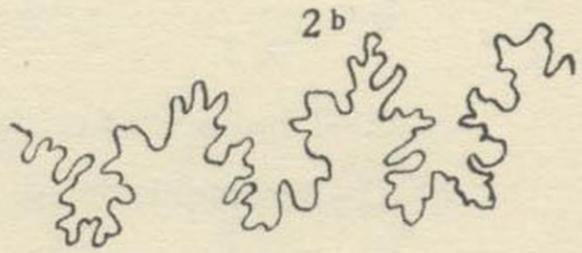
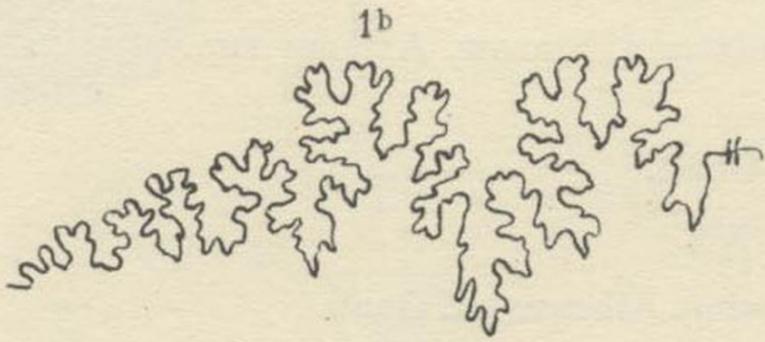
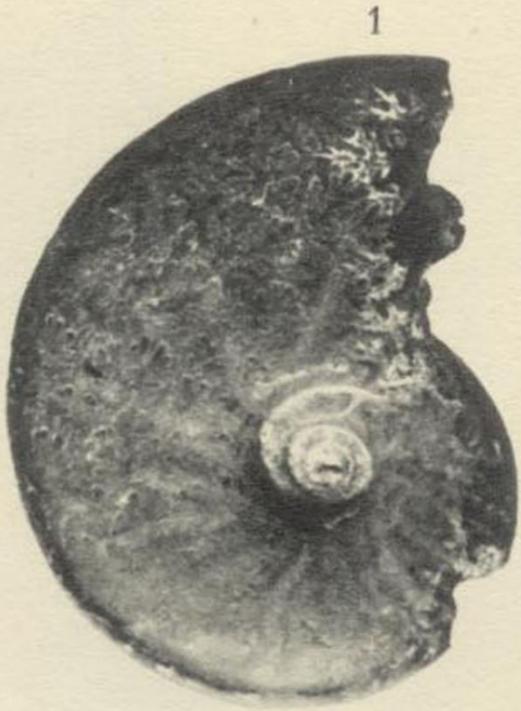
- 1.—*Beudanticeras revoili*, Pervinq. Albense inf. X 2.
- 2.—*Beudanticeras dupinianum*, d'Orb. var. *africana*, Pervinq. Albense inf.
- 3.—*Desmoceras getulinum*, Coq. Aptense. X 2.
- 4.—*Desmoceras latidorsatum*, Mich. Albense-Cenomanense.

YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA VI



LAMINA VI

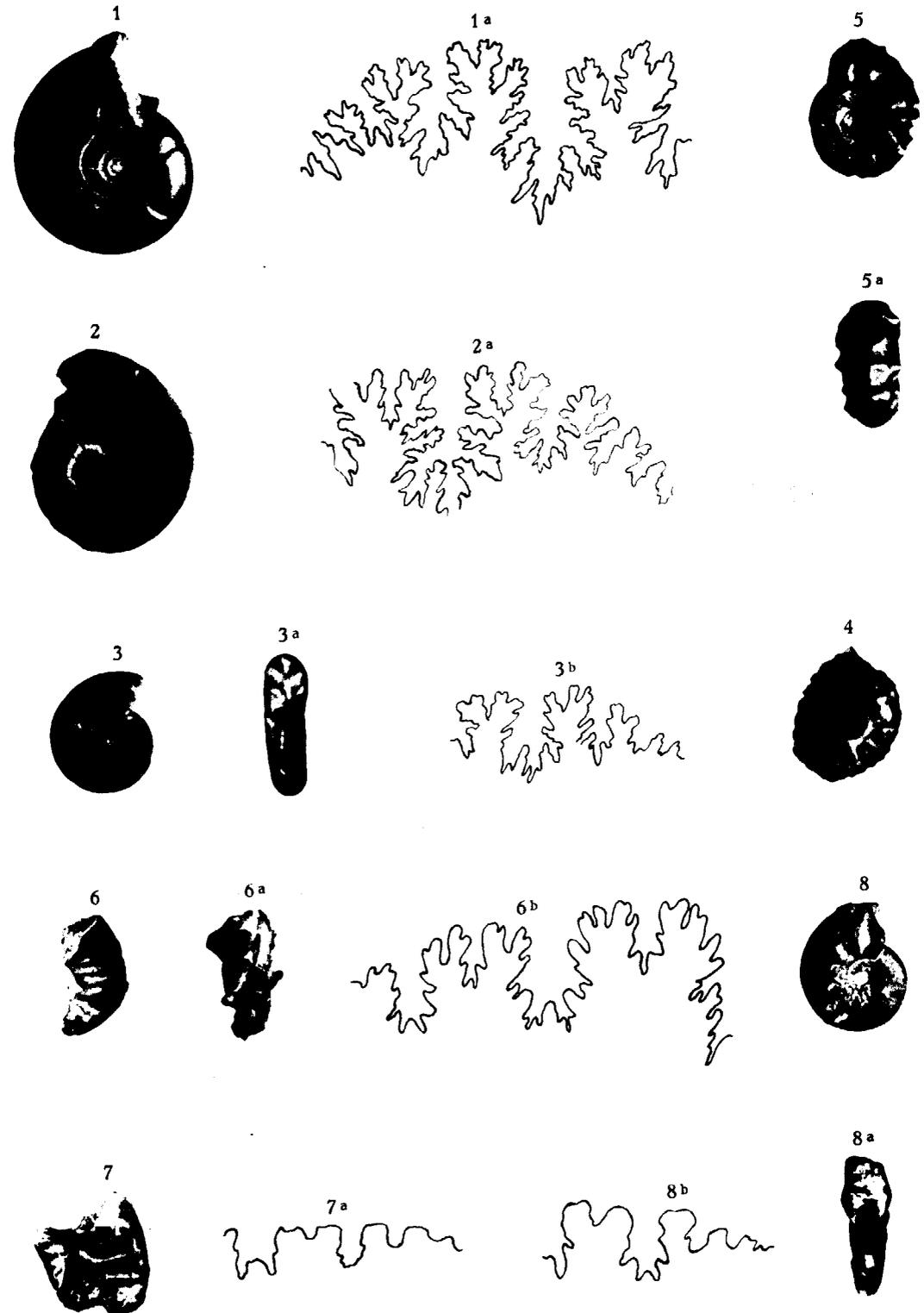


LAMINA VII

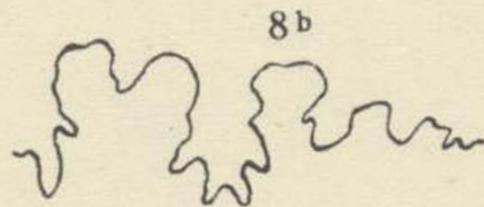
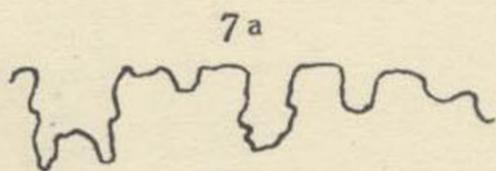
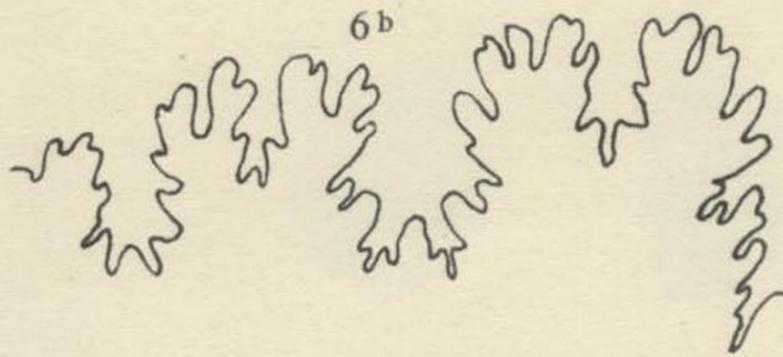
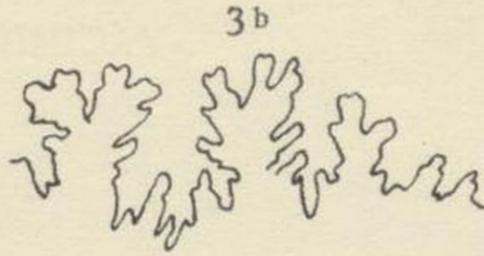
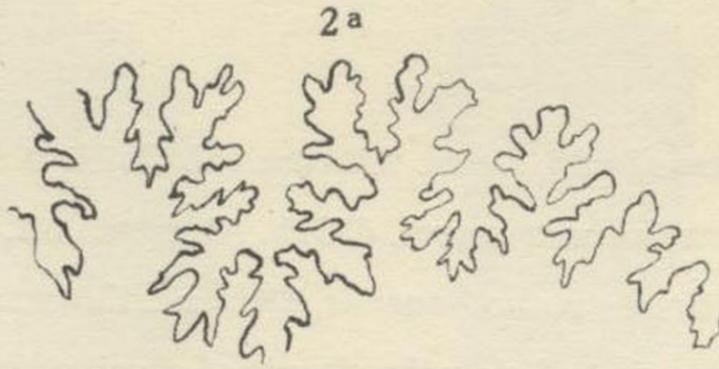
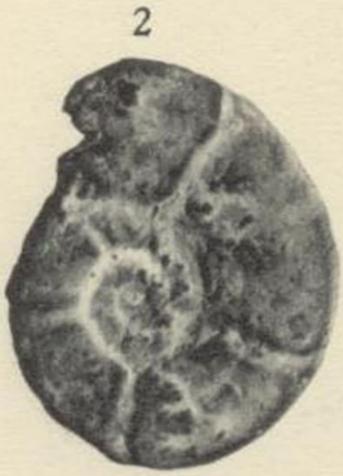
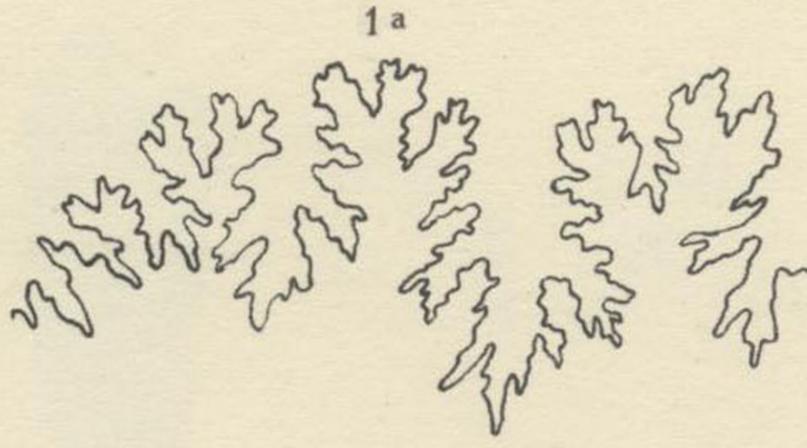
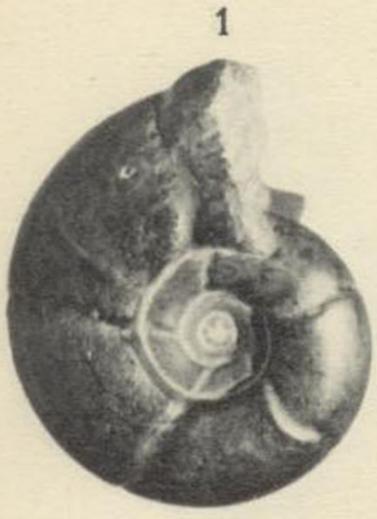
- 1.—Puzosia mayoriana, d'Orb. Vraconiense.
- 2.—Silesitoides kiliani, Fallot var. inornata, Fallot. Gault.
- 3.—Silesitoides nolani, Fallot var. kilianiformis, Fallot. Gault.
- 4.—Parahoplites sp. Aptense sup.-Albense inf.
- 5.—Chelonicerias aff. subnodosocostatum, Sinzow. Aptense sup. X 3.
- 6.—Dipoloceras cristatum, Deluc. Gault.
- 7.—Pervinquieria sp. Albense sup. X 2.
- 8.—Brancoceras aff. zrissense, Pervinq. Albense inf. Gault.

YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA VII



LAMINA VII

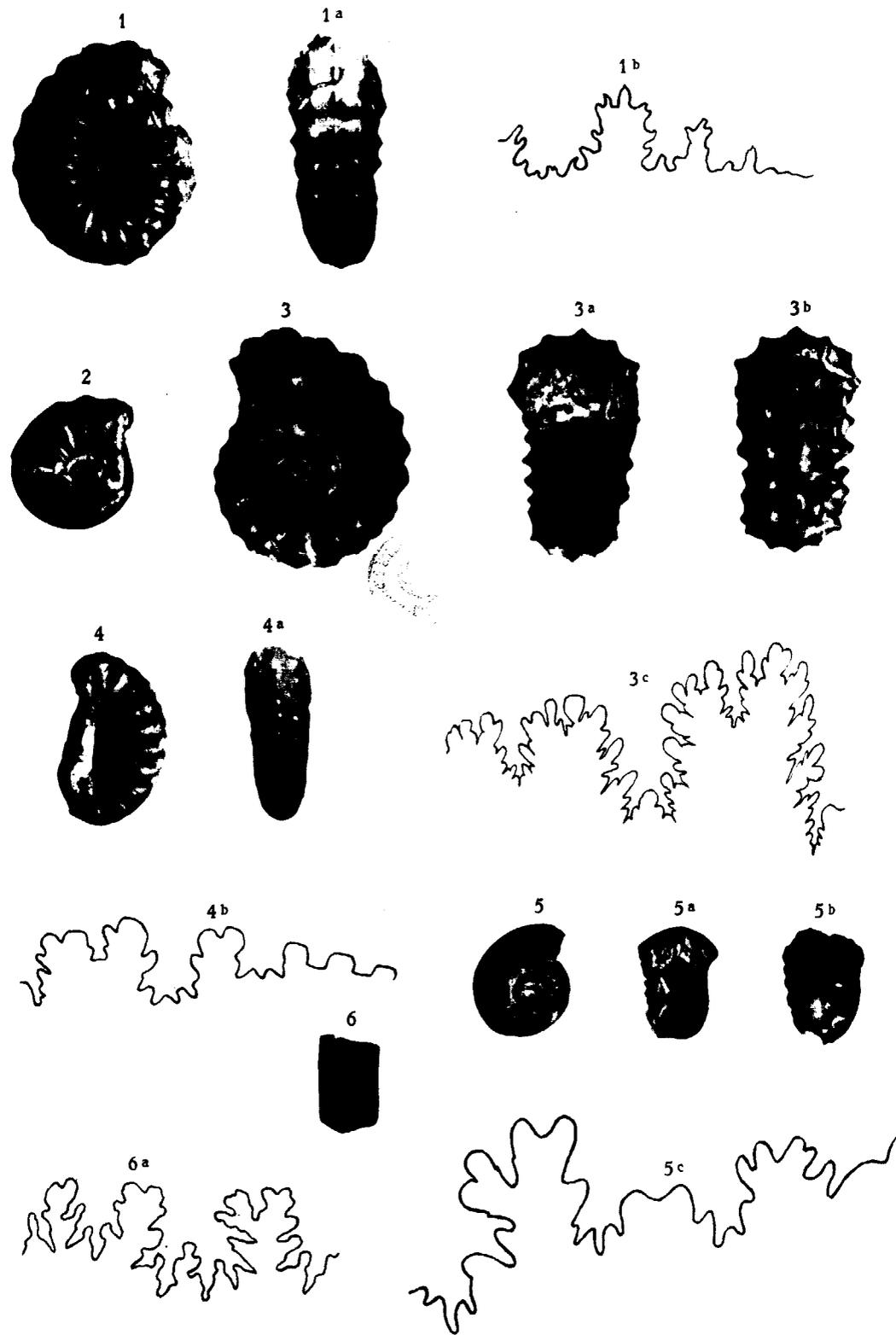


LAMINA VIII

- 1.—*Lyelliceras lyelli*, Leym. Albense inf. Gault. X 2.
- 2.—*Tegoceras camatteanum*, d'Orb. Albense. X 2.
- 3.—*Acanthoceras rothomagense*, Defranc. Cenomanense. X 2.
- 4.—*Prionotropis subvicinale*, Boule, Lemoine et Thevenin. Cenomanense med. X 2.
- 5.—*Neohimalayites* sp. Aptense-Albense. X 2,75.
- 6.—*Hamites attenuatus*, Sow. Gault. X 2.

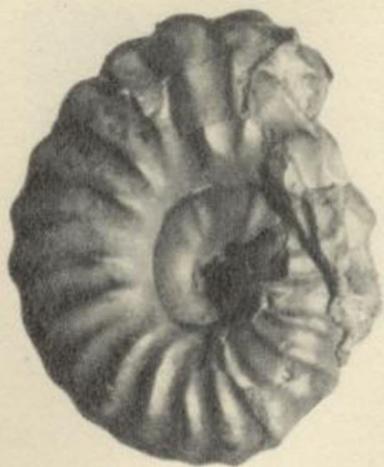
YACIMIENTO: Casa de los Miñanos

LAMINA VIII

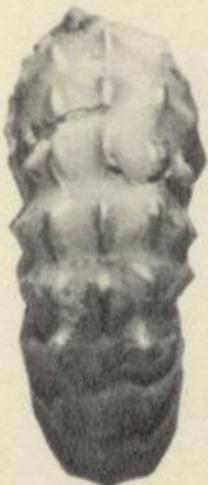


LAMINA VIII

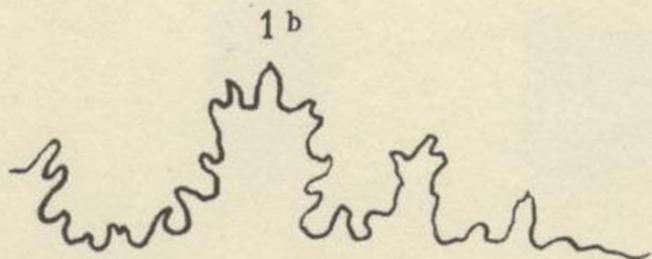
1



1 a



1 b



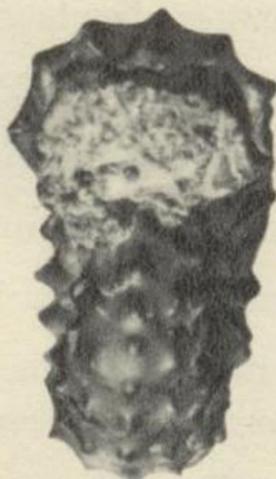
2



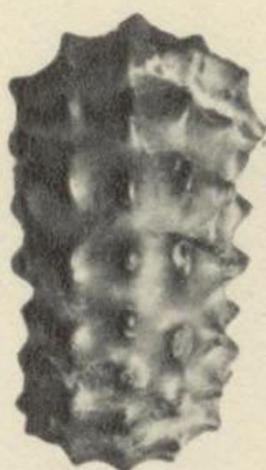
3



3 a



3 b



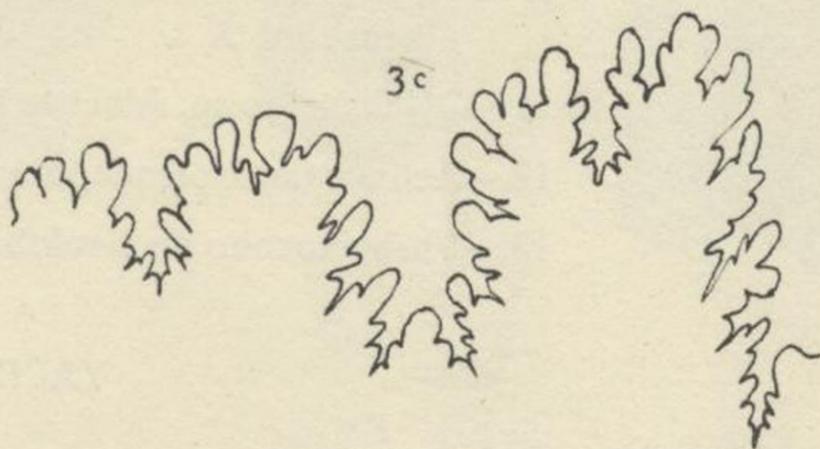
4



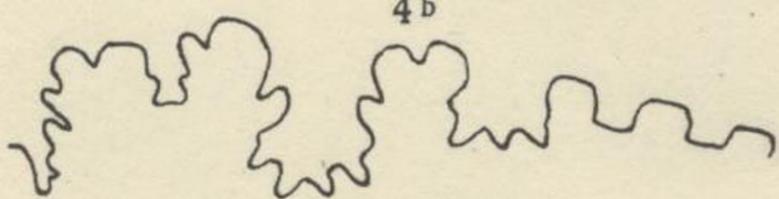
4 a



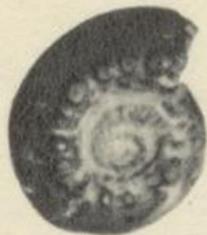
3 c



4 b



5



5 a



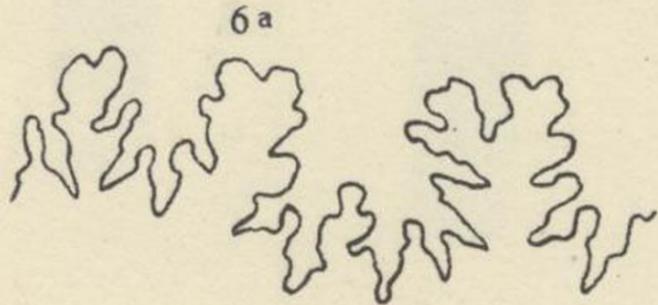
5 b



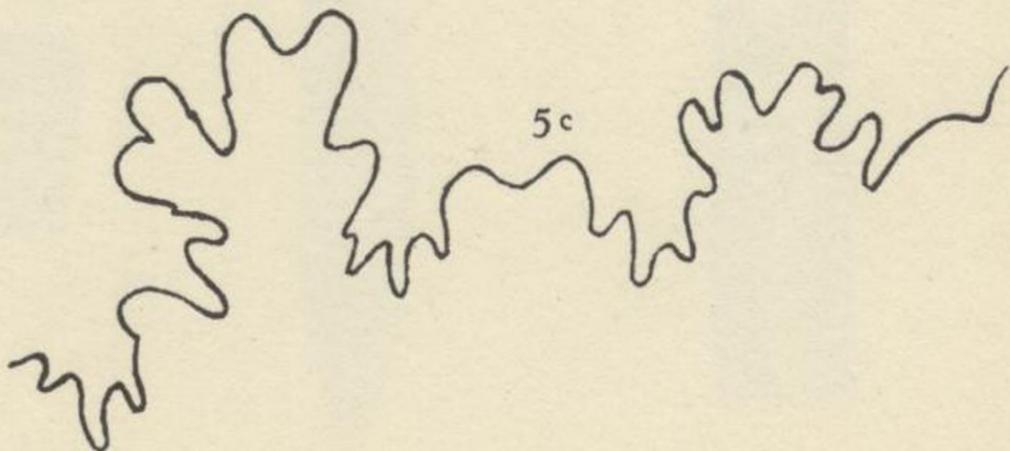
6



6 a



5 c

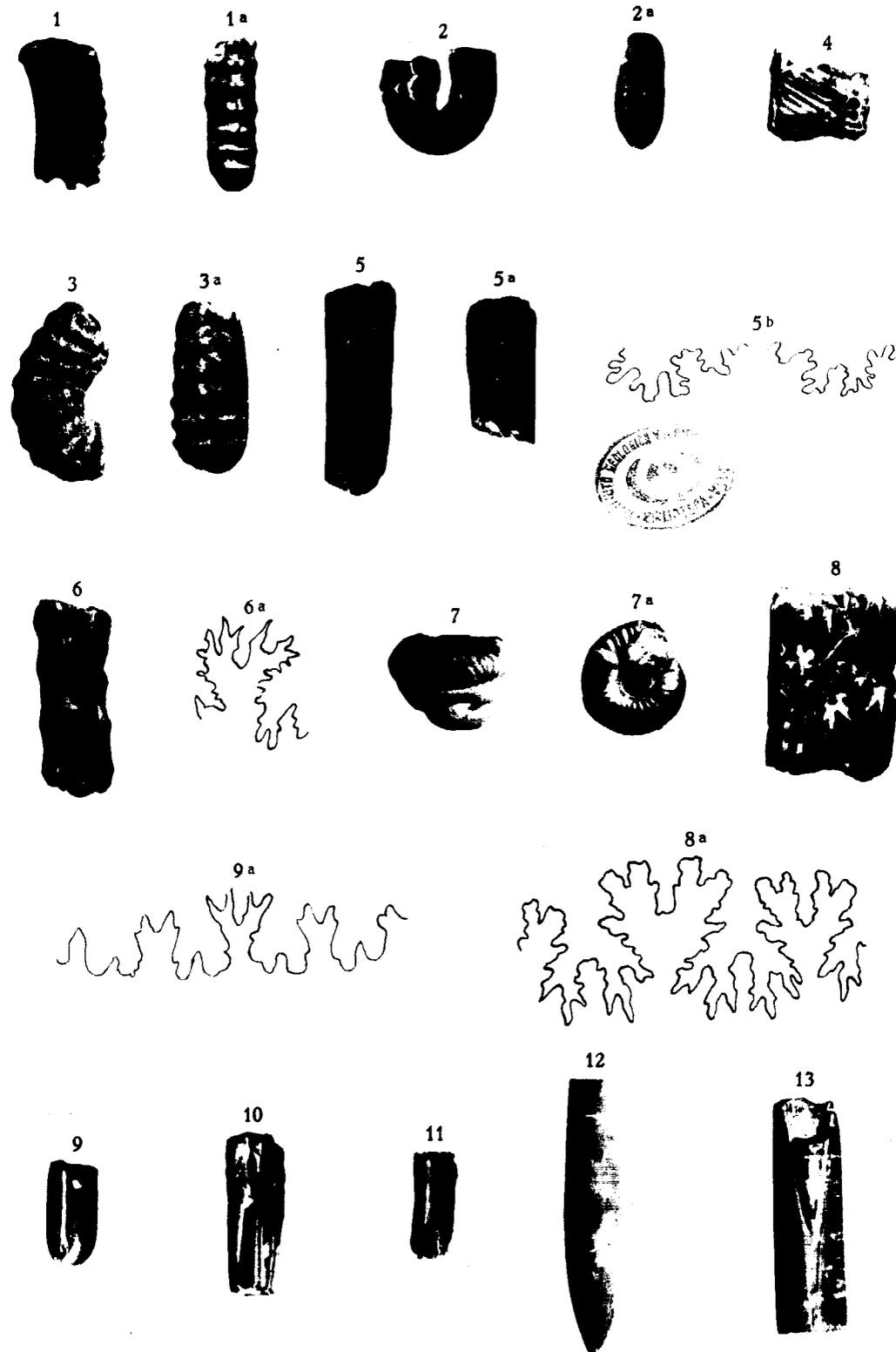


LAMINA IX

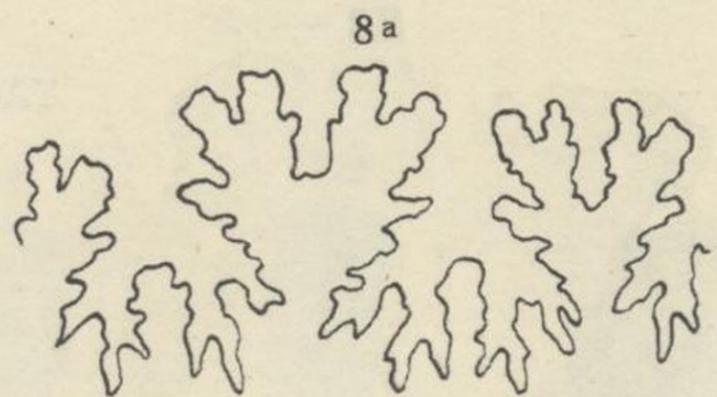
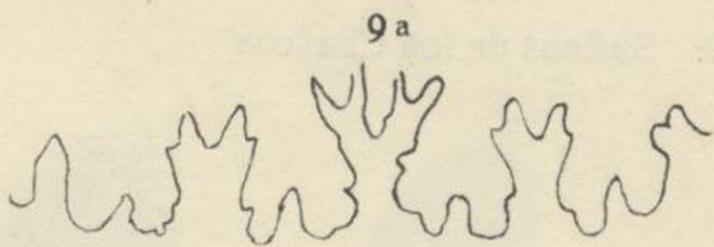
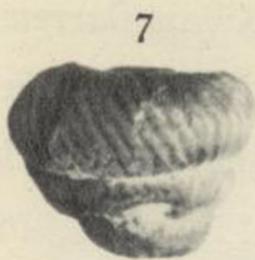
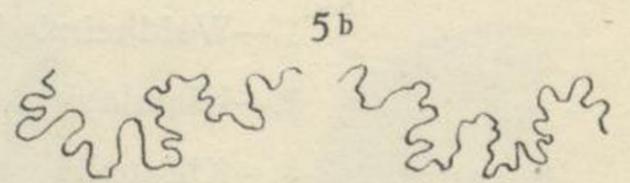
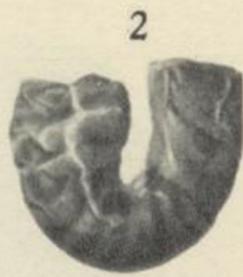
- 1.—*Hamites virgulatus*, Brongn. Gault. X 2,25.
- 2.—*Hamites halleri*, Pict.-Camp. Gault. X 2.
- 3.—*Hamites* cf. *annulatum*, d'Orb. Gault.
- 4.—*Hamites* aff. *rotundus*, Sow. Gault.
- 5.—*Hamites* nov. sp. ? Gault. X 2.
- 6.—*Anisoceras raynaudi*, Boule, Lemoine et Thevenin. Albense sup.-Cenomanense inf.
- 7.—*Turrilites vibrayeanus*, d'Orb. Albense sup. X 2.
- 8.—*Baculites baculoides*, Mantell. Vraconiense. X 2.
- 9.—*Ptychoceras laeve*, Math. var. *hamaimensis*, Pervinq. Albense inf. X 2.
- 10-11.—*Ptychoceras* sp. Albense inf. X 1,15.
- 12.—*Actinocamax plenus*, Blainv. Cenomanense.
- 13.—*Fragmocono* de *Neohibolites* ?

YACIMIENTO: Casa de los Mifanos

LAMINA IX



LAMINA IX

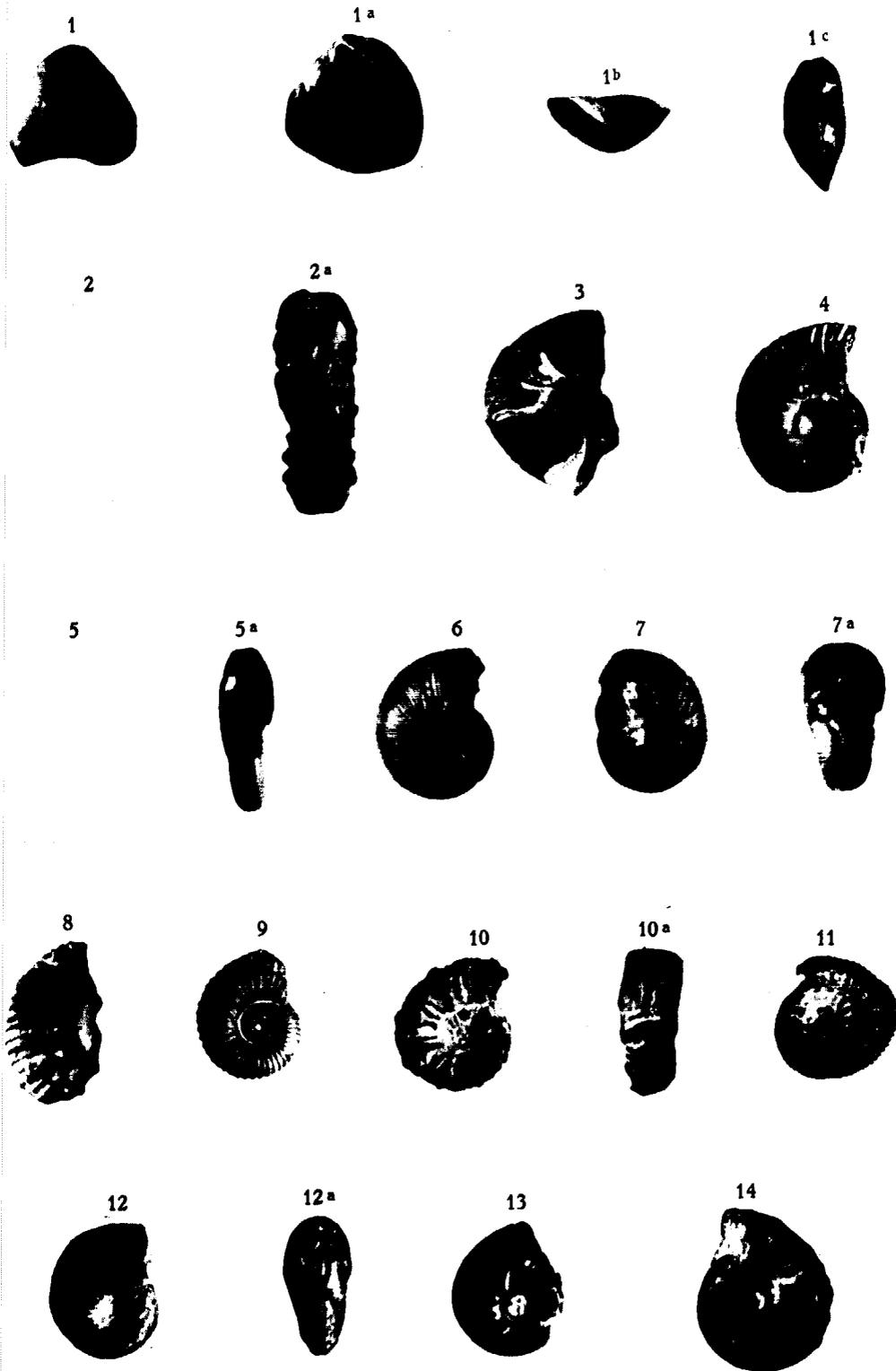


LAMINA X

- 1.—*Waldheimia hippopus*, d'Orb. Gargasiense. X 1,5.
- 2.—*Himalayites* aff. *seideli*, Opp. Neocomiense. X 1,25.
- 3.—*Kilianella pexyptychus*, Uhlig. Valanginiense inf.
- 4.—*Thurmaniceras gueymardi*, Sayn. Valanginiense. X 1,25.
- 5.—*Neocomites neocomiensis*, d'Orb. Valanginiense. X 1,50.
- 6.—*Neocomites subneocomiensis*, Mant. Neocomiense. X 1,75.
- 7.—*Neocomites* ? *subgargasensis*, Mant. Neocomiense. X 1,75.
- 8.—*Neocomites* ? *longi*, Sayn. Neocomiense. X 1,20.
- 9.—*Astieridiscus morleti*, Kilian. Barremiense. X 1,15.
- 10.—*Leopoldia submartini*, Mallada. Valanginiense sup. X 1,10.
- 11.—*Olcostephanus astierianus*, d'Orb. Hauteriviense. X 1,1.
- 12.—*Olcostephanus* aff. *multiplicatus*, Röm. Neocomiense. X 1,1.
- 13.—*Subastieria sulcosa*, Paulow et Lamplugh. Valanginiense. X 2.
- 14.—*Saynoceras* nov. sp. ? Valanginiense. X 2,25.

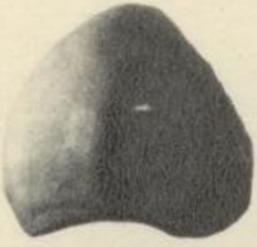
YACIMIENTO: Salinas de los Chascos

LAMINA X



LAMINA X

1



1 a



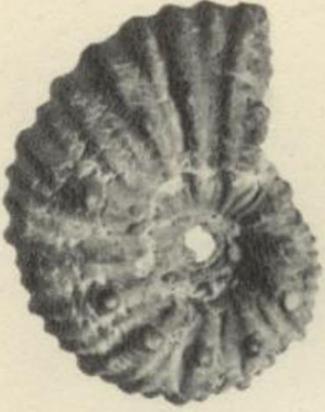
1 b



1 c



2



2 a



3



4



5



5 a



6



7



7 a



8



9



10



10 a



11



12



12 a



13



14

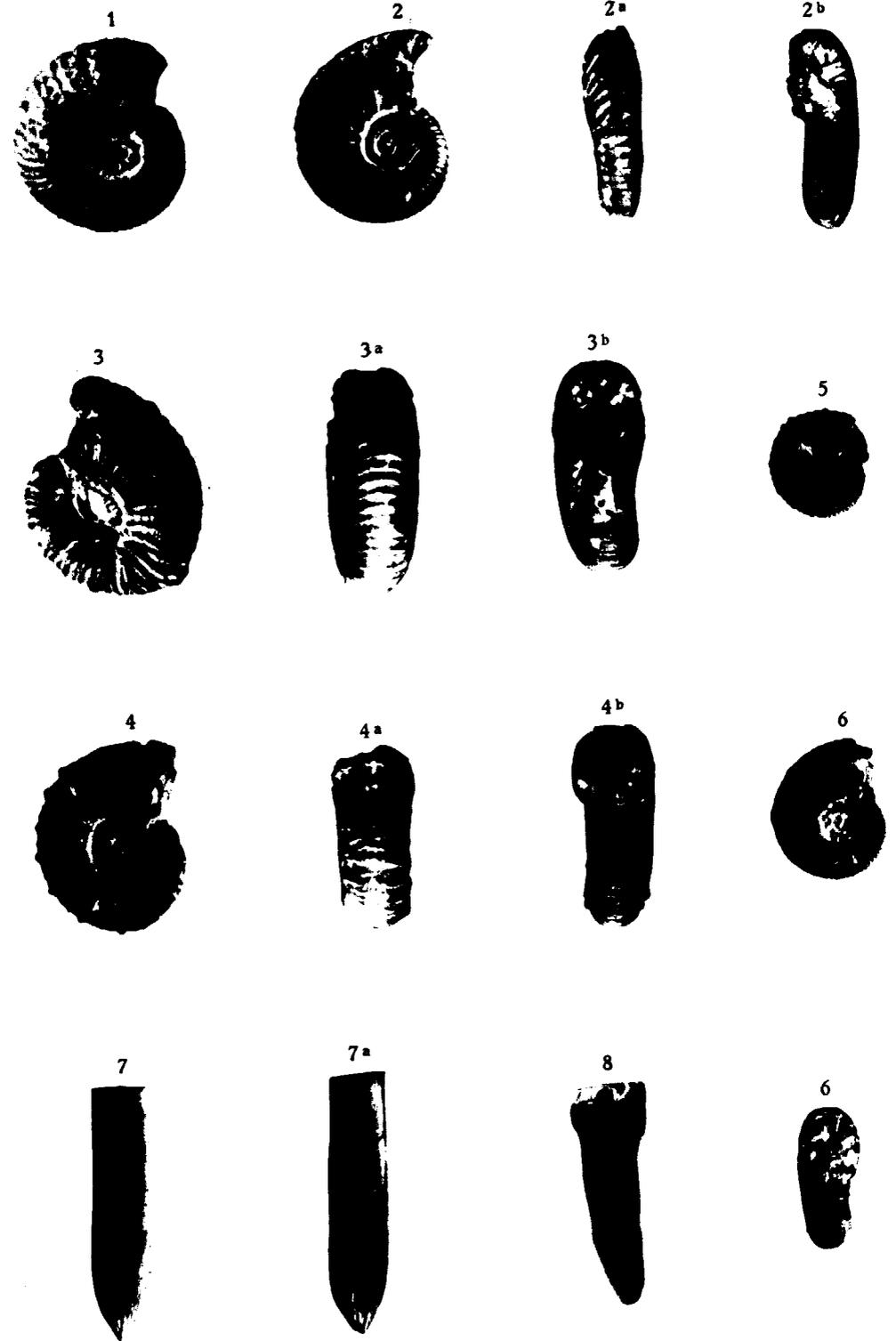


LAMINA XI

- 1.—*Pseudothurmannia angulicostata*, d'Orb. Hauteriviense. X 1,1.
- 2.—*Pseudothurmannia angulicostata*, d'Orb. var. X 1,33.
- 3.—*Pseudothurmannia ? regalis*, Bean. Neocomiense. X 2.
- 4.—*Holcodiscus caillaudi*, d'Orb. Barremiense. X 2.
- 5.—*Holcodiscus aff. caillaudi*, d'Orb. Barremiense.
- 6.—*Holcodiscus nov. sp. ?* Neocomiense-Barremiense.
- 7.—*Belemnites nov. sp.* Neocomiense.
- 8.—Diente de reptil ?

YACIMIENTO: Salinas de los Chascos

LAMINA XI



LAMINA XI



pen, quedando, en consecuencia, esta región completamente lisa.

Gault.

***Hamites halleri*, Pictet et Campiche.**

Lám. IX, fig. 2.

1861.—Pictet et Campiche: *Descript. des foss. des terr. cret. des envir. de Sainte-Croix*. Pág. 84, lám. 84, fig. 1-5.

Concha de sección subcircular, ornamentada de costillas oblicuas, de atrás hacia delante, poco salientes, separadas por intervalos bastante grandes, lisos. Las costillas llevan un tubérculo un poco comprimido, en el borde de la región sifonal.

Gault

***Hamites cf. annulatum*, d'Orb.**

Lám. IX, fig. 3.

1840.—D'Orbigny: *Paleont. franc. T. 1*, pág. 611, lám. 148, fig. 7-9.

1810.—Pervinquièrre: *Sur quelq. Ammon. du cret. Algerien*. Pág. 49, lám. 1, fig. 28.

Un solo ejemplar, semejante al figurado por Pervinquièrre en la obra arriba citada, con costillas más fuertes que las del tipo, interrumpidas en la parte interna; la sección es circular.

Gault.

***Hamites aff. rotundus*, Sow.**

Lám. IX, fig. 4.

1840.—D'Orbigny: *Paleont. franc. T. 1*, pág. 536, lám. 132, fig. 1-4.

L A M I N A S

1931.—Collignon: La faune du Cenoman. a foss. pyrit. du Nord de Madagascar. Pág. 52, lám. 5, fig. 25.

Un fragmento que atribuimos, dudosamente, a esta especie. La concha, cilíndrica, algo comprimida, tiene costillas anulares, un poco atenuadas en la región ventral y oblicuas de delante hacia atrás.

Gault.

Hamites nov. sp.

Lám. IX, fig. 5.

Los dos únicos ejemplares que poseemos son incompletos, rectos, de sección circular, ligeramente comprimidos en los costados, que presentan unas ondulaciones oblicuas de delante hacia atrás, irregularmente separadas. Toda la superficie de la concha está ornamentada de pequeñas costillas muy finas, convexas y redondeadas en la misma dirección que las ondulaciones y sin interrupción. Las líneas de sutura, que pueden apreciarse perfectamente, afectan la forma representada en la fig. 5 b.

Gault.

Anisoceras raynaudi, Boule, Lemoine, Thevenin.

Lám. IX, fig. 6.

1906.—Boule, Lemoine et Thevenin: Cephal. cret. des envir. de Diego Suárez. Pág. 56, lám. 13, fig. 12-13.

Referimos a esta especie un ejemplar de sección ovalada, casi circular, con gruesos tubérculos laterales, de la misma forma y dimensiones que el figurado en la obra citada, apreciándose en algunas de sus partes finas costillas, sin poderse fijar su número entre los tubérculos.

En algunas de sus partes pueden apreciarse fragmentos de la línea de sutura que afecta la forma que indicamos.

Albense superior-Cenomanense inferior.

***Turrilites vibrayanus*, d'Orb.**

Lám. IX, fig. 7.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 569, lám. 148, fig. 1-4.

Concha turriculada con boca oval; espira siniestra, cónica, compuesta de vueltas convexas en contacto, ornamentada de costillas, que partiendo del contorno del ombligo se bifurcan regularmente.

Albense superior.

***Baculites baculoides*, Mantell.**

Lám. IX, fig. 8.

1840.—D'Orbigny: Paleont. franc. T. I, pág. 562, lám. 138, fig. 6-11.

1906.—Boule, Lemoine et Thevenin: Cephal. cret. des envir. de Diego Suárez. Pág. 65, lám. 15, fig. 2.

1907.—Pervinquièrre: Cephal. des terr. second. Pág. 92, lám. 4, fig. 7-8.

Algunos fragmentos, de pequeño tamaño, pueden ser referidos a esta especie, que tiene costillas y constricciones oblicuas, atenuadas en la región sifonal. La sección es oval. La oblicuidad de las constricciones es mucho menor que en la forma figurada por d'Orbigny. El tabique es análogo al figurado por Pervinquièrre.

Vraconiense.

***Ptychoceras laeve*, Math. var. *hamaimensis*, Pervinq.**
Lám. IX, fig. 9.

1907.—Pervinquièrre: Cephal. des terr. secondair. Pág. 90, lám. 4, fig. 5-6.

Las ramas de la concha son de sección casi circular, la menor completamente lisa y la mayor con constricciones casi normales al eje.

Hemos recogido 12 ejemplares de esta especie, pudiendo apreciarse en la mayor parte los caracteres indicados, así como las líneas de sutura.

Albense inferior.

***Actinocamax plenus*, Blainv.**

Lám. IX, fig. 12.

1876.—Schlüter: Cephal. der oberen Deutschen Kreide. Pág. 186, lám. 52, fig. 16-19.

Muchos ejemplares que coinciden con los figurados en la obra arriba citada.

Cenomanense.

Fhragmocono de *Neohibolites* ?

Lám. IX, fig. 13.

Hemos encontrado un ejemplar, que al ser partido presentó un fhragmocono, que con duda atribuimos a un *Neohibolites*.

Estudios masterométricos en la evolución de los Fisípedos

- I. Los módulos angulares α y β
- II. Los parámetros lineales P, C y T

por

M. Crusafont Pairó y J. Truyols Santonja

Presentación

Los autores de los presentes trabajos tienen el honor de ofrecer un estudio inédito, no sólo en cuanto a su aplicación, sino en lo que se refiere a su metodología. Los estudios biométricos son todavía poco divulgados en España y ya no hay que decir en su aplicación al conocimiento de los seres del pasado. En otros países, sin embargo, gozan lentamente de mayor predicamento y prestigio en las esferas de la Ciencia Natural, por ser reconocidos como excelentes auxiliares en el planteamiento de las cuestiones paleobiológicas y paleoecológicas.

Trátase aquí de la conversión de caracteres expresivos de una función determinada en unos módulos numéricamente sencillos y de cómodo manejo, y de relacionar estos valores de forma asimismo matemática, con el objeto de obtener una traducción mensurable, no sólo de tales funciones y estructuras anatómicas a ellas conducentes, sino de su desarrollo y evolución a través del tiempo; es decir, del análisis del proceso filogenético de aquéllas. Se trata de buscar una Filética de las estructuras mediante un análisis matemático sencillo. No es pues solamente la evolución del grupo taxonómico o de sus subgrupos lo que se trata de observar de manera cuantitativa, sino el proceso de los cambios estructurales —y consecuentemente

funcionales— que tienen de manera lógica su traducción en la Sistemática, pero con el inconveniente por parte de ésta, de detener por imperativos taxonómicos el curso de las transformaciones, truncando en pequeños fragmentos lo que es una verdadera fluencia inapelable e indivisible en el correr de la Evolución.

Por el presente trabajo se convierte en objetivo, gracias a la precisión de los números, un análisis que se apoyaba muchas veces en observaciones subjetivas. La expresión matemática tiene, además, la ventaja de concretar, de traducir en forma ponderal o gráfica, la armonía de los procesos y de las adaptaciones y, en general, de todo mecanismo funcional a través de su desarrollo, expansión y modificación en el transcurso del camino evolutivo.

Hemos trabajado para nuestros análisis sobre el Orden de los Carnívoros, por ser el que más se presta, dada su plasticidad, a una sistematización fácil de los valores utilizados, pero en realidad el grupo poco importa por sí mismo, sino las consecuencias finales de los procesos hallados, que pueden tener quizá una aplicación más general, ilustrándonos así, de manera cómoda y matizada, sobre el *modo de ser* de la Evolución, de la manera de presentarse ante nuestros ojos, realizando como una imagen tangible, que viene a ser la traducción externa y matemática de las complejas interioridades de estos procesos.

I. Los módulos angulares «alfa» y «beta»

Introducción

Es un hecho evidente que la Paleontología ha iniciado de unos decenios a esta parte, nuevas vías de estudio que le confieren una amplitud y una dignidad superiores a las que corresponderían a una mera ciencia descriptiva de menguados horizontes. Si bien los estudios de carácter paleontográfico poseerán siempre su plena justificación mientras existan considerables lagunas espacio-temporales a colmar en nuestros conocimientos sobre los seres fósiles, es innegable que la Paleontología de nuestra época se orienta hacia derroteros más ambiciosos y trascendentales. Los nuevos métodos introducidos permiten detectar una imagen del pasado mucho más precisa y sugestiva que la que podía obtenerse con la elaboración de listas más o menos dilatadas de especies fósiles y la enumeración de sus correspondientes yacimientos y niveles estratigráficos.

La ampliación de la Biometría en el campo de la Paleontología es particularmente interesante y representa una novedad innegable. Utilizada con éxito desde fines del pasado siglo en el campo de la Antropología y de la Zoología, difícilmente pudo imaginarse la posibilidad de aplicación normal en el extenso, a la vez que limitado, mun-

do de la ciencia paleontológica. No hay que olvidar que el paleontólogo dispone en la mayoría de los casos de un número más bien limitado de ejemplares. Y sin embargo, hoy día el empleo de la técnica biométrica ha penetrado de plano en sus dominios, aun en los casos en los que manipula aquellos grupos zoológicos en los que, por naturaleza, es escaso el número de individuos disponibles. El campo más trillado ha sido el de la Bioestadística, por poseer una metodología suficientemente elaborada y de amplias posibilidades de aplicación, pero hoy día empieza a desarrollarse una nueva rama, la Morfometría, orientada hacia un estudio geométrico de las estructuras anatómicas en relación con su funcionalismo. Esta conjugación de la Matemática con la Ciencia Natural, planificada hace cuarenta años por Thompson d'Arcy, posee unas dilatadas posibilidades sin desarrollar, en especial al incorporar el mundo de las formas fósiles al conjunto de los seres vivos, con lo cual no sólo se alcanza a investigar la filogenia de las estructuras, sino que, disponiendo de un eficaz armazón numérico basado en índices y parámetros diversos, puede llegarse al conocimiento de la entraña misma del proceso diferenciador de los seres vivos.

Dentro de esta disciplina, el campo de los Vertebrados ofrece grandes posibilidades de estudios por la homología estructural de los diversos grupos. Nuestras habituales investigaciones paleontográficas, dedicadas al mundo de los Mamíferos, nos han brindado bastantes oportunidades de aplicación de los métodos morfométricos. En particular, venimos llevando a cabo desde 1952 una serie de estudios de este carácter aplicados especialmente a la dentición de los Carnívoros fisípedos, grupo sumamente adecuado para nuestros fines, dada su plasticidad anatómica (referida en particular a sus elementos dentarios)

dentro de un plan estructural uniforme, en correlación estrecha con una gama insensible de especializaciones entre dos polos de posición extrema.

Iniciamos nuestros estudios a partir de la investigación de un módulo angular obtenido sobre piezas dentarias esenciales en los Carnívoros, las carniceras inferiores, y publicamos los resultados en 1953 (*).

En este trabajo indicábamos iniciar una serie de experiencias biométricas aplicadas al estudio del mecanismo estructural de la dentición, una rama para la que proponíamos el nombre de *Masterometría*.

Se trataba de una medida angular que nos pareció extraordinariamente adecuada a nuestro objetivo, toda vez que traducía de manera numérica una actividad funcional especializada de acuerdo con las variaciones alométricas de la pieza en cuestión. Denominamos a este módulo propuesto *ángulo alfa*, y empezamos a recopilar valores del mismo.

No fué demasiado fácil reunir un número de datos con valor estadístico para emprender su estudio y discusión. En cuanto nos fué posible examinamos directamente el valor de *alfa* en los propios ejemplares, disponiendo para ello del valioso material de las colecciones paleo y neontológicas del Museo de Sabadell. En la mayoría de los casos, no obstante, tuvimos que apelar a las figuras más dignas de confianza entre las de la bibliografía a nuestro alcance. Con ello conseguimos obtener un número de valores de *alfa* que rebasaba los dos centenares, pertenecientes a las diversas familias de todos los períodos de su historia, desde las formas primitivas del Eoceno hasta las que componen la fauna actual.

(*) «Un ensayo goniométrico sobre la carnicera inferior de los fisípedos». — *Estudios Geológicos*. Núm. 18. Madrid, 1953.

Los valores encontrados, ordenados de manera cuantitativa revelaron en seguida relaciones notables en cuanto a la situación respectiva de las diversas familias. Dentro de las limitaciones obligadas que imponen esta clase de estudios, pudieron obtenerse consecuencias de crecido interés. El ángulo *alfa* permitió observar a través de la sistemática actual y de la filogenia, variaciones armónicas a lo largo del tiempo, que no hicieron sino confirmar numéricamente ideas ecológicas sobre cada uno de los grupos y su evolución.

Posteriormente a la publicación del mencionado trabajo, continuamos ahondando en el problema y lo ampliamos haciendo entrar en liza al sistema maxilar. Ello nos ha mostrado la conveniencia de crear un nuevo módulo de expresión numérica en la carnífera superior, que denominamos *ángulo beta*. Un estudio estadístico de los valores de este ángulo a la manera del anterior, ha proporcionado consecuencias muy parecidas a las ya obtenidas, prueba del paralelismo entre ambas magnitudes, aunque su significado anatómico y fisiológico no sea exactamente el mismo.

Este hecho es realmente de interés, pero más fructífero ha sido el hecho derivado de relacionar ambos resultados a la manera cartesiana. Los valores dispuestos a modo de sucesión de acuerdo con la Sistemática, han proporcionado una gráfica que permite observar una insospechada teoría de relaciones sistemáticas, filogenéticas y ecológicas de las diversas especies representadas. El estudio morfofisiológico ha suministrado, de añadidura, valiosos datos en apoyo de la historia filogenética del grupo. Como si hubiera obedecido a la voz oculta de su estirpe, cada forma se ha colocado en el lugar que determina su edad y su especialización ecológica. El paralelo de lo obtenido de

este modo con los datos ya conocidos por los estudios morfológicos y sistemáticos, es aplastante, índice de la bondad de la relación hallada. Ello nos ha movido a la publicación de este nuevo ensayo como segunda aportación al conocimiento de la Masterometría de los Carnívoros. Un anticipo del mismo, con expresión de las principales consecuencias obtenidas, fué publicado muy recientemente en la revista americana *Evolution*.

Apenas existe bibliografía referida a la estricta cuestión geométrica que afecta a este trabajo. El estudio de Elisabeth Schmid (*) se limita a la obtención de índices y ángulos en los molares de los Félidos, en un sentido estático, con miras a la sistemática del grupo. Nuestro intento apunta mejor a la morfogenia dentaria y a la filogenia del conjunto de los Carnívoros, estudiada a través del prisma de estos módulos angulares.

Con el Dr. Ramón Margalef, del Instituto de Biología Aplicada de Barcelona, hemos intercambiado fructíferos puntos de vista sobre cuestiones metodológicas referidas al presente trabajo. Don Jesús Bueno, profesor de Estadística, y don Pedro Masallera, de Sabadell, han prestado su apreciable concurso en las cuestiones matemáticas del asunto. Desde estas líneas nos complacemos en manifestarles nuestro agradecimiento. Los primeros resultados del presente trabajo fueron expuestos en sesión de seminario en febrero de 1955, en el Laboratorio de Geología de la Universidad de Barcelona, donde fueron abundantemente comentados y discutidos por los asistentes al mismo.

(*) Schmid, E.: «Variationsstatistische Untersuchungen am Gebiss pleistozäner und rezenter Leoparden und anderer Feliden». — *Zeitschrift für Säugetierkunde*, Band 15, Heft 1. Lucka bei Leipzig, 1940.

El ángulo alfa

Resumidamente consideramos lo expuesto en nuestro trabajo anterior sobre el ángulo *alfa*.

Se trata de un módulo que relaciona entre sí dos importantes caracteres de la carnecera inferior (M 1) de los Carnívoros: el desarrollo en altura del protocónido con el valor en longitud del talónido. Su trazado se efectúa de la

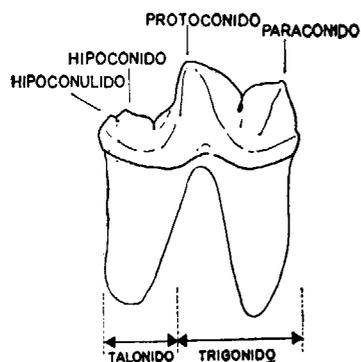


Fig. 1.—Carnecera inferior vista por la cara lingual, con sus elementos topográficos.

siguiente manera: proyectada ortogonalmente la carnecera sobre su cara labial, se trazan dos líneas, tangente la una a las dos convexidades del esmalte existentes en el cuello de la corona y sobre el inicio de ambas raíces, y tangente la otra al vértice del protocónido (*) y al saliente máximo del talónido (que coincide generalmente con el hipocónido). Las dos líneas se cortan formando ángulo abierto hacia la parte anterior de la mandíbula y de distinto valor según la forma de que se trate (fig. 2).

Los valores obtenidos, expresión de una variación alométrica de la pieza, ocupan algo más de un cuadrante entero: los extremos son 4° y 105°. El conjunto forma un amplio varillaje ocupado por las diversas formas. De acuerdo con los datos calculados, los carnívoros que han

(*) Al vértice ideal, obtenido por reconstrucción, en caso de desgaste.

sido llamados *arctoides*, con tendencia omnívora (Úrsidos, Prociónidos, Cánidos y Mustélidos), poseen valores bajos, mientras que los llamados *aeluroides* o hipercarnívoros (Félidos, Hiénidos y Vivérridos) los mantienen más elevados. La frontera entre ambos grupos —frontera sin rigidez, puesto que tolera transgresiones de los grupos veci-

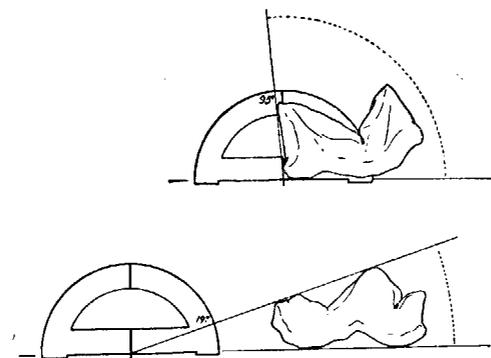


Fig. 2.—Trazado del ángulo α . En la parte superior en una carnecera de un hipercarnívoro; en la inferior en la de un hipocarnívoro.

nos— se halla en los 45°, donde precisamente se sitúan las formas reconocidas por todos como las más primitivas de los Fisípedos (*Cynodictis*, etc.), que realizan el enlace con los Creodontos. El valor de 45°, bisectriz aproximada del ángulo formado por los valores límites, debe considerarse como originario o prototípico, es decir, como punto de salida de todo el equipo de Carnívoros, que a partir de él realizan una progresiva y divergente evolución en abanico (fig. 3).

La tabla I indica los valores extremos de *alfa* para cada familia (*). Claramente se observa en ella que el

(*) Prescindimos aquí de los Prociónidos por no haber podido

orden habitual de posición de las diversas familias, atendiendo a su grado de «carnivoridad», coincide con la ordenación de las mismas a partir de los valores de *alfa*. El mismo hecho de mostrarse imbricadas en sus valores representativos demuestra su parentesco real (*).

Idiosincrasias del mismo orden pueden distinguirse asimismo en las diversas subfamilias, siendo notable el

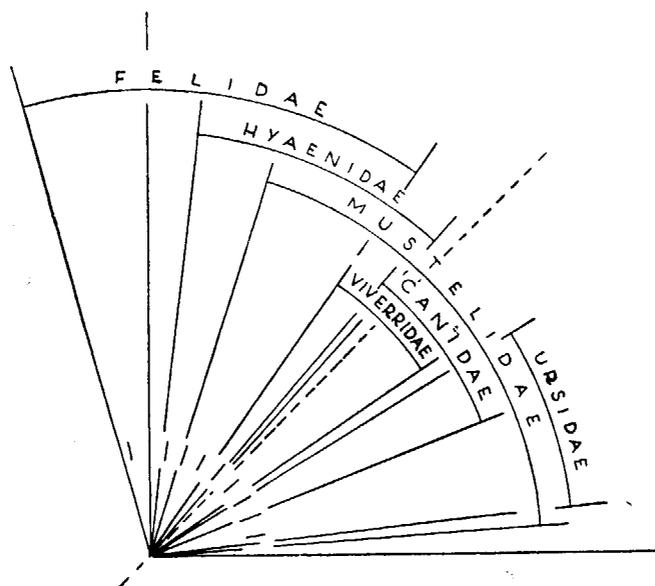


Fig. 3.—Amplitud de variación de α en las diversas familias. En línea de trazos, el módulo α en *Cynodictis*.

que algunas de ellas, morfológicamente bien caracterizadas, presenten incluso ligeras desviaciones con respecto

reunir elementos suficientes para caracterizar sus límites; sin embargo, los valores de que hemos dispuesto confirman las clásicas ideas que emparentan esta familia con el grupo arctoide. En efecto, ninguno de los valores supera los 45° .

(*) En la tabla 1 ampliamos el campo de variabilidad de cada familia sobre el dado en el trabajo anterior.

a los valores más típicos de la familia a la que pertenecen, prueba de su evidente realidad biológica. Los valores diferenciales de *alfa* tienen a veces importancia genética o específica, y en algún caso llegan a alcanzar interés como índices evolutivos en una misma forma de gran distribución vertical. Todo ello determina, en fin, una agrupación en haces secundarios de formas afines.

Parece pues, que esta distribución ofrece, por una parte, un sugestivo interés en vistas al diagnóstico de las diversas formas existentes, a la vez que nos conduce, con raro acierto, por el camino de la filogenia, puesto que las formas especializadas hacia uno u otro polo se encuentran precisamente en los correspondientes extremos del abanico, mientras que las formas primitivas (morfológica y cronológicamente hablando) se sitúan en las inmediaciones del tipo originario. Además, ello queda corroborado por el estudio del módulo *alfa* en las carnívoras de leche (D 4) de varios carnívoros: tales valores tienden a acercarse al de las formas primitivas del grupo, alejándose un tanto de los de la forma adulta (fig. 4).

A partir pues, del valor central de 45° , se ha realizado

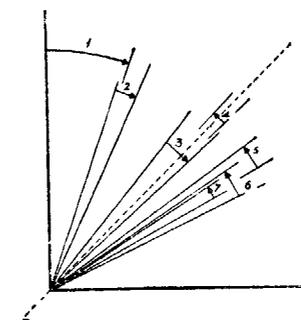


Fig. 4.—Valor de α en algunas carnívoras inferiores de leche, comparado con el mismo módulo en la pieza permanente de las mismas especies. Las flechas parten del valor de la pieza definitiva a la de leche. Obsérvese que en los hipercarnívoros el ángulo disminuye, mientras que ocurre lo contrario en los hipocarnívoros.

1, *Felis tigris*. 2, *Grivasmilus jourdani*. 3, *Semigenetta elegans*. 4, *Martes laevidens*. 5, *Amphicyon schlosseri*. 6, *Broiliana nobilis*. 7, *Laphictis vorax*.

una progresiva diferenciación en ambos sentidos, para dar lugar al actual polimorfismo. La conquista de los valores extremos se ha realizado paulatinamente al compás del tiempo de manera simétrica con relación al valor original que llamaremos *sintetotipo* (*), que ha actuado a modo de eje director, de modo que su valor representa en todo momento la bisectriz del ángulo formado por los valores

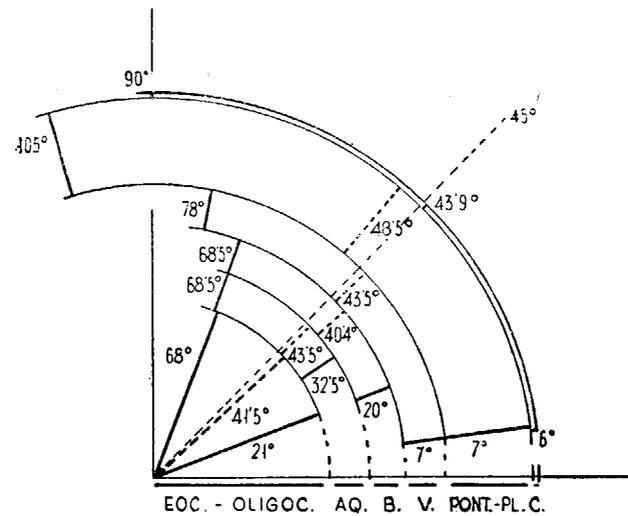


Fig. 5.—Amplitud y valor medio de α en diversas asociaciones faunísticas de diferente edad. Nótase la posición del promedio en cada caso.

límites alcanzados. Los datos obtenidos analizando diversas paleobiotas son una prueba evidente de lo indicado. En la tabla 2 exponemos los resultados alcanzados al efectuar

(*) Introducimos este neologismo por las razones que se exponen al final y para evitar el término «arquetipo» tan utilizado por los sistemáticos de la escuela tipológica y que es un concepto diferente, diríamos estático, del de nuestro valor original, precisamente dinámico.

tuar los promedios en las asociaciones faunísticas que se mencionan. A pesar de una cierta artificiosidad en el procedimiento y de algunos reparos relativos a las biotas analizadas (las asociaciones de Wintershof-West y del Quercy están contenidas en bolsas con posible existencia de interferencias cronológicas; en las asociaciones antiguas existe un cierto carácter hipocarnívoro, debido a no haber considerado la pequeña fracción de los Creodontos), la presencia de un valor medio oscilando alrededor de los 45° confirma lo anteriormente expresado (fig. 5). La Paleontología está de acuerdo con esta conquista expansiva realizada por los Carnívoros a lo largo de su historia a partir de las primitivas formas — *Cynodictis*, *Pseudocynodictis*, *Plesictis*, *Palaeoprionodon*, etc.— cuyos ángulos se sitúan precisamente en las inmediaciones de la bisectriz del ángulo recto.

Los ritmos seguidos en este proceso expansivo serán analizados más adelante.

El ángulo beta

Paralelo al del ángulo *alfa*, el estudio del nuevo módulo ofrece parecidas consecuencias de orden filogenético.

El ángulo que denominamos *beta* relaciona los dos principales caracteres mensurables de la carnícera superior (P 4): longitud y anchura máxima al nivel del protocono. Su construcción la efectuamos de la siguiente manera: proyectada la carnícera de modo ortogonal sobre la superficie de oclusión de la misma, se trazan dos líneas; una de ellas, uniendo el metacono con el punto más saliente hacia delante de la región del parastilo, y la otra uniendo la primera punta indicada con el protocono (fig. 7).

Los valores que se obtienen rebasan apenas el primer octante: los límites son 10° y 55° . Con un lote crecido de datos puede obtenerse un abanico más cerrado que el de *alfa* y que tiene su eje bisector en los $22,5^\circ$, valor que es

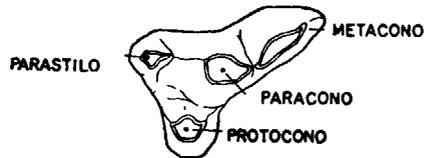


Fig. 6.—Carniceira superior vista por la cara oclusal, con sus elementos topográficos.

precisamente la mitad del valor original de *alfa*. Este valor medio resulta ser el del sintetotipo, por ser el correspondiente a las especies generadoras del grupo (*Cynodictis*, etc.).

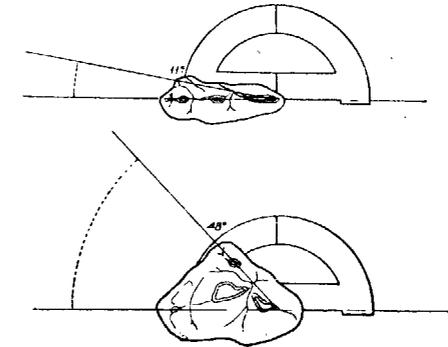
A partir de este valor, contrariamente a lo sucedido para *alfa*, el grupo arctoide se dispone en el sentido creciente, mientras que el grupo aeluroide ocupa los lugares correspondientes al sector decreciente (*). La tabla 3 indica los valores extremos de *beta* para cada familia. La misma posición correlativa de cada una de ellas que existía para *alfa*, se observa de manera análoga para *beta*, pre-

(*) El significado morfofisiológico de estos ángulos salta a la vista. Para *alfa* el valor del ángulo es tanto mayor cuanto más reducido es el talónido, es decir, cuanto menos importancia tiene la fracción destinada a la trituración en la carniceira (hipercarnívoros). En cambio, el aumento en desarrollo del talónido, evidente prueba de una progresiva adaptación a un régimen de vida omnívoro, conduce a la existencia de valores muy bajos de *alfa* (hipocarnívoros).

Lo contrario sucede para *beta*. Los valores bajos de este ángulo se dan en las carniceiras de poca anchura que actúan a modo de lámina cortante, tal como sucede en los hipercarnívoros. Los valores altos de *beta* son propios de carniceiras triturantes que corresponden a formas en fase de acentuación omnívora. La estricta correlación de la forma entre las piezas dentarias del maxilar y de la mandíbula—correlación justificada por el lógico antagonismo de posición de las mismas— explica esta inversión de los valores.

sentándose asimismo un cierto contenido de imbricación de valores (fig. 8).

Todo ello acaba por reafirmar que, igual que para *alfa*, el valor de *beta* es notablemente significativo, tanto desde el punto de vista sistemático como filogenético. La distribución dispersiva a partir del sintetotipo, que ahora se sitúa en los $22,5^\circ$, recuerda



—aunque la posición relativa es inversa— la ofrecida para el módulo anterior. Las formas primitivas --antiguas y modernas— se colocan en

Fig. 7.—Trazado del ángulo β . En la parte superior en la carniceira de un hipercarnívoro; en la inferior en la de un hipocarnívoro.

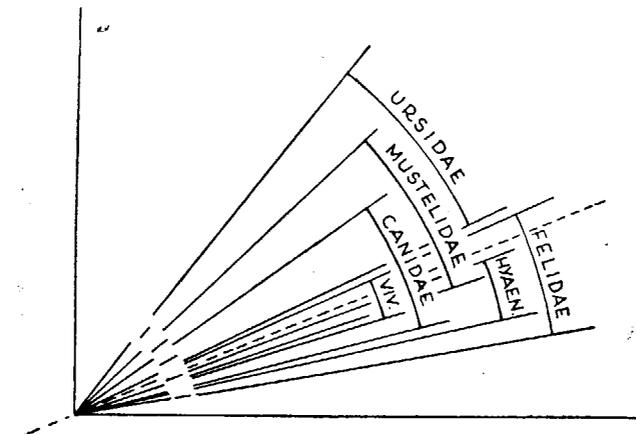


Fig. 8.—Amplitud de variación de β en las diversas familias. En línea de trazos, el módulo de *Cynodictis*.

el varillaje central, en tanto que las especializaciones están situadas en los extremos. También aquí el valor sintetotípico ha actuado a modo de eje director, en torno del cual se han colocado las formas diferenciadas.

No podemos ofrecer aquí una tabla de promedios de *beta* en diversas asociaciones, tal como hemos hecho para *alfa*, puesto que el hallazgo de carniceras superiores de especies fósiles acostumbra a ser menos frecuente que el de las piezas análogas de la mandíbula. Solamente el cómputo de los valores correspondientes a las especies actuales de la provincia paleártica europea, permite esperar que, tal como sucede para *alfa*, este análisis demostraría el papel axial del valor sintetotípico a través del tiempo y la distribución de las formas diferenciadas, de manera simétrica respecto al mismo. Sobre 17 especies consideradas, y con valores extremos de 12° y 41°, el promedio de valores es de 22,4°, idéntico al correspondiente a *Cynodictis*.

La relación entre alfa y beta

Las consecuencias obtenidas en el examen por separado de la dispersión de valores *alfa* y *beta*, induce a creer en una relación estrecha entre ambos módulos. El hecho de que del aumento progresivo en el valor de una de las magnitudes corresponda la distribución también progresiva de la otra, de modo que se manifiesta una inequívoca tendencia a la homología de los valores de *alfa* próximos a los 45° con los de *beta* cercanos a los 22,5° y, de manera aproximada, los 0° y 90° del primer módulo con los 45° y 0° del segundo, respectivamente, hace sospechar la existencia de una verdadera correlación.

Si bien es verdad que el material de estudio no pertenece a ninguna población geográfica ni aun a una sola estirpe filética escalonada a través del tiempo, creemos es permisible usar del método habitual de estudio de las correlaciones para mostrar la estrecha relación que liga estos valores. Por otra parte, la progresiva diferenciación morfológica, por alometría, de las carniceras a partir del tipo primitivo, mediante simples transformaciones de estructura expresables gráficamente —modificaciones del sistema de coordenadas fundamentales como las propuestas por Thompson d'Arcy (*)—, permite imaginar todas las formas como procedentes de un lejano progenitor común (el tipo ancestral) de acuerdo con los conocimientos que nos proporciona el estudio de la evolución del grupo. De este modo las distintas especies que se consideran, vienen a adquirir categoría de meras variantes de un tipo originario, haciendo abstracción de la idea de tiempo y con una extensión espacial ecuménica.

El número de especies examinadas, en las que hemos podido obtener valores *alfa* y *beta*, asciende a 197, distribuidos como sigue: trece Úrsidos, cuatro Prociónidos, cincuenta y cinco Cánidos, sesenta y un Mustélidos, trece Vivérridos, quince Hiénidos y treinta y seis Félidos, cantidades no demasiado alejadas de las proporciones ideales entre los diversos grupos según los datos que suministra la fauna actual.

De acuerdo con las normas metodológicas clásicas que proporcionan los tratadistas en Biometría (Pearson, Fisher, etc.) y admitida la validez del procedimiento, hemos

(*) Thompson d'Arcy, W.: «On Growth and Form».—2.ª edición, revisada. Cambridge University Press. 1952.

Véase la gráfica de coordenadas deformadas expuesta en nuestro anterior trabajo.

ensayado una a modo de *tabla de correlación* entre los valores de *alfa* y *beta*.

Siguiendo el procedimiento sencillo expuesto por Simpson y Roe (*), y dividiendo el colectivo en distintas clases dé un intervalo de 15° obtenemos una agrupación dispuesta aproximadamente en diagonal, trazada desde el ángulo inferior izquierdo al superior derecho de la tabla. Confeccionada la distribución de frecuencias, la observación inmediata de la disposición obtenida nos proporciona una idea elemental sobre la existencia de una cierta correlación de signo negativo (tabla 4).

En el sentido de las ordenadas hemos colocado los valores de *beta* y en el de las abscisas los de *alfa*. Los cálculos, por el llamado «Método corto» (Simpson y Roe), están dispuestos en la misma tabla: valores de las medias rectificadas (M_α y M_β), errores típicos correspondientes (σ_α y σ_β), coeficiente de correlación (r) y su error probable (σ_r).

El coeficiente de correlación de Pearson, calculado de acuerdo con la fórmula

$$r = \frac{\sum (d_\alpha \cdot d_\beta)}{N \cdot \sigma_\alpha \cdot \sigma_\beta}$$

nos proporciona un valor negativo (— 0,643), como era de esperar dada la variación de las magnitudes comparadas. Para interpretarlo, hemos de considerar el bajo error probable de r y seguir el criterio expresado por las reglas prácticas de King. Así podremos afirmar, sin lugar a dudas, que *existe una correlación marcadamente buena entre*

(*) Simpson, G. G., y Roe, A.: «Quantitative Zoology.—Mc. Graw, Hill Book Co. New York and London, 1939.

ambas magnitudes comparadas y de tipo no lineal (*). El coeficiente z , introducido por Fisher (**), calculado de acuerdo con la fórmula:

$$z = 1/2 [\log_e (1 + r) - \log_e (1 - r)]$$

alcanza un valor parecido al de r (— 0,759) aunque un tanto más elevado, acentuando algo la bondad de la correlación entre *alfa* y *beta*.

La bondad de este coeficiente calculado demuestra pues que existe una real dependencia de ambas magnitudes. Se trata de módulos ligados por una suerte de relación que determina que las variaciones de uno de ellos repercutan cuantitativamente sobre el otro. Ya hemos indicado, en efecto, que la morfología dentaria condiciona estos valores, de tal modo que existe una evidente correspondencia entre las variaciones de uno con referencia a las del otro. Este hecho es homologable al concepto matemático de *función*, aceptado aun dentro de la elasticidad que imponen las particulares características de los fenómenos biológicos. Efectivamente, la estrecha y rígida correspondencia numérica que exige la función matemática, no se presenta nunca en Biología, repugna a la propia naturaleza viviente: los valores se agrupan en cambio, en

(*) Hacemos constar que durante las etapas sucesivas de este estudio calculamos el coeficiente de correlación entre *alfa* y *beta* cuando disponíamos de un número de variantes sensiblemente menor: 62 y 117. Sin embargo, los valores obtenidos (— 0,715 y — 0,698), están en la misma línea del que hemos indicado anteriormente. La escasa diferencia entre los valores de los índices obtenidos respectivamente por 62, 117 y 197 formas distintas, comporta de un lado la prueba de un manejo azaroso de las especies estudiadas y por otro el valor de «sinceridad» en esta tendencia hacia su límite análogo.

(**) Fisher, R. A.: «Statistical Methods for Research Workers».—Tenth edition. Oliver and Boyd. London, 1948.

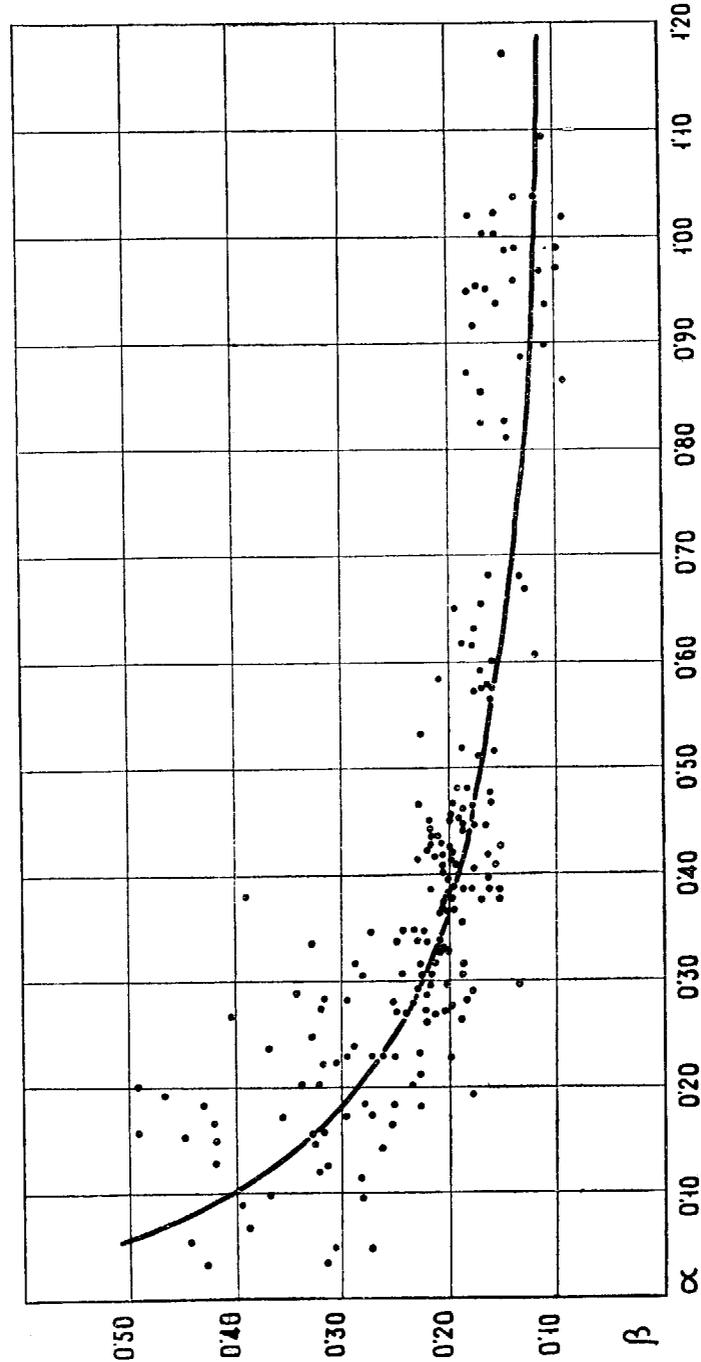


Fig. 9. Diagrama de dispersión de puntos correspondiente a la relación de $\text{tag } \alpha/2$ y $\text{tag } \beta/2$ y su línea de ajustes.

el entorno de una cierta relación algebraica y la función es aquí solamente una *tendencia* hacia la línea ideal de mayor concentración. El problema puede resolverse con mayor comodidad usando de la representación gráfica de los valores obtenidos.

Sobre un sistema de coordenadas hemos colocado los valores angulares en su expresión tangencial (fig. 9). Para obviar la presencia de valores excesivamente elevados, de difícil representación en la gráfica, y la del salto $+\infty$ a $-\infty$ en los 90° , hemos reducido los datos a su valor mitad.

Colocados los puntos representativos de los valores de

$$\text{tag } \frac{\alpha}{2} \text{ y } \text{tag } \frac{\beta}{2}$$

sobre el sistema, se observa una agrupación de aquéllos en una ancha faja situada en dirección opuesta a la de la bisectriz del cuadrante afectado. La concentración máxima se sitúa en la zona central (valores próximos al sintotipo), existiendo una clara dispersión centrífuga de puntos principalmente hacia los extremos de la faja. El conjunto parece disponerse simétricamente alrededor de una hipotética línea, que representa el límite o tendencia del conjunto. Esta línea de ajuste, cuyo trazado puede realizarse por el procedimiento de los mínimos cuadrados y aun con cierta aproximación, mediante los valores medios de la faja, en el sentido transversal, representa la *línea de regresión*, cuya ecuación algebraica constituye la ligazón entre las dos magnitudes consideradas.

¿Cuál es la ecuación de esta línea? Si las variaciones de *alfa* y de *beta* fueran de tal grado que respondieran a una perfecta correlación inversa, es decir, que la razón de variabilidad alcanzara el mismo grado en todo el recorrido

de la curva, nos encontraríamos evidentemente frente a una rama de hipérbola equilátera, cuyas asíntotas hallarían su correspondencia sensible con los ejes de coordenadas. Es verdad que existe esta correlación de signo negativo, pero el ritmo de variación de la razón de proporcionalidad, no es siempre el mismo, de tal modo que la rama derecha de la línea en cuestión acaba por manifestar una tendencia más marcada que la izquierda a hacerse paralela al eje correspondiente. El hecho de que en esta relación de variabilidad de las dos magnitudes exista tal cambio de ritmo, de manera que si se acerca a 1 para valores bajos de *alfa* o de *beta*, para los elevados de *alfa* apenas hay variación de *beta*, orienta la pista hacia una parábola o hacia una hipérbola de grado mayor. Y efectivamente la expresión matemática de la misma nos revela que se trata de una curva politrópica, es decir, de una rama de hipérbola de orden superior.

Si procedemos trasladando los puntos significativos de la curva sobre un sistema de coordenadas logarítmicas, aquéllos nos aparecen alineados de tal modo que la curva en cuestión queda totalmente rectificadas. Esta condición la cumple solamente una curva politrópica, cuya ecuación general obedece a la fórmula

$$y = k x^{-n}$$

en la que n se calcula a partir de los logaritmos de las coordenadas de los puntos de la misma:

$$n = \frac{\log y_1 - \log y_2}{\log x_2 - \log x_1}$$

y el coeficiente k de acuerdo con la expresión

$$k = y_1 \cdot x_1^n$$

Dando valores, que expresamos directamente en grados sexagesimales y que corresponden a datos observados, obtenemos para n un valor de 0,52048, y para k 137,898. La ecuación será pues:

$$y = 137,898 x^{-0,52048}$$

Para su uso emplearemos, simplificando valores, la expresión

$$y = 126 x^{-0,5}$$

o sea,

$$y = \frac{126}{\sqrt{x}}$$

que equivale, con mucha aproximación, a la ecuación calculada anteriormente.

Esta sería pues, la ecuación que representa, salvando el margen de error inevitable en una gráfica, la curva ideal a la que tienden los valores recopilados. El mayor o menor grado de confianza que nos merece depende de la mayor o menor concentración de puntos a ambos lados de la misma y de la estimación del coeficiente de correlación que, sin embargo, es ya de sí suficientemente expresivo para mostrar una neta interdependencia de las dos variables. La ecuación obtenida nos enseña el tipo de relación existente entre ambas y la manera de calcular, sobre los puntos de la curva, cada valor particular de uno de los módulos en función del otro.

Distribución de las variantes

Si la relación entre *alfa* y *beta* estuviera regida por una ley matemática de proporcionalidad, la ecuación obtenida nos permitiría calcular cómodamente los valores de uno de los módulos, conocidos los correspondientes del otro. Pero como ya hemos indicado y muestra claramente la figura, la línea trazada es solamente la concreción de una «aspiración» del conjunto hacia una norma directriz. A ambos lados de la línea existe una verdadera constelación de puntos, más o menos regularmente dispuestos a lo largo de la misma. El conjunto zonal puede limitarse por dos líneas del mismo significado que la central, y cuya ecuación es fácil de calcular (*). Las poquísimas formas que escapan de esta faja tienen un carácter anómalo y confirman la norma indicada.

Un examen atento a la situación topográfica de cada una de las formas sobre nuestro cuadrante, nos informa ampliamente del significado de la dispersión observada. Los factores sistemático-ecológico y temporal han entra-

(*) Mediante un procedimiento análogo al anterior, obtenemos sus valores:

$$y = 449,53 x^{-0,712} \quad y = 103,38 x^{-0,655}$$

que, de manera simplificada, equivalen aproximadamente a

$$y = 540 x^{-3/4} = \frac{540}{\sqrt[4]{x^3}} \quad y = 88 x^{-1/4} = \frac{88}{\sqrt{x}}$$

Con el empleo de ambas ecuaciones podemos obtener los valores extremos de *beta*, correspondientes a un *alfa* dado, es decir, encontrar la amplitud de variación del primer módulo para cada valor del segundo:

$$ay = 540 x^{-3/4} - 88 x^{-1/4}$$

do en juego de manera primordial, según se deduce de los siguientes hechos:

- a) Que el sintetotipo y las formas inmediatas que constituyen la zona basal de los Fisípedos, se encuentran precisamente sobre la línea trazada y hacia su zona media.
- b) Que a la derecha del sintetotipo, y a lo ancho de toda la faja, se colocan los hipercarnívoros (*rama aeluroide* de la curva), mientras que a la izquierda hacen lo propio los hipocarnívoros (*rama arctoide*). Las diversas familias están instaladas de manera escalonada sobre la gráfica, de acuerdo con su mayor o menor grado de «carnivoridad»: Vivérridos, Hiénidos y Félidos, por este orden, en la rama aeluroide, y Cánidos, Mustélidos, Prociónidos y Úrsidos, en la arctoide, y
- c) Que dentro de cada familia existe una distribución lógica y racional de todas y cada una de las formas, atendiendo a una especialización morfológica y temporal. Los tipos primitivos se sitúan más cerca de la línea de regresión (*línea canónica*), mientras que los tipos especializados suelen estar fuera de ella, y a veces justamente en los límites tolerados por la situación del grupo al que pertenecen. Además, dentro de cada familia los tipos primitivos suelen situarse en el polo más cercano del sintetotipo y los especializados en el opuesto.

Estas observaciones nos muestran claramente la importancia de la intervención de los factores sistemático-ecológicos y temporales mencionados. La evolución ha creado, a partir de un tipo basal, una serie de formas fun-

damentales o prototípicas que han sido responsables por sí mismas del actual polimorfismo, traducido en la dispersión de puntos en la gráfica. El factor tiempo ha determinado las diversas vías en este proceso expansivo del grupo a través de las épocas geológicas. Estos elementos han actuado pues conjuntamente y han originado la actual constelación de valores.

El punto de partida del proceso nos viene representado por las formas vecinas de sintetotipo, es decir, próximas al punto cuyas coordenadas (según expresión tangencial del ángulo mitad), son 0,414 y 0,198. Los investigadores están de acuerdo en considerar al género eocénico *Cynodictis* y afines, en la base de los Fisípedos, cerca del enlace con los Miácidos, grupo faunístico que forma parte de la fase creodonta final del complejo de los Carnívoros. Las tres especies de aquel género, con cuyos módulos angulares hemos podido contar, se sitúan en la inmediata cercanía del punto central, dos de ellas casi sobre el mismo. Los géneros vecinos a *Cynodictis*, y que según los tratadistas forman con él el bloque compacto y prácticamente continuo *Cynodictinae - Plesictinae - Stenoplesictinae* (*Procynodictis, Pseudocynodictis, Cynodesmus, Plesictis, Palaeogale, Palaeoprionodon*, etc.), integran un área cuyo centro natural converge en el punto que corresponde a los 45° para *alfa* y a los 22,5° para *beta*. Con toda razón este punto singular, en perfecta armonía con los datos que suministra la Filogenia, puede considerarse la estructura primordial del conjunto, el tipo primitivo y polivalente del complejo, a partir del cual y de manera radial se han originado los demás.

Las dos grandes categorías ecológicas de los Carnívoros, los hipercarnívoros y los hipocarnívoros, a las que diversos autores han concedido real categoría taxonómica

(Flower: *Arctoidea* y *Aeluroidea*; Hay: *Ursoidae* y *Feloidea*; Cope: *Hipomycteri* y *Epimycteri*; Colbert y Simpson: *Canioidea* y *Feloidea*, etc.), se sitúan, con una cierta e inevitable imbricación, en cada una de las dos ramas de la curva obtenida. La filogenia y el examen morfoestructural de las carnívoras, están de acuerdo en la existencia de una segregación basal de ambas ramas de Carnívoros. Algunos autores (Viret, por ejemplo) llegan a suponer que los tipos arctoide y aeluroide proceden, por evolución difilética, de dos familias distintas de entre las del complejo creodonto del Eoceno: los Miácidos y los Viverrávidos respectivamente (*). No obstante, es un hecho comprobado el estrecho parentesco existente entre las familias que constituyen cada uno de los dos grupos mencionados. Mientras Viverridos, Hiénidos y Félidos, por una parte, y Cánidos, Mustélidos, Prociónidos y Úrsidos por la otra, tienen una gran cantidad de elementos comunes, los puntos de enlace entre ambas ramas se encuentran solamente en las inmediaciones de la zona indiferenciada basal (área de *Cynodictis*, etc.). Este hecho está perfectamente de acuerdo con los datos extraídos de la gráfica en cuestión. A la derecha de la zona basal, las tres familias representantes de la rama hipercarnívora se instalan a lo largo de la curva siguiendo el orden natural que corresponde a su grado de especialización. A la izquierda, y del mismo modo, se sitúan las representantes de la rama hipocarnívora, de acuerdo con el orden que implica su desviación omnívora.

Las familias primitivas de ambas ramas, Cánidos y Vi-

(*) Viret, J.: «Introduction à l'étude des Mammifères fossiles». -- *Les Cours de l'Université de Lyon. Centre de Documentation Universitaire*. París, 1946.

vérridos, forman precisamente una especie de envolvente del área de los *Cynodictinae* de acuerdo con los datos que impone la filogenia. Los polos opuestos de la especialización, Úrsidos y Félidos, se sitúan, como es de esperar, en los extremos de ambas ramas.

La distribución de las diversas familias a lo largo de la curva se realizó, pues, atendiendo al significado biológico de las mismas. Este hecho era previsible una vez comparados los abanicos de distribución de los valores de *alfa* y de *beta* anteriormente mencionados. La existencia de ciertas zonas de imbricación entre las familias es perfectamente explicable. Las áreas que engloban los valores extremos de cada una de ellas son muy expresivas respecto del significado de las interferencias. Un análisis de los puntos situados en estas zonas comunes nos revela la presencia, en general, de formas de enlace entre ambas familias (Hemicióninos entre Cánidos y Úrsidos; Ictitérinos entre Vivérridos y Hiénidos, etc.)

Hemos indicado que los tipos que presuponen una primitividad morfoestructural se sitúan en las proximidades del punto originario. Cada familia contiene un cierto número de formas primitivas —las que se hallan en la base de su línea filogenética— dentro de la especialización que suponen sus determinantes morfológicas. Estas formas están situadas, casi sin excepción, sobre la curva calculada. Para ellas, la ecuación obtenida expresa exactamente la ligazón existente entre ambas variables, al contrario de lo que sucede en las demás, para las que a un valor dado de *alfa* corresponde un valor mayor o menor de *beta* situado entre las curvas limitantes de la faja considerada o viceversa.

Si se procede a un estudio cronológico de las especies situadas sobre la línea canónica se observa que correspon-

den a formas primitivas de expansión antigua. Fácilmente se puede colegir —y los hechos abonan esta hipótesis— que en la fase de radiación basal aparecieron por variaciones criptogenéticas, los tipos fundamentales de las diversas familias (excepción hecha de Úrsidos y Hiénidos, que reconocen su origen secundario). Los puntos correspondientes a tales tipos en la gráfica, determinarían pues de manera clara su particular trazado. Una fase posterior de especialización a partir de estas formas, sería responsable de la dispersión que se observa en la misma. Estos datos de la historia de los Carnívoros fisípedos son de fácil lectura sobre la gráfica. Existe un hecho claro: a partir del sintotipo la primera fase evolutiva viene dada por una expansión en sentido longitudinal (período explosivo o de radiación basal), que origina los diversos tipos; una segunda fase consiste en una expansión en sentido transversal, con tendencia a un alejamiento de la línea canónica. En realidad estas dos fases no son sólo sucesivas en el tiempo, sino que además se producen de manera simultánea.

El estudio del fenómeno expansivo de los Fisípedos a partir del tipo fundamental es de un crecido interés, toda vez que revela la propia historia evolutiva del grupo. El análisis de las desviaciones, tal como las revela la gráfica, permite realizar una contribución de cierto interés para conseguir su esclarecimiento definitivo. Sobre esta cuestión nos extenderemos en detalle en el apartado que sigue.

Análisis de las desviaciones

El hecho de que el punto de partida del grupo se encuentre perfectamente determinado sobre la línea y hacia la zona media, y la existencia de una reconocida evolución radial del conjunto, justifica el trazado y utilización de un sistema de coordenadas con origen en este punto singular.

Un sistema de coordenadas aritméticas que tenga su intersección en el punto que corresponde a los parámetros 0,414 y 0,198 del anterior sistema, propios del sintetotipo, nos muestra el espacio dividido en cuatro cuadrantes, con una desigual repartición de la constelación estudiada. La faja que envuelve la curva en cuestión queda incluida casi totalmente en el segundo y cuarto cuadrantes. Dos breves segmentos de la misma se sitúan en el primero y en el tercero, pero la exigua cantidad de puntos situados en estas últimas zonas justifica el hecho de considerárselas como casi «áreas vacías». Es como si existiera una cierta resistencia entre los componentes del grupo a ocupar zonas que representarían para ellos el poseer valores de los módulos estudiados hasta cierto punto anómalos (*alfa* y *beta* ambos a la vez superiores o inferiores a los módulos del sintetotipo). Y la imagen de esta resistencia parece hacerse patente al observar que los escasos valores situados en estos cuadrantes ocupan solamente la zona limítrofe, como si dieran a entender la existencia de un forzado escape del territorio normalmente ocupado. Ello nos traduce gráficamente el hecho lógico de que las formas cuyo *alfa* es superior a 45° poseen siempre un *beta* inferior a los 22,5°

y viceversa; los demás pueden pues considerarse relativamente aberrantes.

Pero el análisis y estudio de las situaciones relativas de los diversos puntos debe hacerse lógicamente de otra manera. Si los puntos situados sobre la curva representan tipos análogamente primitivos, mientras los que están igualmente apartados de ella significan el mismo grado de desviación, parece natural utilizar la propia línea canónica como nuevo eje de abscisas. Por otra parte, las desviaciones en sentido longitudinal deben ser de mayor grado cuanto más apartadas sean en sus puntos representativos del punto de origen. Razonando de este modo llegaremos a la conclusión de que puntos de igual abscisa *respecto a las coordenadas utilizadas hasta ahora*, no representan necesariamente iguales desviaciones respecto del punto de partida, mientras que puntos de distinta abscisa pueden representar idealmente la misma desviación.

Se impone pues ahora encontrar un eje de ordenadas que tenga una significación directriz del mismo orden que posee el de las abscisas que acabamos de establecer. Este eje no es otro que el que viene determinado por la línea cuya representación gráfica sobre papel logarítmico, sea una normal a la línea canónica en el punto sintetotípico. La representación de la constelación estudiada sobre tales coordenadas muestra la lógica de tal procedimiento. De este modo obtenemos un sistema de ejes cuyo significado biológico es innegable.

La faja que engloba la constelación de puntos se halla ahora distribuida regularmente alrededor del eje de las abscisas. Cada nuevo cuadrante contiene un área equivalente ocupada por los diversos puntos. El primero y el cuarto cuadrantes contienen el sector hipercarnívoro, mientras que el hipocarnívoro está situado en el segundo

y tercero. Las formas situadas en el segundo cuadrante poseen valores negativos para *alfa* y positivos para *beta*, o sea una acentuación cuantitativa de los caracteres de «hipocarnivoridad», por lo que pueden ser llamadas *bihipocarnívoras*. Las situadas en el cuarto, por el contrario poseen valores positivos para *alfa* y negativos para *beta*; por iguales razones se las puede llamar *bihiper-carnívoras*. En el primero y el tercer cuadrantes, en cambio, las formas existentes tienen ambos valores positivos y negativos, respectivamente, es decir, poseen «hipercarnivoridad» e «hipocarnivoridad» sólo para *alfa*; por ello podríamos llamarlas *alfa-hipercarnívoras*, y *alfa-hipocarnívoras*. A las situadas sobre la línea canónica las llamaremos *normocarnívoras* (*normohipocarnívoras* y *normohiper-carnívoras*).

Con tales coordenadas podemos intentar un análisis de las desviaciones de las diversas formas a lo largo de su historia. Existe una componente longitudinal, que llamaremos *extensión* y otra transversal que podremos llamar *dispersión*. Cada cuadrante poseerá extensiones o dispersiones de distinto signo. En el primero y en el tercer cuadrantes, tales valores serán ambos positivos y negativos respectivamente; en el segundo, la dispersión es positiva y negativa la extensión; en el cuarto, negativa la dispersión y positiva la extensión.

Pero para el estudio de tales desviaciones se hace preciso el uso de una unidad medidora de las mismas. Teóricamente esta unidad numérica debería representar un salto elemental en la evolución de una forma, es decir, una sola mutación criptogénica capaz de afectar los valores angulares estudiados. Esta unidad o *quantum* elemental de evolución, es prácticamente imposible de determinar, puesto que los métodos habituales para el genetista de

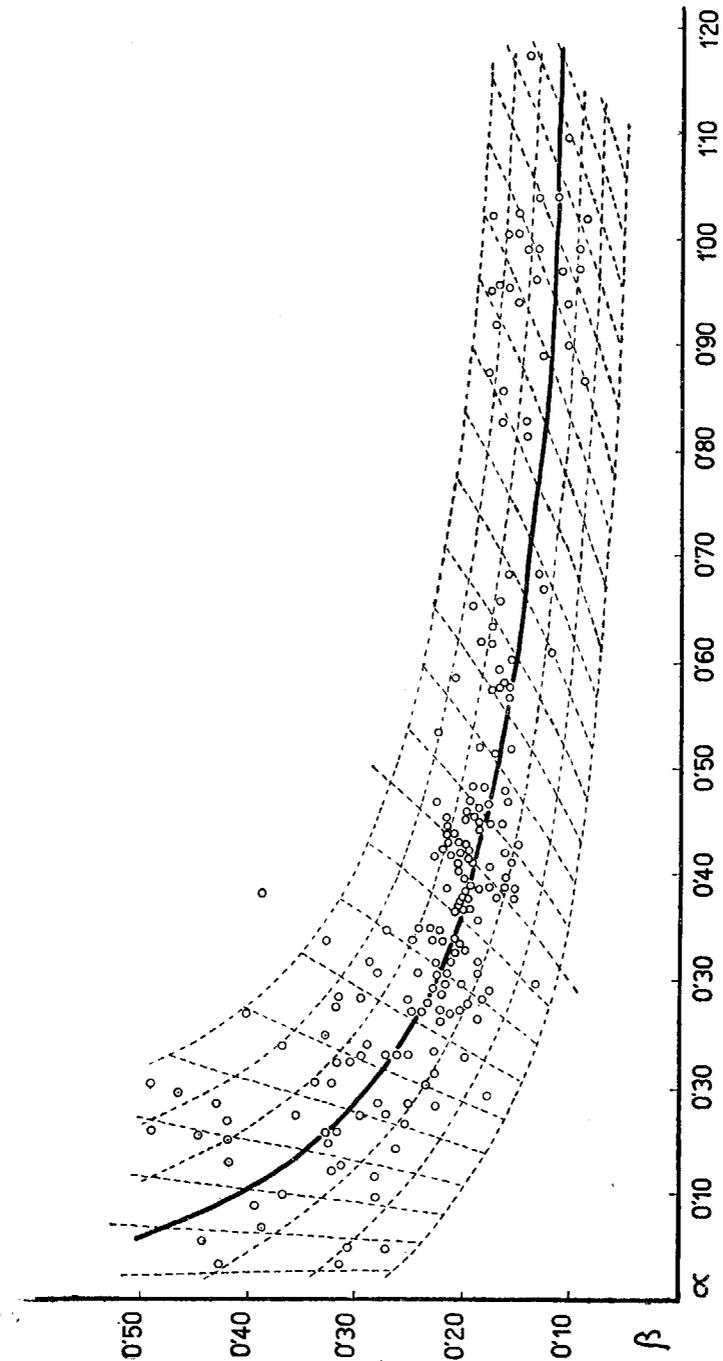


Fig. 10.—La constelación de puntos y las coordenadas curvilíneas empleadas.

laboratorio no pueden aplicarse en Paleontología (*), especialmente cuando, como en el presente caso, se estudian formas diferentes ancladas en distintos puntos del tiempo y el espacio y se prescinde por imposibilidad material, del estudio de poblaciones fósiles. Pero, por otra parte, su valor es solamente teórico, y más que el mismo, interesa el comparar la cuantía relativa de estas desviaciones.

Por tal motivo hemos pues, escogido una unidad gráfica arbitraria sin significado biológico determinado, pero que creemos adecuada dada su magnitud, para comparar las mencionadas desviaciones.

Con ella queda dividido el espacio en una cuadrícula curvilínea, a modo de falsilla, en la que situamos cada uno de los puntos considerados. La posición de los mismos es manifiestamente distinta de la que mantenían en el sistema de coordenadas normales, pero también más expresiva que ella (fig. 10).

La extensión y la dispersión tal como las hemos admitido anteriormente aumentan su valor a través del tiempo. Una serie sucesiva de gráficas indica claramente el avance progresivo del área de ocupación de los carnívoros (figura II). Desde el Eoceno hasta la actualidad, el ámbito global de crecimiento apenas ha cesado de progresar, aunque ello no se ha realizado siempre en el mismo sentido ni en las mismas proporciones.

(*) Quizá sea posible con el tiempo lograr más precisos resultados a este respecto aplicando métodos de Paleogenética, como los expuestos por nuestro ilustre colega Björn Kurten, muy recientemente (Kurten, B.: «Observations on allometry in Mammalian dentitions; its interpretation and evolutionary significance».—Acta Zool. Fenn. 85. Helsingfors, 1954).

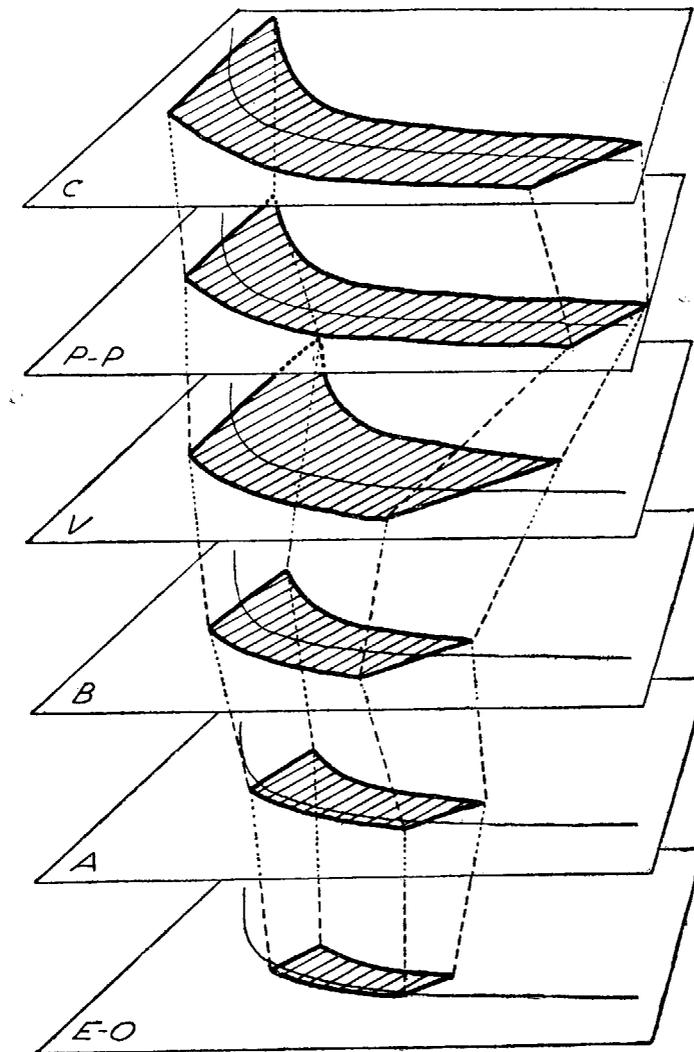


Fig. 11.—Variación del área de los Carnívoros a través del tiempo.

Vamos ahora a realizar un examen comparativo lo más detallado posible.

* * *

La tabla núm. 5 nos muestra la extensión, sus valores límites, la amplitud de variación y el incremento de ésta en el decurso del tiempo. La amplitud sigue un ritmo progresivo y los correspondientes incrementos son siempre positivos. El que se manifiesta en el paso del Plioceno al Cuaternario, posee sin embargo un valor bajo si lo comparamos con el ritmo adquirido por los otros; hay que tener en cuenta que, como dice Simpson, «el Pleistoceno fué mucho más corto que cualquiera de los periodos precedentes, y además excepcional, y la época actual representa prácticamente un instante en el paso del tiempo, por lo que sus datos no pueden, hasta cierto punto, ser comparados con cifras basadas en una duración». A pesar de ello, resulta perfectamante normal, de acuerdo con los datos suministrados por biólogos y paleontólogos, una disminución de frecuencia en el ritmo evolutivo de los Carnívoros, que (como en general toda la Clase de los Mamíferos) inician una cierta decadencia a partir del Terciario superior. Se observa asimismo que el progreso de la extensión se inclina casi siempre por la rama aeluroide; solamente en el Vindoboniense el ritmo se quiebra por un superior incremento en la rama opuesta.

La tabla que corresponde a los valores límites de la dispersión, manifiesta ciertas diferencias respecto a la de la extensión. La amplitud máxima de la dispersión se adquiere ya en el Burdigaliense (*), determinándose la pre-

(*) Hacemos notar, sin embargo, que prescindimos para los cálculos de datos que corresponden a dos o tres formas anómalas de posición separada del conjunto, y que nada influyen en los resultados alcanzados.

sencia de un incremento oscilante a partir de este momento, que presupone una cierta estabilización dispersiva. Y no solamente en amplitud absoluta, sino en ambos sentidos de la dispersión, lo cual significa que a partir de esta época los carnívoros empiezan a abandonar, en general, posiciones dispersivas ya conquistadas, haciéndose la diversificación preferentemente extensiva. También aquí, como para la extensión, se nota un cambio pendular en el signo de la dispersión durante el Vindoboniense; existe pues para esta época, un cierto progreso de extensión y dispersión hacia el tercer cuadrante (tabla 6).

* * *

Si consideramos ahora, también a lo largo del tiempo, las densidades de los diversos espacios ocupados de la cuadrícula, podemos quizá ver con mayor claridad cómo ha tenido lugar el ritmo de conquista de los nichos ecológicos. Ello muestra también un avance progresivo, finalizándose la ocupación total del ámbito a fines del Terciario superior. El examen de las tablas 7 y 8 es especialmente ilustrativo sobre el particular.

La extensión (tabla 7) sufre un cierto empuje inicial, alcanzando un nivel que mantuvo hasta llegar al Mioceno. Durante el Burdigaliense y el Vindoboniense sufre un nuevo avance que culmina en el lapso comprendido entre el Pontiense y los inicios del Cuaternario, en que alcanza su máximo conocido. La ocupación de las áreas extremas determina la aparición de algunas zonas intermedias vacías, como prueba de un desplazamiento de las nuevas formas hacia ambos polos de especialización.

La lectura de la columna de sumas correspondientes a las formas de cada zona (a la derecha de la tabla), muestra que si bien para la extensión negativa el ritmo de dis-

tribución posee una neta uniformidad, no sucede lo propio para la extensión positiva. La uniformidad inicial se rompe aquí por la presencia de un nuevo máximo en las zonas 9-10. Esta concentración secundaria corresponde a

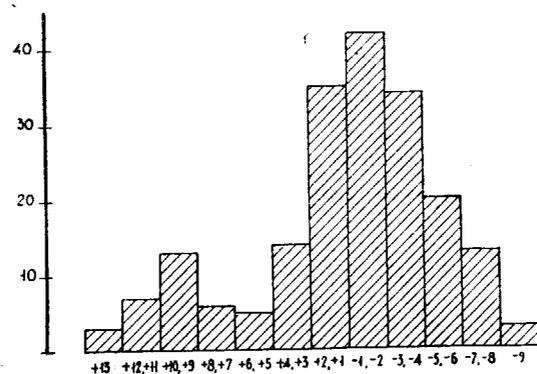


Fig. 12.—Densidad relativa de especies en el sentido de la extensión. Véase tabla 7.

los Félidos; el hecho de no haber utilizado ningún criterio selectivo para la obtención de valores de *alfa* y *beta* excluye toda falacia y concede interés al hecho en sí (fig. 12) (*).

El examen de los porcentajes horizontales indica que, salvo para el instante inicial, las densidades relativas para cada período han tenido un valor más alto hacia el polo arctoide que hacia su opuesto, hasta tender a una especie

(*) La existencia de este hiato, por lo demás menos marcado al utilizar la falsilla en lugar de las coordenadas normales, se debe al hecho de una máxima especialización en los Félidos y a la carencia de formas extremadas en los Hiénidos, que llegaron tardíamente a ocupar los nichos disponibles entre los Vivérridos primitivos y los Félidos especializados. Téngase en cuenta, además, que los Félidos llenan ya por sí mismos los espacios ecológicos de la mitad extrema de la rama aeluroide y deben compensar lo que sucede en la rama arctoide.

de equilibrio en la actualidad. Este dato complementa el que se ha extraído de la observación del sentido de la extensión en la tabla 5. Resulta pues, que si bien los valores extremos han inclinado casi siempre la extensión hacia la rama aeluroide, las densidades han sido más elevadas hacia el extremo contrario, como intentando contrapesar con un mayor volumen de formas el avance de las especializaciones opuestas (*).

En cuanto a la dispersión (tabla 8), se observa que la conquista del área de ocupación se ha hecho asimismo de manera paulatina y armónica con una sola discrepancia en las zonas +2 y -2, durante el Pontiense-Plioceno. Esta regularidad en la dispersión por el análisis de la distribución de densidades, aparece como más demostrativa que el que se ha realizado a partir de la situación relativa de los valores extremos (vid. tabla 6). Las sumas de la derecha de la tabla 8 muestran una perfecta distribución de tipo binómico de las formas, de acuerdo con esta armonía indicada (fig. 13).

El sentido de la dispersión (tantos por ciento horizontales) se ha inclinado en los primeros momentos hacia el lado positivo, para llegar, tras ligeras oscilaciones, a un equilibrio en el Cuaternario.

(*) Véase nota anterior.

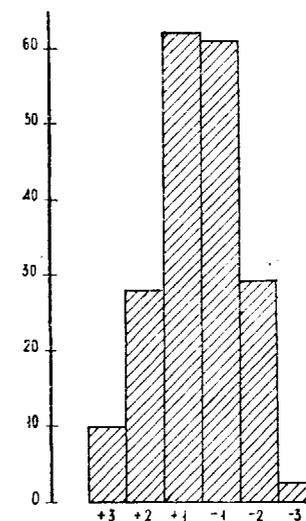


Fig. 13.—Densidad relativa del número de especies en el sentido de la dispersión. Véase tabla 8.

De todo lo visto deducimos pues que el fenómeno diversificante de los Fisípedos, a partir de un tipo primordial, se ha realizado de una manera progresiva y mediante un avance armónico de ambas ramas, de tal modo que las discrepancias aisladas de escape se han equilibrado con condensaciones o puestas de masas.

Es posible relacionar la evolución seguida por ambos procesos de desviación. La media geométrica de los dos valores representativos de extensión y de dispersión, nos da idea de lo que ha sido el fenómeno conjunto. En la tabla 9 anotamos los datos y valores calculados. El que llamamos *índice de divergencia*, y que es la mencionada media geométrica entre las dos amplitudes relacionadas, muestra valores sensiblemente crecientes a lo largo del tiempo, aunque los incrementos no sean iguales, pero sí siempre positivos; la fig. 14 expresa este índice y corrige la aparente anomalía de la extensión (tabla núm. 7).

Tales tablas nos imponen, pues, una idea clara de lo que ha sido el proceso a través de los sesenta millones de años de la historia de los Carnívoros. El hecho de la fuga de las formas nuevas hacia nuevos nichos ecológicos, tiene en las tablas y en el gráfico una imagen muy demostrativa. Este fenómeno de la marcha más o menos regular, pero siempre centrífuga, es un hecho que comprueban las cifras expuestas.

Si comparamos, por ejemplo, la magnitud de las densidades en las fajas exteriores con relación a las inmediatas a la línea canónica, nos daremos cuenta del aumento sistemático del índice obtenido (*índice de diversificación*) y de su significado, que no es otro que el de valorar la importancia creciente de los tipos especializados sobre los centrados. La tabla adjunta indica los valores sucesivos que ofrece el índice calculado para la extensión (se com-

para las fajas superiores a 4, en ambos signos con relación a las cuatro primeras) (tabla 10). Nótese que el valor máximo del índice se sitúa en el lapso Pontiense-Plioceno, que coincide efectivamente con el clímax de especialización de los Mamíferos.

Procediendo del mismo modo con respecto a la dispersión obtenemos lo indicado en la tabla 11.

En ella, como es dable observar, el valor máximo en el sentido de fuga respecto a la línea canónica, se sitúa tam-

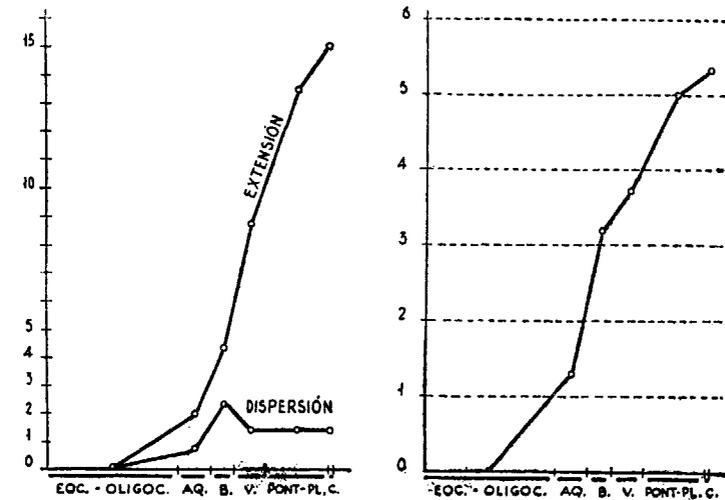


Fig. 14.—Extensión y dispersión de los Carnívoros fisípedos a lo largo del tiempo. A la izquierda, incrementos acumulativos; a la derecha, índice de divergencia.

bién en el Pontiense-Plioceno; existe pues una total coincidencia, que llega casi a ser idéntica cuantitativamente con la que hemos observado en el caso de la extensión (fig. 14).

El número de formas estrictamente canónicas (normo-carnívoras) es sólo de 26. El de formas cuya dispersión es

positiva sube a 88, mientras que el de formas negativas llega a 81. La equivalencia entre estas cifras muestra que, incluso para el caso del alejamiento centrífugo, existe una neta simetría de situación.

Por otra parte, es evidente que el máximo número de formas consideradas se establece en las inmediatas proximidades de los nuevos ejes coordenados, si no se hallan ya sobre la propia línea canónica. El conjunto de cuadros o celdas pertenecientes a la primera zona, en ambos sentidos de extensión y de dispersión (*cruz canónica*), engloba hasta 135 formas, que en conjunto representan más de las dos terceras partes del total (69 %).

Todo ello nos demuestra la realidad fehaciente de una ordenación simétrica del conjunto alrededor de los valores considerados como sintetotípicos. Ya hemos indicado en el examen particular de *alfa* y *beta* que el promedio de los valores de éstos, obtenidos en el estudio de diversas asociaciones faunísticas, realizado por yacimientos, revierte a los valores originarios, 45° y 22,5°.

Este hecho parece dar a entender de manera clara, una notable sujeción numérica de las variantes de especialización a la dirección primitivamente señalada, lo que concuerda con una idea de ortogénesis.

De tal modo parece existir esta sujeción al valor promedio, que se puede apreciar en las asociaciones de cada período un régimen de compensaciones relativo a la situación de las diversas formas respecto a la del sintetotipo, tal como se ha insinuado ya en párrafos anteriores. Es decir, que con las distancias respectivas se establecen razones de proporcionalidad, como si se tratara de brazos de palanca ideales, cuyo fulcro viniese representado por los referidos sintetotipos. A lo largo del tiempo, además, parece observarse una aceleración notoria de este fenó-

meno, por lo que se aprecia una disminución progresiva del número de formas aeluroides frente al de las arctoides, disminución equilibrada, sin embargo, y según se deduce de lo dicho anteriormente al hablar de la extensión, por un notable alejamiento de las primeras respecto de las segundas.

La filogenia de cada grupo por el análisis posicional

Repetidamente hemos indicado que del estudio de la gráfica expresiva de la relación de las variantes a que nos hemos referido, puede deducirse con gran aproximación la historia entera del conjunto de los Carnívoros y su proceso diversificante en familias, géneros y especies, a partir de tipos basales próximos al valor primitivo. Si esta aseveración es realmente cierta, y no resulta por lo tanto consecuencia de una engañosa armonía distributiva de los puntos de la falsilla, lo que podría ser considerado como una falacia numérico-gráfica, el deducir la filogenia particular de cada uno de los grupos, ha de ser una operación factible y de acuerdo con los puntos de vista sobre la cuestión, independientes de nuestro montaje cuantitativo. La lectura de la gráfica obtenida ha de permitir, pues, interpretar cómodamente las series filéticas. El proceso biológico de radiación evolutiva de los diversos grupos a lo largo del tiempo se traduce efectivamente en la propia gráfica en una disposición centrífuga de las líneas evolutivas correspondientes. Los puntos significativos se disponen en ella de una manera que da a entender la realidad material de tales procesos radiativos (fig. 15).

En ocasiones, no obstante, la gráfica se revela imposibilitada para distinguir y deslindar determinados jalones

de series biológicas vecinas, debido al fenómeno de la convergencia, difícil de descifrar numéricamente. A pesar de ello, suelen interpretarse frecuentemente las mismas de manera correcta por el hecho de no existir una exacta proporcionalidad inversa entre *alfa* y *beta*; así resulta que valores de dos líneas filéticas estrictamente convergentes para *alfa* no lo son con el mismo rigor para *beta* y viceversa, y de este modo llegan a determinar una traza distinta sobre la gráfica.

A tenor de lo indicado, trataremos pues de contrastar la historia particular de las diversas familias de los Fisípedos tal y como la han construido los autores con los datos que suministra nuestra relación matemática. En determinadas ocasiones será posible inclinarse en favor de ciertas hipótesis filogenéticas y pronunciarse, aunque con reservas, en contra de otras.

EL GRUPO BASAL POLIMORFO.—Existe acuerdo general en colocar *Cynodictis* y géneros vecinos del Eoceno y Oligoceno en la base de los Carnívoros fisípedos, cerca del enlace con los Miácidos, en las fases últimas del complejo creodonto. De este grupo, ciertamente homogéneo y genéticamente muy plástico, irradian los tipos fundamentales de las diversas familias, y en particular los de Cánidos y Vivérridos, como estadios más próximos a la estructura basal. Las formas que Teilhard llama *Cinodictoides*, *Cinodontoides* y *Estenoplesictoides* y que Boule agrupa comprensivamente en la familia *Cynodictidae*, aparecen en la gráfica efectivamente envueltas por las áreas de Cánidos y Vivérridos.

La situación de los diversos géneros —para algunos, simples estadios evolutivos de una misma fase inicial— es absolutamente canónica, como era de esperar. Se trata

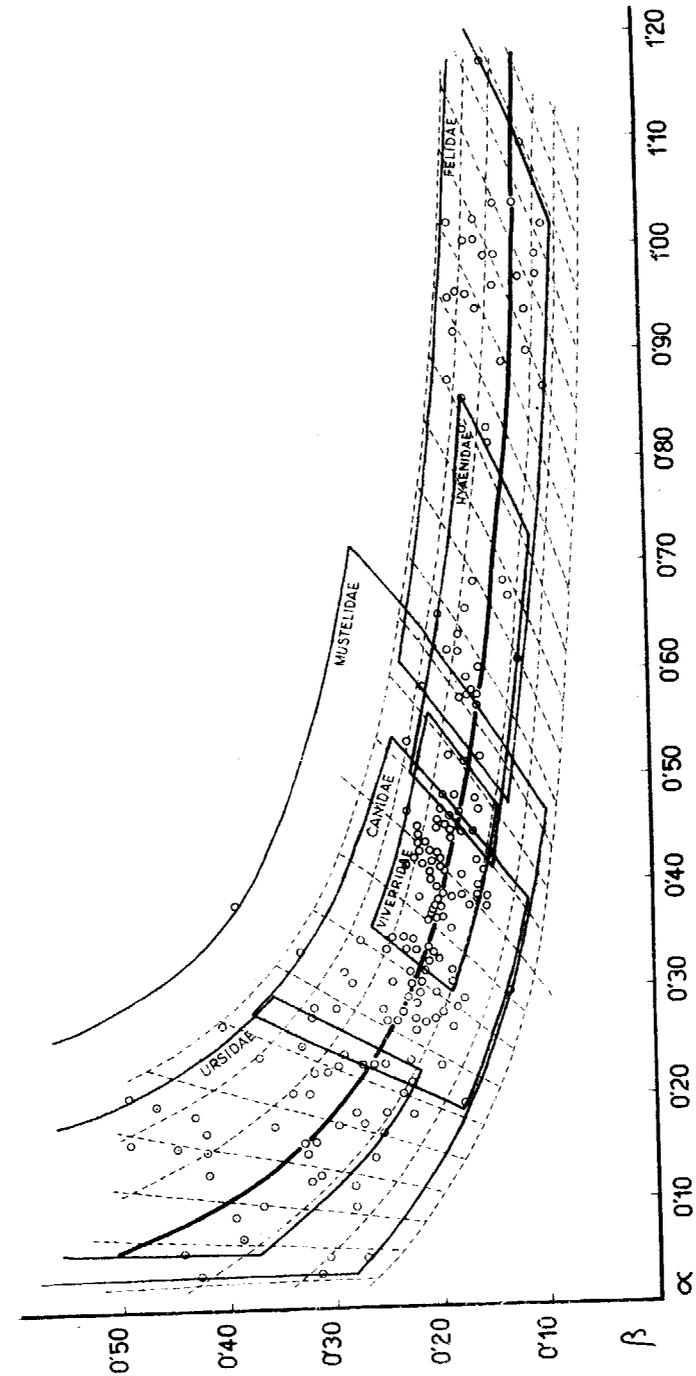


Fig. 15.—Distribución sobre el gráfico de las diferentes familias de los Fisípedos.

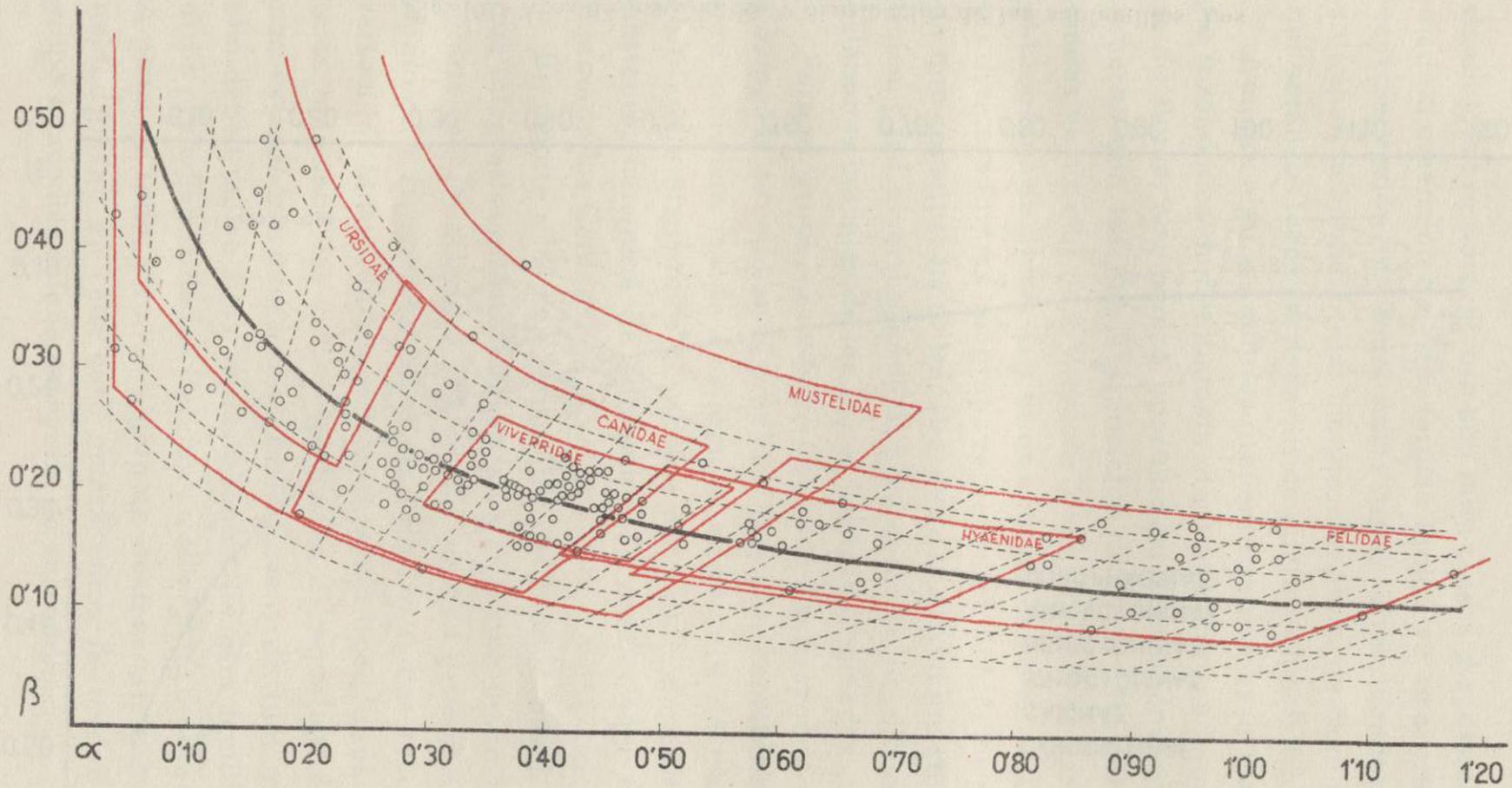


Fig. 15.—Distribución sobre el gráfico de las diferentes familias de los Fisípedos.



CANIDAE

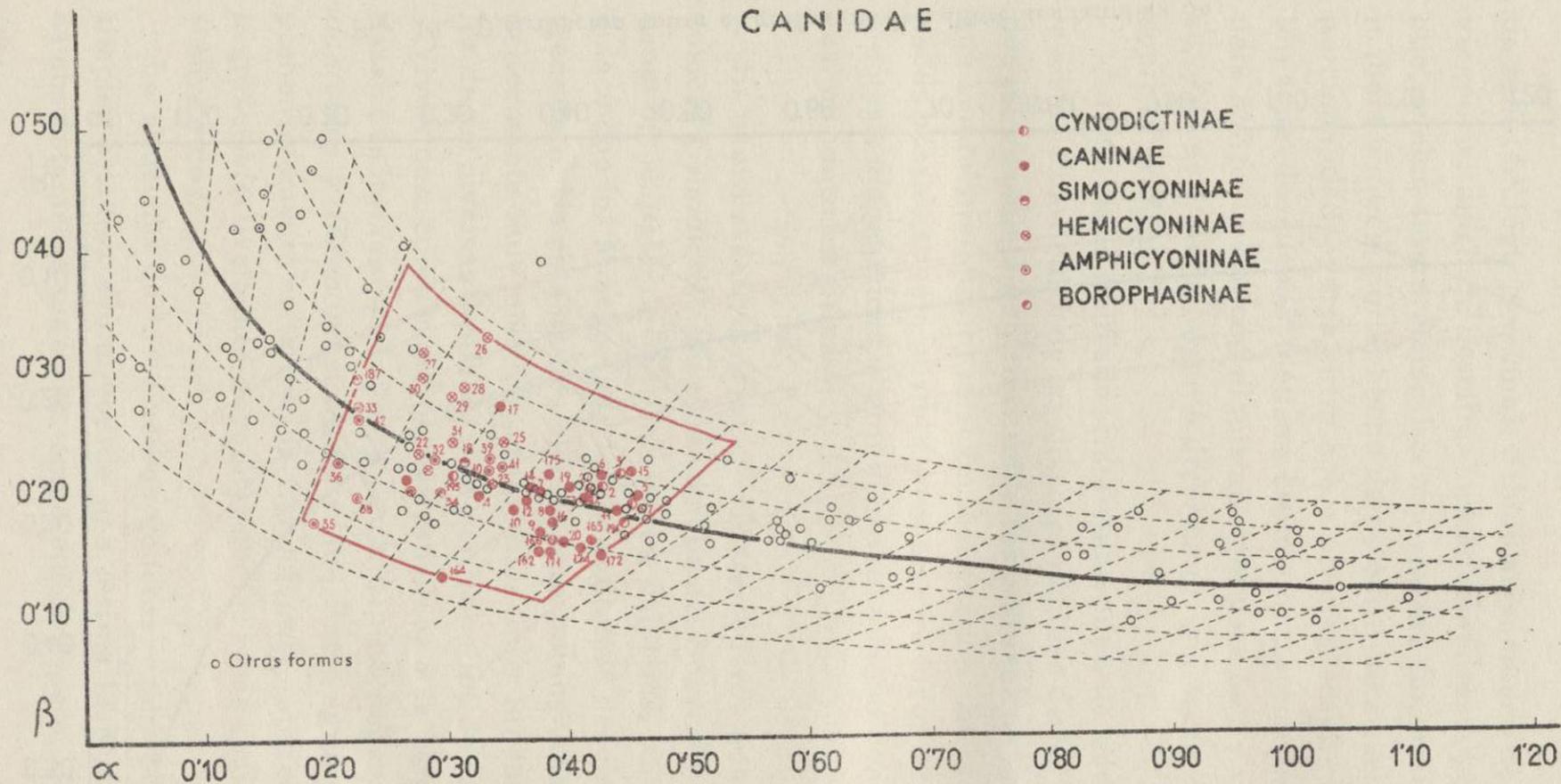


Fig. 16. - Área de los Cánidos y distribución de las subfamilias. Los círculos blancos corresponden a otras familias.

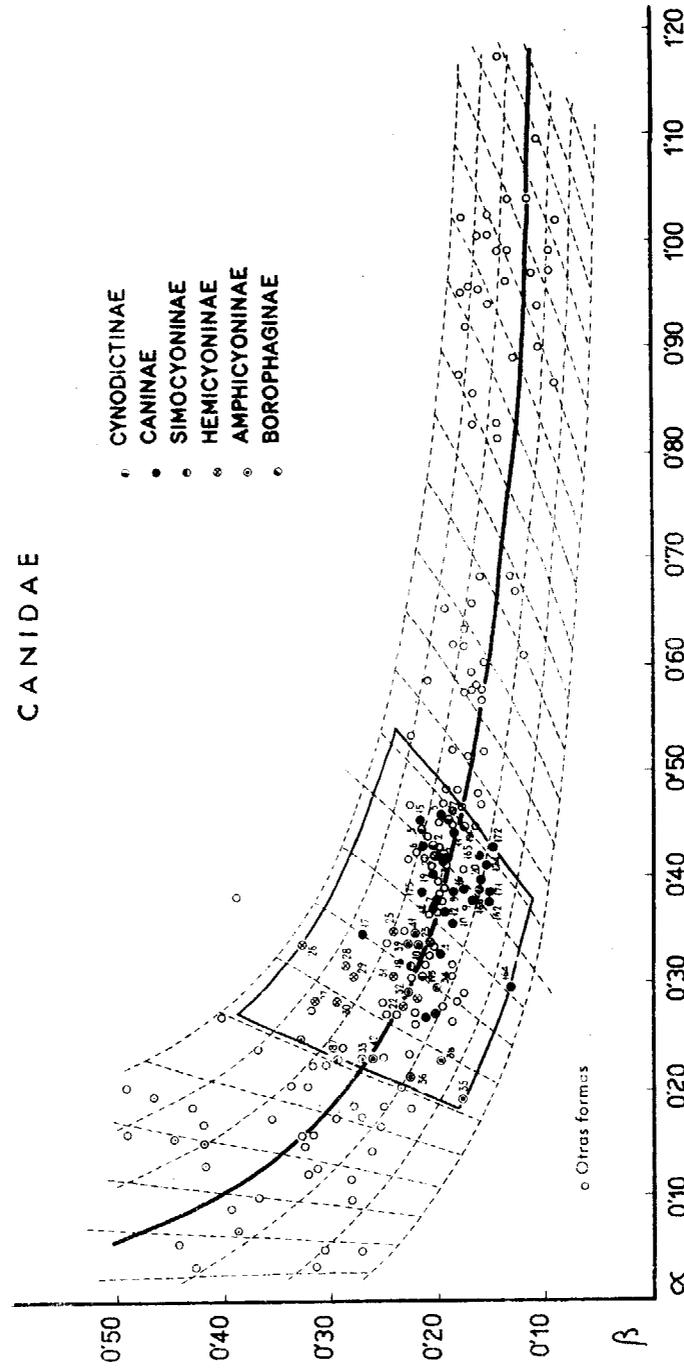


Fig. 16. —Área de los Cánidos y distribución de las subfamilias. Los círculos blancos corresponden a otras familias.

de un lote normocarnívoro con muy escasa dispersión. La distinta extensión de estas formas indica ya una primera especialización funcional hacia tipos diversificados que anticipan la aparición del bloque completo de familias y que serán los focos secundarios de ulterior especialización.

Aunque algunos autores prefieren mantener la categoría taxonómica de familia para el grupo entero, a la manera de Boule, nos parece oportuno su fraccionamiento de acuerdo con las líneas esenciales de diversificación iniciadas ya a partir de *Cynodictis* y afines. Este es también el proceder de Simpson y otros autores. A fin de cuentas, las diversas formas del grupo representan puntos de partida que constituyen el tránsito entre la estructura sintetotípica y las diversas familias; son, como se ha dicho, los eslabones iniciales de las líneas filéticas originadas.

Para el grupo *Cynodictis-Cynodon-Pachycynodon Cephalogale*, situado en el área cánida y con características que preludian las de esta familia, admitimos de manera restringida el nombre propuesto por Boule, dándole, no obstante, categoría de subfamilia (*Cynodictinae*) en el marco de los Cánidos.

En cuanto a las demás familias del bloque basal, hay que integrarlas en las diversas familias a que darán lugar ulteriormente. Algunas formas de los dos grupos *Cinodontoide* y *Estenoplesictoide* de Teilhard deben incorporarse a los Mustélidos, familia que en sus tipos fundamentales mantiene los trazos esenciales de aquéllos. Algunos *estenoplesictoides* apuntan la línea vivérrida, y por ello deben unirse a los representantes de esta familia, y otros preludian la de los Félidos y a ella los incorporamos. A pesar de todo, y con el objeto de destacar su homogeneidad basal, en cada caso mantenemos la unidad del grupo concediéndole la categoría de subfamilia.

Al fin y al cabo este proceder no significa la aceptación de un divorcio fundamental entre las subfamilias del bloque originario que, como decimos, forma un todo compacto; intentaremos más bien resaltar con ello la importancia de las especializaciones iniciales como fuente de diversificación, y la auténtica posición filogenética de las mismas, a la manera de como los metacarpianos de la mano insinúan el inicio de los dedos sin dejar por ello de formar parte de una región común, anatómicamente bien diferenciada y aparentemente anastomosada ante nuestros ojos.

FAMILIA CÁNIDOS.—El área ocupada por los Cánidos está situada en posición central, claro índice de la primitividad del grupo. La constelación gráfica se reparte sobre los cuatro cuadrantes, aunque con marcado predominio del segundo y cuarto. El índice de canonicidad es de 30,9 % (*). La mayoría de tipos caen en el área hipocarnívora, lo que está de acuerdo con el hecho de ser considerados como núcleo basal de la rama arctoide, excepción hecha de algunos *Caninae* y *Cynodictinae* —tipos primitivos, protocánidos— y de los *Borophaginae*, de características convergentes con los Hiénidos.

Los valores extremos de *alfa* y *beta* determinan un área equidimensional, con un índice b/a (**) igual a 98,8

(*) El índice de canonicidad queda definido como la razón entre el número de formas situadas sobre la línea canónica o prácticamente sobre ella y el número total considerado en la familia o grupo.

(**) Este índice mide el valor relativo de dispersión y extensión. Se calcula multiplicando por 100 la razón b/a ; se define *b* como la amplitud absoluta de dispersión y *a* como la amplitud absoluta de extensión, ambos parámetros medidas en las unidades arbitrarias aquí empleadas.

(figura 16). La dispersión queda limitada entre + 2,7 y - 2,4; la extensión entre + 1,2 y - 3,9. Todos estos datos certifican la primitividad del grupo y la existencia de una cierta homogeneidad, compatible con una moderada especialización de las diversas formas. En efecto, la gráfica muestra diversos núcleos de agrupación que reproducen a grandes rasgos la realidad taxonómica.

Aparte del grupo considerado ya de los *Cynodictinae*, la subfamilia que conserva todavía y con relativa fidelidad la primitividad estructural, es la de los *Caninae*. Se trata de un grupo muy conservador (braditético) que mantiene las características mesocarnívoras de los ancestrales. El módulo *alfa* oscila entre 39° y 49°, excepción hecha de algunas formas de *Dusicyon* (164) (*) y de los Cánidos nictereutoides (13), por adaptación ictiofágica. Simpson llega a considerar las formas actuales como virtuales Fisípedos del Eoceno superior; por tal razón incluye en el grupo el complejo basal que hemos separado en subfamilia aparte.

Los géneros *Cynodesmus* (40), *Alopex* (5) y *Vulpes* (11), (12), de caracteres primitivos, están perfectamente adosados a la línea canónica (*Vulpes* parece ser descendiente directo de los *Cynodictinae*). En cambio, *Canis* (6-10) (15) (162) (171-174), parece demostrar en la gráfica un cierto polimorfismo que está de acuerdo con la opinión mantenida por algunos de que representa una rama lateral de los antiguos *Caninae* algo diversificada. *Nyctereutes* (13), sin apartarse demasiado de la línea canónica, adopta posición hipocarnívora y apunta hacia el ámbito ocupado

(*) Las cifras entre paréntesis situados detrás del nombre de géneros, especies o grupos taxonómicos diversos corresponden a la numeración de cada forma expresada en las figuras 17 y siguientes.

por los *Lutrinae*, ictiófagos como él. El género *Dusicyon* (164) ofrece una marcada dispersión negativa; sus formas caen en el tercer cuadrante, que debemos considerar hasta cierto punto como aberrante.

Incluimos en los *Caninae* los géneros *Cuon* (19-20), *Lycaon*, *Spethos*, etc., y su ancestral *Temnocyon* (16), que algunos autores colocan en las proximidades de *Simocyon* (18) (Simpson y Matthew). Su situación, vecina de *Caninae* aconseja quizá mantenerlos en ella y aceptar la sugestión de Viret, adaptada a nuestra taxonomía, de reconocer la existencia de dos tribus, *Canini* y *Cuonini*, diferenciadas desde su propia base.

Mantenemos la individualización de *Simocyon* (18) aceptando la subfamilia *Simocyoninae* de Simpson. Se trata de una forma especial canónica, de tendencia omnívora y no alejada de los *Amphicyoninae* (Pilgrim) y grupos afines. En el mismo grupo incluimos el género *Alopecocyon* (187), de una hipocarnivoridad más acentuada todavía.

La subfamilia *Amphicyoninae* (32-42) está bien individualizada y presenta características homogéneas. Se trata de Cánidos muy hipocarnívoros y de dispersión negativa. El módulo *alfa* oscila entre 21° y 33°, y el *beta* entre 20° y 30°. Estos límites implican la separación neta del grupo en relación con los Úrsidos, con los cuales se les ha asimilado en ocasiones (Gaudry, Pilgrim), aunque los Anficióninos son digitígrados y plantígrados aquéllos. Parece que su origen se sitúa próximo al género *Cephalogale* (23-25), centro secundario del complejo Cinodictido, del que al parecer derivan, además, Hemicióninos y Úrsidos.

La subfamilia *Hemicyoninae* presenta algunos puntos de contacto con la anterior. Aunque algo más elevados, los valores de *alfa* y *beta* interfieren un tanto, lo cual jus-

tifica la tendencia en reunir a veces ambos grupos, que por ello podríamos denominar paraursoides. Viret reúne los *Hemicyoninae* con los Úrsidos. En realidad esta subfamilia reúne tipos de dispersión positiva que enlazan bien con *Cephalogale* e interfieren con Úrsidos. El género fundamental es *Hemicyon* (27-30).

La subfamilia *Borophaginae* representa una convergencia hienóide. *Borophagus*, *Osteoborus*, *Aelurodon* (194), tienen valores de *alfa* elevados que les sitúan en la zona hipercarnívora.

En conjunto, los Cánidos representan un grupo armónico con especializaciones radiales moderadas. Fácil es, del examen de la constelación gráfica, deducir los grandes grupos y sus tendencias correspondientes. La «mesocarnivoridad» inicial se inclina, al compás del tiempo, hacia una mayor «hipocarnivoridad» de las formas progresivas, adquiriendo un área de mayor extensión. Ello justifica que existan imbricaciones más o menos notables con las demás familias. Los Cánidos están prácticamente dentro del área de los Mustélidos. Precisamente varios géneros de esta última familia determinan convergencias con los Cánidos o presentan situaciones paralelas a las que se dan en ella (*Plesictis-Cynodictis*; *Stromeriella*, género convergente con Cánidos, etc.). Los Cánidos interfieren asimismo con los Vivérridos —grupo basal como él— con los Prociónidos primitivos —*Bassariscus*— y con los Úrsidos —*Hyaenarctos* y *Ursavus*—, formas de enlace entre los *Hemicyoninae* y los auténticos osos.

FAMILIA ÚRSIDOS.—Los Úrsidos aparecen tardíamente en la historia evolutiva de los Carnívoros y su parentesco con los Cánidos es evidente. Morfológica y funcionalmente acentúan sus caracteres hacia el lado hipocarnívoro. Los

Úrsidos ocupan los lugares extremos en la rama arctoide de la curva estudiada.

El área que abarcan es notablemente equidimensional, con un índice b/a igual a 76,1. Todos se hallan en la región arctoide y casi íntegramente en el segundo cuadrante. Su extensión está comprendida entre $-3,3$ y $-8,2$ y su dispersión entre $+2,6$ y $-1,2$; el género *Ursus* es el único que manifiesta una tendencia al desplazamiento negativo. El índice de canonicidad, como es de esperar, es inferior al de los Cánidos: 7,7 % (fig. 18).

La gráfica demuestra que aquí no aparecen núcleos más a menos individualizados como en los Cánidos, lo cual se halla de acuerdo con la idea de la mayoría de los autores, que no son partidarios de dividir esta familia en grupos de jerarquía inferior. A pesar de todo, parecen insinuarse dos agrupaciones: una, de los más primitivos, y otra, de los más modernos. En estos últimos se sitúa el género *Ursus* y otros afines.

Según se ha dicho, los Úrsidos poseen dispersión positiva, y ello los acerca ya a los *Hemicyoninae*, con los cuales muestran una analogía dentaria muy notable. Las excepciones son los representantes del género *Ursus* y un solo *Ursavus* (*U. brevirohinus*) (46). Precisamente existe un acuerdo general en hacer derivar los Úrsidos de las proximidades de la zona de *Cephalogale*, según la idea original de Filhol compartida por Teilhard, Simpson, Dehm y otros, lo cual explica la convergencia con aquel grupo paraursoide, derivado también de *Cephalogale*. Algunos (Gaudry, Zittel, etc.), hacen derivar los Úrsidos de *Amphicyon*; nosotros observamos, por el contrario, que estos últimos son animales muy evolucionados, con dispersión claramente negativa y un ángulo *beta* bajo; además parecen estar alejados de los auténticos osos por

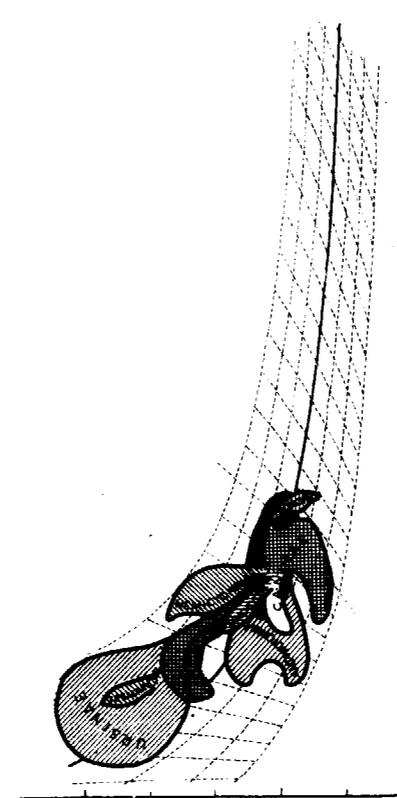


Fig. 17.—Esquema de la distribución filogenética de los Cánidos y los Úrsidos.

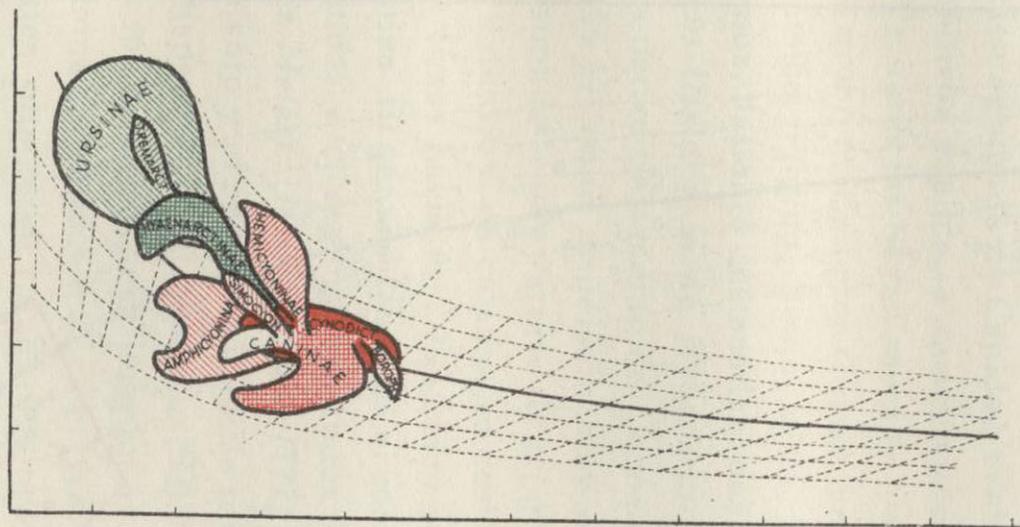


Fig. 17.—Esquema de la distribución filogenética de los Cánidos y los Úrsidos.



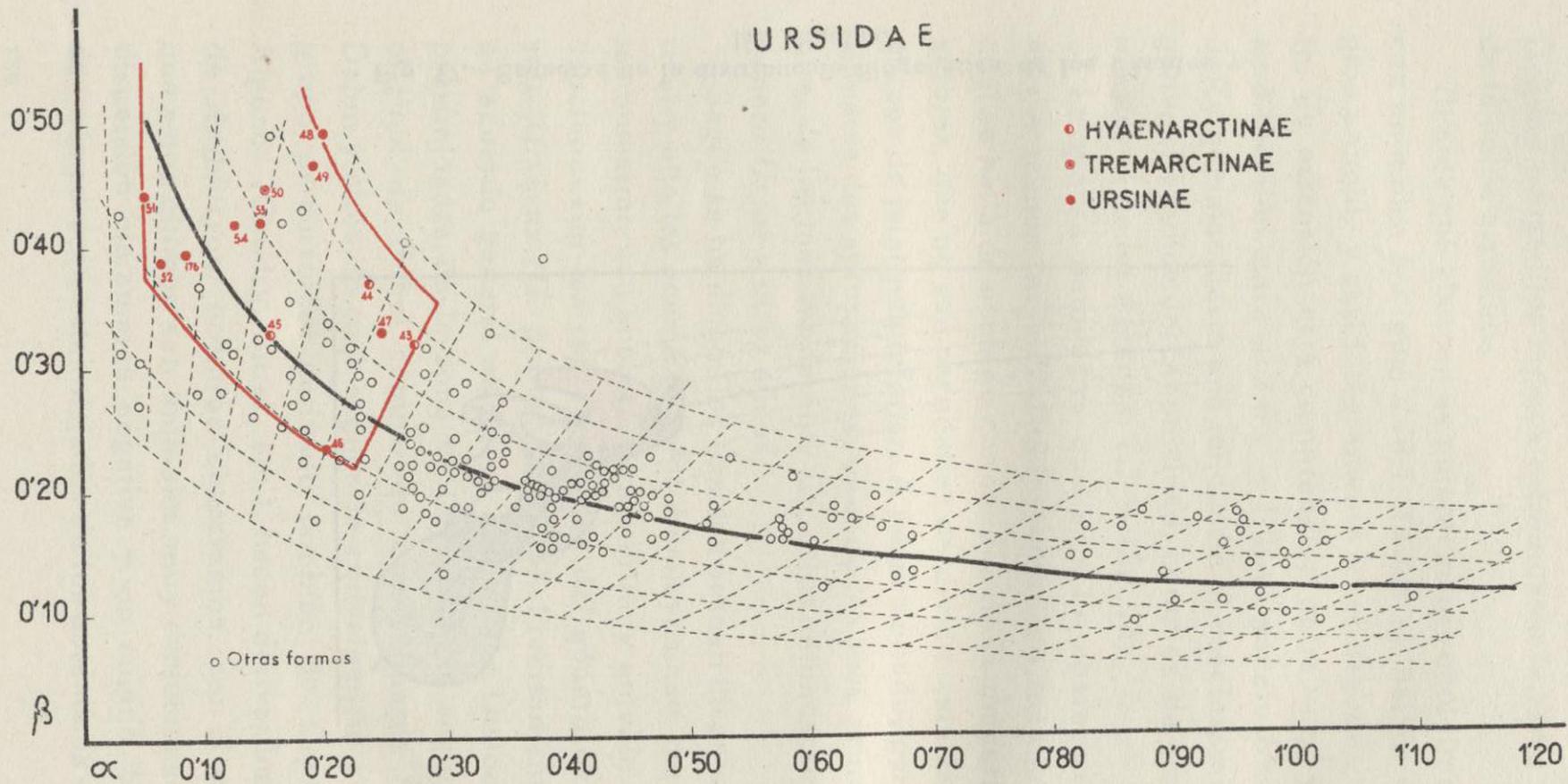


Fig. 18.—Área de los Úrsidos y distribución de las subfamilias. Los círculos blancos corresponden a otras familias.

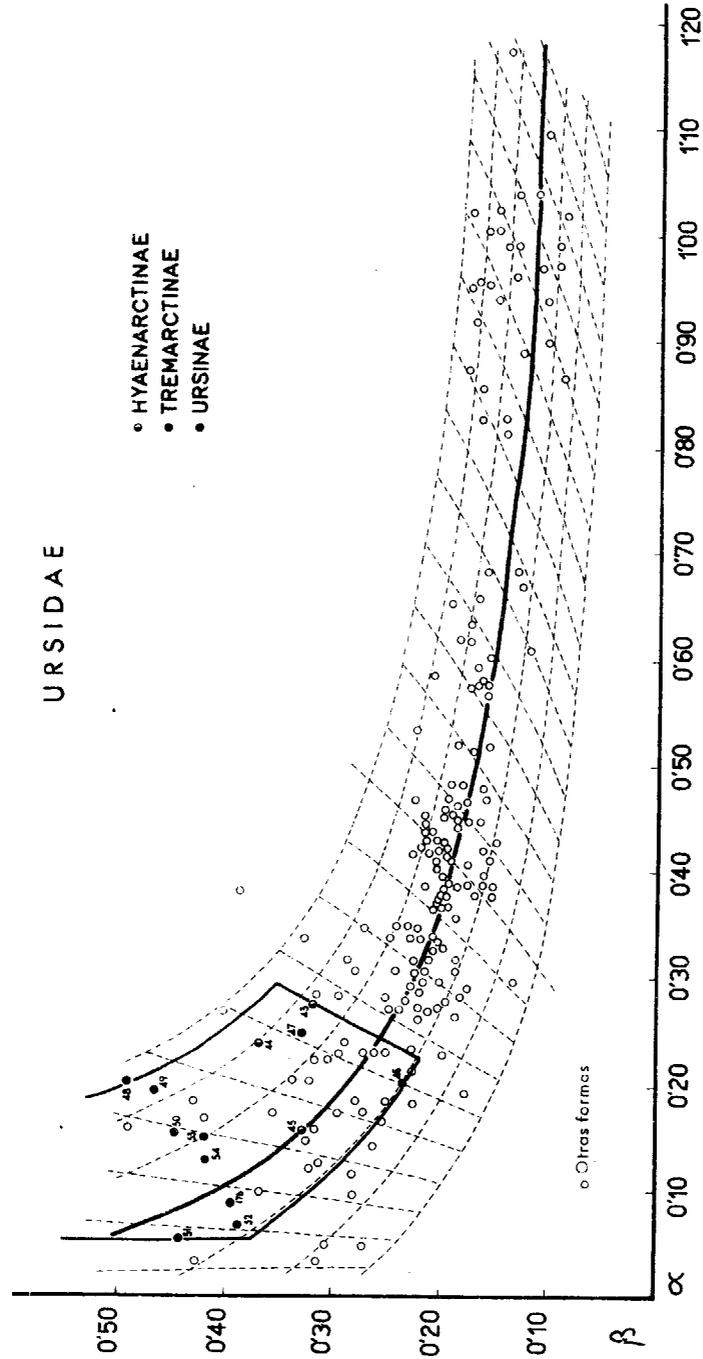


Fig. 18.—Área de los Úrsidos y distribución de las subfamilias. Los círculos blancos corresponden a otras familias.

su digitigridad. Viret hace derivar *Hyaenarctos* de *Hemicyon* y *Dinocyon*, como procedentes de *Cephalogale*. Desde el punto de vista cronológico esto parece correcto, pero en cambio hay que advertir que *Hyaenarctos* (43-44), es más bien un Úrsido convergente con los Cánidos, mientras que los *Hemicyoninae* son Cánidos que intentan un paralelismo con los primitivos Úrsidos.

La situación agrupada de Cánidos evolucionados y de Úrsidos primitivos explica, a nuestro juicio, el hecho de que diversos autores los hayan reunido, ya sea en el sentido de mero grupo morfológico (Frick), ya dándoles categoría taxonómica (Pilgrim, Boule, Viret, Erdbrink, etc.).

Observamos, bastante destacadas, dos líneas filéticas: la de *Ursavus-Ursus* y la de *Hyaenarctos-Indarctos*. La primera línea deriva claramente de *Cephalogale*. El género *Ursavus* (46-49) tiene dispersión muy marcada, como parece corresponderle por tratarse de un grupo bien diferenciado. La extensión, en cambio, es casi nula. De *Ursavus* se deriva *Ursus* hacia una zona muy peculiar de dispersión negativa. El género *Ursus* es el más hipocarnívoro de los Úrsidos y el segundo de todos los Carnívoros (el primero es *Meles*). *Ursus etruscus* (177) parece el menos hipocarnívoro y el más primitivo, lo mismo en extensión que en dispersión. *Ursus spelaeus* (52) y *U. arctos* (51), son las más especializadas, el primero más que el segundo en determinados aspectos y viceversa, por causa de poseer en tales caracteres ritmos evolutivos diferentes. *Thalarctos* (53) y *Helarctos* (54) son simétricos respecto de *Ursus* sobre la gráfica; tienen ambos dispersión positiva. El extraño género *Tremarctos* (50) queda aún en situación más apartada de los demás *Ursus*, formando quizá un grupo aparte.

La rama *Hyaenarctos-Indarctos* puede derivarse de

Cephalogale. Viret la emparenta con *Hemicyon* por intermedio de *Dinocyon*. Hay quien opina que *Indarctos* debe derivar de *Ursavus*. Este grupo lo consideramos, no obstante, evolucionado prematuramente y creemos que procede de un tronco más o menos cercano a *Cephalogale* o a *Ursavus*.

La división de Kraglievich en las tres subfamilias, *Hyaenarctinae*, *Tremarctinae* y *Ursinae*, poco aceptada por los diversos autores, viene a coincidir con nuestras apreciaciones sobre la gráfica.

Las principales interferencias de esta familia con sus vecinas son las siguientes:

a) Ya se han señalado con los Cánidos (Paraursoídes del tipo *Amphicyon* y algún *Simocyoninae*).

b) Con el área de los Mustélidos. Se hallan en el área de los Úrsidos casi todos los Lútridos, con la excepción de *Potamotherium*. La mayoría de los Mélidos, aunque éstos tienen dispersión negativa que impide a veces la interferencia. Los Mefítidos y Melivóridos, que están en la zona positiva, excepto *Eomellivora*. Algunos Mustelinos, como *Stromeriella*, que es forma aberrante convergente con los Cánidos (Dehm); *Enhidriectis*, ictiófago como los Lútridos; *Laphictis*, etc.

c) Algunos Prociónidos, ya de sí convergentes con los propios Úrsidos (*Procyon*, *Phlaocyon*).

FAMILIA PROCIÓNIDOS.—Hipocarnívoros como los Úrsidos, los Prociónidos parecen haberse individualizado antes que aquéllos del bloque de Carnívoros primitivos. Es de aceptación general que proceden de la zona basal de los Cánidos o de los Mustélidos. Su especialización omnívora, amén de otros detalles puramente morfológicos, recuerda

a los Úrsidos y justifica el apelativo de *Subúrsidos* con el que también se les conoce.

No estamos en condiciones de abordar críticamente la posición de esta familia por insuficiencia de elementos. En efecto, poseemos datos goniométricos solamente de cuatro especies, pero aun ello permite ya vislumbrar algo sobre la especialización de sus formas.

Parece probable que los Prociónidos sean polifiléticos. Pocock y Hollister los desglosan en diversas familias. Sobre la gráfica aparecen, en efecto muy dispersados: los géneros *Phlaocyon* y *Procyon* están situados en la zona plenamente hipocarnívora, mientras que *Bassaricyon* se halla asentado no lejos del sintetotipo.

Comúnmente se acepta que *Bassaricyon* es un género conservador, derivado quizá directamente de *Cynodictis*, como *Vulpes* y algunos otros *Caninae*: en la gráfica se aprecia esta proximidad. Asimismo, el pretendido carácter arctoide de *Phlaocyon* y *Procyon* queda reflejado en su posición relativa en el ámbito ursoide. El parentesco de estas últimas formas ha sido aceptado por Wortmann y Matthew, y su enlace con el tronco basal por intermedio de *Pachycynodon*, por Teilhard. En cambio, el parentesco directo de *Bassaricyon* con *Phlaocyon*, que apunta Mc. Grew, parece desacertado.

Imposible nos ha sido intentar conjeturar el área de los Prociónidos por la mencionada escasez de datos numéricos de los miembros de esta interesante familia.

FAMILIA MUSTÉLIDOS.—Los Mustélidos constituyen la familia más polimorfa del grupo. Esta heterogeneidad se revela por una diversidad de especialización de sus componentes, tan vasta que quizá debería considerarse la conveniencia de escindir el grupo en varias familias completa-

mente autónomas. Simpson indica que los Mustélidos presentan con los Roedores una cierta analogía por su heterogeneidad polifilética y por la cantidad de convergencias que manifiestan, lo cual hace difícil su estudio taxonómico.

El área que ocupan es bastante apaisada, con un índice b/a igual a 58,7. La inmensa mayoría de los individuos se inscriben en el segundo cuadrante, aunque existen en parte apreciable en el tercero, y hasta en el segundo y primero. Ello determina que, a pesar de su carácter marcadamente arctoide, se pueda señalar de manera clara un ámbito mesocarnívoro, ocupado por formas primitivas. La extensión del área total está comprendida entre los límites + 3,2 y - 8,9; la dispersión entre + 4,6 y - 2,5. En conjunto se determina un espacio considerable que encierra casi completamente dentro de sí el conjunto de las otras familias de la rama arctoide. El índice de canonicidad es de 34,4 %, superior al de los Cánidos (el de las subfamilias reunidas *Mustelinae* y *Plesictinae* alcanza 48,5 %) (fig. 19).

Los Mustélidos se agrupan en la gráfica de manera tal que vienen a reflejar claramente la realidad de los núcleos de distinta especialización. Es evidente la presencia de un núcleo típicamente conservador (normo y mesocarnívoro) ocupado por *Plesictinae* y *Mustelinae* y otro especializado en el sentido arctoide, en el que figuran formas de dispersión positiva (*Lutrinae*) y de dispersión negativa (*Melinae*, etc.).

a) *Plesictinae*.—De manera semejante a lo realizado para los Cánidos, hemos individualizado las formas primitivas y canónicas constituyendo la subfamilia de los *Plesictinae*. Este grupo está pues integrado por formas musteloides procedentes del tronco primitivo de Teilhard que

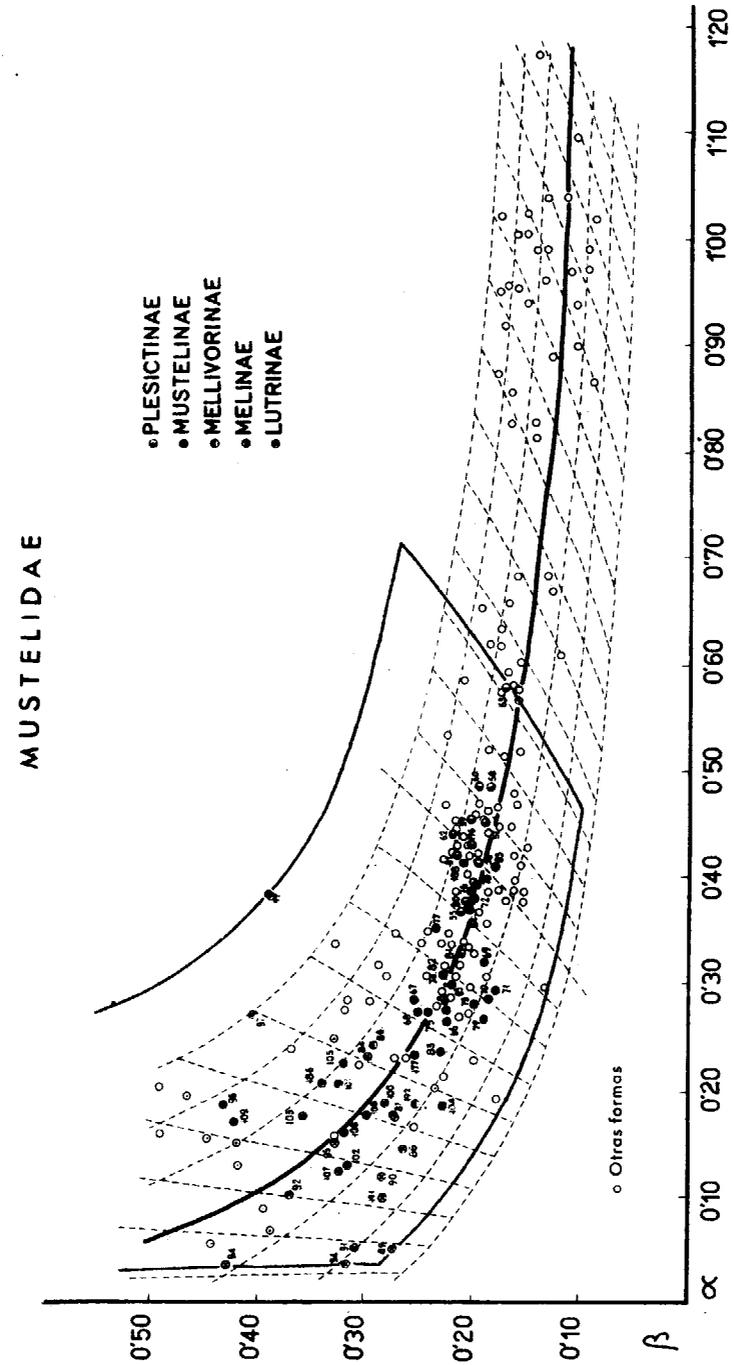


Fig. 19.—Área de los Mustélidos y distribución de las subfamilias. Los círculos en blanco corresponden a otras familias.

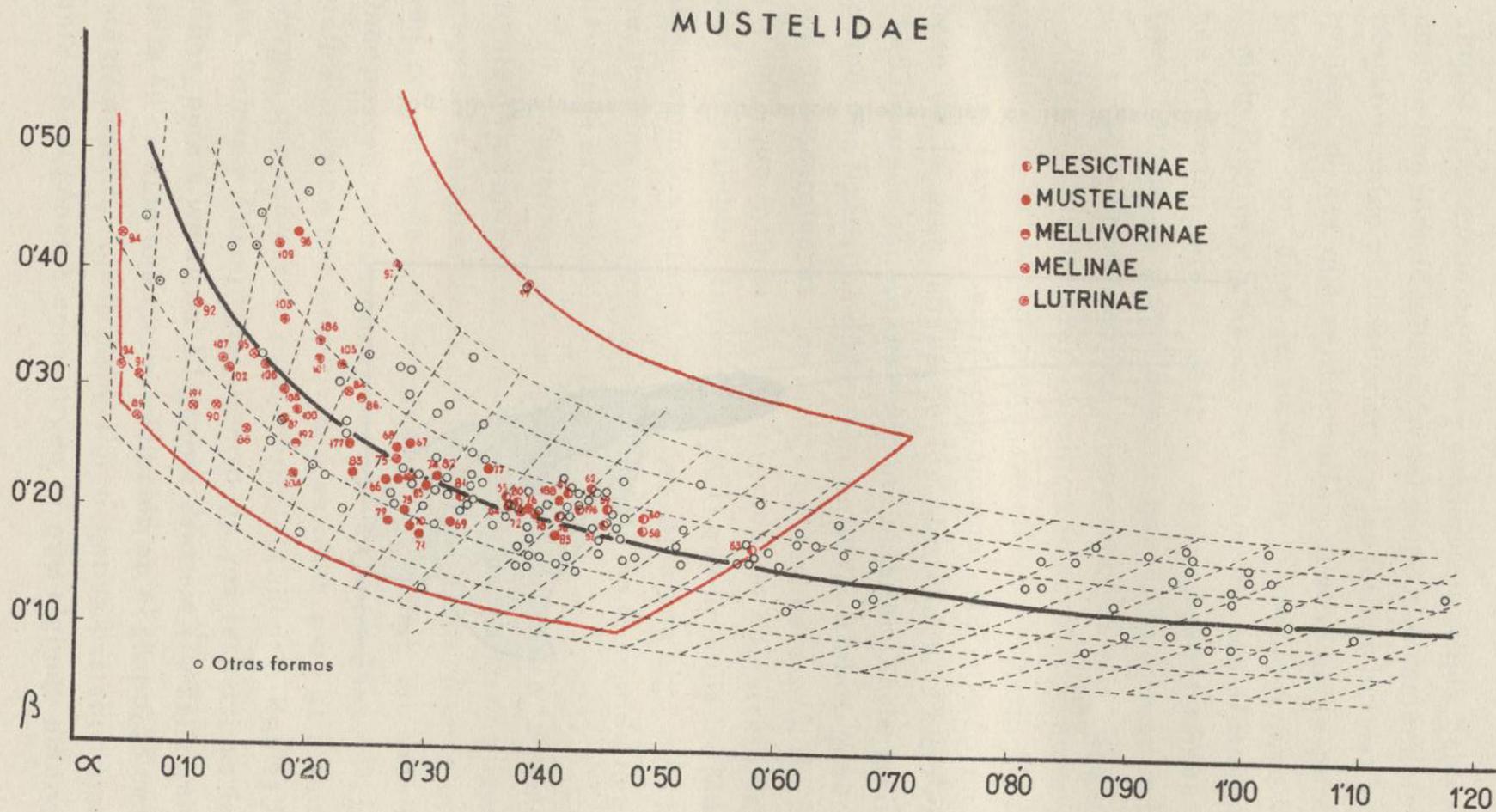


Fig. 19.—Área de los Mustélidos y distribución de las subfamilias. Los círculos en blanco corresponden a otras familias.



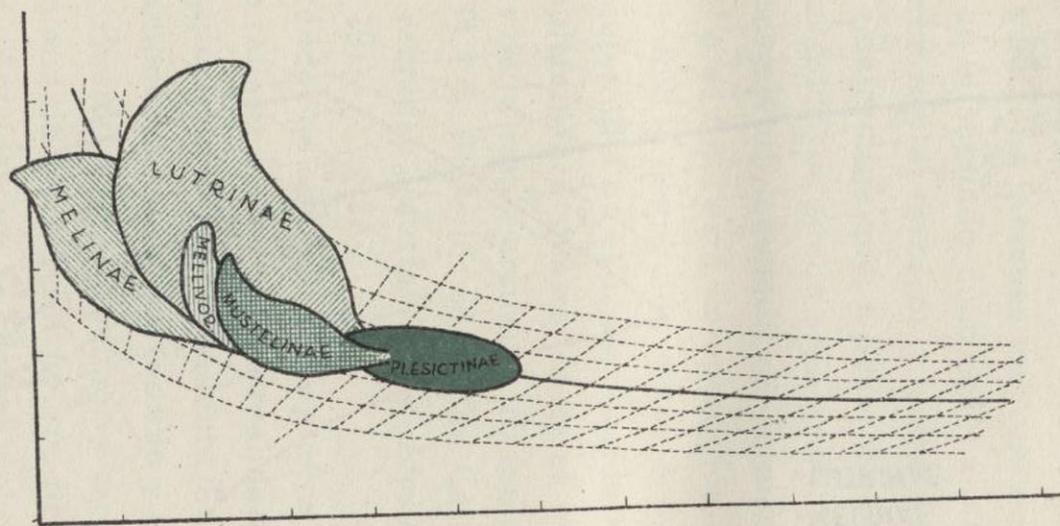


Fig. 20.—Esquema de la distribución filogenética de los Mustélidos.

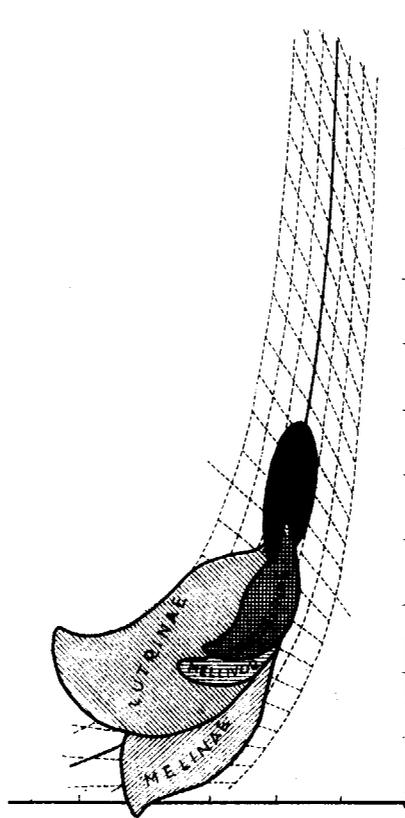


Fig. 20.—Esquema de la distribución filogenética de los Mustélidos.

agrupa tipos *cinodontoides* y *estenoplesictoides*. Schlosser admite una individualización del grupo manteniéndolo no obstante unido al constituido por las formas basales vive-roides, de las que se diferencian relativamente poco y formando con ellas la subfamilia *Stenoplesictinae*. En cambio Pilgrim y Simpson los reúnen con los *Mustelinae*, que proceden directamente de ellos, como *Caninae* de *Cynodictinae*. La gráfica muestra que estas formas se hallan sobre la línea canónica o muy cerca de ella. El género *Plesictis* (55-58), (196), considerado por Hough como un Prociónido, es absolutamente canónico; Teilhard, Boule, Helbing, Lavocat, etc., aceptan que está situado en la base de la gran familia de los Mustélidos. *Palaeogale* (59-63) parece género derivado del anterior; en la gráfica posee una ligerísima dispersión positiva. Ambos géneros son mesocarnívoros con una amplitud para *alfa* de 20° (40°-60°) que insinúa un cierto grado de «hipercarnivoridad». En cambio, *Amphictis* (80-81) que prelude los Méli-dos, según los autores, posee una situación algo más hipocarnívora en la gráfica por aumento en el sentido negativo de la extensión.

b) *Mustelinae*.—Los *Mustelinae* proceden directamente de los anteriores. En realidad representan una ligera progresión hipocarnívora del tronco primitivo, puesto que aun conservando una señalada canonicidad, los *Mustelinae* poseen valores de *alfa* que oscilan entre 26° y 44°. La gráfica muestra una primitividad extrema para el género *Martes*, que representa para *Plesictis* (Teilhard, Boule) lo que *Vulpes* y *Bassaricyon*, dentro de sus respectivas familias, para *Cynodictis*. El género *Mustela* (70-71) representa en cambio una cierta evolución en el grupo, lo cual está de acuerdo con su dispersión negativa bastante aparente. Estos géneros constituyen la que algunos autores

(Zittel, etc.) llaman subfamilia de los *Mustelinae* en sentido estricto. Otros géneros, *Putorius*, *Gulo*, *Plesiogulo*, *Ischyriactis*, *Laphictis*, etc., integran la de los *Putorinae* (*). *Gulo* (78) y *Plesiogulo* (68), este último, al parecer; antecesor del primero, son géneros bastante primitivos, y sobre la gráfica aparecen encima de la línea canónica. Asimismo *Ischyriactis* (65) y *Laphictis* (66-67), que están situados, por lo demás, cerca de *Plesiogulo*, muestran bastante canonicidad aunque ocupan una zona marginal de la subfamilia, apuntando a los *Mellivorinae*, con los cuales están en cierta manera emparentados. *Putorius* (188), que se considera como descendiente de *Palaeogale* (Boule), es vecino de él en la gráfica y posee una modesta dispersión positiva. *Broiliana* (83), mostrando una cierta afinidad con los *Melinae* (Dehm), aparece en posición vecina ya de éstos; idénticos fenómenos es dable observar en *Enhydriactis* (177), convergente con los *Lutrinae*.

c) *Mellivorinae*.—Sólo contamos con dos formas de esta subfamilia, pero ambos géneros —*Hadriactis* (86) y *Eomellivora* (192)— muestran una moderada dispersión y una situación intermedia entre la de los *Mustelinae* y el grupo especializado *Lutrinae-Melinae*. Se ha mencionado ya su posible parentesco con *Laphictis* e *Ischyriactis*. Pía reúne incluso *Hadriactis* con *Ischyriactis* y otros, constituyendo la subfamilia *Ischyriactinae*, mientras acepta dentro los *Mellivorinae* los géneros *Mellivora* y *Eomellivora*. Orlov segrega este último del grupo, y junto con su nuevo género *Perunium*, que hemos alcanzado a examinar redactado ya este original, forma la subfamilia *Peruniinae*.

(*) Nosotros admitimos la realidad de tales grupos reduciendo su categoría taxonómica que asimilamos a la de la tribu dentro de *Mustelinae* «sensu lato». (*Mustelini* y *Putorini*).

(La posición de *Perunium* en la gráfica es, desde luego, muy próxima a la de *Eomellivora*.)

d) *Melinae*.—Parece que el grupo procede del género basal *Amphictis* (Boule), que posee ya ciertos caracteres meloides, y una colocación en la gráfica la más arctoide de todos los *Plesictinae*. La subfamilia, de régimen omnívoro, constituye, con los Úrsidos y Prociónidos modernos, el polo arctoide de los Carnívoros, y tal especialización se aprecia netamente en la gráfica. El primer género claramente melino debe ser *Trochictis* (87), el más canónico del grupo. Las formas que constituyen el cuerpo central de la misma *Palaeomeles* (89), *Melodon* (191), *Mel* (92-94) poseen una notable dispersión negativa y este último género, que se considera derivado del anterior, alcanza la extensión negativa máxima de los Carnívoros fisípedos. Otros géneros, como *T. ochotherium* (88), *Parataxidea* (90-91) y *Taxidea* (186), poseen una situación menos regular, aunque normal dentro del grupo. El género *Stromeriella* (84), que se halla en la base del grupo y forma una especie de escama marginal del mismo, próxima a *Mustelinae* y a *Plesictinae*, queda situado en la gráfica en una neta posición extrema.

e) *Mephitinae*.—Esta familia está estrechamente emparentada con la anterior. *Trocharion* (95), que quizá se halla en la bifurcación de ambas (Viret), aparece sobre la gráfica en posición canónica. *Promephitis* (96) posee en cambio una acusada dispersión positiva, contraria a la línea seguida por los *Melinae*.

f) *Lutrinae*.—Parece que el género más antiguo es *Potamotherium* (97-99), que en la gráfica se muestra como el de dispersión positiva más extraordinaria (hasta + 4,6). Todos los *Lutrinae* poseen dispersión positiva y fuerte extensión negativa e interfieren moderadamente por esta

razón con los *Melinae* y *Mustelinae* y, de manera total, con los *Mephitinae* y con los Úrsidos. De *Potamotherium* puede establecerse una línea bastante clara por *Brachypsalis* a *Pteronura* (105) y a *Lutra* (102-104), que poseen en la gráfica una situación más canónica. *Enhydriodon* (109), representa una rama lateral y lo mismo *Amblonyx* (106) y *Mionictis* (101), aunque la gráfica no llegue a manifestar tales rutas divergentes dentro de la subfamilia.

Anteriormente hemos señalado ya las interferencias del área de los Mustélidos con las de Úrsidos y Cánidos. Parece lógico que por su polimorfismo, los Mustélidos posean puntos de contacto con la mayoría de familias, manifestando sus representantes ciertas convergencias con formas de otros grupos. Esta realidad tiene su plasmación sobre la gráfica en el hecho de que el área de los Mustélidos imbrica efectivamente con la de las restantes familias sin excepción, actuando a modo de puente de unión entre ellas.

Las particulares convergencias de algunos representantes de esta familia con Cánidos y Úrsidos, quedan reflejadas en la mencionada situación interferente en la gráfica. Con los Vivérridos la interferencia es total, puesto que esta última familia queda englobada en el rectángulo de los Mustélidos; cabe recordar que los Vivérridos y los Mustélidos primitivos son muy análogos y sólo la evolución posterior de ambos grupos decide el rumbo definitivo de las correspondientes subfamilias originadas. Con los Hiénidos existe una pequeña interferencia limitada a la zona de los *Ictitherium* emparentados con los Vivérridos. Finalmente, los más primitivos Félidos (*Dinictis*, etc.), de afinidades mustelino-viverroides, caen en la linde de la familia de los Mustélidos.

El gran polimorfismo de los Mustélidos ha movido a

muchos autores a desglosar sus diversas subfamilias dándoles jerarquía superior. La considerable área de dispersión que presentan en nuestra gráfica, justifica en parte este proceder. Está claro que resultaría temerario decidir un fraccionamiento de los Mustélidos simplemente de lo observable en nuestra gráfica, pero la existencia en ella de diversos núcleos bastante diferenciados y sin imbricación ecológica (*) incita el ánimo hacia un nuevo planteo de la cuestión. Un examen del conjunto de caracteres de las diversas subfamilias a la luz de los datos aportados por nuestros módulos permitiría quizá decidirse sobre la cuestión (fig. 20). Momentáneamente podemos observar la presencia de tres áreas aglutinantes de formas: La de *Plesictinae-Mustelinae-Mellivorinae*, la de *Melinae-Mephitinae* y la de *Lutrinae*. Si hay que dar a estos grupos jerarquía de familia, solamente un examen conjunto de caracteres y una revisión de las ideas existentes sobre la filogenia, debe decidir.

FAMILIA VIVÉRRIDOS.—Como los Cánidos, los Vivérridos representan los tipos primitivos de los Fisípedos. Así como los Cánidos constituyen el punto de partida de la diversificación de la rama arctoide, los Vivérridos representan análogo papel para la rama aeluroide. Se trata de una familia con caracteres primitivos y con una ligera tendencia a la «hipercarnivoridad». Este primitivismo y la notable homogeneidad del grupo, determina la existencia

(*) Mencionamos una ausencia de imbricación ecológica, puesto que la imbricación gráfica existente no presupone una interferencia real entre las diversas formas. Razones de tipo geográfico, cronológico y ecológico, demuestran lo ilusorio de tales competencias, no solamente en el seno de esta familia, sino también en las demás.

de una área bastante reducida, la menor de todo el conjunto.

Ocupan los Vivérridos una superficie apaisada, con un índice b/a igual a 65,2. En su interior se inscriben las diversas formas, que llegan a alcanzar los cuatro cuadrantes: la mayoría se hallan en el tercero y cuarto, pero existen algunas situaciones en los restantes (fig. 21). La extensión del área está comprendida entre los límites +2,2 y -1,7 y la dispersión entre +1,5 y -1,0, lo cual indica el neto dominio de la tendencia positiva. El índice de canonicidad es de 46,2 % que, como es de esperar, resulta ser el valor más elevado dentro de las diversas familias del grupo.

En la gráfica aparecen algunos núcleos bien destacados, que pueden asimilarse con aproximación a los diversos grupos taxonómicos en que suele dividirse la familia (fig. 22).

Para el pequeño lote *estenoplesictoide* segregado del grupo basal, y que reúne las formas viverroides del mismo, admitimos, como para los Cánidos y Mustélidos, la categoría de subfamilia. Este grupo ocupa una posición canónica y sus formas son hasta cierto punto más hipercarnívoras que las que constituyen el cuerpo fundamental de la familia. *Palaeoprionodon* (111) y *Prionodon* (161) son géneros absolutamente canónicos, mientras que *Stenoplesictis* posee sólo una ligera dispersión positiva.

Los *Herpestinae* representan tipos primitivos del grupo que conservan caracteres ancestrales, análogamente a lo que sucede con la subfamilia *Caninae*. Su papel entre los Vivérridos es análogo al jugado por *Vulpes*, *Bassaricyon* y *Martes*, frente a Cánidos, Prociónidos y Mustélidos, respectivamente. Poseen una cierta dispersión positiva; la extensión es prácticamente nula. *Herpestes* (118), (190) se encuentra todavía en el complejo de formas primitivas;

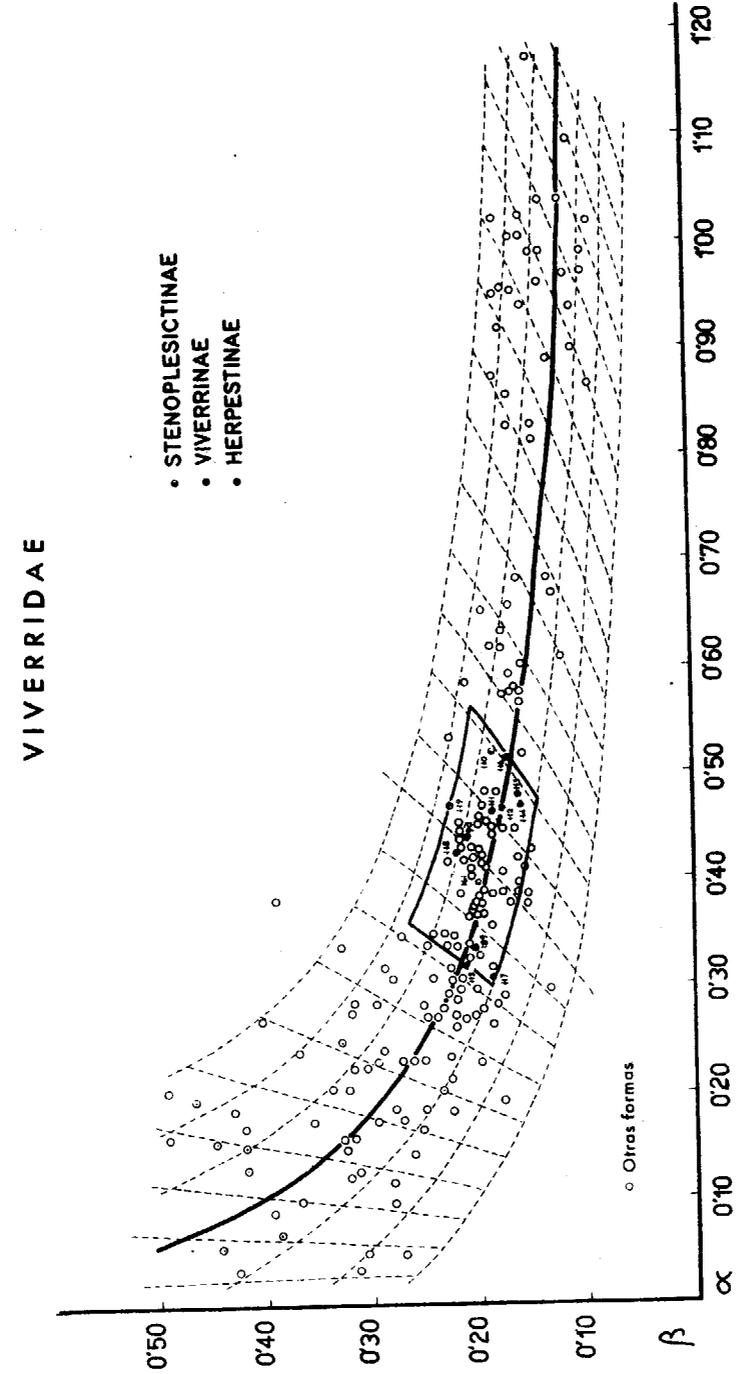


Fig. 21.—Área de los Vivérridos y distribución de las subfamilias. Los círculos en blanco corresponden a otras familias.

VIVERRIDAE

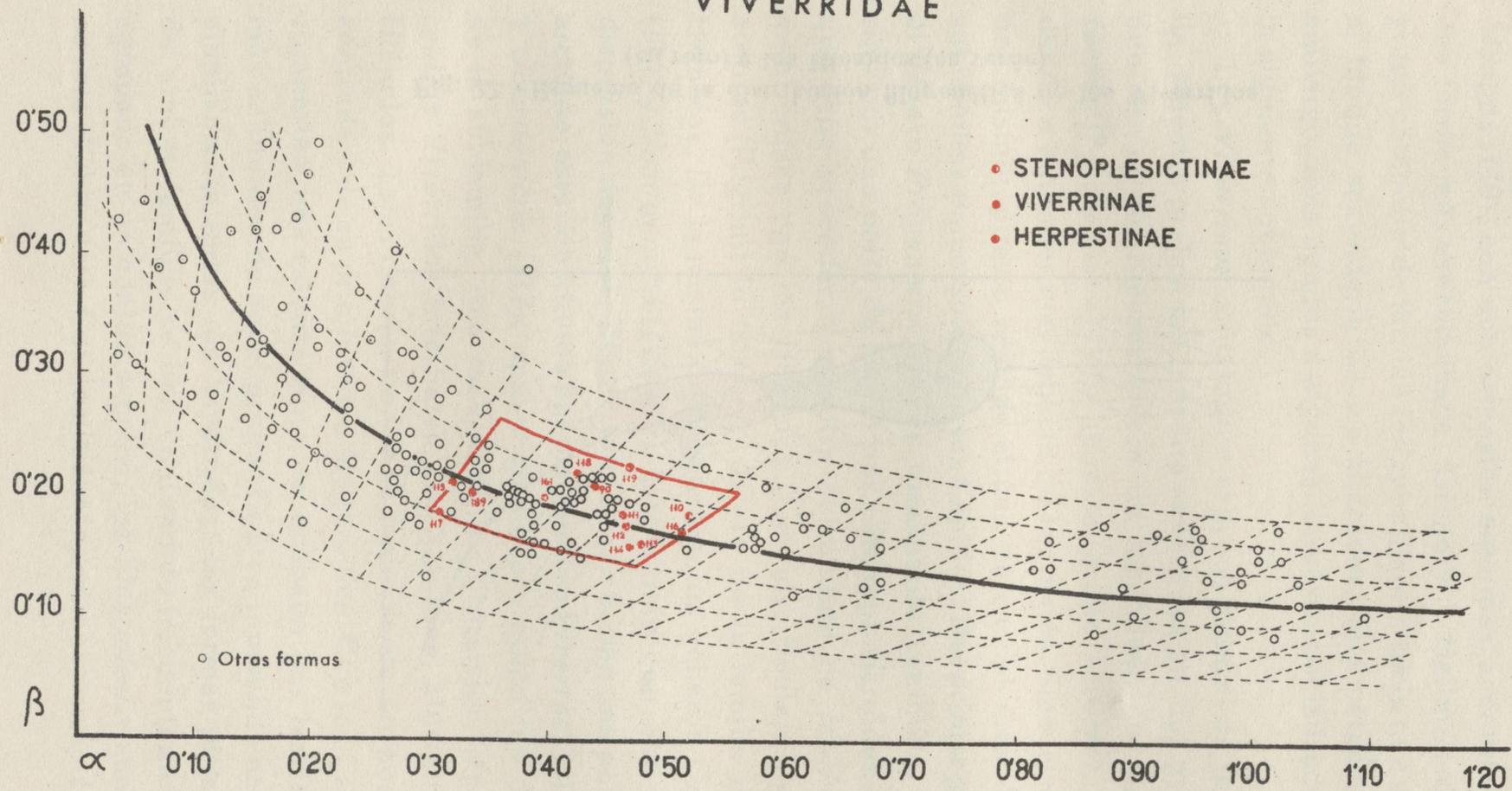


Fig. 21.—Área de los Vivérridos y distribución de las subfamilias. Los círculos en blanco corresponden a otras familias.



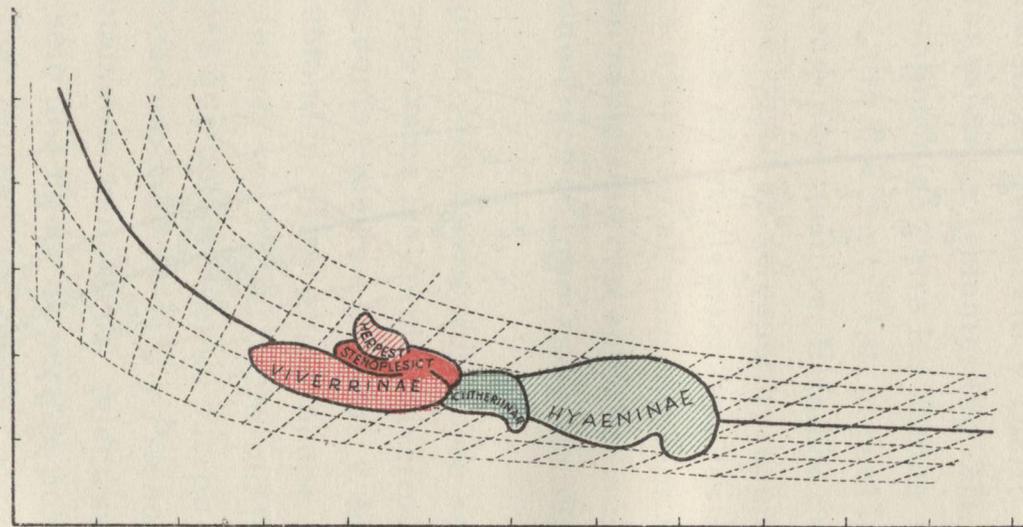


Fig. 22. -Esquema de la distribución filogenética de los Vivérridos (en rojo) y los Híénidos (en verde).

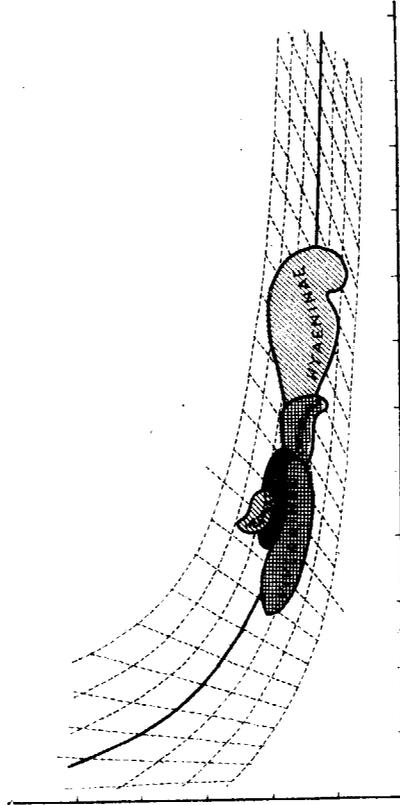


Fig. 22. —Esquema de la distribución filogenética de los Vivérridos (en rojo) y los Hiénidos (en verde).

Mungos (119), con una extensión algo más acentuada, es una forma más especializada. Gregory y Hellman dan al grupo categoría de familia independiente, de la que deriva el bloque secundario de los Hiénidos, que parecen, sin embargo, más ligados a algunas formas especializadas de la siguiente subfamilia.

Los *Viverrinae* constituyen el grupo central de la familia. Nuestra gráfica los muestra separados en dos grupos: uno en el ala hipercarnívora de los Vivérridos (grupo *Genetta*) y otro en el lado opuesto (grupo *Viverra*), como dando a entender una especie de regresión hipocarnívora del mismo, puesto que se sitúan cerca del área de las subfamilias paraursoides de los Cánidos. Del primer grupo, el género *Progenetta* (116) es totalmente canónico, y vecino por una parte de las formas estenoplesictoides de las que debe proceder, y por otra del ámbito de *Ictitherium* en el enlace con los Hiénidos (Gervais, Boule); algunos autores (Pilgrim) lo integran dentro de la familia de los Hiénidos. De la misma raíz proceden los géneros *Genetta* (114) y *Semigenetta* (112-113), este último con una ligera dispersión negativa. El otro grupo, que ocupa una posición arctoide, está constituido por los géneros *Viverra* (115), (189) y *Jourdanictis* (117), que manifiestan, como los demás de la subfamilia, una moderadísima dispersión negativa.

Los Vivérridos interfieren con Cánidos, Mustélidos y Hiénidos. Tales imbricaciones se deducen de su posición centrada y de su primitividad filogenética. Con los Cánidos comparten una extensa zona, la ocupada por las formas más aeluroides de aquel grupo. El área mustélida engloba ampliamente todos los Vivérridos: las formas primitivas de ambas familias se han confundido frecuentemente y agrupado en un conjunto único, los *Stenoplesictinae*, *sensu lato* (Schlosser). Con los Hiénidos comparten una zona

donde tienen cabida las formas que actúan a modo de enlace entre ambas familias (*Progenetta-Ictitherium*).

FAMILIA HIÉNIDOS.—Como los Úrsidos, los Hiénidos aparecen tarde en la historia filogenética del conjunto de los Carnívoros. Los primeros representantes de la familia son del Vindoboniense y manifiestan ya una especialización decidida a partir de la rama vivérrida en la que se implantan formando a modo de una escama envolvente del polo aeluroide de la misma. El parentesco de Hiénidos y Vivérridos, es un hecho reconocido por los paleontólogos; Zittel consideraba a los Hiénidos como Vivérridos diferenciados, con los que se unen mediante formas de transición bien caracterizadas. Existe una relación indudable entre ambas familias, del mismo orden que la que emparenta los Úrsidos con los Cánidos. (Simpson señala esta simetría e indica el papel de enlace que han jugado en ello los géneros de transición *Agriotherium* e *Ictitherium*.)

Los Hiénidos ocupan en nuestra gráfica un ámbito muy apaisado, con un índice b/a equivalente a 45,8. El conjunto está distribuido entre el primero y el cuarto cuadrantes y se dispone de una manera simétrica alrededor de la curva media, siendo su índice de canonicidad bastante elevado, igual a 26,7 %. La extensión está comprendida entre los valores + 1,0 y + 7,2 y la dispersión entre + 1,7 y - 1,2 (fig. 23).

En la gráfica aparecen bien delimitados dos grupos, correspondientes a las dos ramas que integran la familia (figura 22). En posición interferente con los Vivérridos y mostrando una canonicidad bien aparente, se sitúan los *Ictitheriinae*, subfamilia cuya posición filogenética en el entronque con los Vivérridos es bien conocida. La mayor

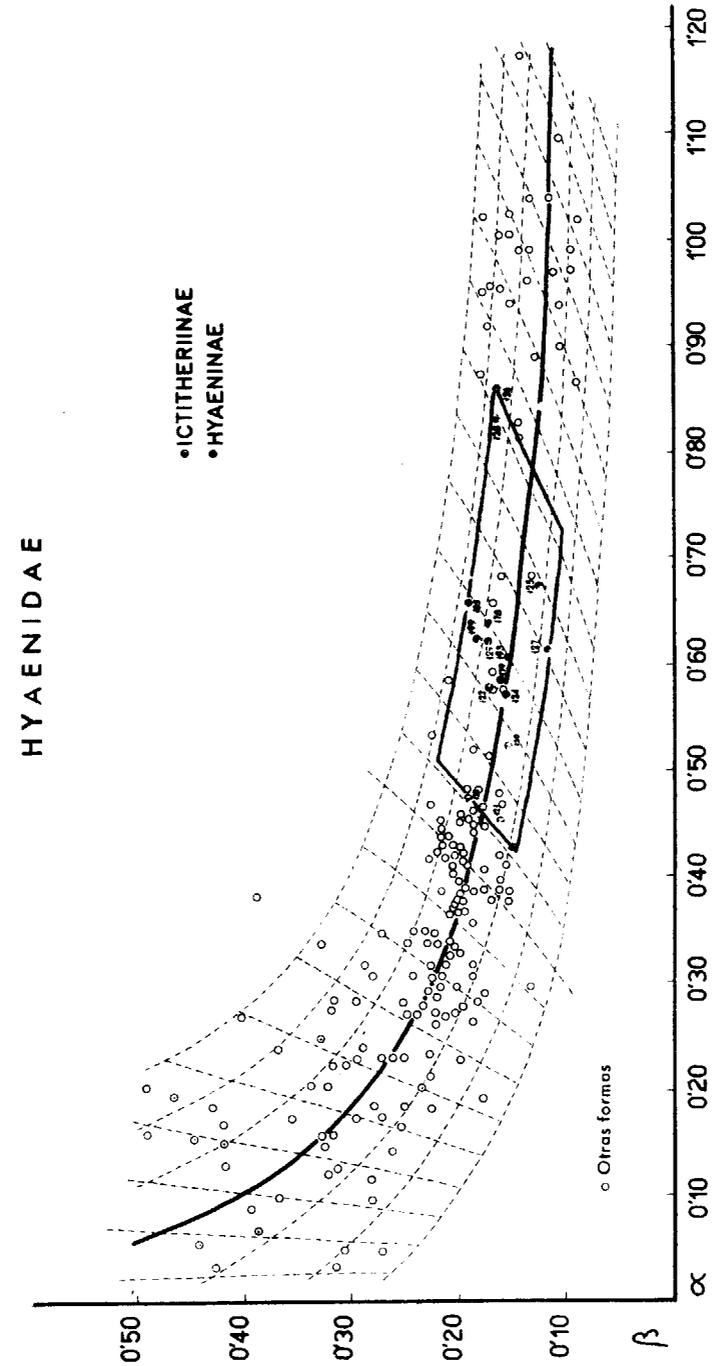


Fig. 23.—Área de los Hiénidos y distribución de las subfamilias. Los círculos en blanco corresponden a otras familias.

HYAENIDAE

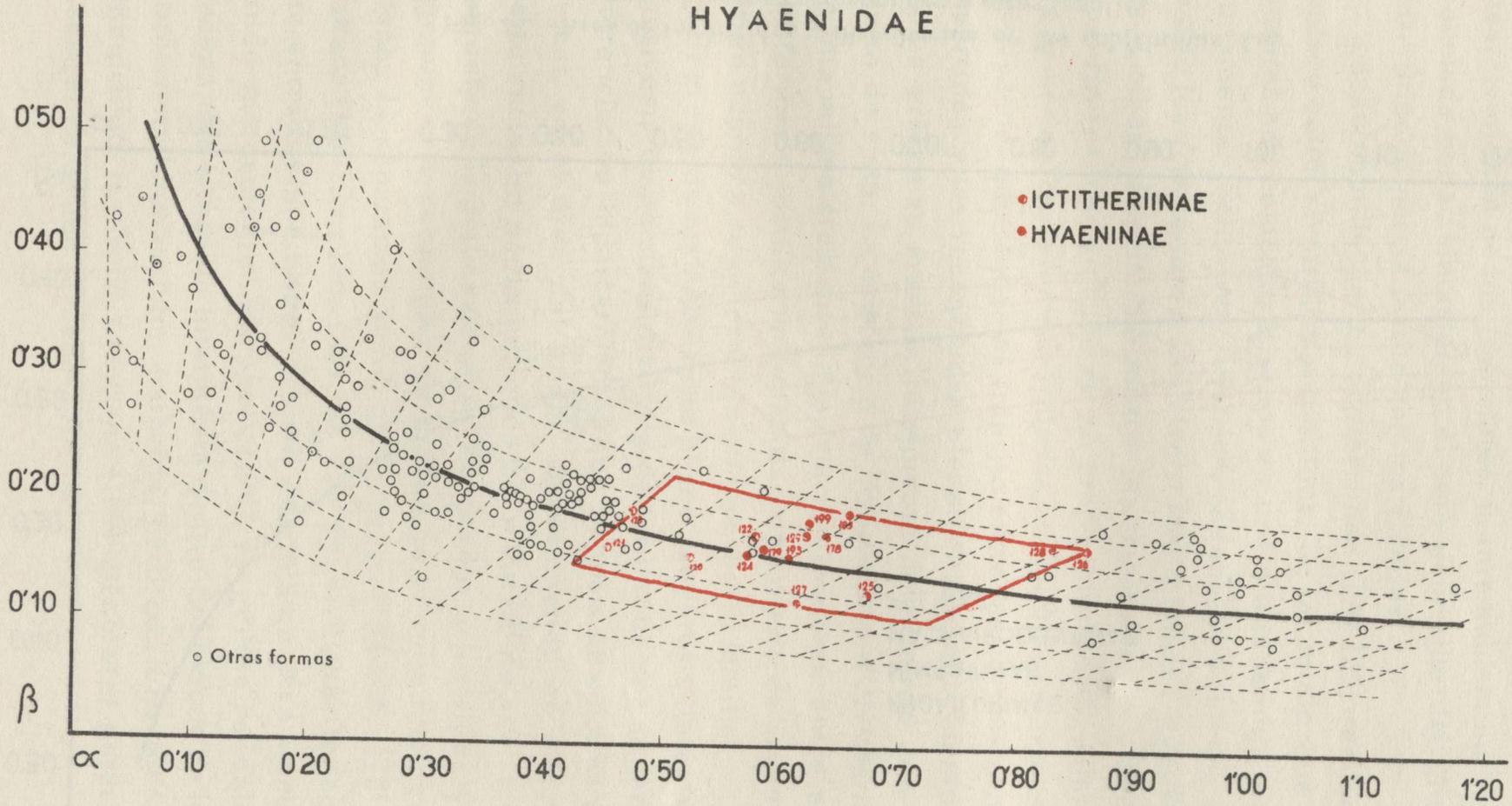


Fig. 23.—Área de los Hiénidos y distribución de las subfamilias. Los círculos en blanco corresponden a otras familias.



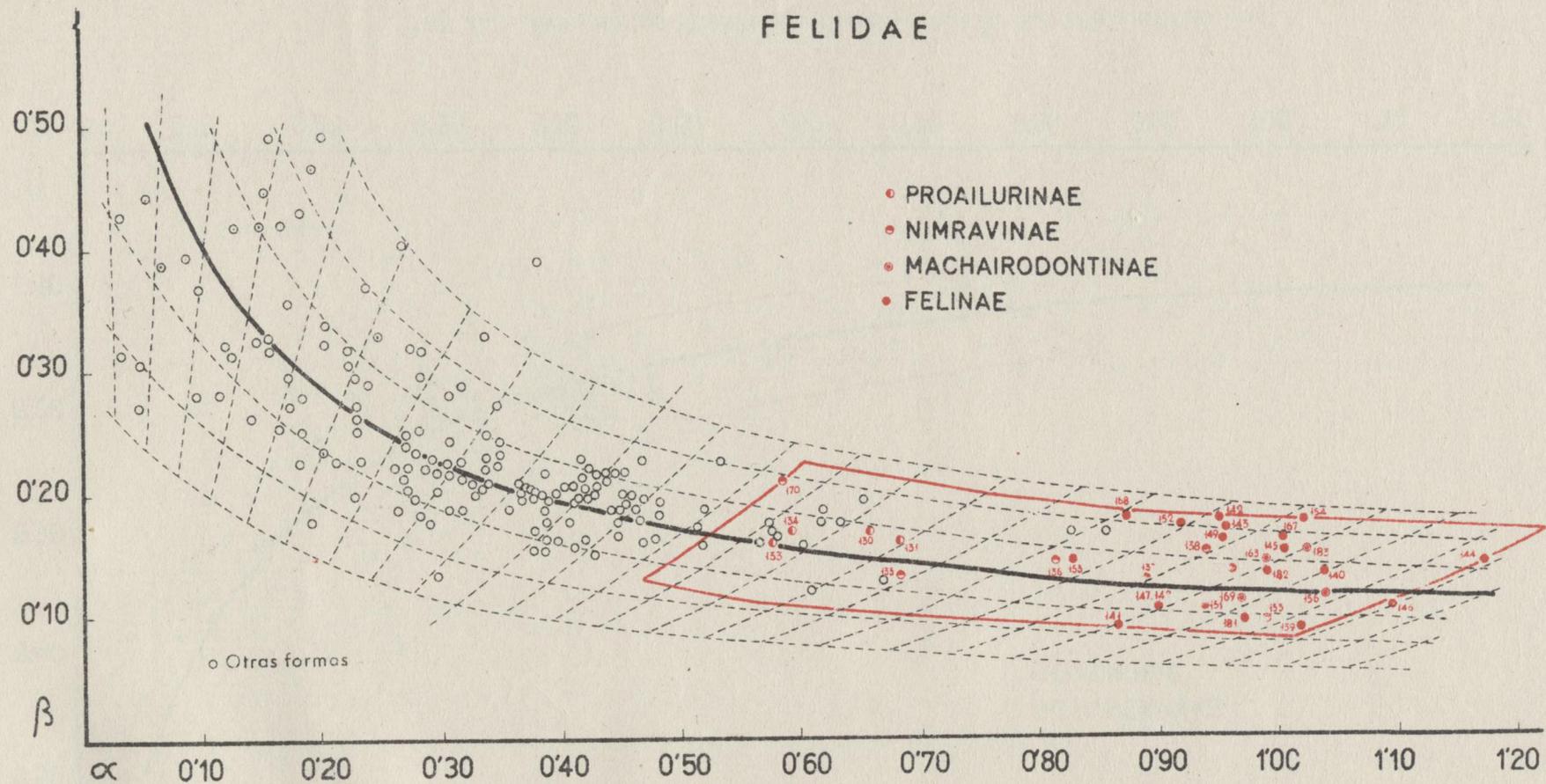


Fig. 24.—Área de los Félidos y distribución de las subfamilias. Los círculos blancos corresponden a otras familias.

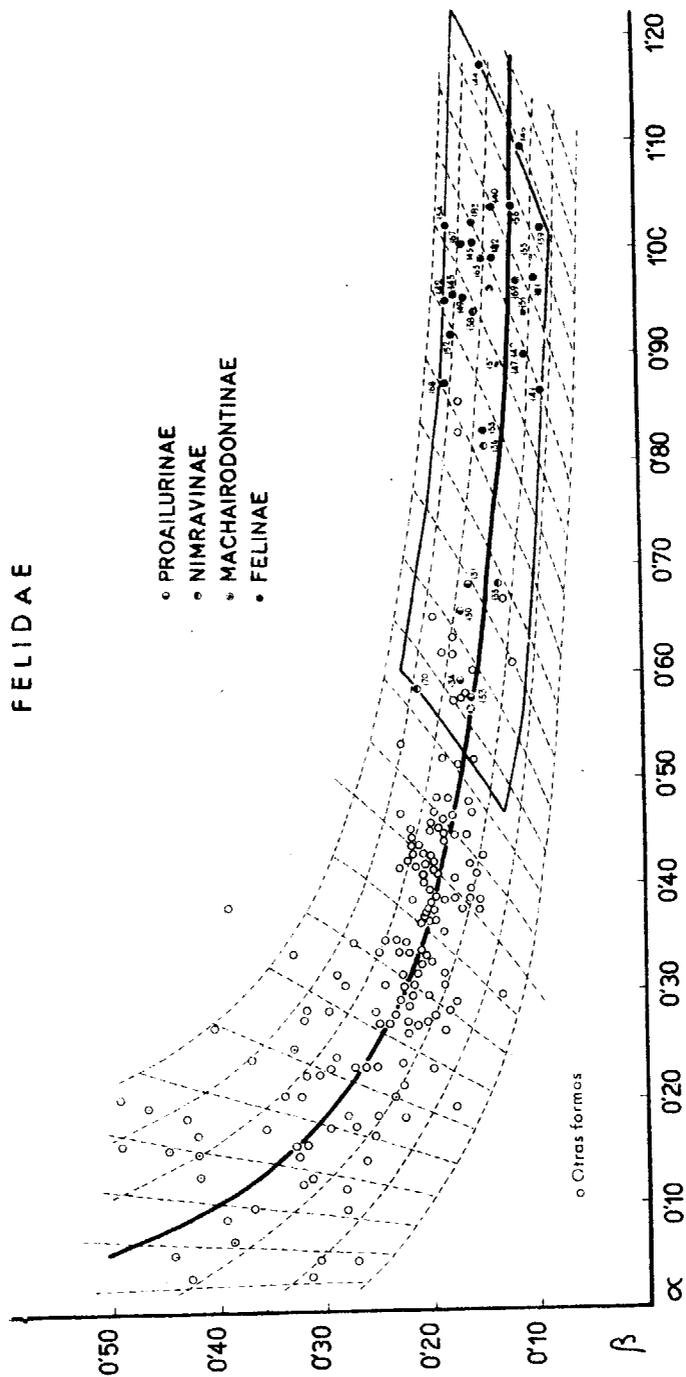


Fig. 24. --Área de los Félidos y distribución de las subfamilias. Los círculos blancos corresponden a otras familias.

«carnivoridad» de los *Hyaeninae*, la otra subfamilia, viene revelada por su situación en el polo aeluroide del grupo, interfiriendo parcialmente con los Félidos.

La subfamilia de los *Ictitheriinae* (120-123) realiza el enlace entre Vivérridos y Hiénidos, de tal modo que los autores han colocado el grupo en una u otra familia indistintamente. Schlosser, Dietrich, Zdansky y otros, han unido los *Ictitherium* a los Vivérridos, mientras que Winge, Colbert, Pilgrim y Simpson los reúnen con los Hiénidos. En realidad se trata de un grupo intermedio, eslabón de la serie *Stenoplesictis-Progenetta-Ictitherium-Hyaenictis-Hyaena*, que realiza el tránsito entre las formas protovivérridas y las reconocidas plenamente como hiénidas.

La gráfica se muestra totalmente de acuerdo con tal punto de vista. La existencia de *Progenetta* e *Ictitherium* en una misma área enseña la relación evidente entre ambas formas y justifica la duplicidad de criterio de los autores en cuanto a su colocación en una u otra familia.

El grupo de los *Hyaeninae* posee mayores valores expansivos y dispersivos. Se trata de formas de una superior diferenciación hipercarnívora, que ocupan posiciones extremas en el área del grupo, determinando en ella un cierto vacío, un *hiatus* entre los 69° y los 78° de *alfa*, muy aparente en la gráfica general. En cuanto a los tipos que componen la subfamilia, la gráfica no permite distinguir apenas la separación genérica. *Crocuta* (124-126, 178) y *Hyaena* (127-129, 186, 193) los dos géneros más típicos, diferenciados por Kaup, ocupan una misma área interfiriendo mutuamente. *Euryboas* (179), es género canónico y ocupa una situación intermedia dentro del bloque de los *Ictitherium*. Una posición parecida, pero con una menor canonicidad, la ofrece *Lycyaena* (199), género al parecer ancestral del grupo *Hyaena-Crocuta*.

No poseemos los dos módulos de *Hyaenictis*, para contrastar su posición en la gráfica en relación con los dos géneros vecinos, pero el valor de *alfa* (60°) que posee *Hyaenictis almerai* de nuestro Pontense inferior, permite asegurar la verosimilitud, apuntada por los autores, de ser un eslabón de la cadena que empalma los Vivérridos con los Hiénidos especializados.

Los Hiénidos interfieren netamente con las dos familias vecinas: los Vivérridos y los Félidos. Con la primera de ellas el empalme se realiza mediante eslabones concretos que relacionan formas genéticas con *Ictitherium*. Así el área de esta subfamilia se muestra imbricada con la de *Stenoplesictinae* y con parte de la de *Viverrinae*. Con los Félidos la interferencia existente no tienen ningún significado filogenético. Se trata de una imbricación cuantitativa de los datos goniométricos que no presupone, por otra parte, conocido el régimen trófico de ambos grupos, una interferencia ecológica real. Gran parte de los *Nimravinae* y un segmento pequeño de los *Felinae*, caen en el espacio de los *Hyaeninae* más carnívoros.

FAMILIA FÉLIDOS.—Los Félidos representan el grado máximo de especialización carnívora, por lo que llenan por sí solos la rama aeluroide de la gráfica. Las particulares características de la familia y su relación con las inmediatas, se refleja plenamente en la gráfica en cuestión. Los primeros representantes de la familia, del Oligoceno superior, realizan el enlace con las formas extremas del grupo *stenoplesictoide* de Teilhard, con las que están en continuidad morfológica; la gráfica insinúa un efectivo parentesco entre ambos grupos y deja sin resolver el entronque con los felinos verdaderos; hecho que, por otra

parte, dista todavía mucho de estar averiguado por la Filogenia moderna.

Los Félidos ocupan un área fuertemente apaisada con un índice *b/a* equivalente a 40,6. La extensión queda comprendida entre + 2,3 y + 12,9 y la dispersión entre + 2,8 y - 1,5. El conjunto está situado en el primero y cuarto cuadrantes. El índice de canonicidad es bajo y apenas llega a 17,6 %.

Sobre la gráfica es dable apreciar la existencia de dos grupos: uno que representa el núcleo primitivo, unido todavía al bloque basal *stenoplesictoide* y que se superpone al ámbito de los Hiénidos especializados, y otro que integra los felinos evolucionados y que se inicia con los *Nimravinae* primitivos y concluye con los auténticos gatos. Entre los dos grupos se extiende el lapso vacío de formas mencionadas anteriormente, que impide observar las relaciones filogenéticas entre ambos (fig. 24).

El grupo primitivo de Félidos está representado por la subfamilia *Proailurinae*, en continuidad morfológica con *Stenoplesictinae*. El género *Stenogale* (133-134) se halla en el punto de enlace; *Proailurus* (130, 131), a pesar de pertenecer al mismo grupo, posee una filiación algo incierta. Algunos autores han reunido el grupo con los Mustélidos (Schlosser, Viret), o con los Vivérridos (Mivart, Lavocat) aceptando, no obstante, la dirección félica de su tendencia evolutiva, pero, en general, se los coloca en la base de los Félidos (Flower, Milne-Edwards, Pilgrim, Simpson), admitiendo que los caracteres viverroides que poseen son en realidad signos de primitividad del grupo, que se mostraría pues como notablemente conservador por alguno de sus caracteres.

Los *Nimravinae* típicos representan un anticipo cronológico de los auténticos felinos con *Nimravus* (170), situa-

do todavía cerca del bloque basal. A esta familia se agregan formas más modernas que morfológicamente vienen a constituir un punto de enlace entre *Proailurinae* y *Felinae*. En la gráfica, desde luego, manifiestan una posición intermedia, que corrobora estas ideas. Algunos autores (Matthew, Romer, etc.) aceptan además un entronque directo de los *Felinae* a partir de algunas formas de *Nimravinae*, aunque otros prefieren ver un parentesco de esta subfamilia con los *Machairodontinae*. El género *Pseudaelurus* (135-136) se halla en la gráfica todavía en posición intermedia con los Hiénidos, pero *Metailurus* (135) y *Therailurus* (138) están colocados en pleno dominio felino-machairodóntino.

Los *Felinae* ocupan el área extrema de la gráfica, con valores de *alfa* superiores a 81° . Esta zona es compartida parcialmente por los *Nimravinae* y ocupada totalmente además por los *Machairodontinae*, que no representan, pese a su especialización extremada, el polo final de la rama aeluroide. Aunque modernamente se les cree procedentes de los *Nimravinae* (Piveteau), los *Felinae* toman contacto con éstos en la gráfica y mantienen un valor *beta* bastante análogo al de ellos. La gráfica no llega a discriminar en áreas distintas los géneros *Felis* (142-146, 154), *Panthera* (140, 151-152), *Sivapanthera* (153), *Dinofelis* (139), *Acinonyx* (150) y otros, que forman una constelación dispersa a ambos lados de la curva, con una canonicidad bastante baja. El género *Lynx* (147-148, 181) ocupa un espacio reducido en el ámbito menos especializado de la subfamilia, con dispersión negativa muy baja.

Los *Machairodontinae* forman un bloque bastante compacto en el interior del área ocupada por los *Felinae*, con una canonicidad algo más alta que la de éstos. La posición gráfica de los diversos géneros no permite estable-

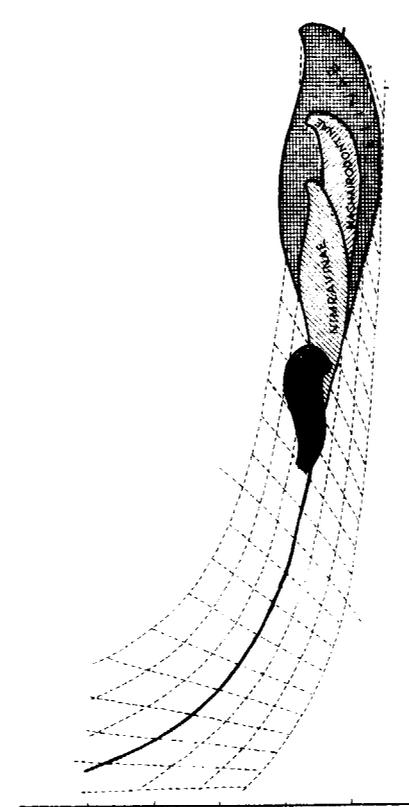


Fig. 25.—Esquema de la distribución filogenética de los Félicos.

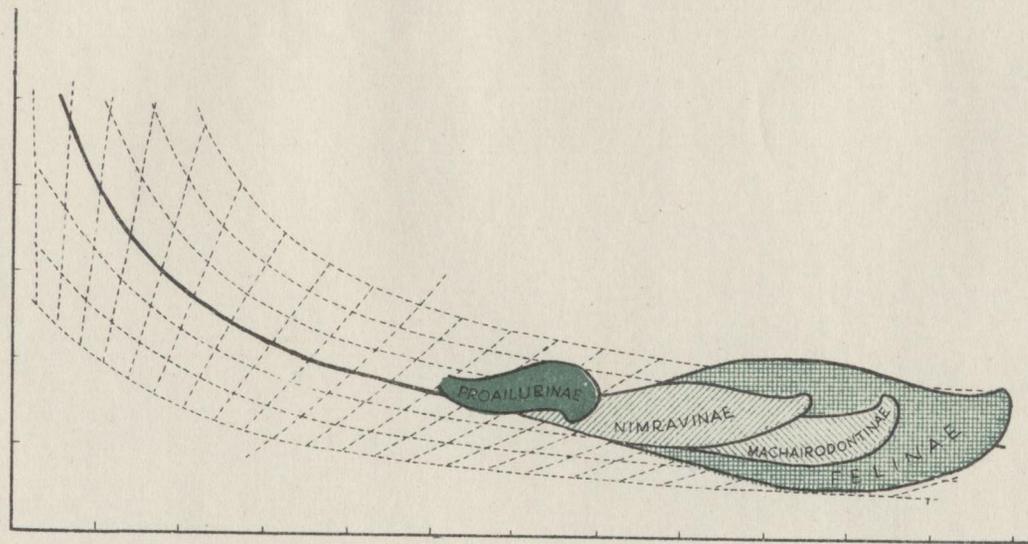


Fig. 25.—Esquema de la distribución filogenética de los Félidos.



cer diferencias acusadas entre ellos, aunque parece comprobarse un ligero aumento en la «carnivoridad» de *Meganthereon* (156, 183) sobre la de *Machairodus* (155, 163) y *Smilodon* (169) (*).

La relación filogenética entre *Nimravinae* y *Machairodontinae*, que algunos autores han invocado, podría ser viable por la situación respectiva de ambas subfamilias sobre la gráfica, a pesar de que quizá se trate de un simple caso de convergencia morfológica entre las dos. Es posible, por otra parte, según observaciones de la propia gráfica, una mera relación de paralelismo de las tres subfamilias, que se habrían desglosado del bloque primitivo en el estadio *preailúrido* del conjunto (fig. 25).

Consideraciones finales

La observación de la historia de los Carnívoros a través del estudio de los módulos mencionados arroja nueva luz sobre el mecanismo del fenómeno expansivo de los mismos. Ello se hace a partir del lote basal eocénico que posee una cierta y efectiva homogeneidad en el conjunto, dentro de un claro polimorfismo inicial. Este polimorfismo afecta tanto al propio individuo como a la misma especie, de manera que entre unas especies y otras existen transiciones tan graduales e insensibles que es muy difícil establecer los habituales límites sistemáticos entre ellas. El

(*) A fuer de sinceros hemos de declarar que la medida exacta del ángulo *beta* en las formas que lo poseen muy bajo es siempre difícil desde el punto de vista técnico, cosa que no ocurre con el ángulo *alfa*. Quizás éste es el motivo de la escasa discriminación que hemos podido realizar entre las formas extremadamente hipercarnívoras.

estudio de las formas del Eoceno produce la sensación de que existe una casi total continuidad morfológica en el conjunto de Carnívoros fisípedos, dando la apariencia de tratarse de una forma única con una variabilidad excepcionalmente amplia que llegara a abarcar tipos prearctoides con otros preaeluroides. Claro está que los materiales con los que se han estudiado las faunas primitivas de Carnívoros, proceden en gran parte del clásico yacimiento de las Fosforitas del Quercy, cuya edad abarca el Eoceno medio y el Oligoceno inferior y contiene mezclas faunísticas, lo cual puede proporcionar una imagen poco exacta de la realidad. Sin embargo, la tal continuidad morfológica del grupo ha sido ya reconocida por los autores, y Teilhard la advierte plenamente en algunos de sus trabajos.

Nuestras observaciones, basadas en el estudio de los módulos *alfa* y *beta* de los Carnívoros, están totalmente de acuerdo con estos puntos de vista. La constelación gráfica de *alfa* y *beta* en el Eoceno se presenta como un grupo muy compacto limitado por umbrales lo suficientemente próximos para producir una impresión de homogeneidad.

En el Oligoceno inferior nacen y se desarrollan radialmente los troncos diversos, que adquieren una cierta personalidad. Solamente dos familias, producto de especialización tardía, los Úrsidos y los Hiénidos, quedan por constituir, aunque aparecen prefiguradas en el seno de familias más basales. En estos momentos del Oligoceno estalla la enorme dispersión del conjunto, que alcanza su climax en el Mioceno, momento en que ocupa los máximos nichos ecológicos disponibles. Ello es consecuencia de un nuevo progreso en las rutas trazadas previamente, que acaban por determinar el coronamiento total de las diversas ramas del conjunto.

Da la sensación, en definitiva, que en la fase inicial aparece una gran riqueza de tipos que preludian ya la diversificación ulterior. Se trata probablemente de una fase mutágena capaz de determinar por genovariaciones discontinuas tales tipos, originando lo que se ha dado en llamar «radiación basal» de los troncos. Estos tipos se cruzan y determinan quizá por hibridismo la progresión de los caminos iniciados; ya sea con intervención de la selección natural o gracias a la acción del ambiente. Tardíamente, nuevas mutaciones originan los diversos subgrupos dentro de cada rama creada inicialmente y perfilan además, con nuevos matices, las características ecológicas de las mismas.

Esta concepción parece dar a entender que, esencialmente, los rasgos definitivos de las diversas familias, y aun estas mismas, están contenidos potencialmente en el genotipo —sometido a continuas modificaciones por mutación cromosómica— de las formas iniciales. Según este punto de vista, la evolución del grupo en sus trazos esenciales, se definiría ya en su origen con una gran riqueza de tipos preespecializados. Solamente una fase mutagénica, activando el proceso alométrico, determinaría el perfil concreto de las estructuras creadas con sus peculiaridades de especialización. Con esta nueva manera de ver se desvirtúa un tanto el papel «creador» de las mutaciones secundarias, que sirven, sin embargo, de retoque de la fase anterior y asumen el papel de mutaciones primeras de la nueva rama. La verdadera creación de tipos se da plenamente en las fases primitivas, dotadas de una potencia inventiva considerable que rige la evolución subsiguiente.

* * *

El esquema presentado insinúa un mecanismo de di-

versificación de tipos a base de un proceso de segregación de caracteres en un lote de gran polimorfismo inicial, por alometría. Este proceso, que acaba por conceder valor de caracteres diferenciales a las estructuras morfológicas coexistentes en las formas primitivas, ha sido llamado *lisis* por Blanc, y es precisamente la imagen que este autor se impone del proceso evolutivo la que parece convenir en nuestro caso, de acuerdo con las observaciones que hemos realizado.

El polimorfismo inicial supuesto por Blanc existe indudablemente en el grupo basal de formas paleógenas de los Carnívoros. Tal polimorfismo es susceptible de clarificarse y de este modo resolverse en haces simples y series cada vez más homogéneas y mejor definidas, la suma de cuyos caracteres básicos equivale al total de los del equipo primitivo. Es decir, se hallan en la misma relación que se encuentra una mezcla física con los componentes de su destilación fraccionada. Nuestro modelo representa pues, hasta cierto punto, un caso paralelizable, con expresión gráfica, a los de evolución por *cosmolisis* del mencionado autor. Las fases *preapogeica* y *apogeica* de Blanc aparecen, sin embargo, en nuestro ejemplo, como superpuestas y confundidas, habida cuenta de la considerable duración del Paleogeno, al que hemos de ver en nuestro caso a través de una misma cronobiota, constituida por formas ubicadas en distintos estratos de la escala temporal. Este lapso de tiempo, además, posee una duración considerable en relación con los períodos en los que se cumple la especialización posterior. La fase *postapogeica* representa la etapa, bien conocida en nuestro caso, de fijación de las ramas originadas. En el Eoceno inferior debieron existir unas pocas formas basales genéticamente *toti potentes*; tras una fase mutágena muy activa se originó en el Eoce-

no superior y el Oligoceno el bloque polimorfo indicativo de las posibilidades adaptativas del conjunto. Esta fase declina a mediados del período miocénico, ya que en el Pontense se inicia una cierta decadencia (postapogeo) perceptible en nuestros gráficos, debido a un virtual agotamiento biológico de la capacidad inventiva del grupo.

Es evidente que por la índole del material estudiado no se puede reconocer en nuestro caso los detalles precisos del mecanismo de segregación que Blanc ha teorizado en los procesos evolutivos. No obstante, deben aceptarse innegables concomitancias entre el croquis puesto de relieve en estas páginas y las ideas propuestas por Blanc en su *Cosmolisi*. El propio autor señala recientemente (*) puntos de contacto entre su visión del fenómeno evolutivo y la doctrina de los centros genéticos de Vavilov (**), creada para explicar los mecanismos de expansión y diferenciación de las especies vegetales a partir de áreas geográficas relativamente restringidas. La idea de Vavilov se apoya en fenómenos comparables a los de la segregación de caracteres y al principio de la mezcla original de caracteres diferenciales, y representa en el espacio lo que nosotros hemos comprobado a través del tiempo en el grupo de los Carnívoros: una progresiva dispersión trazada a partir del bloque primitivo.

Las ideas de Blanc y Vavilov nos sugieren pues el esquema adoptado por el grupo estudiado en su evolución biológica. Los escasos jalones de que disponemos en

(*) Blanc, A. C.: «Cosmolisi. Interpretazione genetico-storica delle entità e degli aggruppamenti biologici ed etnologici». — Riv. Antrop. Vol. 34. Roma, 1942-43.

(**) Vavilov, N. I.: «Studies on the origin of cultivated plants». — Bull. Appl. Botany and Plant Breeding. Vol. 16, núm. 2. Leningrad, 1926.

Paleontología como elementos de juicio para formular deducciones, aunque no concluyentes, son en nuestro caso suficientemente claros para poder informar de la probable realidad del camino seguido.

Nuestro estudio nos da a entender, por otra parte, que el avance del fenómeno evolutivo se realiza acompañado de una marcada tendencia a la expansión ecológica del grupo. La diversificación se hace en abanico, forma tipificada en nuestro caso por una plasmación gráfica que recuerda precisamente el varillaje del mismo. Tal proceso produce una suerte de lisis o pulverización de las funciones y estructuras antes reunidas, que se sitúan alrededor del eje director correspondiente aproximadamente al valor del promedio, como si intentara recordar el punto de procedencia del conjunto.

Este avance diversificador supeditado a un módulo de valor medio, que corresponde aproximadamente al tipo inicial, es un hecho conocido ya en las poblaciones actuales, gracias a las premisas mendelianas, conocidas de hace un siglo. También la idea de una expansión en la escala temporal del haz evolutivo, de forma simétrica a ambos lados de la dirección axil, se ha insinuado ya de manera teórica y cualitativa, como lo son la mayoría de hechos del dominio de los grandes procesos evolutivos. Sin embargo, nuestras observaciones, basadas sobre módulos de carácter angular, nos permiten afirmar la realidad de este principio y sustentarlo quizá por primera vez sobre bases cuantitativas.

Es muy posible que una tal modalidad evolutiva de ciertos grupos a partir de núcleos basales sometidos a enérgicas acciones mutágenas, que determinan en ellos un amplio polimorfismo inicial sin detrimento de la homogeneidad del conjunto, sea un hecho común en la mayoría

de órdenes de los Mamíferos. Quizá sea ese uno de los caminos habituales, una de las normas más comunes, en la evolución orgánica. Por de pronto, las ideas de Blanc y Vavilov parecen tener una neta aplicación en esos casos. La segregación de caracteres es, para tales grupos, un hecho real que ulteriores estudios han de perfilar con mayor nitidez para precisar su auténtico alcance. No obstante, creemos ya haber conseguido, siquiera sea para un solo grupo concreto, aunque típico, una primera ilustración numérica de estas ideas. Lo ofrecemos como modesta contribución al conocimiento del mecanismo evolutivo que tiene lugar en los *stocks* basales de un grupo, homogéneo y polimorfo a la vez, en trance de iniciar la apertura de las rutas divergentes que han de proporcionarles su plenitud ecológica y el dominio de sus máximas posibilidades expansivas.

Museo de la Ciudad de Sabadell.
Sección de Paleontología (C. S. I. C.).
Febrero, 1957.

TABLA NÚM. 1

AMPLITUD DE VARIACIÓN DE α

Úrsidos	6,3 - 31,0
Cánidos	21,5 - 49,0
Mustélidos	4,0 - 72,0
Vivérridos	34,0 - 55,0
Hiénidos	48,0 - 83,0
Félidos	55,0 - 105,0

TABLA NÚM. 2

PROMEDIOS DE α EN DIVERSAS ASOCIACIONES FAUNÍSTICAS

	Núm. sep.	Ampl.	Promedio
Fosforitas del Quercy (Eoceno-Oligoceno inferior)	35	21-68 (47)	41,5
St. Gérard-le-Puy (Aquit.)	38	32,5-68,5 (36)	43,5
Wintershof-West (Burd.)	26	20-68,5 (48,5)	40,4
Vallés-Penedés (Vindob.)	20	7-78 (71)	43,5
Vallés-Penedés (Vall.)	15	17-80 (63)	47,3
Col. Lagrelli de China (Pont.) ..	37	7-105 (98)	48,5
Prov. europea actual (excl. zona ártica)	17	6-90 (84)	43,9

TABLA NÚM. 3

AMPLITUD DE VARIACIÓN DE β

Úrsidos	26,0 - 52,0
Cánidos	15,0 - 36,0
Mustélidos	19,0 - 43,5
Vivérridos	18,0 - 25,0
Hiénidos	13,6 - 21,5
Félidos	10,0 - 25,0

TABLA NÚM. 4
CORRELACIÓN ENTRE α Y β

$\beta \backslash \alpha$	M							f_{β}	d_{β}	fd_{β}	fd^2_{β}	$d_{\beta} d_{\alpha}$	
	7,5	22,5	37,5	52,5	67,5	82,5	97,5						
7,5			1		3	11	4	19	-1	-19	19	-	55
M 22,5	2	20	58	33	9	13	3	138	0	0	0		0
37,5	9	17	7					33	1	33	33		- 35
52,5	2	5						7	2	14	28		- 18
f_{α}	13	42	66	33	12	24	7	197		28	80		-108
d_{α}	-2	-1	0	1	2	3	4						
fd_{α}	-26	-42	0	33	24	72	28	89					
fd^2_{α}	52	42	0	33	48	216	112	503					

$$C_{\beta} = \frac{28}{197} = 0,421$$

$$C_{\alpha} = \frac{89}{197} = 0,4517$$

$$C^2_{\beta} = 0,020192$$

$$C^2_{\alpha} = 0,204033$$

$$M_{\beta} = 22,5 + 0,1421 = 22,642$$

$$M_{\alpha} = 37,5 + 0,4517 = 37,951$$

$$\sigma_{\beta} = \sqrt{80/197 - 0,020192} = 0,621 \quad \sigma_{\alpha} = \sqrt{503/197 - 0,204033} = 1,532$$

$$r_{\alpha\beta} = \frac{-108/197 + 0,421 \times 0,4517}{0,621 \times 1,532} = -0,643$$

$$\sigma_r = 0,6745 \frac{1 - 0,4134}{197} = 0,0289$$

TABLA NÚM. 5
AMPLITUD DE LA EXTENSIÓN

	E-O	A	B	V	P-P	C
Extensión +	4,30	4,90	5,80	7,50	12,50	12,80
Extensión -	2,60	4,00	5,40	8,00	8,00	9,00
Sentido de la extensión.....	+1,70	+0,90	+0,40	+0,50	+4,50	+3,80
Amplitud	6,90	8,90	11,20	15,50	20,50	21,80
Valor absoluto incremento.....	0	+2	+2,30	+4,30	+5,00	+1,30
Incremento acumulado.....	0	2	4,30	8,60	13,60	14,90

TABLA NÚM. 6
AMPLITUD DE LA DISPERSIÓN

	E-O	A	B	V	P-P	C
Dispersión +	1,70	3,00	2,80	1,90	2,50	2,20
Dispersión -	1,30	0,80	2,50	2,50	2,00	2,20
Sentido de la dispersión.....	+0,40	+2,20	+0,30	-0,60	+0,50	0
Amplitud	3,00	3,80	5,30	4,40	4,50	4,40
Valor absoluto incremento.....	0	+0,80	+1,50	-0,90	+0,10	-0,10
Incremento acumulado.....	0	0,80	2,30	1,40	1,50	1,40

TABLA NÚM. 7
DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMAS A LO LARGO DEL TIEMPO
(EXTENSIÓN)

Zonas +	E-O	A	B	V	P-P	C	Sumas
13	0	0	0	0	1	2	3
11-12	0	0	0	0	3	4	7
9-10	0	0	0	0	3	10	13
7-8	0	0	0	1	0	5	6
5-6	1	1	1	0	2	0	5
3-4	2	2	1	2	3	4	14
1-2	10	3	4	4	1	13	35
Sumas	13	6	6	7	13	38	83
Tanto % superior ...	64,8	31,6	31,6	21,2	40,6	52,1	
Zonas -							
1-2	5	9	3	4	5	16	42
3-4	1	4	8	13	4	4	34
5-6	0	0	2	8	7	3	20
7-8	0	0	0	1	3	9	13
9	0	0	0	0	0	3	3
Sumas	6	13	13	26	19	35	112
Tanto % inferior.....	31,6	68,4	68,4	78,8	59,4	47,9	

TABLA NÚM. 8

DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMAS A LO LARGO DEL TIEMPO
(DISPERSIÓN)

Zonas +	E-O	A	B	V	P-P	C	Sumas
3	0	2	1	1	2	4	10
2	1	2	1	6	6	12	28
1	14	9	4	10	5	20	62
Sumas ...	15	13	6	17	13	36	100
Tanto % superior....	78,9	68,4	31,6	51,5	40,7	49,3	
Zonas -							
1	3	6	9	12	7	24	61
2	1	0	3	3	11	11	29
3	0	0	1	1	1	2	5
Sumas	4	6	13	16	19	37	95
Tanto % inferior....	21,2	31,6	68,4	48,5	59,3	50,7	

TABLA NÚM. 9

EXTENSIÓN Y DISPERSIÓN RELACIONADAS POR SUS VALORES
EXTREMOS

	E-O	A	B	V	P-P	C
Amplitud dispersión	3,0	3,8	5,3	4,4	4,5	4,4
Amplitud extensión.	6,9	8,9	11,2	15,5	20,5	21,8
Índice de divergen- cia	4,5	5,8	7,7	8,2	9,5	9,8
Incrementos	0	+1,3	+1,9	+0,5	+1,3	+0,3
Incrementos acumu- lados	0	1,3	3,2	3,7	5,0	5,3

TABLA NÚM. 10

DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMAS EN EL SENTIDO DE LA EXTENSIÓN

	E-O	A	B	V	P-P	C	Total
A							
Zonas sup. a ± 4	1	1	3	10	19	36	70
B							
Zonas inf. a ± 4	18	18	16	23	13	37	125
Índice de di- versifica- ción (A/B).	0,05	0,05	0,18	0,43	1,46	0,98	0,56

TABLA NÚM. 11

DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMAS EN EL SENTIDO DE LA DISPERSIÓN

	E-O	A	B	V	P-P	C	Total
A							
Zonas sup. a ± 1	2	4	6	11	20	29	72
B							
Zonas inf. a ± 1	17	15	13	22	12	44	123
Índice de di- versifica- ción (A/B).	0,12	0,26	0,46	0,50	1,66	0,65	0,38

II. Los parámetros lineales P, C y T

Introducción

El presente estudio es independiente del anterior y está realizado en fecha posterior al mismo. Representa una nueva contribución masterométrica efectuada sobre el mismo sujeto —el grupo de los Carnívoros fisípedos—, con métodos análogos, pero partiendo de unos módulos totalmente diferentes.

Las interesantes consecuencias de orden diverso alcanzadas en el anterior estudio y dadas a conocer en forma de anticipo en la revista norteamericana *Evolution* a fines de 1956, nos movieron a proseguir nuestras investigaciones sobre el particular. En la anterior contribución estudiamos el proceso evolutivo del grupo a partir de unos módulos angulares que afectaban a dos piezas esenciales en la dentición de los Fisípedos: las carniceras, es decir, el P 4 superior y el M1 inferior. Las variaciones que existen en cuanto a longitud relativa de la serie dentaria desde la parte posterior de la sínfisis, a lo largo de la escala ecológica de los Fisípedos, y la distinta proporcionalidad de las diversas regiones de la misma, sugirieron el empleo de parámetros lineales que diesen cuenta del fenómeno observado. De este modo llegamos a establecer tres medidas zonales que

denominamos P, C y T, correspondientes a una función distinta cada una dentro del conjunto. Estas medidas o parámetros poseen un valor diferente en cada forma analizada y le conceden un significado especial, de acuerdo con su posición filogenética y ecológica. Es decir, continúan manteniendo el mismo tipo de correspondencia matemático-biológica de los anteriores módulos angulares. Los parámetros en cuestión podían ponerse en relación de una manera hasta cierto punto análoga a la que se llevó a cabo con *alfa* y *beta*, al objeto de realizar un análisis posicional de cada forma estudiada. Fruto de tal investigación es el presente trabajo, que complementa el anterior estudio morfométrico de la dentición de los Fisípedos. No sólo se confirman en este trabajo las conclusiones aportadas anteriormente, sino que se obtiene además una información de interés complementario sobre el proceso evolutivo del grupo y las fases que lo integran.

Nos animó a proseguir investigaciones de este tipo la cordial acogida que a los primeros resultados del estudio sobre la relación alfa/beta se dió en el exterior. El eco despertado por el trabajo publicado en *Evolution* fué singularmente notable, en especial entre biólogos y teorizadores de la evolución del área anglosajona. Diversas personalidades americanas en el campo de la Biología manifestaron por vía epistolar su interés por el mismo, y G. G. Simpson, el eminente paleontólogo del *American Museum of Natural History*, de Nueva York, que había presentado el estudio al editor, avalándolo con su prestigio personal, empleó los gráficos del mismo, todavía inéditos, para un cursillo que sobre los Carnívoros había iniciado en la Universidad Columbia.

También fuera de América se manifestó un interés excepcional para nuestro estudio. El finlandés B. Kurtén,

profesor de Paleontología en la Universidad de Helsinki, que ha aplicado con gran éxito métodos biométricos en el estudio de la dentición de los Mamíferos, y el alemán B. Rensch, profesor de Zoología de la Universidad de Münster, gran teórico de la evolución, expresaban con cálidos elogios el alto interés que veían en nuestras investigaciones, y Julián Huxley revelaba que las consecuencias obtenidas por nosotros le habían sugerido algunos puntos de la comunicación que sobre Clasificación horizontal y vertical de los grupos biológicos, presentó en el Simposio de Uppsala, habido en la primavera de 1957.

Una atención particular hacia nuestro estudio la han manifestado diversos biólogos italianos. Alberto C. Blanc, el autor de la teoría de la cosmólisis, aludida en el trabajo anterior, nos comunicaba en una amable carta: «... il y avait quinze ans que j'attendais une étude paléontologique sérieuse et intelligente de ce dont j'étais convaincu depuis 1940: la confirmation que je ne me suis pas trompé...». Una teoría edificada sobre hechos correctamente interpretados y sobre procesos presentidos, parecía demostrada numéricamente por primera vez. Además, en diversas revistas científicas italianas han aparecido últimamente valoraciones dasapasionadas de nuestro estudio, y todas admiten la realidad de una confirmación numérica de la brillante teoría de Blanc que, con este motivo, ha adquirido nuevamente una boga inesperada.

La acogida dispensada a nuestro estudio fué pues un acicate para continuar las investigaciones iniciadas. La introducción de los nuevos parámetros nos ha permitido proseguir el estudio masterométrico del grupo y establecer nuevas conclusiones sobre su historia filogenética. Un anticipo de este nuevo trabajo pudo ser examinado personalmente por J. Huxley, en Uppsala, quien solicitó al

primero de los firmantes la publicación de algunas de las conclusiones que se formulan referidas al proceso evolutivo, para la revista inglesa *Nature*. Una nota preliminar sobre el uso de los parámetros que se introducen en este estudio, aparecerá próximamente en la citada revista americana, *Evolution*.

Los parámetros P, C y T

Los parámetros en cuestión están tomados en la mandíbula inferior de los Carnívoros fisípedos. El abundante uso que se hace aquí del material paleontológico, entre el cual abundan más las mandíbulas que los máxilares completos, aconsejó tomar estos valores zonales en la serie inferior.

La longitud eficaz de la mandíbula, prescindiendo de la zona sinfisaria, podemos considerarla dividida en tres regiones, que hemos denominado, tal como indicamos más arriba, con las letras P, C y T, y que corresponden a áreas de distinto significado funcional. La región P se extiende desde el borde anterior de la serie hasta el paracónido de M1; la región C, desde este punto hasta el protocónido de la misma pieza; y la región T, a partir de aquí hasta el borde posterior de la última pieza de la serie dentaria (fig. 1). Estas regiones no se corresponden estrictamente con las clásicas zonas, individualizadas por las piezas dentarias de grupo distinto, es decir, premolar, carnívera y tuberculosa, sino que expresan cada una de ellas un funcionalismo propio y distinto. Sabido es, en efecto, que la carnívera inferior realiza dos funciones, la cortante, efectuada por la hoja paracónido-protocónido, y la triturante (que se suma a la de las tuberculosas), realizada por el talónido.

Así consideradas, estas zonas corresponden a áreas de diferente papel en el mecanismo masticatorio y representan las funciones que denominamos *lacerante*, *cortante* y *trituyente*, respectivamente.

Los datos obtenidos en las longitudes de estas tres regiones para las especies estudiadas — en número de 133, de las cuales nueve corresponden a Úrsidos, tres a Prociónidos, 30 a Cánidos, 36 a Mustélidos, 21 a Vivérridos, nueve a Hiénidos y 25 a Félidos —, se han reducido a valores porcentuales, al objeto de poder ser comparados unos con otros, de manera que en lo sucesivo, cada vez que

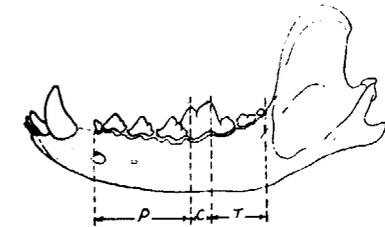
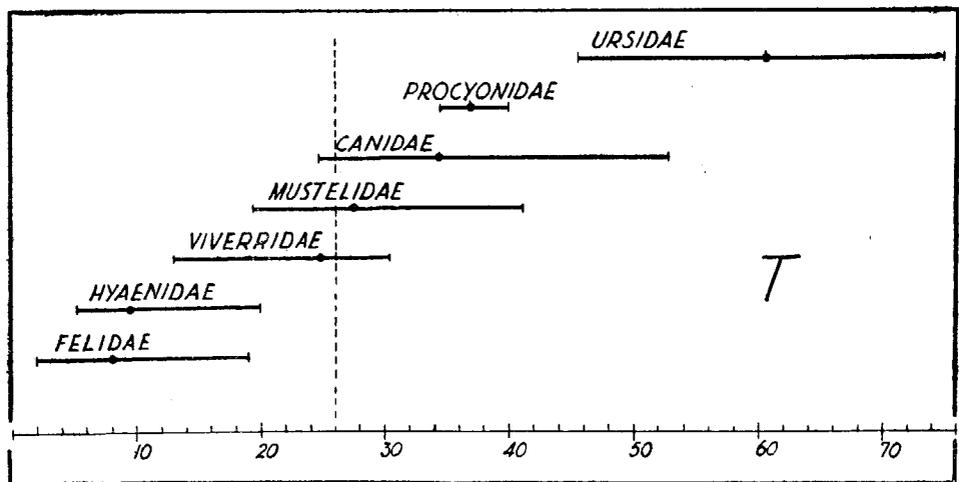
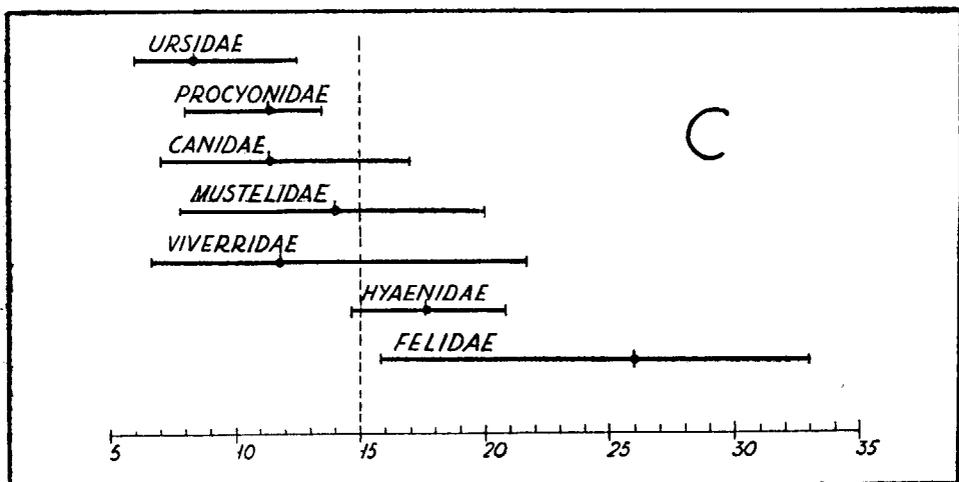
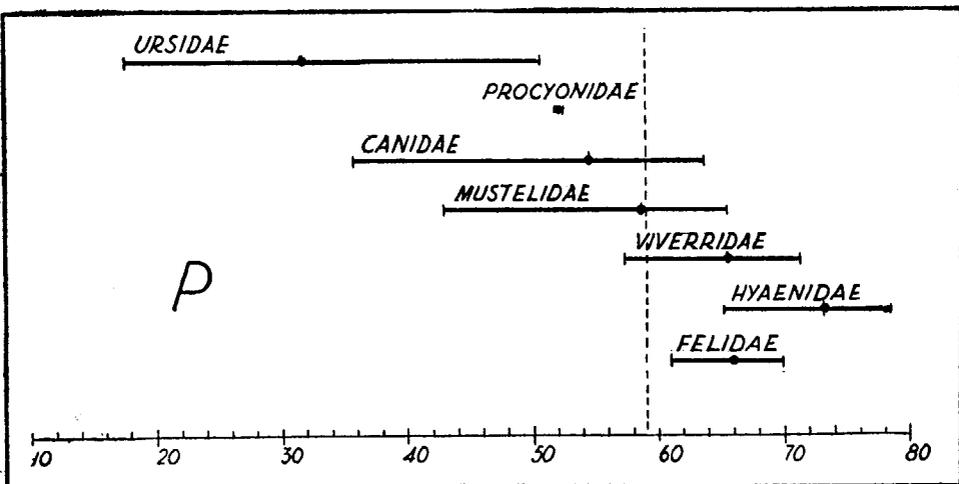


Fig. 1.—Determinación de los parámetros P, C y T en una mandíbula de Carnívoro.

mencionemos valores que corresponden a alguna de las zonas mencionadas, las supondremos en su significado porcentual. Es con estos parámetros o índices segmentarios, P, C y T, que hemos basado el presente estudio analítico.

La tabla núm. I muestra la oscilación de los valores de P, C y T en las diferentes familias y la amplitud de variación de los mismos.

El examen de los valores extremos de estos parámetros nos revela ya las diferencias existentes entre las diversas familias. Una representación gráfica monoáxica de estos valores extremos (fig. 2), nos ilustra de manera clara sobre el particular. Las diversas familias que componen el grupo de los Carnívoros fisípedos aparecen distribuidas siguiendo el orden que supone la especialización ecológica. Es decir, que todas las familias se muestran ordenadas



entre un polo hipocarnívoro y otro hipercarnívoro situados en el extremo de la serie, como sucedía con los módulos angulares alfa y beta. Particularmente en el tercero de los tres gráficos —el correspondiente a T— aparece una gran regularidad en la distribución, como dando a entender un mayor valor del correspondiente parámetro como representativo del significado ecológico de cada familia. Las interferencias de los valores correspondientes a un mismo parámetro en las distintas familias tiene lógicamente su explicación en la filogenia o en la ecología de los grupos. Es bien reconocido el enlace existente entre los Cánidos y los Úrsidos, entre los Vivérridos y los Hiénidos y entre los Vivérridos y los Félidos, por ejemplo, pero el significado de tales interferencias es de orden distinto en cada caso, de acuerdo con las peculiaridades correspondientes a la arquitectura dentaria de los Fisípedos.

Todo ello parece demostrarnos, por consiguiente, que el valor particular de estos parámetros para cada forma tomada en consideración posee una significación especial. Es decir, que la posición gráfica ocupada por cada forma está en relación estrecha con los datos que suministra su filogenia y su ecología particular. Los segmentos representados en la figura 2 contienen las diferentes formas estudiadas, armónicamente dispuestas de acuerdo con los factores indicados. Es así como pueden interpretarse debidamente las mencionadas interferencias gráficas entre las diferentes familias. Por otra parte, la distinta asociación de valores en el interior de cada familia está ligada a la existencia de grupos de jerarquía inferior en su seno, de manera que un análisis de la posición de las formas consideradas nos ilustraría extensamente sobre las peculiaridades de las mismas.

La dispersión en el interior de cada familia posee valo-

Fig. 2.—Amplitud de variación de los tres parámetros en las diversas familias. En línea de trazos, los parámetros del sintetotipo.

res variables. Determinados valores extremos proceden de formas aisladas, mientras el cuerpo central de la familia puede quedar acantonado en una zona más reducida, como sucede en los Vivérridos, para los que excluyendo determinadas formas hipercarnívoras, que algunos autores colocan incluso entre los Félidos (*Cryptoprocta*), el límite superior de C pasaría a ser 16,6 y el inferior de T, 17,3. Análogamente las formas de paso de los Cánidos a los Úrsidos, de los Vivérridos a los Hiénidos, y de los Vivérridos a los Félidos, ocupan sin excepción posiciones intermedias, de manera que excluyéndolas se acortarían sensiblemente los segmentos correspondientes para P, C o T.

La densidad de las formas en cada familia muestra considerables diferencias. Sólo el cálculo de la desviación típica nos informaría ampliamente de la distribución de estas formas, pero su escaso número puede restar seguridad a este índice. El valor promedio de cada parámetro expresado en cada familia revela ya, de primera intención, si la dispersión se sitúa en posición centrada o no. Por lo demás, los valores promedios de P, C y T, efectuados sobre las 133 especies estudiadas, poseen un interés excepcional. El cálculo arroja cifras de 39,10, 15,05 y 25,85, respectivamente. Estos valores coinciden casi exactamente con los parámetros particulares de las especies consideradas del género *Cynodictis* (*C. intermedius*; 59, 15 y 26). Según indicamos en el trabajo anterior, este género personaliza la forma ancestral del grupo entero, de acuerdo con la opinión general de los paleontólogos, punto de vista reforzado además por nuestras propias consecuencias cuantitativas, toda vez que los promedios de alfa y beta en el lote entero revertían a los valores 45° y 22,5° respectivamente, de *Cynodictis*. Nosotros denominamos a la forma ideal primitiva *sintetotipo*, de manera que los valores 59, 15 y 26

para P, C y T, respectivamente, son por lo tanto los parámetros sintetotípicos. Trasladando estos valores al eje coordenado de las tres gráficas de la fig. 2. observamos claramente la separación del conjunto de familias en dos ramas. Recordemos (vid. trabajo anterior) que la sistemática habitual de los Fisípedos reconoce la existencia de dos grupos, *aeluroide* y *arctoide*, *feloide* y *canoide*, etc., según los autores. También coincide con los resultados alcanzados en nuestro anterior trabajo sobre alfa y beta. El mayor o menor grado de especialización ecológica o de adaptación ascendente de cada familia viene traducido por un mayor o menor alejamiento del sintetotipo, que actúa, como para alfa y beta, de eje director del grupo.

Los distintos valores de la amplitud observada para las tres regiones en las diferentes familias, nos informan sobre el papel que juegan en su respectivo régimen masticatorio. Para los Úrsidos, la escasa variación del parámetro C está en relación con la reducida importancia de esta región; la gran variabilidad de P y de T revela las amplias posibilidades de desplazamiento de la región C. En menor escala sucede algo análogo en los Cánidos y aun en los Mustélidos.

Los Vivérridos inician una mayor fijeza de P, que es más común en la rama *aeluroide*; la relativa variación de C —por comparación con lo que sucede en otras familias— está en relación con las diversas especializaciones de la familia. Los Hiénidos, en conjunto, presentan un mínimo de variabilidad: se trata de una familia especializada y de escasa plasticidad. Los Félidos presentan la más baja variabilidad para P; en cambio la acusada variabilidad para C y T es propia de la existencia de un grado diferente de especializaciones en las diversas formas.

En unos casos, la poca variabilidad de los tres paráme-

tros (Hiénidos) muestra las reducidas posibilidades de variación del grupo; en otras, el considerable grado de oscilación de P y T (Úrsidos) revela la alta variabilidad de la familia. La comparación horizontal y vertical de los datos obtenidos permite encontrar siempre puntos de referencia fundamentales para la idoneidad funcional de cada fa-

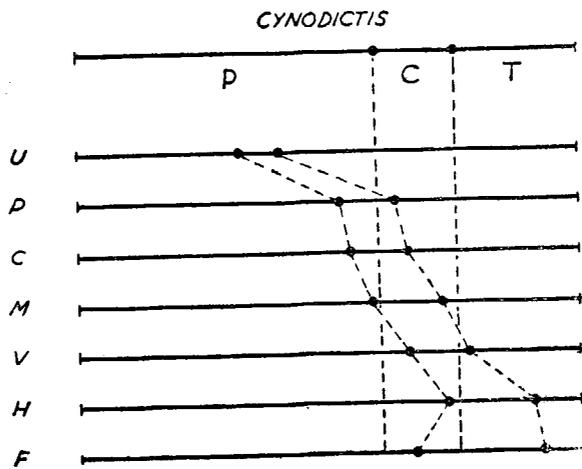


Fig. 3.—Valores medios de P, C y T en las diversas familias, en comparación con los del sintotipo.

milia (*). A este respecto, resulta ilustrativo comparar los mencionados valores medios de los parámetros estudiados para las distintas familias, según datos de la tabla 2 (**).

(*) Los datos relativos a los Prociónidos, dado el escaso número de formas examinadas, son insuficientes para caracterizar la familia con un mínimo de garantías.

(**) Desde luego, las amplitudes de variación de cada uno de los tres sectores no son proporcionales entre sí, lo que quiere decir que existe una cierta independencia en la flexibilidad particular de cada una de las tres funciones.

Estos datos revelan el distinto valor que posee cada región y muestran los correspondientes desplazamientos de C en unas y otras familias. Existe efectivamente una ordenación de las mismas siguiendo este desplazamiento (fig. 3), totalmente acorde con la acostumbrada seriación

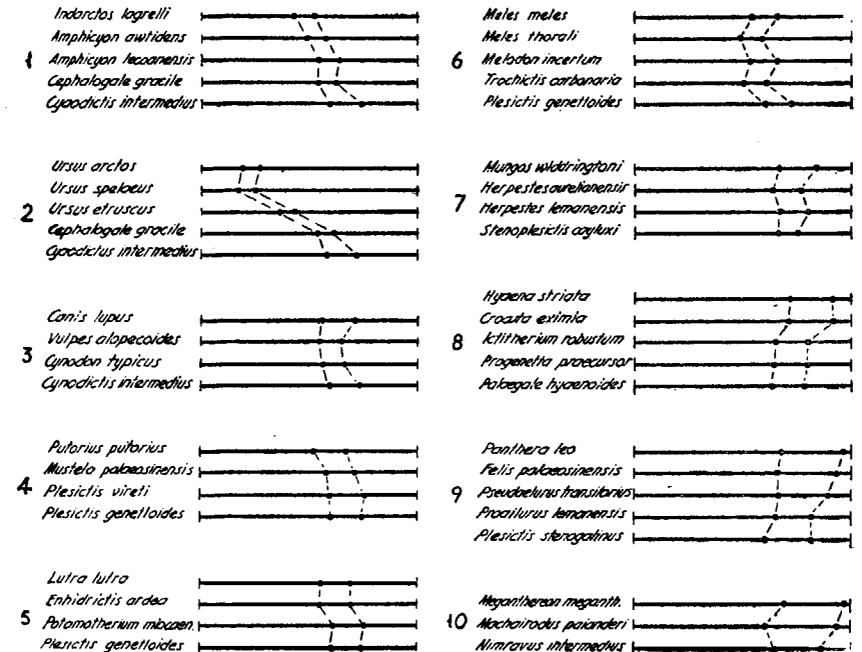


Fig. 4.—Valores particulares de P, C y T en diversas series arctoides y aeluroides (sin significación filética).

desde el polo hipocarnívoro hasta el hipercarnívoro. Este desplazamiento está acompañado por una relativa uniformidad en cuanto a la amplitud media de esta región, que sólo se quiebra al acercarse al polo aeluroides, donde se pone de manifiesto un progresivo aumento del valor de este parámetro.

Tales desplazamientos y ensanchamientos han tenido

lugar en el decurso de la evolución de los diversos grupos. Si analizamos diversas series estructuralmente ascendentes, aunque sin significado filético riguroso, tal como las trazadas en la fig. 4, podemos observar las direcciones seguidas en la progresiva adaptación de las mismas.

Las series 3, 4, 5, 6 y 7 de la fig. 4 muestran bastante regularidad en cuanto a la posición y magnitud de las tres regiones: la historia de las mismas nos dice que se trata de series «conservadoras». La 1 y la 2 muestran dos notables migraciones hacia delante de C (que además decrece sensiblemente en magnitud) más atenuada en 2 que en 1, lo cual es propio de la especialización ursoide y paraursoide expresada en las series. Un fenómeno inverso tiene lugar en 8, 9 y 10, con amplificación de la propia región, mucho más marcada en las dos últimas; es la característica de las especializaciones feloide y hienoide (series «especializadas»).

La constancia de P y sus excepciones

La diferente especialización ecológica de las familias que integran el grupo de los Fisípedos comprende una extensa gama, que va, tal como hemos indicado, desde un extremo típicamente hipocarnívoro a otro francamente hipercarnívoro. Ello acarrea un distinto desarrollo de las posibilidades triturantes y cortantes de las piezas dentarias, de tal modo que empíricamente se ha venido admitiendo, por los paleontólogos en particular, que el desarrollo de la zona de trituración está en relación inversa al de la zona cortante. Nosotros hemos podido estudiar el tipo de ligazón que relaciona ambas zonas mediante el uso de los parámetros C y T, que miden con precisión aquellas fun-

ciones. De este modo hemos encontrado una correlación inversa, según expondremos más adelante. Pero esta sujeción del desarrollo de ambas zonas de opuesto papel, igual podía poseer una rigidez cuantitativa que unas amplias posibilidades de variación, que llegasen a afectar la magnitud de la serie premolar. La introducción de nuestros parámetros segmentarios nos ha permitido un estudio cómodo de la cuestión.

Efectivamente, sumando los parámetros C y T, sujetos a la mencionada dependencia mutua de signo inverso, hemos obtenido una gama de valores de una relativa uniformidad. En la fig. 5 hemos trasladado los 133 valores cal-

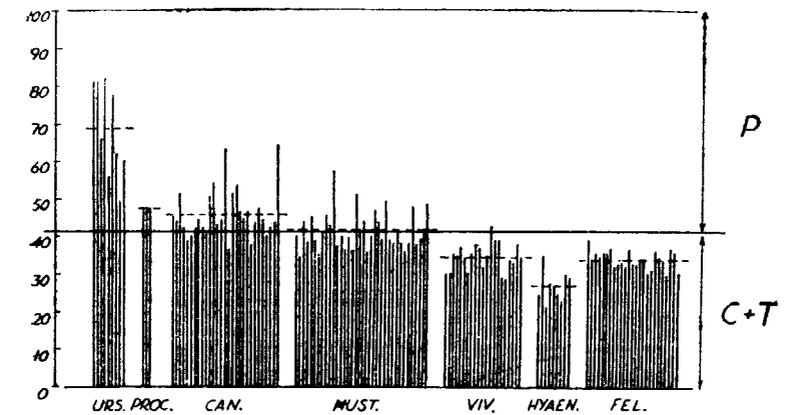


Fig. 5.—La constancia de C + T en las diversas formas consideradas de Fisípedos. Se han señalado los valores medios de cada familia correspondientes a C + T y los del sintetotipo.

culados, agrupados por familias. La empalizada obtenida mediante los segmentos C + T muestra que el valor conjunto de estas dos regiones presenta una notable regularidad, con ciertas discrepancias, que afectan a dos aspectos: a la variabilidad interna de cada familia (de un alcance

estadístico y neutralizada en los respectivos promedios) y a la existencia de algunas familias que poseen valores de excepción. Estas familias son las de los Úrsidos especialmente y, en grado menor, la de Hiénidos, aunque este caso representa el extremo de una tendencia propia de toda la rama aeluroides.

El valor suplementario, $100 - (C + T)$, es decir, P , presentará pues una constancia relativa, que sería mucho más significativa con la exclusión de las dos mencionadas familias. De acuerdo con los resultados anteriormente expuestos con los valores medios de los parámetros en la tabla n.º 2, éste de P (58,6) coincide con el de la forma singular sintetotípica, es decir, *Cynodictis* (59).

Es un hecho real, pues, el de la constancia límite del valor de P a lo largo del grupo de los Fisípedos, como si se quisiese dar a entender la existencia de una relativa neutralización mecánica de este parámetro en el juego combinatorio cortante-triturante de toda la serie. Este hecho, que puede admitirse a título de ley-límite, ha pasado posiblemente inadvertido entre los estudiosos de este grupo de Mamíferos, por no haber sido expresados en forma porcentual. El fenómeno de reducción del número de piezas dentarias, que es característico de las familias aeluroides, ha enmascarado el hecho de la constancia proporcional de la zona premolar.

Ya hemos indicado la existencia de valores de excepción, radicados especialmente en las familias de Úrsidos y Hiénidos, según consta en los datos de la tabla n.º 2, donde aparecen los valores medios de su amplitud respectiva (31,4 y 73,1). En la propia fig. 5 se observa que, con excepción de estas familias, las demás caen en un entorno del sintetotipo inferior a un 10 % de la longitud total de la serie dentaria. Algunas otras formas concretas rebasan

también este entorno, pero suele tratarse de especies convergentes por especialización ecológica o emparentadas con las otras dos.

En conjunto, la distribución de valores de $C + T$ alrededor del promedio *Cynodictis*-sintetotipo aparece como extraordinariamente armónica. Las superiores al promedio corresponden a las familias arctoides, los inferiores a las aeluroides. Considerando el conjunto estudiado a modo de

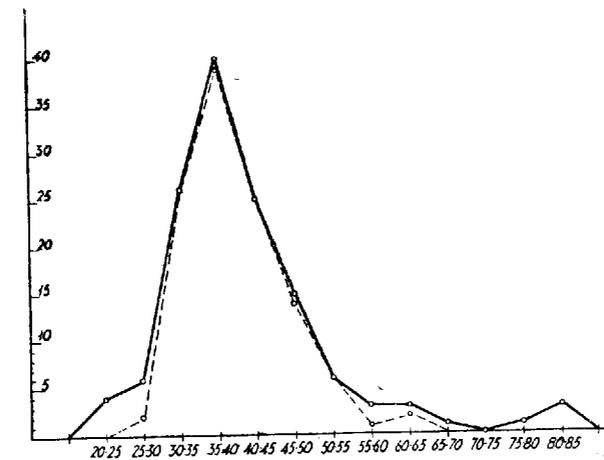


Fig. 6.—Polígono de frecuencias de $C + T$ a lo largo de la serie de los Fisípedos. En línea de trazos, el polígono de frecuencias prescindiendo de las familias secundarias, Úrsidos y Hiénidos. En abscisas, los intervalos de clase; en ordenadas, las frecuencias.

una población, en la que las especies rebajen su papel a la categoría de simples variantes, según licencia que ya empleamos en el trabajo anterior, nos es posible examinar el tipo de distribución de las formas del grupo. Ordenando estos valores en clases de un intervalo de hasta cinco unidades porcentuales, hemos obtenido el polígono de frecuencias de la fig. 6. Este polígono, pese a su asimetría

hacia la izquierda, debida a la existencia de una cola pronunciada en la zona de las clases de marca elevada, es de tipo próximo al binomial. Este hecho, aunque el polígono es sólo aproximado, muestra un tipo normal de distribución biológica y justifica la consideración que ha homologado el conjunto a una población irradiada a partir de la forma ancestral, el sintetotipo. Todavía la distribución aparece más regular si se prescinde de los valores propios de Úrsidos y Hiénidos, afectados por la intervención cuantitativa de P; desaparece parcialmente la prolongación de la derecha, aunque el carácter de la gráfica es el mismo (fig. 6), de manera que el polígono binómico se ajustaría con mayor fidelidad al polígono de frecuencia.

Existe pues un persistente hecho diferencial que aparece en las familias de Úrsidos y Hiénidos. Esta discrepancia a causa de rebasar de manera franca, por defecto o exceso, el valor medio de P afectando los parámetros restantes, no es un hecho único. Ya se ha hecho notar anteriormente el carácter especial de estas dos familias, que no posee origen común con las demás. Según expresamos en nuestro anterior trabajo, existen dos fases fundamentales en la historia de los Fisípedos: la época de explosión basal, que tiene lugar durante el Eoceno medio-superior y la de neoformación de grupos durante el Mioceno. Las familias de Hiénidos y Úrsidos aparecen en esta segunda época, esto es, son producto de la evolución anagenética, siguiendo la denominación de Rensch, en la historia evolutiva de los Fisípedos. Las familias primarias establecieron su cuadro de especializaciones manteniendo constante el parámetro P, es decir, a expensas únicamente del juego compensado entre C y T. Las familias neoformadas, en cambio, hicieron intervenir en el mismo y de manera significativa la magnitud del parámetro P, afectan-

do su amplitud de variación, ya sea en el sentido de exagerar su valor (Hiénidos) o de reducirlo (Úrsidos).

Este carácter de excepción de estas familias aparece frecuentemente a lo largo de este estudio.

Relación mutua entre los parámetros

La relativa constancia del valor del parámetro P a lo largo de la serie de los Fisípedos, presupone que las diversas especializaciones ecológicas deben realizarse básicamente mediante variaciones compensadas entre C y T. Desde el polo hipocarnívoro al opuesto, el parámetro C incrementa su valor a expensas del restante, lo cual es una prueba de la existencia de una cierta correlación inversa entre ambos.

Es innegable que así sucede, y por ello puede observarse el considerable desarrollo del área de las tuberculosas y del sector triturante de la carnícera de los Úrsidos, frente al reducido porte de su zona cortante, así como precisamente lo contrario entre los Félidos. Estas variaciones son análogas a las que se manifestaban entre alfa y beta en nuestro anterior trabajo, ligados por una correlación inversa bien marcada. Como allí, nos es posible también calcular las características de dicha correlación.

Para investigar la ley que liga a ambas variables, podremos dividir el colectivo de 133 variantes en clases de un intervalo de 10 unidades porcentuales. Dispuestas las frecuencias de C y T en una tabla de correlación, obtendremos una agrupación de valores dispuesta en un sentido diagonal, desde el extremo superior derecho al inferior izquierdo (tabla núm. 3). Si llevamos sobre un sistema cartesiano los pares de valores que corresponden a las

diversas marcas de clase y a los valores medios de las variantes (tabla núm. 4), obtenemos dos series de puntos ajustables a sendas líneas que representan las correspondientes líneas de regresión de las dos variables. Fácilmente se echa de ver que la correlación es de tipo no lineal, como era de suponer, y de signo inverso por estar situados los puntos significativos en el segundo y cuarto cuadrantes del sistema coordinado, cuyo origen puede situarse en el punto que corresponde a los valores medios de C y T, medidos por las clases indicadas (15,04 y 24,98 respectivamente) (fig. 7). Además la correlación parece ser bastante buena, por la poca separación angular de las líneas de regresión medida por sus tangentes en los puntos de contacto.

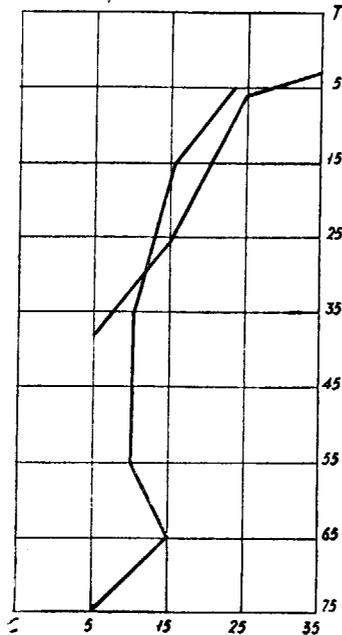


Fig. 7.—Líneas de regresión de C y T, según datos de la tabla 4.

El coeficiente de correlación (r), según los cálculos dispuestos en la tabla núm. 3, nos proporciona un valor negativo ($-0,657$), tal como era de esperar. Este valor es también análogo al obtenido entre las variables alfa y beta del anterior trabajo ($-0,643$), prueba de que se trata de módulos de carácter homologable, pese a su diferente naturaleza. Considerando el bajo error probable de r ($0,033$) y de acuerdo con las reglas de King, podemos admitir que *existe una correlación muy marcada entre las dos magnitu-*

des, de tipo no lineal. El coeficiente z de Fisher ($-0,787$) posee un valor parecido al de r , como también sucedía para alfa y beta (*).

Sin embargo, la citada intervención de P en el juego de relaciones mutuas entre los parámetros C y T proporciona una mayor libertad a los mismos. Pese a reconocer la existencia de la mencionada correlación entre C y T, no puede prescindirse del parámetro suplementario, P, para el estudio de las formas tomadas en consideración en el presente trabajo. Más que una gráfica de dispersión de puntos a la manera cartesiana empleando únicamente C y T, conviene una representación a base de coordenadas triangulares que permitan la consideración de los tres parámetros. Hemos partido para ello del sistema empleado por el suizo Niggli en Petrología, adecuado para nuestro propósito, atendiendo al carácter porcentual de los tres parámetros propuestos. En la fig. 8 se muestra la constelación de puntos obtenida a partir de tal sistema de representación.

Un examen superficial de esta gráfica nos permite unas primeras observaciones de conjunto. Los puntos obtenidos se distribuyen en la parte baja del triángulo, en su sector izquierdo principalmente y alrededor de un punto centrado, cuyas coordenadas corresponden al sintetotipo. Este tipo de distribución es también análogo al obtenido con los módulos angulares alfa y beta, pero las agrupaciones presentan con respecto a aquél, hechos diferenciales de interés, susceptibles de ser analizados. El área ocupada por las formas consideradas en nuestro trabajo es alargada y está dispuesta alrededor de una línea de ajuste,

(*) Véase más adelante la relación existente entre alfa y beta por un lado y C y T de otro, lo cual explica estas analogías.

tendencia del conjunto a una norma, cuyo punto de arranque es el sintetotipo. Según nuestro trabajo anterior, la relación *alfa/beta* determina una gráfica politrópica, es decir, hiperbólica de grado superior. El mismo razona-

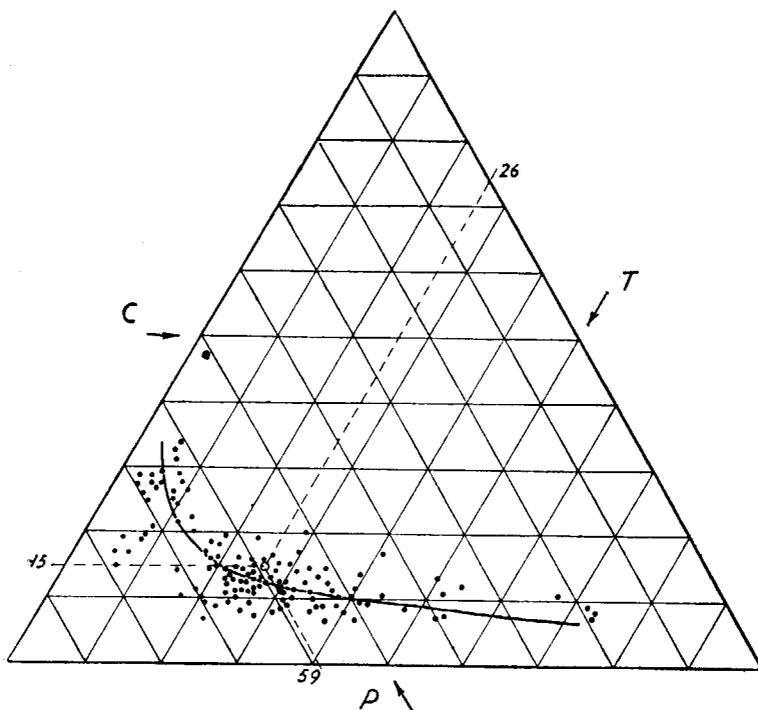


Fig. 8. La constelación de puntos y la línea de ajuste, tomada en coordenadas triangulares.

miento y la misma técnica utilizada para el ajuste entre *alfa* y *beta* podemos emplear con los nuevos parámetros, pese a la deformación debida al uso de un sistema de coordenadas diferentes. La curva de ajuste calculada por nosotros y representada en la fig. 8, sigue siendo politró-

pica. Efectivamente, calculada la ecuación, obtenemos

$$y = 69,282 \cdot x^{-0,5}$$

que puede redondearse, dándole la forma

$$y = \frac{69,3}{\sqrt{x}}$$

Ello revela la realidad de una relación inversa, si bien de ritmo diferente, a izquierda y a derecha del sintetotipo, entre los valores de C y T.

La dispersión de puntos a partir de la línea de ajuste está en relación con la existencia de formas que discrepan de la constancia de P, anteriormente puesta de manifiesto. Su estudio permite paralelizar la disposición geométrica de los puntos con la historia filogenética y la dispersión ecológica de las formas correspondientes. Por ello la mencionada línea de ajuste, que no tiene un mero significado matemático de línea media, sino un claro valor biológico, es llamada también *línea canónica*, por indicar allí donde se cumplen con rigidez las relaciones matemáticas indicadas. En nuestra gráfica, como en el caso de *alfa* y *beta*, es posible un análisis de las desviaciones a partir de la hipotética forma original, el sintetotipo.

Para ello, deberíamos empezar determinando un nuevo sistema de coordenadas con significado biológico, partiendo del sintetotipo como origen y fijar unidades medidas de tales desviaciones. Por creer innecesario enmarcar de nuevo el conjunto en una falsilla más o menos convencional, como hicimos para *alfa/beta*, hemos prescindido de este trazado. Considerando todas las formas como meras radiaciones del tipo ancestral común, las desviaciones observables en la gráfica poseerían un componente

longitudinal, la que llamamos *extensión* en el anterior trabajo, y una componente transversa, la *dispersión*. En la posición relativa de las formas consideradas habría que tener en cuenta el papel jugado por la extensión y la dispersión, que si sucesivas en su actuación dominante, también actuaron de manera simultánea. Igual como sucedía con el uso de los anteriores módulos angulares, se echa de ver fácilmente el papel jugado por el factor ecológico y el factor temporal en la posición respectiva de las diversas formas consideradas: las formas primitivas y las formas modernas conservadoras están situadas sobre la línea canónica o cerca de ella y alrededor del sintetotipo, mientras que las formas especializadas o progresivas ocupan diferentes nichos en el marco de la constelación obtenida.

Puede observarse asimismo la significativa disposición de los representantes de cada una de las familias: en el extremo derecho los Úrsidos, y en el extremo izquierdo los Félicos. El orden de distribución es el mismo que obtuvimos con los módulos alfa y beta (aunque aquí el sentido es opuesto) y corresponde a la realidad ecológico-filogenética, desde un polo arctoide a otro aeluroide. Las familias mesocarnívoras, más próximas al grupo basal originario, engloban lógicamente la zona del sintetotipo.

En la distribución armónica de las familias destaca, no obstante, la posición algo desplazada de las áreas de los Hiénidos y los Úrsidos. La primera no interfiere prácticamente con la vecina de los Félicos, y la segunda lo hace únicamente con la de los Cánidos. que hemos denominado paraursoides, convergentes morfológicamente con ella. Por otra parte, existe una relación entre familias, algo distinta de la que aparecía utilizando los módulos alfa y beta. Los Cánidos, por ejemplo, se sitúan aquí en un área un

poco separada de la que ocupan los Mustélidos; la interferencia es mínima, de modo que la línea de separación entre ambas familias viene a coincidir *grosso modo* con la coordenada superior del sintetotipo y su prolongación hacia abajo.

Todo ello nos muestra que aun existiendo el mismo tipo de ligazón entre los nuevos parámetros que el que encontramos con los anteriores, se presentan en esta gráfica una serie de hechos diferenciales que conviene tener en cuenta en el momento de pretender sentar conclusiones definitivas sobre la mecánica dentaria en los Fisípedos. Algunas anomalías que se mostraban con los anteriores módulos, se desvanecen con los presentes, lo cual demuestra un relativo valor de aquellos últimos hechos, por presentarse en función de unos elementos de juicio particulares de aventurada generalización. La concordancia es, no obstante, la norma de estos hechos, y las discrepancias observadas con el uso de los parámetros P, C y T, poseen pues, un valor de complemento o de mejora y no de corrección.

Análisis posicional de las formas estudiadas

Sin pretender llevar a cabo un examen exhaustivo de cada familia y de las posiciones de cada forma en particular, nos será de interés realizar un breve análisis referido a las conclusiones que podemos extraer de la gráfica, por lo que se refiere a las diferentes agrupaciones, en particular en lo que tienen de complemento o de modificación de las conclusiones obtenidas en la primera parte de este trabajo.

EL GRUPO BASAL POLIMORFO.—Constituído por las formas del Eoceno y del Oligoceno inferior vecinas a *Cynodictis* que preludian las especializaciones que acabarán por constituir las diferentes familias de los Fisípedos, este grupo posee una homogeneidad notable (Teilhard). A pesar de ello, aceptamos el fraccionamiento propuesto por Simpson introduciendo cada grupo, al que hemos dado la categoría de subfamilia, en la base de la correspondiente familia (Cánidos, Mustélidos, Vivérridos, Félidos), según razonamiento que ya indicamos en la primera parte de este trabajo.

Del mismo modo que sucedía para alfa y beta, las formas que constituyen el grupo poseen una canonicidad bastante acusada, con excepciones poco marcadas, como en *Stenoplesictis*. En cambio se extienden a lo largo de la línea canónica, penetrando en las diversas áreas de las familias a que dan lugar. Los géneros se presentan en general situados en posiciones análogas a las que se presentaban para alfa y beta: las formas protovivérridas y protofélidas caen en la rama aeluroide, mientras que las protomustélidas y protocánidas corresponden a la arctoide. *Cynodon* ocupa el extremo arctoide junto a los Cánidos de tipo hipocarnívoro, y *Nimravus* el polo aeluroide en la base de los Félidos.

CÁNIDOS.—A partir de *Cynodictis*, los Cánidos se extienden ampliamente por la rama arctoide. En general, se trata de un grupo bastante conservador, especialmente por lo que se refiere a la subfamilia de los *Caninae*, virtuales descendientes del grupo cinodíctido.

Las observaciones a realizar mediante los parámetros introducidos coinciden a grandes rasgos con los datos proporcionados por el análisis a partir de alfa y beta (fig. 9).

El grupo de los *Caninae* sigue poseyendo una alta canonicidad, especialmente por lo que se refiere a *Vulpes* (14, 16, 18, 23, 28) (*), y en menor escala a *Canis* (13, 15, 19, 20) y otros géneros. *Alopex* (25), *Nyctereutes* (17) y singularmente *Cyon* (30) se alejan un tanto de la estructura primordial.

Una fracción importante de los Cánidos presenta una distribución hacia la rama arctoide. *Simocyon* (27) y *Otocyon* (26) son formas ya bastante alejadas del tipo primitivo, si bien la segunda sigue siendo canónica, pero las mayores especializaciones corresponden a las subfamilias *Hemicyoninae* y *Amphicyoninae*, que representan el grupo que hemos denominado paraursoide. Este conjunto parece derivar de la zona de *Cephalogale* (11, 112), todavía bastante canónica; los *Hemicyoninae* poseen dispersión positiva, y negativa los *Amphicyoninae*, como para alfa y beta. Los Cánidos paraursoides ocuparon el extremo hipocarnívoro junto con los Prociónidos evolucionados, antes de la aparición de los Úrsidos. Su situación es próxima efectivamente a la de las formas primitivas de esta familia, manifestándose una cierta interferencia entre ambas. En cambio se elimina la que aparecía en alfa y beta de este grupo con los Vivérridos, pero no con los Mustélidos de la subfamilia de los *Melinae*.

ÚRSIDOS.—Familia de origen secundario, la de los Úrsidos aparece, lo mismo en la gráfica obtenida con los módulos alfa y beta como en los presentes, a modo de una escama lateral de los Cánidos (fig. 10).

(*) Las cifras entre paréntesis corresponden a las que se indican para las formas representadas en la fig. 9 y siguientes, y no tienen nada que ver con las del anterior trabajo.

Resultaría un poco difícil aventurar subdivisiones de la familia a partir de la dispersión obtenida con los parámetros P, C y T. Sin embargo, las formas de máxima especialización, como los *Ursus* cuaternarios (1, 4), ocupan realmente el polo hipocarnívoro. El género *Ursavus* (6), antecesor del grupo, está en posición menos extrema, menos incluso que los *Ursus* antiguos (7, 9). En cambio las formas que constituyen el grupo *Hyaenarctos-Indarctos* (3, 5) se hallan próximas a los Cánidos del área paraursóide, como derivados, al parecer, de formas procedentes de *Cephalogale*.

Los Úrsidos interfieren únicamente con los Cánidos, puesto que no se observa vecindad alguna con los Mustélidos. Recordemos que prácticamente para alfa/beta los Mustélidos englobaban totalmente los Úrsidos, y que algunos *Melinae* adoptaban posiciones todavía más extremas que los propios representantes del género *Ursus*.

MUSTÉLIDOS.—Esta familia presenta un polimorfismo realmente extraordinario y justifica sobradamente las subdivisiones que en ella se han efectuado. También aquí la dispersión de las formas es comparable a la que se manifiesta con los anteriores módulos angulares, si bien la excesiva extensión arctoide de los *Melinae* y *Lutrinae* aparece aquí bastante frenada (fig. 11).

Las formas primitivas se hallan situadas alrededor de *Cynodictis* y justifican su anterior inclusión en el mismo grupo basal polimorfo, con el carácter de familia común. *Plesictis* (32, 43-45, 57, 121, 123) aparece en las inmediaciones del sintetotipo, mientras que *Palaeogale* (35, 47) posee una ligera desviación hacia el polo hipercarnívoro sin perder su canonicidad. Una posición opuesta es la que

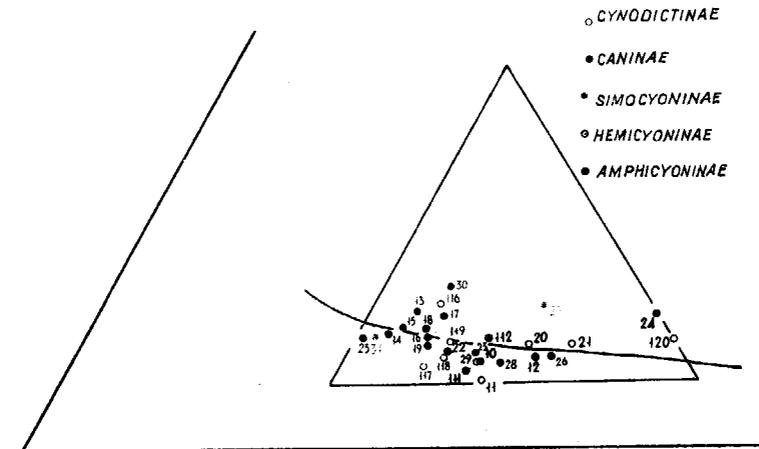


Fig. 9.—Área de los Cánidos y distribución de las subfamilias.

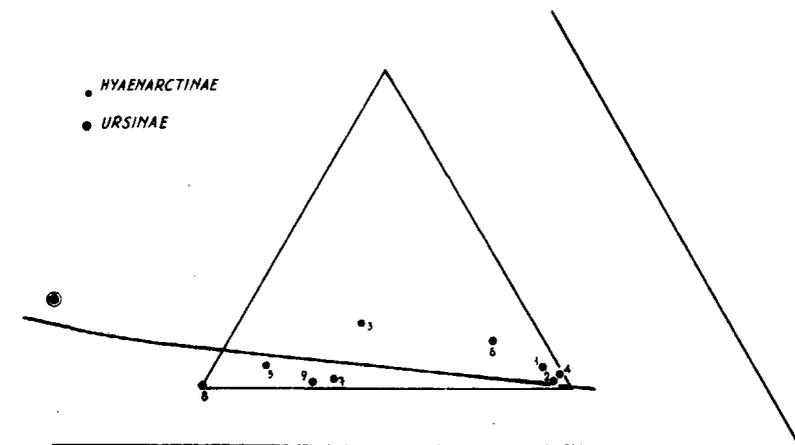


Fig. 10.—Área de los Úrsidos y distribución de las subfamilias.

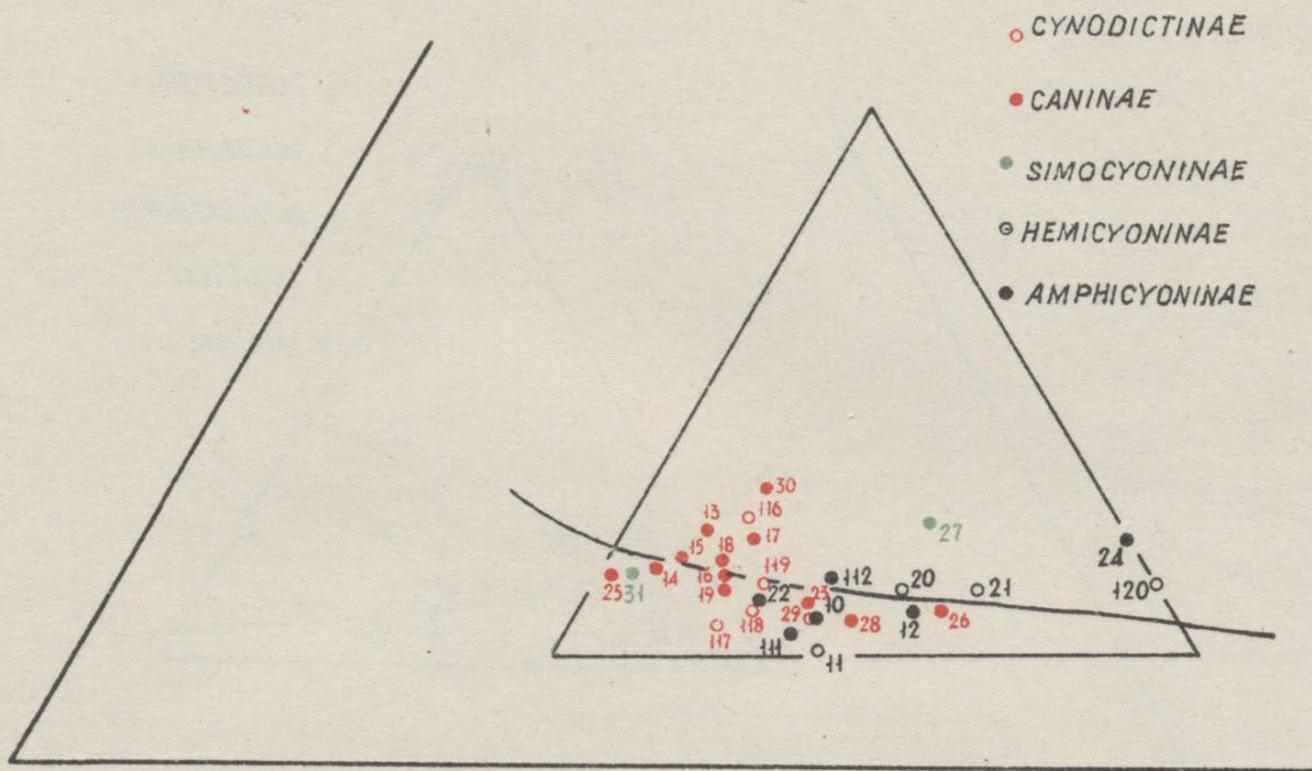


Fig. 9.—Área de los Cánidos y distribución de las subfamilias.

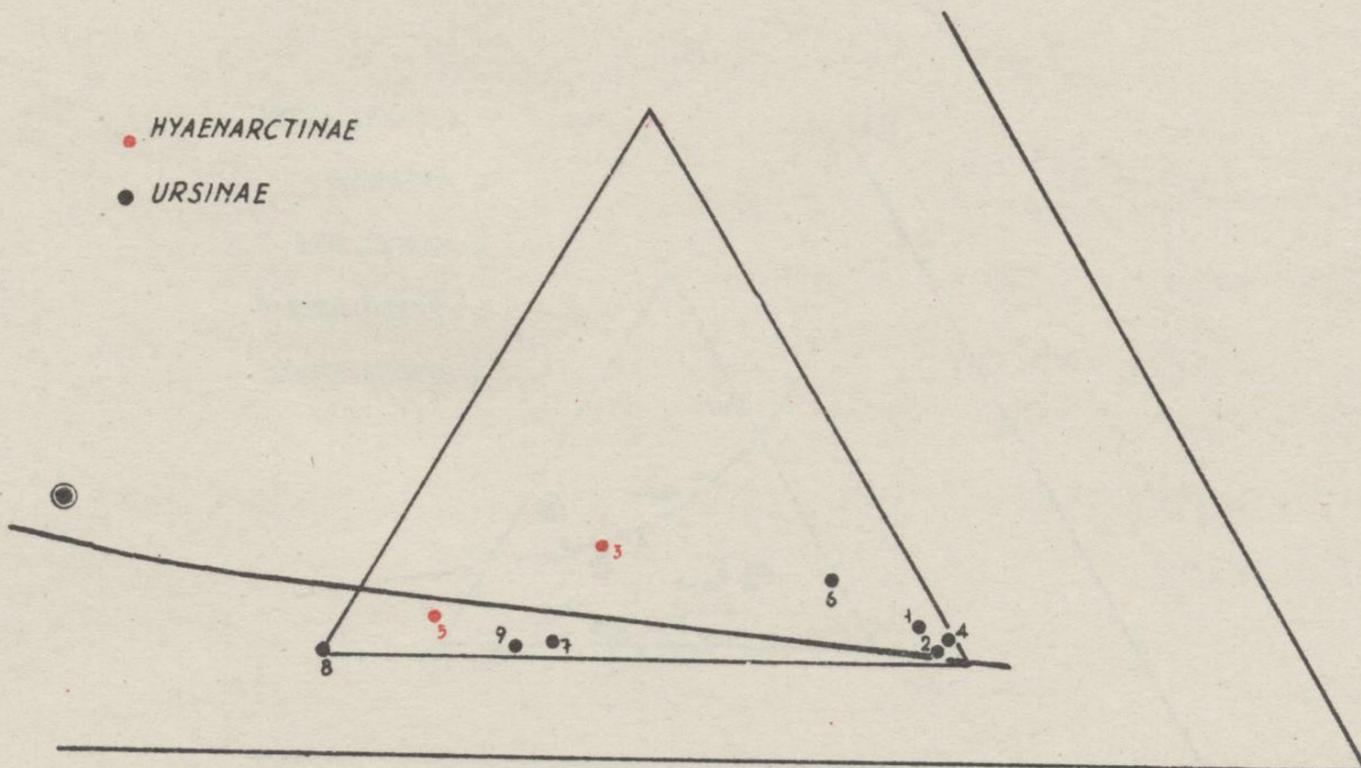


Fig. 10.—Área de los Úrsidos y distribución de las subfamilias.

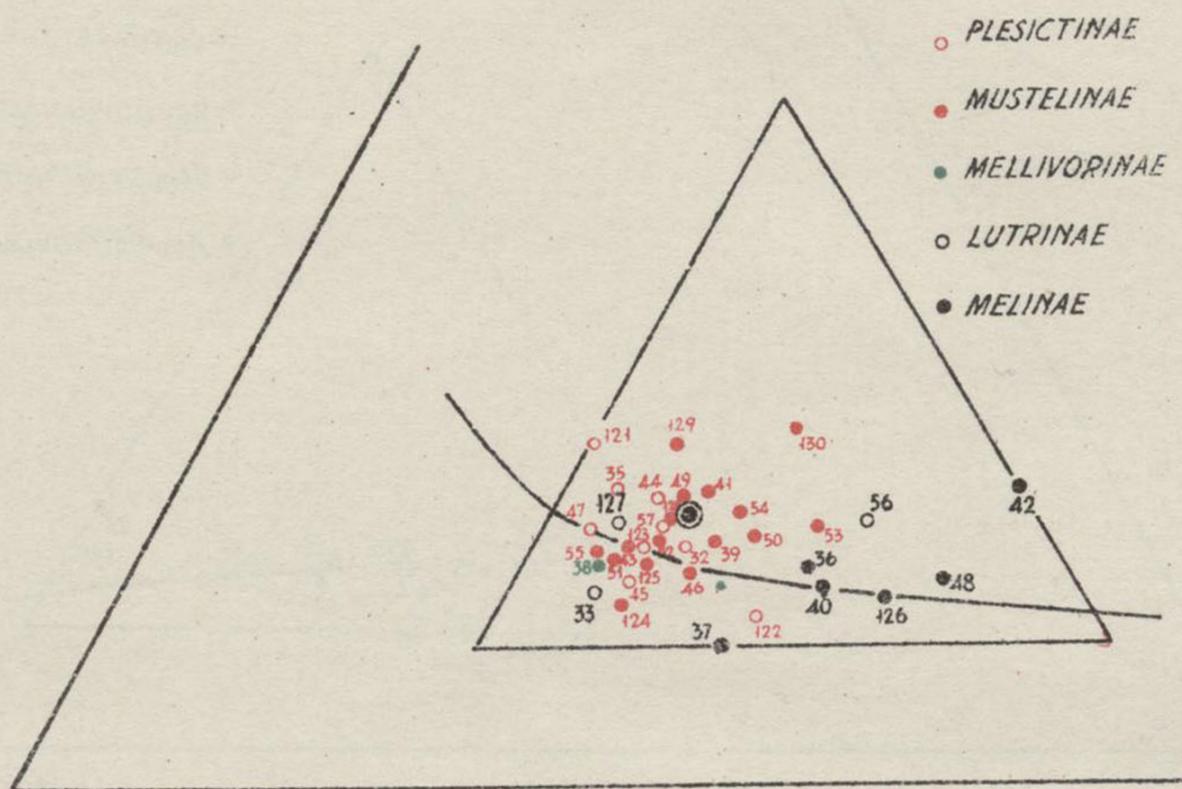


Fig. 11.—Área de los Mustélidos y distribución de las subfamilias.

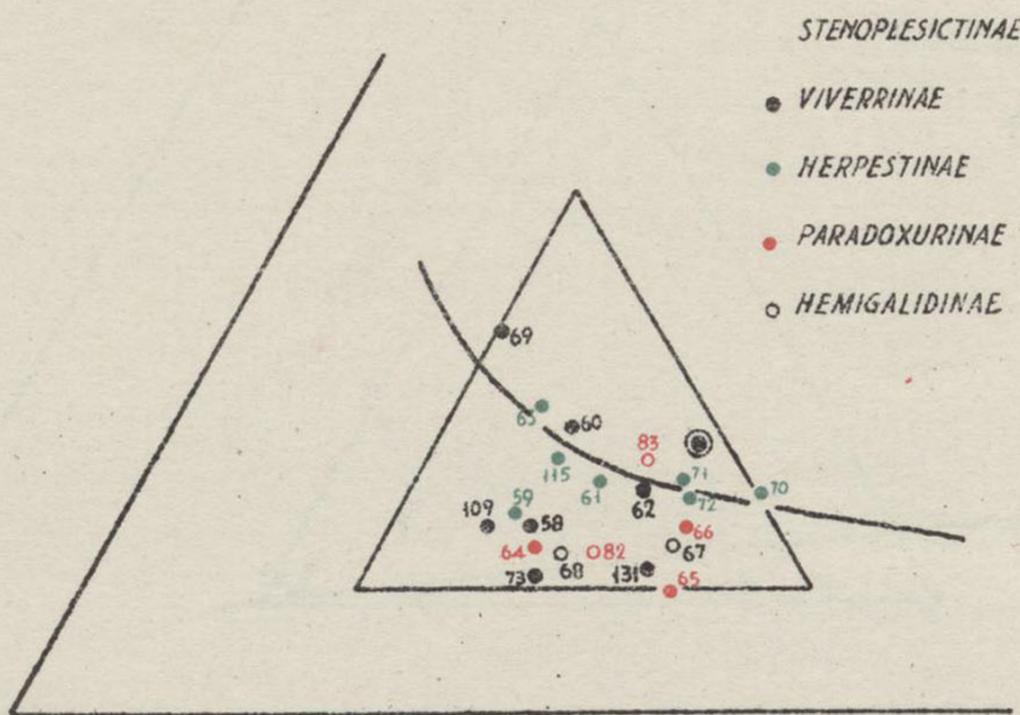


Fig. 12.—Área de los Vivérridos y distribución de las subfamilias.

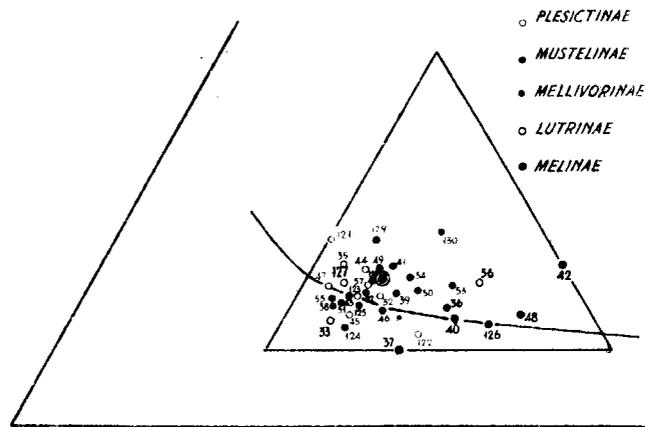


Fig. 11.—Área de los Mustélidos y distribución de las subfamilias.

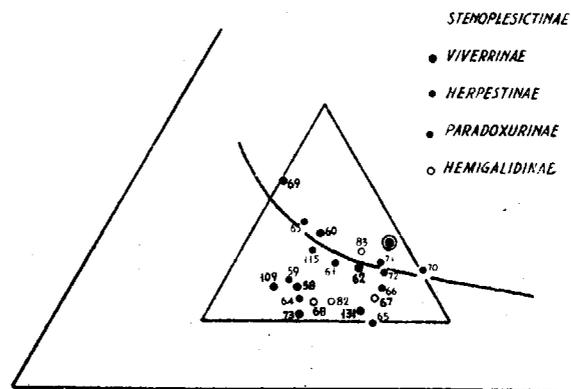


Fig. 12.—Área de los Vivérridos y distribución de las subfamilias.

corresponde a *Amphictis* (112), justamente en el punto de partida de los *Melinae*.

Las formas modernas, conservadoras, de la familia constituyen el grupo de los *Mustelinae*. La distribución de las formas alrededor de los núcleos *Mustelini* y *Putorini* aparece menos clara que a partir de alfa y beta, aunque es manifiesta su posición bastante canónica. *Ischyriactis* (51) y *Laphictis* (46, 124), poseen como *Mustela* (39, 129 y 130) y *Martes* (52, 125, 128) una real canonicidad. Los *Mellivorinae* (38) poseen, contrariamente a lo que pasa con alfa y beta, una situación algo aeluroide, aunque siguen fieles a su proximidad con *Ischyriactis*.

La fracción arctoide del grupo está representada principalmente por la subfamilia *Melinae*. A partir de *Amphictis* el conjunto aparece diferenciado en el sentido de máxima progresión hipocarnívora, sin alcanzar los límites extremos, notoriamente exagerados, que se presentaban en el anterior estudio. *Parataxidea* (37) representa todavía una más reducida especialización a partir de *Amphictis*, mientras que el grupo *Melodon-Meles* (36, 40, 42, 48) muestra una amplia distribución hacia el polo arctoide.

Los *Lutrinae* aparecen aquí como algo más mesocarnívoros que la subfamilia anterior. *Potamotherium* (33, 127) posee una dispersión negativa, mientras las demás formas del grupo alcanzan una moderada dispersión en el ámbito positivo: *Lutra*, *Enhidriactis*, etc. (34, 50).

El área de los Mustélidos interfiere ampliamente con la de Cánidos, aunque parece existir una disposición especial de los componentes de ambas familias que determina su escaso contacto. Los *Melinae* caen en la base del área de los paraursoideos, pero no alcanzan los Úrsidos, como sucedía con los módulos anteriores. La interferencia de Mustélidos con Vivérridos es bastante clara y se hace

a través de formas arcaicas que están en perfecta continuidad morfológica.

VIVÉRRIDOS.—Los Vivérridos constituyen la base de la rama aeluroide. Junto con los Cánidos forman el conjunto más conservador de la serie de los Fisípedos, de manera que las formas iniciales (*Stenoplesictinae*) se hallan en continuidad con varios de los componentes del grupo basal polimórfico (fig. 12). *Palaeoprionodon* (83) parece forma más canónica que *Stenoplesictis* (82), que ofrece una ligera dispersión negativa.

Los *Herpestinae* ofrecen una notable canonicidad, y sus formas permanecen bastante próximas al tipo primitivo: *Herpestes* (59, 61, 70, 71, 115) es forma extraordinariamente canónica; *Mungos* (63) se halla en la línea aeluroide y *Atilax* (72) parece ligeramente inclinado hacia la rama arctoide. Los *Viverrinae* presentan en general una moderada dispersión negativa, como *Genetta* o *Semigenetta* (58, 62), si bien *Progenetta* (60, 109) entronca con los Hiénidos arcaicos. Las formas de regresión hipocarnívora pertenecientes a las subfamilias *Paradoxurinae* y *Hemigalinae* manifiestan dispersión negativa bastante acentuada: *Arctogalidia* (65), *Fossa* (67) y *Arctictis* (66) caen incluso en la rama arctoide; *Chrotogale* (68), *Nandinia* (64) y *Cynictis* (73), aparecen en las inmediaciones de *Stenoplesictis*. *Cryptoprocta* (69), convergente con los Félidos, por el contrario, está situado en el extremo hipercarnívoro del grupo.

Las formas arctoides quedan situadas dentro del área de Mustélidos y Cánidos. La zona de *Mungos-Progenetta* interfiere con el extremo de la de los Hiénidos, y *Cryptoprocta* cae de pleno en la de los Félidos.

HIÉNIDOS.—Ya hemos indicado la posición desplazada de la familia, enteramente por debajo de la línea canónica.

El enlace con los Vivérridos aparece bien claro, coincidiendo las formas de *Ictitherium* (75, 108), con las que presuponen el enlace con Vivérridos (*Progenetta*, etc.). En cambio los tipos especializados que constituyen la subfamilia *Hyaeninae* —*Lycyaena*, *Crocuta*, *Hyaena* (74, 132, 76-80)—, poseen una posición extrema con una canonicidad manifiestamente baja (fig. 13).

La mencionada interferencia con los Vivérridos es la única que liga los Hiénidos con el resto de los Fisípedos, por su posición extrema, acreditativa de su naturaleza, que acaba por determinar una separación neta del grupo con respecto a los Félidos.

FÉLIDOS.—La familia ocupa la posición extrema de la rama aeluroide del grupo. Como sucedía en el caso de los anteriores módulos angulares la posición relativa de las formas está de acuerdo con su significado filogenético (figura 14).

Los tipos arcaicos que constituyen la primera oleada formada por *Proailurinae* y *Nimravinae*, es decir, *Proailurus* (84), *Stenogale* (113), *Nimravus* (103), *Pseudaelurus* (95, 102, 133), aparecen en una posición netamente canónica y emparentada con el grupo basal de Vivérridos con los que están en continuidad morfológica.

Las formas más modernas que constituyen el grupo *Machairodontinae-Felinae* son bastante conservadoras y presentan una reducida dispersión. Las diversas especies de *Felis* (86, 89, 93, 101), son bastante canónicas, mientras que *Acinonyx* y *Lynx* (85, 87, 88, 98, 99), aparecen ligeramente separadas de la línea de ajuste. Los *Machairo-*

dontinae (81), ocupan las posiciones finales, dando a entender un grado superior de carnivoridad.

Como se ha indicado, la interferencia es sólo con los Vivérridos, puesto que con los Hiénidos apenas existe contacto real.

RESUMEN ANALÍTICO.—Las formas extremas de cada familia determinan la situación de los lados de los triángulos que limitan su distribución espacial. La posición relativa de tales triángulos y la existencia de interferencias entre ellos, nos ilustra sobre la historia evolutiva del grupo, con mayores garantías que con el examen gráfico practicado a partir de los módulos alfa y beta.

Esta representación con los nuevos parámetros permite pues la visión más clara de fenómenos que, o bien no se habían revelado anteriormente o se nos mostraban menos destacados o incluso aparecían como anómalos en la gráfica realizada a partir de los módulos angulares. Por una parte, la densidad de formas alrededor de la línea canónica, es diferente en ambas gráficas. El *índice de canonicidad* (tal como fué introducido por nosotros en el anterior trabajo masterométrico) de cada familia es el siguiente, con los nuevos parámetros P, C y T: 33,3 en Úrsidos, 40,0 en Cánidos, 25,0 en Mustélidos, 42,8 en Vivérridos, 11,1 en Hiénidos y 28,0 en Félidos. Aun dentro del valor muy relativo que estos datos puedan poseer, puesto que varían con la introducción de nuevas formas en el seno de cada familia, se muestran concomitancias con los índices obtenidos en el estudio de alfa y beta. En nuestro anterior trabajo encontramos para las mismas familias los índices 7,7, 30,9, 34,4, 46,2, 26,7 y 17,6, respectivamente. En ambos casos, la mayor canonicidad —es decir, la mayor arcaicidad en las formas del conjunto— co-

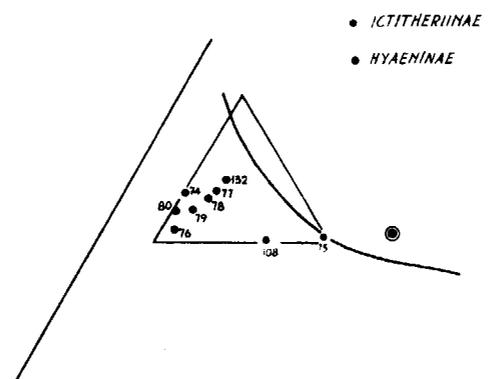


Fig. 13.—Área de los Hiénidos y distribución de las subfamilias.

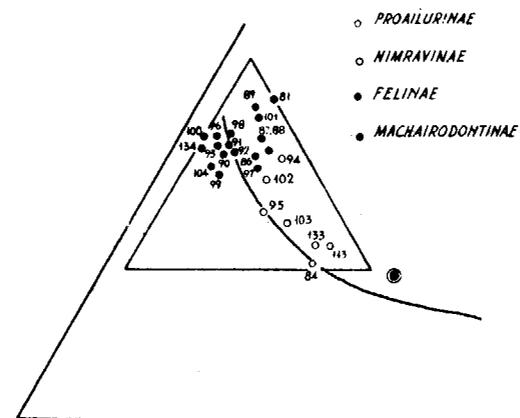


Fig. 14.—Área de los Félidos y distribución de las subfamilias.

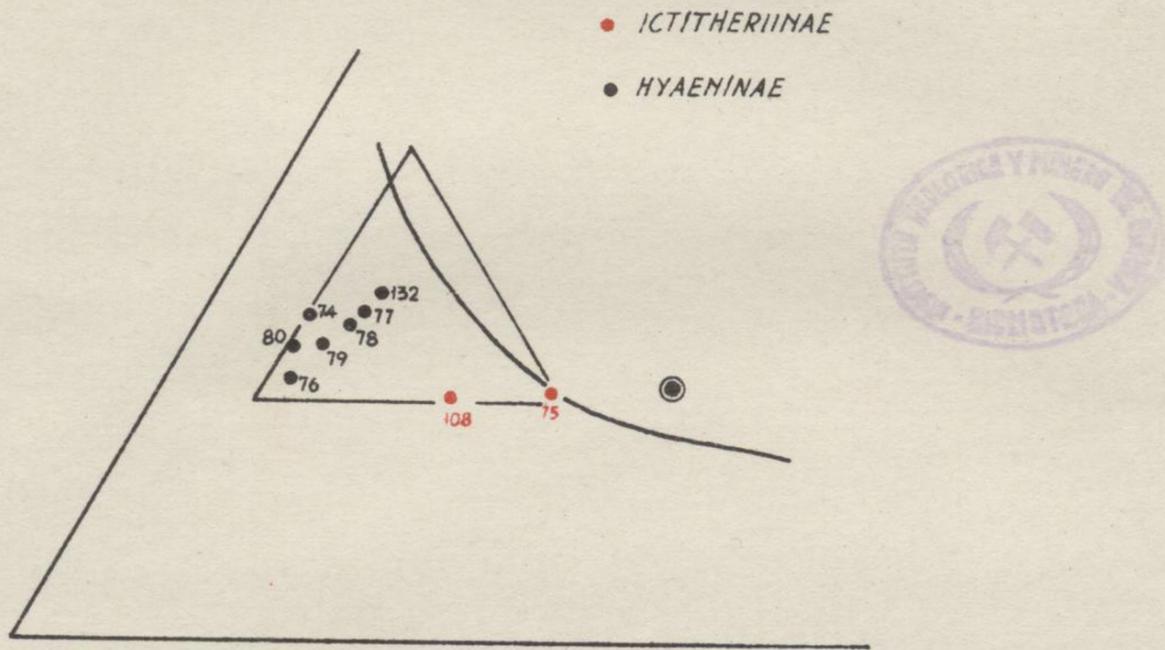


Fig. 13.—Área de los Hiénidos y distribución de las subfamilias.

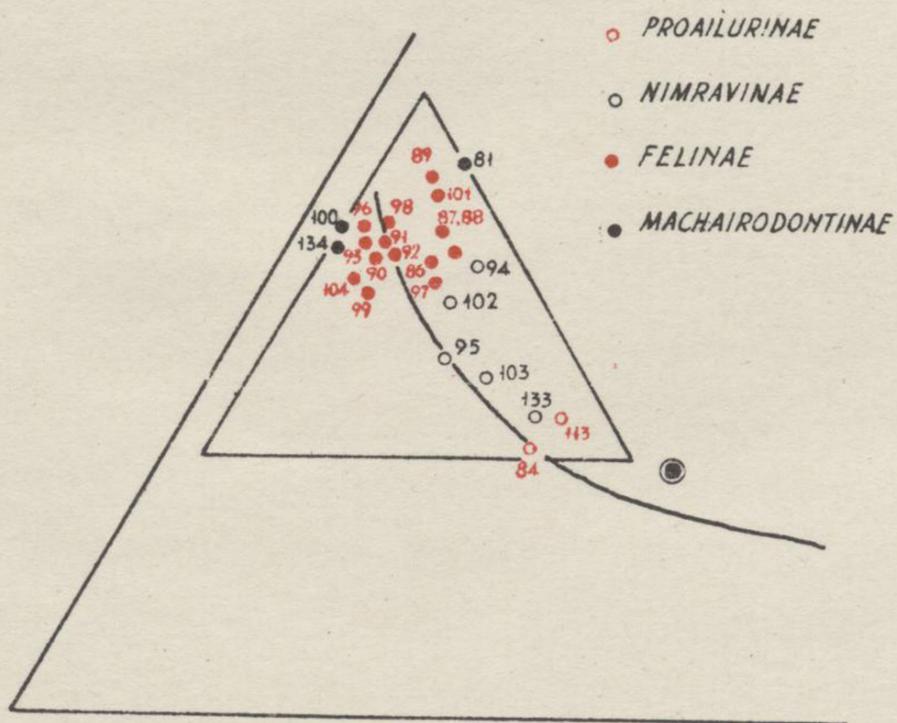


Fig. 14.—Área de los Féelidos y distribución de las subfamilias.

rresponde a los Vivérridos, siendo también la de los Cánidos bastante elevada. En las otras familias se presentan posiciones diferentes, con un mínimo de canonicidad para los Úrsidos, con los parámetros alfa y beta, y para Hiénidos con P, C y T. Estos hechos demuestran una vez más la distinta plasticidad de unos y otros parámetros, cuyo significado biológico ofrece acusados matices diferenciales.

Por otra parte, las interferencias entre las diversas áreas y el alcance de las mismas son algo distintas en una y otra gráfica. Un breve análisis de las posiciones relativas de los correspondientes triángulos certifica algunos hechos que conviene destacar.

La interferencia entre Úrsidos y Cánidos, que con alfa y beta tenía lugar a partir de *Hyaenarctos* y *Ursavus*. por la primera familia, y *Amphicyon*, por la segunda, tiene lugar ahora a través del grupo *Hemicyon-Indarctos*, que seguramente representa o es muy próximo al pedúnculo filogenético. La interferencia de Úrsidos con Mustélidos era de tal modo que todos los representantes de la primera familia caían dentro del área de la segunda, representados por los *Melinae* y los *Lutrinae*; con los nuevos parámetros no existe prácticamente interferencia.

Por lo que se refiere a los Cánidos, apreciábamos con el empleo de los módulos angulares que también permanecían por entero dentro de los Mustélidos, coincidiendo con los grupos fundamentales de esta última familia. En el trabajo presente la separación de unos y otros aparece bastante expresiva, aunque los triángulos que limitan el perímetro de la constelación de cada familia muestren una neta imbricación, de la que escapan sin embargo varias formas paraursoides. Con los Vivérridos continúa manteniéndose la interferencia íntima que presupone su carácter

de familias iniciales, envolviendo en conjunto a casi todo el grupo basal polimorfo.

Ya hemos indicado que los Mustélidos abarcaban todo el espacio disponible en la rama arctoide y manifestaban además una cierta expansión hacia la aeluroide, comprendiendo las áreas particulares de Úrsidos, Cánidos y Vivérridos. Las formas basales interferían estrechamente con Cánidos y Vivérridos y las especializaciones arctoides (*Melinae* y *Lutrinae*), con Cánidos y Úrsidos. En la rama aeluroide existían claras imbricaciones con los Hiénidos basales (*Ictitherium*) y con las formas iniciales de los Félidos (*Nimravus*), en la zona correspondiente.

Reducida su área con los parámetros lineales P, C y T, las interferencias presentes son más limitadas. Ya hemos indicado la escasa competencia práctica con los Cánidos y la inexistente con los Úrsidos. Por el lado aeluroide, tampoco existe con los Hiénidos y es bien reducida la que se manifiesta con los Félidos, realizada a través del pedúnculo *Palaeogale-Stenogale*, de positivo significado morfológico. Con los Vivérridos la interferencia es mayor, de manera que sólo las subfamilias de especialización arctoide, y algunas formas extremas de aquella familia (*Criptoprocta*) escapan de esta imbricación.

Los Vivérridos siguen pues manteniendo su contacto con los Cánidos y los Mustélidos, aunque se haya desvanecido bastante la enorme capacidad de esta última familia. Con los Hiénidos el enlace sigue haciéndose por la zona *Progenetta-Ictitherium*, al igual que en la gráfica alfa/beta, y con los Félidos, con los que no manifestaban interferencia de ninguna clase, están ligados por formas convergentes (*Criptoprocta*) o de parentesco inicial (*Nimravus*, *Proailurus*, *Stenogale*).

Los Hiénidos manifestaban anteriormente interferen-

cias con los Mustélidos y con todas las familias de la rama aeluroide. Con la primera familia las presentaban por intermedio de sus formas primitivas (*Ictitherium*), que también lo hacían con los Vivérridos. Con los Félidos la interferencia, de mero significado convergente, se llevaba a cabo mediante la coincidencia gráfica de los *Hyaeninae* con los Félidos primitivos (*Proailurinae* y *Nimravinae*). Los parámetros P, C y T determinan un área que, aparte de ligarse con la de los Vivérridos (*Progenetta*, etc.), que constituyen su verdadero entronque, es totalmente independiente, toda vez que la interferencia con los Félidos es ficticia por motivos dimanados de la construcción de los triángulos limitantes y no existir forma alguna dentro de la zona de interferencia.

Los Félidos, que imbricaban solamente con los Hiénidos y con los Mustélidos aeluroides, presentan ahora, tal como ya hemos indicado, un empalme claro con los Vivérridos primitivos y, con la segunda de las anteriores familias; la interferencia con los Hiénidos es aquí totalmente ilusoria.

* * *

Estos hechos dan cuenta de un distinto ajuste mutuo de los puntos, más próximo quizá a la realidad, si bien no hay que olvidar el significado de los dos sistemas de parámetros, que es solamente análogo, pero no idéntico. Sin embargo, las coincidencias o aproximaciones entre ambos análisis certifican de una manera fehaciente las relaciones de parentesco o convergencia ecológica de las diferentes familias y muestran el carácter particular de algunas de ellas.

Este último fenómeno se hace especialmente patente en los Úrsidos y Hiénidos. Las dos familias manifiestan un

mínimo de competencia con otros grupos —únicamente lo hacen con las respectivas familias de cuyo cuerpo se desgajaron— y muestran un cierto desplazamiento de la línea canónica, más acusado entre los Hiénidos. Si prescindi-

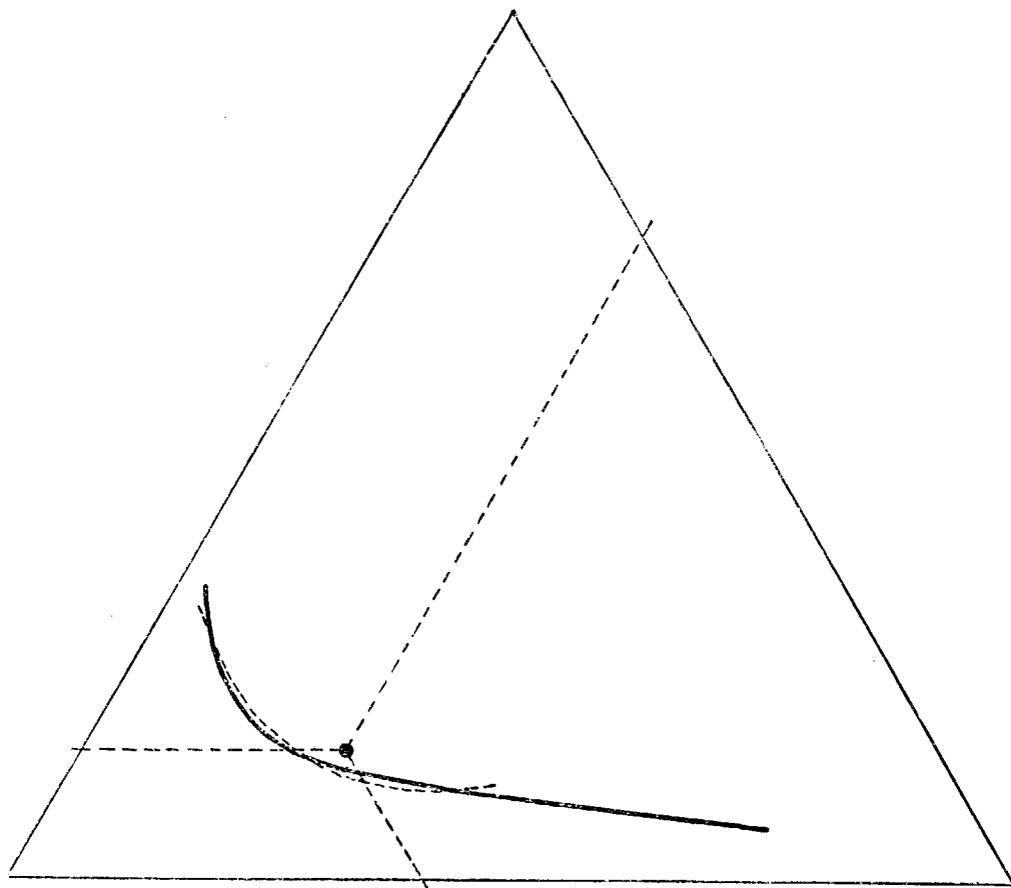


Fig. 15.—La línea canónica antes de la neoformación de familias miocénicas (en trazos) superpuesta a la línea de ajuste.

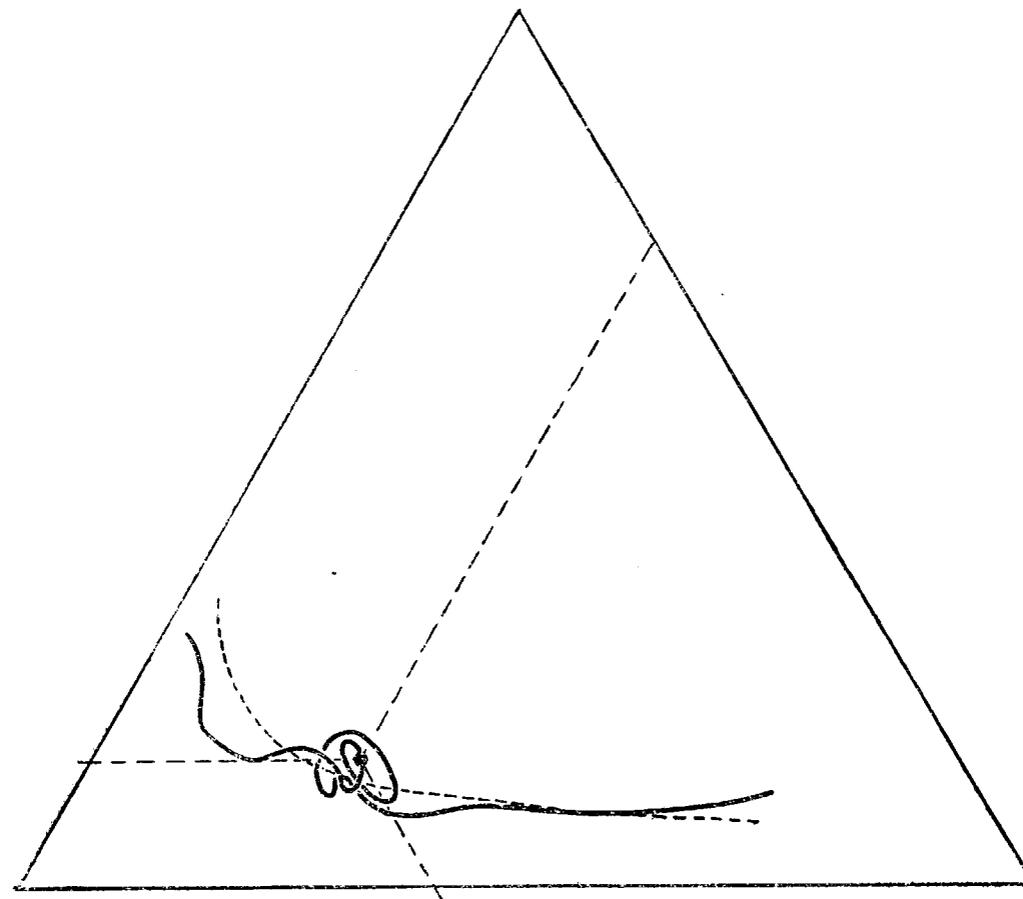


Fig. 16.—La línea de ajuste de α/β superpuesta en el sistema triangular de coordenadas. En línea de trazos la línea canónica.

mos de las 18 formas consideradas de estas dos familias —que ya hemos indicado que son de aparición tardía— la línea de ajuste adquirirá una curvatura algo diferente, tendiendo a hacerse más simétrica por lo que se refiere a la coordenada T del sintetotipo; es decir, la canonicidad

adoptaría una forma más próxima a una curva hiperbólica de grado 1 (fig. 15).

Al pasar de esta línea canónica a la otra —es decir, el camino seguido en la realidad, de acuerdo con el orden

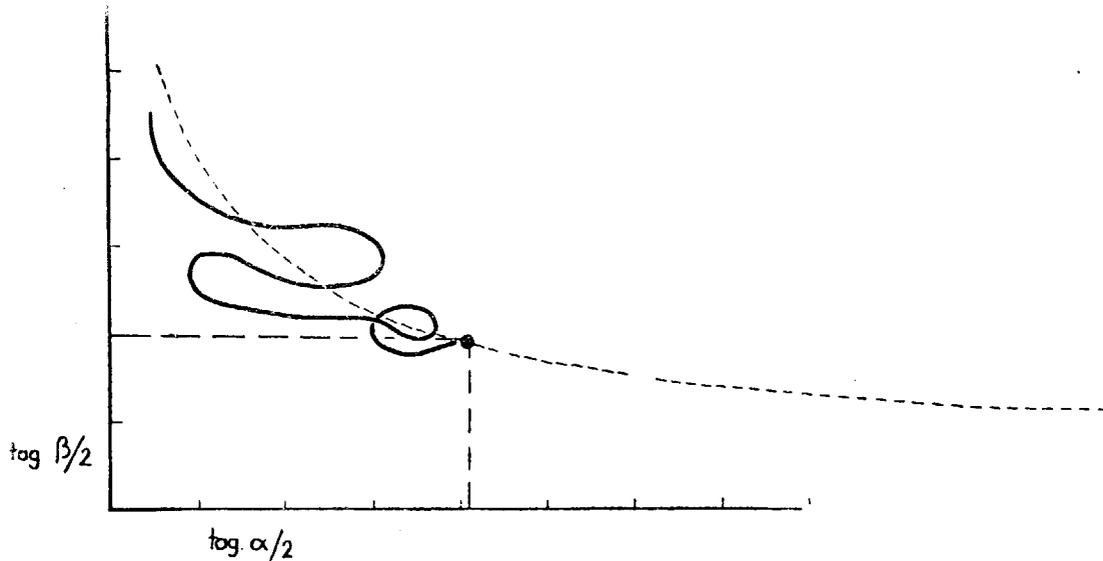


Fig. 17.—La línea de ajuste de P-C-T superpuesta en el sistema de coordenadas rectangulares. La línea de trazos indica la curva de ajuste de α/β .

cronológico de los hechos— los valores de T adquieren mayor discrepancia en relación con los de P o T. De modo que para determinados cambios de C, se corresponden cambios de superior magnitud de P o de T. En los Úrsidos, debido al gran desplazamiento de C, los cambios son de P y de T a la vez. En los Hiénidos el cambio se establece primordialmente a favor de P.

* * *

Lo mismo para los índices utilizados en el trabajo ante-

rior que para los que se introducen en el presente, hemos encontrado líneas canónicas, que unen las formas de origen (normocarnívoras) de las diversas familias. Sin embargo, las formas canónicas, cuyos valores ha sido posible calcular para los dos tipos de índices, no coinciden de manera absoluta en ambas gráficas. Las figs. 16 y 17 muestran respectivamente la superposición de la línea canónica de alfa/beta sobre la gráfica P-C-T. y la línea canónica de P-C-T sobre la gráfica alfa/beta. Por el hecho del mayor constreñimiento de la primera, la línea canónica alfa/beta presenta notables lazos sobre sí misma, especialmente en los alrededores del sintetotipo. También existen incurvaciones de la línea de P-C-T al ser superpuesta sobre la gráfica alfa/beta. Estas discrepancias obedecen al distinto significado de las relaciones entre ambos tipos de módulos y a la relativa autonomía de los mismos.

Tales discrepancias son significativas y están en relación principalmente con la falta de canonicidad de los Hiénidos en P-C-T y de los *Melinae* en alfa/beta.

Examen comparativo de módulos angulares y parámetros lineales

Ya hemos estudiado la relación inversa existente entre los parámetros C y T. El parámetro C incrementa su valor a lo largo de la serie de los Fisípedos, del polo arctoide al aeluroide; el parámetro T varía en sentido inverso. Estas variaciones son análogas a las que se manifiestan entre alfa y beta. El parámetro angular alfa aumenta su valor al recorrer la serie desde los Úrsidos a los Félidos, mientras lo contrario sucede con el beta. Ello nos ha movido a rea-

lizar una comparación gráfica entre alfa y C y entre beta y T. Dada la naturaleza angular de uno de los parámetros comparados, hemos creído oportuno el uso de coordenadas polares (fig. 18).

Es lógico que en ambos casos el aumento del valor angular traiga consigo un aumento correlativo en el parámetro lineal, por lo que la canonicidad vendrá manifestada por una línea de ajuste de tipo espiralado, que probablemente pueda homologarse a una espiral de Arquímedes. Esta relación se hace visible especialmente en la comparación entre C y alfa. Considerando solamente las formas anteriores al momento de aparición de las familias secundarias, es decir, premiocénicas, nos es posible obtener una espiral media de menor radio vector, pero del mismo orden. Considerando ahora únicamente las formas posteriores puede obtenerse una dispersión que obedece a una espiral de mayor radio vector.

Una sencilla observación en la distribución zonal en las familias nos muestra que al realizarse la expansión de la espiral en el Mioceno, los Félidos situados en el extremo e interfiriendo entonces con los Vivérridos, continuaron adoptando esta posición, pero despegándose de sus vecinos, lo que dejó lugar a un hiato que ocupó la recién aparecida familia de los Hiénidos. Los Úrsidos ocuparon, en cambio, el extremo inicial de la nueva línea espiral por debajo de la zona anteriormente usufructuada por Cánidos y Mustélidos. He aquí una manera gráfica que muestra el modo cómo los Hiénidos y Úrsidos consiguieron ocupar sus respectivos nichos ecológicos en el momento oportuno.

Resulta también interesante el comparar alfa con T y beta con C. Gráficamente hemos procedido a representar sobre coordenadas normales los valores de $\tan \alpha/2$ y

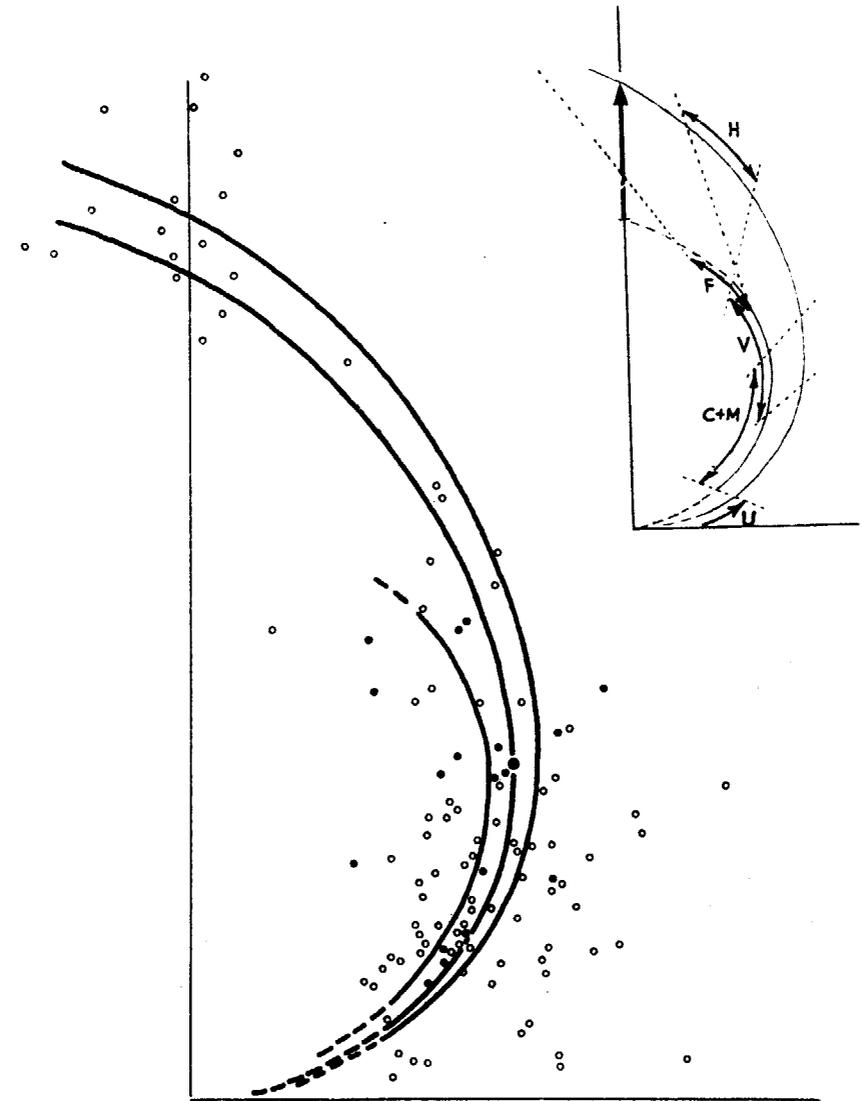


Fig. 18 —La correlación entre α y C expresada en coordenadas polares. La línea de ajuste es la espiral de trazo negro. La espiral de menor radio vector (en rojo) indica la línea de ajuste de la dispersión premiocénica (círculos negros); la de mayor radio (en verde) indica la propia de la constelación postmiocénica (círculos blancos). En el extremo superior derecho se resume el paso de la canonicidad premiocénica a la postmiocénica y se justifican los vacíos que ocuparán Úrsidos y Hiénidos.

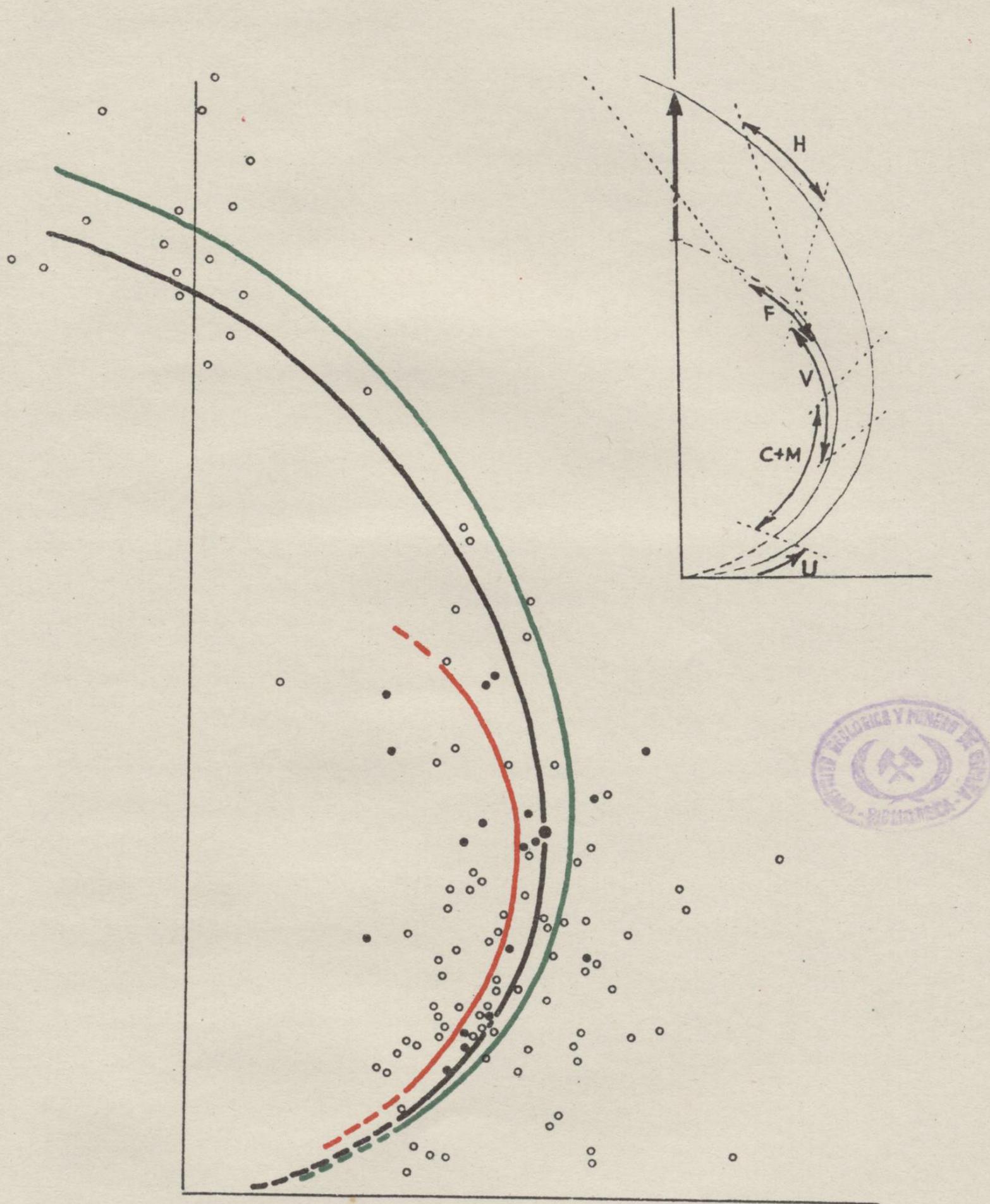


Fig. 18 —La correlación entre α y C expresada en coordenadas polares. La línea de ajuste es la espiral de trazo negro. La espiral de menor radio vector (en rojo) indica la línea de ajuste de la dispersión premiocénica (círculos negros); la de mayor radio (en verde) indica la propia de la constelación postmiocénica (círculos blancos). En el extremo superior derecho se resume el paso de la canonicidad premiocénica a la postmiocénica y se justifican los vacíos que ocuparán Úrsidos y Hiénidos.

$\text{tag } \beta/2$ (*) con los correspondientes de C y T. Como era de esperar, y de acuerdo con lo obtenido en las coordenadas polares utilizadas, las relaciones $\text{tag } \alpha/2/C$ y $\text{tag } \beta/2/T$ muestran el sentido que corresponde a una correlación directa (fig. 19). La primera, por representar una mayor dispersión de puntos, es de menor bondad que la segunda, que reconoce un mejor ajuste. Ello demuestra, por lo tanto, una más estricta dependencia del parámetro T con respecto al ángulo beta, de lo que podía preverse, atendiendo al hecho de que el módulo angular está tomado en la carnicera superior. Sin embargo, ya dejamos indicado (fig. 2) una mayor regularidad de la variación de T a lo largo de la escala ecológica de los Fisípedos.

Las relaciones $\text{tag } \alpha/2/T$ y $\text{tag } \beta/2/C$ representan correlaciones inversas. La primera manifiesta una bondad superior a la otra; una vez más el valor T aparece más ligado a un módulo angular, esta vez alfa. Este hecho resulta biológicamente muy notable, toda vez que por propia definición, el valor de alfa implica la magnitud del talón de la carnicera inferior; esta correlación nos indica además que queda implicado también el desarrollo de toda la región triturante, incluyendo por lo tanto la serie de las tuberculosas, lo que parece estar de acuerdo con la idea de la relativa proporcionalidad entre el talónido de la carnicera inferior y la zona tuberculosa.

Las cuatro gráficas muestran pues la estrecha interdependencia de los parámetros angulares y lineales y la existencia de un mismo tipo de ligazón entre ellos. Por este motivo podemos poner en relación los valores medios

(*) En nuestro anterior trabajo justificábamos los valores tangenciales de $\alpha/2$ y de $\beta/2$ para evitar ángulos superiores a 90° con la dificultad numérica y gráfica correspondiente.

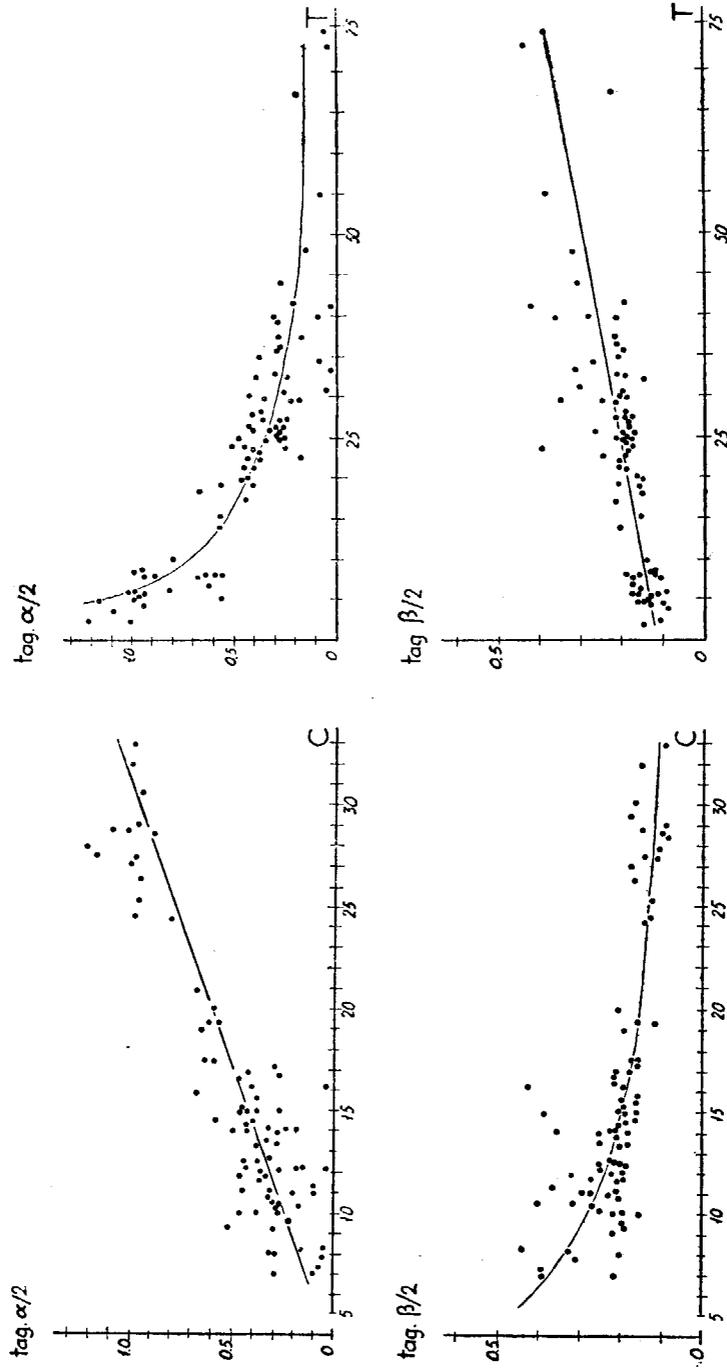


Fig. 19.—Correlaciones entre $\text{tag } \alpha/2$ y C (superior izquierda), $\text{tag } \alpha/2$ y T (superior derecha), $\text{tag } \beta/2$ y C (inferior izquierda) y $\text{tag } \beta/2$ y T (inferior derecha). Nótese el distinto tipo de correlación existente.

de los cuatro parámetros en cada familia y examinar la evolución diferencial de los mismos. Los cuadriláteros de la figura 20 corresponden a las diversas familias de las ramas arctoide y aeluroide en relación con el del sintetotipo, que hemos regularizado en forma de trapezoide simétrico, tomando longitudes iguales para los parámetros C y $\text{tag } \alpha/2$. La rama arctoide manifiesta una reducción progresiva de los valores de las abscisas y un alargamiento, también progresivo, de los valores de las ordenadas. La rama aeluroide manifiesta cambios de signo contrario. Las familias extremas están representadas por trapezoides más deformados, mientras las mesocarnívoras poseen un trapezoide análogo al del sintetotipo.

Similares observaciones pueden realizarse introduciendo además el parámetro P , a base de figuras pentagonales (fig. 21).

Expansión temporal

Hasta ahora hemos observado el valor de los tres parámetros lineales introducidos, por lo que respecta a la posición geométrica que determinaban en todas las formas estudiadas. Era de prever además, que no sólo manifestasen un papel ecológico, sino también temporal. La evolución de los Fisípedos a partir de un grupo basal inicial se ha realizado en el sentido de la progresiva ocupación de los nichos ecológicos, es decir, en un sentido expansivo, según pudimos demostrar cuantitativamente por primera vez en nuestro anterior trabajo sobre alfa y beta. También aquí el empleo de los nuevos parámetros nos permite seguir este proceso expansivo del grupo.

En efecto, la progresiva conquista ecológica de las diversas formas de Fisípedos viene revelada por el área de los triángulos determinados por las coordenadas de los

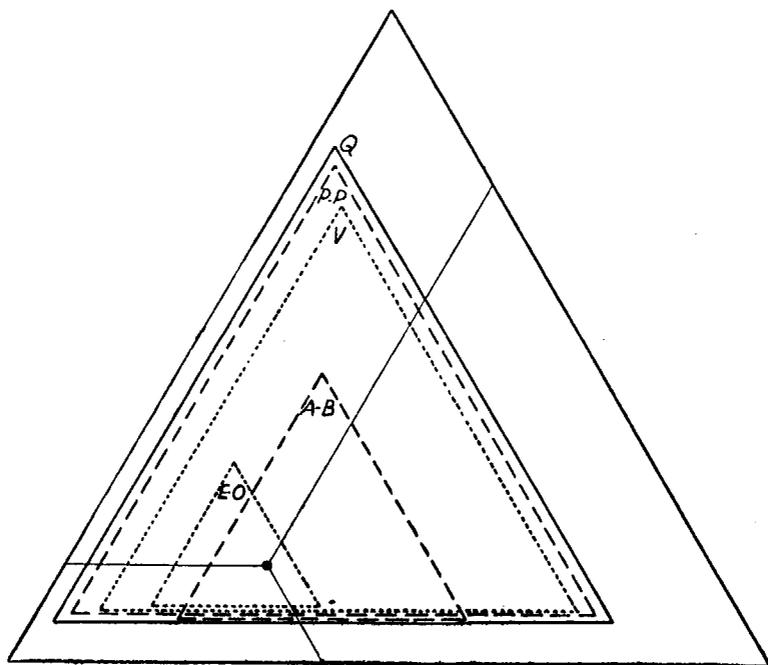


Fig. 22.—La expansión de los Fisípedos a través del tiempo.

puntos extremos, que se envuelven sucesivamente (figura 22). El área que corresponde a las formas estudiadas del Eoceno-Oligoceno es muy pequeña, por englobar solamente formas basales próximas al sintetotipo: se nota un desplazamiento hacia la izquierda en relación con la existencia de una primitiva especialización feloide del grupo. El área correspondiente al lapso Aquitaniense-Burdigaliense es bastante mayor, con desplazamiento ha-

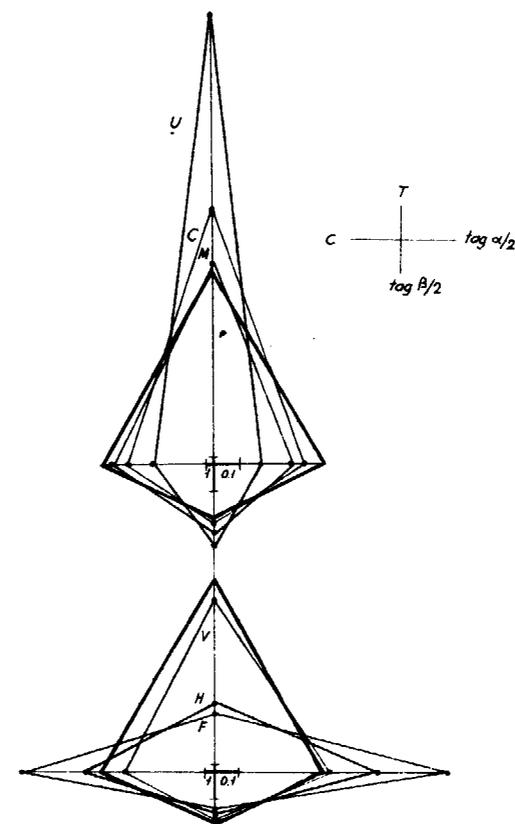


Fig. 20.—Comparación de los valores de C , T , $\tan \alpha/2$ y $\tan \beta/2$. En la parte superior, las familias hipocarnívoras; en la inferior, las hipercarnívoras. El sintetotipo está señalado en línea gruesa. Se han dado valores convencionales a cada parámetro, al objeto de obtener un trapezoide regular.

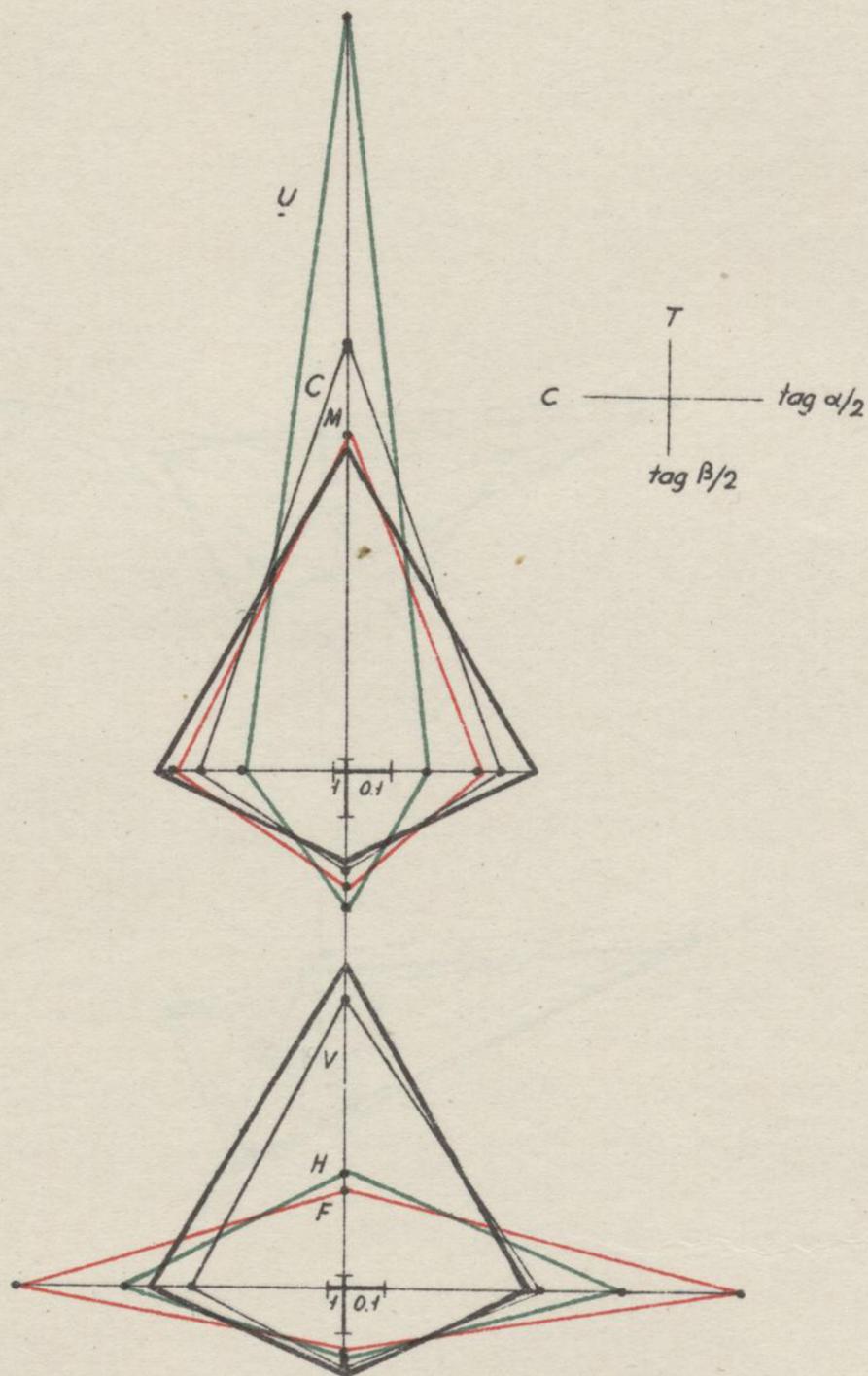


Fig. 20.—Comparación de los valores de C , T , $\text{tag } \alpha/2$ y $\text{tag } \beta/2$. En la parte superior, las familias hipocarnívoras; en la inferior, las hipercarnívoras. El sintetotipo está señalado en línea gruesa. Se han dado valores convencionales a cada parámetro, al objeto de obtener un trapezoide regular.

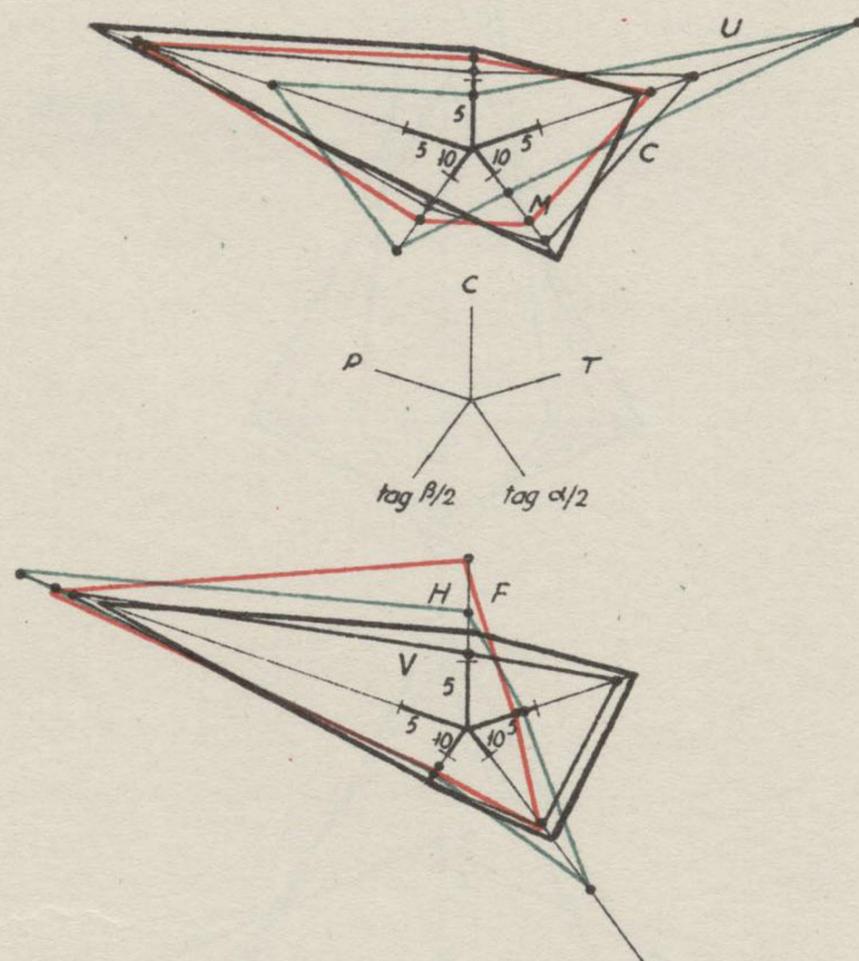


Fig. 21.—Misma comparación que en fig. 20, con inclusión del valor de P.

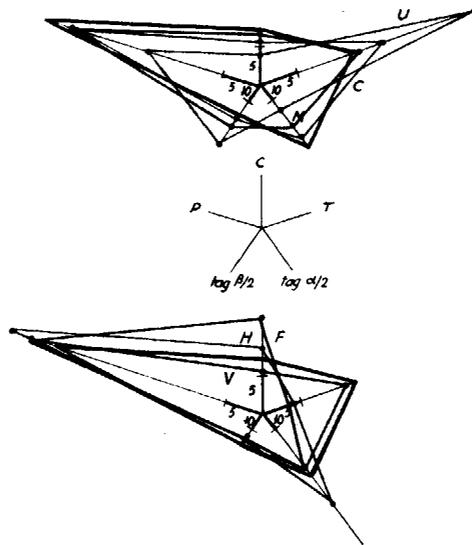


Fig. 21.—Misma comparación que en fig. 20, con inclusión del valor de P.

cia la derecha, por aparición de la familia de los Úrsidos y desarrollo de los Cánidos paraursoides. El área en el Vin-doboniense es mucho mayor aún y representa la plena expansión de las familias originadas recientemente: Úrsidos y Hiénidos. La del Pontiense-Plioceno y la del Cua-ternario son sólo ligeramente superiores por presentar una neta fijación de los tipos.

Expresando los valores obtenidos en el cálculo, de las áreas sucesivas y la escala absoluta de los tiempos en un sistema de coordenadas normales, obtenemos una gráfica

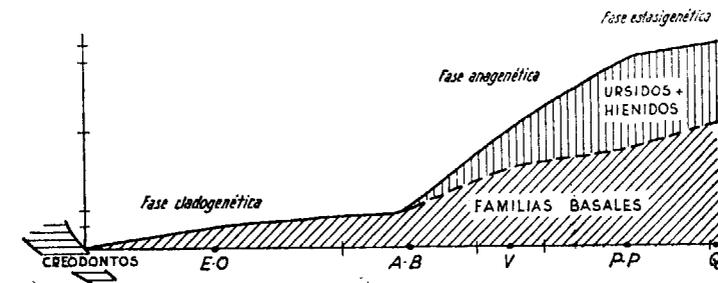


Fig. 23.—Correlación entre las áreas de la fig. 22 y el tiempo, medido en unidades absolutas (ordenadas). Nótese que excluyendo las fami-lias de origen secundario, la pendiente es mucho más regular, lo que revela el carácter aditivo de aquéllas.

(fig. 23) indicadora del ritmo expansivo de los Fisípedos desde el Eoceno medio. Este gráfico es muy revelador, especialmente si tenemos en cuenta el valor de las áreas prescindiendo de las familias aparecidas en la fase final de la historia del grupo (*). La curva que determina el valor de las áreas sucesivas sufre una apreciable ruptura de pendiente en el momento de aparición de los Úrsidos

(*) Crusafont Pairó, M., y Truyols Santonja, J.: A quantitative study of Stasigenesis in Fissipede Carnivore.—*Nature*. Londres (en curso de publicación).

y Hiénidos. Aun contando solamente con los relativamente escasos datos disponibles, este fenómeno es bien visible. Descontando estas dos familias, el ritmo expansivo del grupo se mantiene uniforme, como dando a entender la realidad del carácter superpuesto que ambas poseen.

Sin embargo, a partir del Pontiense-Plioceno, el avance expansivo del grupo se quiebra, con aparición de una fase estasisgénica (Huxley) o de estabilización definitiva.

Conclusiones

En nuestro anterior trabajo, tantas veces citado, sobre Masterometría de los Fisípedos a partir de los mencionados parámetros angulares, obteníamos una determinada representación gráfica, sobre la cual basábamos nuestra investigación y que reflejaba el proceso expansivo que ha seguido el grupo estudiado a través del tiempo y del espacio. Es decir, se trataba de una sorprendente y nada común correspondencia entre la simple disposición geométrica de unos puntos —traducción ellos de dos caracteres relacionables— y el significado real de las formas por ellos representadas. En el presente trabajo, con nuevos índices de distinto significado, se llega a la misma conclusión general; ello prueba que las variaciones métricas de los elementos anatómicos de la dentición en los Carnívoros fisípedos están sujetas a toda suerte de cambios *significativos* de la ecología del grupo.

Con los parámetros alfa y beta habíamos llegado a establecer un panorama dispersivo de las formas, el cual ahora, con la introducción de los nuevos índices lineales sufre únicamente pequeñas modificaciones. Estos cambios

que aparecen en el nuevo esquema están evidentemente en relación con el diferente significado entre unos y otros módulos, aunque el hecho de la analogía de ambas representaciones necesariamente significa la correlación de todos los elementos mecánicos que intervienen en el proceso masticatorio. La relación entre alfa y beta determina una ligazón numérica estrecha por el propio hecho mecánico del juego dentario directo de las piezas puestas en contacto. La relación entre P, C y T no condiciona tan estrictamente la variación de unos parámetros en relación a otros, puesto que da un margen más amplio a las variaciones particulares de cada uno de ellos. Los puntos así obtenidos, por responder a factores que poseen mayor libertad, presentan una menor interdependencia, de acuerdo con su realidad biológica.

Con alfa y beta obteníamos, por ejemplo, posiciones algo anómalas derivadas de hechos particulares, como el del extraordinario valor bajo de alfa para *Melinae*, subfamilia cuya posición, sin ser primitiva, no debe alcanzar en realidad una situación más extrema que la de los Úrsidos. El conjunto de los Mustélidos ocupaba un área desmesurada, que por sí sola englobaba a las demás familias arctoides. Así se representaban en la gráfica formas en contigüidad convergentes en cuanto a los caracteres analizados y que ahora, al tener en cuenta otros factores, se han situado en posición más de acuerdo con su significación biológica y filética (*). La gráfica obtenida con los parámetros lineales que proponemos, está en mejor armonía con la realidad

(*) Las formas que siendo contiguas para alfa y beta —donde no se discernía claramente si eran sólo convergentes o parientes— continúan siéndolo ahora, parecen hablarnos mejor ahora en favor de un parentesco.

ecológica e histórica de las familias representadas. En efecto, la mayor libertad de los tres parámetros —además del propio hecho de ser tres en lugar de dos los parámetros a tener en cuenta— evita lógicamente coincidencias gráficas, dimanadas anteriormente de la casual identidad de un módulo angular, con la consecuente sujeción del otro, en las dos formas distintas. Por ello creemos que la aportación presente de los tres parámetros lineales determina un más estrecho ajuste entre la realidad biológica y la representación gráfica, que la que existía con los módulos angulares.

Al ponerse de manifiesto la relativa constancia del valor de P a lo largo de la serie estudiada y la existencia de discrepancias sobre la norma en las dos familias Úrsidos y Hiénidos, se muestra el carácter derivado y de improvisación («anagenético») de las mismas, en cuyo juego de combinación dentaria ha sido utilizado por primera vez el citado parámetro. Con el empleo del mismo se han terminado las posibilidades combinatorias básicas que determinaron la caracterización de las diversas familias de los Fisípedos como tales, y habiéndose alcanzado un límite en la especialización, el grupo llega a una estabilización neta a partir del Pontense (fig. 23); es decir, alcanza la fase de *estasisigénesis* en el sentir de Huxley (*).

(*) Algunos de los datos aquí expuestos fueron precisamente utilizados por el propio Huxley como elementos típicos en el «memo» que le sirvió de base para el trabajo presentado en el Simposio lineano de Uppsala, de 1957. En lo que se refiere al proceso de la *estasisigénesis*, los autores han presentado una nota a publicar próximamente en la revista *Nature*.

La masterometría y la evolución de los Fisípedos

Este trabajo hace pues patente el proceso de expansión y diversificación del grupo, así como la existencia de una estabilización final. La diversificación, idea básica para la admisión del concepto de evolución orgánica y como tal premisa implicada en toda la obra de Darwin, aparece bien explícita en nuestros trabajos masterométricos referidos a los Carnívoros. La imagen que se impone es la de un «despliegue» —para decirlo con el propio término de Westoll— por radiación filética, que el grupo manifiesta a partir del sintetotipo basal. Este despliegue, al modo de un avance militar, es un movimiento bidireccional, esto es, posee dos componentes perpendiculares: una frontal y otra lateral (Huxley), gracias a cuya acción se teje el varillaje del abanico, cuya imagen indicábamos al emplear los módulos alfa y beta. Las componentes de Huxley no son otras, como el propio autor indica explícitamente, que los dos sentidos de la evolución —cladogénesis y anagénesis— que menciona Rensch en el origen de las líneas filéticas. En realidad estos dos sentidos tienen su traducción precisamente en nuestros conceptos de *extensión* y *dispersión*, expuestos para interpretar adecuadamente la desviación gráfica de los puntos a partir del sintetotipo. En la fase primera del proceso tiene lugar la explosión inicial de formas a partir del sintetotipo, bien descrita ya por Osborn, constituyéndose el grupo polimorfo basal, establecido para nuestro caso por Teilhard (Teilhard, 1915). Esta explosión inicial —el «Virenzperioden» de Rensch— rige el origen de las familias primarias,

que son, por lo tanto, primordialmente cladogenéticas, por comportar una gran teoría de especializaciones laterales que conquistan el medio disponible; es el proceso al que gráficamente señalamos como *extensión*, por implicar un corrimiento a lo largo de la línea canónica. Pero más tarde, ya bien desarrolladas las diversas líneas filéticas primarias (Burdigaliense) tiene lugar una nueva fase de formación de tipos: esta neoformación es, por lo tanto, predominantemente anagenética, es decir, dispersiva en nuestros gráficos, y precede a la estabilización o estasisigénesis del grupo entero (*). En nuestros trabajos masterométricos sobre los Fisípedos —campo adecuado por su tipo particular de ramificación filogenética— hemos conseguido mostrar numéricamente la realidad de estas fases en la historia evolutiva del grupo.

El hecho de la ramificación politómica de la base de los Fisípedos —al parecer no dicotómica, como es norma en otros grupos— permite observar con mayor comodidad su proceso diferenciador. Existe efectivamente una diferenciación progresiva entre las líneas que van alejándose cada vez más a medida que el despliegue se efectúa. Con los nuevos módulos introducidos, como se hizo con los anteriormente empleados, dimos cuenta de que el promedio de los valores representativos en las diferentes formas revierte a los valores sintetotípicos. Es decir, que existe una evidente sujeción cuantitativa a este sintetotipo, a pe-

(*) Estos niveles o estadios estructurales de perfeccionamiento progresivo —capas horizontales o concéntricas de la evolución, concebidas a la manera de las «curvas envolventes» de Meyer— son llamados «grades» por Huxley. Por ejemplo, «grade» cinodictido, «grade» neofisípedo (Úrsidos + Hiénidos). Este concepto de «grade» o nivel estructural se opone al que representa a las líneas o franjas verticales (varillaje), de valor taxonómico, llamado «clado».

sar del alejamiento lateral o frontal, lo cual implica en él una cualidad de «totipotente». Una situación parecida, aunque con menores posibilidades radiativas, poseen las formas basales de cada una de las nuevas ramas constituidas, que abren nuevos caminos y que representan seguramente las formas que Simpson denomina preadaptativas.

Esta diferenciación segregadora es comparable, por ejemplo, a la que se da en los magmas eruptivos, tal como se estudia en Petrología, y constituye una prueba a favor de la hipótesis evolutiva expuesta por Blanc desde 1942, con el nombre de «teoría de la cosmólisis». La aceptación del fenómeno segregador, inherente a la cosmólisis, parece ser indispensable para poder explicar de manera satisfactoria la simetría de las líneas filogenéticas alrededor del eje director iniciado por el sintetotipo, y la dependencia de los valores paramétricos de las diversas formas con los de la forma basal originaria, en el que aquéllos están como preanunciados. Por primera vez, consideraciones de tipo numérico permiten corroborar la realidad del fenómeno de la cosmólisis, según el propio Blanc ha reconocido recientemente (1957). Quienes escriben este trabajo opinan convencidos que tal modalidad evolutiva es la más satisfactoria para poder explicar la evolución de un grupo como el presente, sometido inicialmente a enérgicas presiones mutacionales capaces de determinar un amplio polimorfismo basal, y aun puede constituir acaso uno de los caminos más frecuentes en la evolución orgánica.

El proceso evolutivo de un grupo, con sus distintas fases, puede observarse bien en nuestro caso, principalmente gracias a los datos cuantitativos a que venimos haciendo continua referencia. A la fase de explosión basal que da lugar al nacimiento de los tipos fundamentales, sucede una fase de desarrollo de los mismos, con toda clase

de variantes, formando líneas paralelas bien adaptadas. El despliegue en abanico determina la existencia de vacíos entre el varillaje existente, que son ocupados por las familias neoformadas (*). Al final se llega a una estabilización o equilibrio por detención de la especialización interna. Este esquema, bien aparente en el grupo, traduce de manera típica las tres fases que corresponden en esencia al predominio de los procesos de cladogénesis, anagénesis y estasigénesis de Rensch y Huxley. Con nomenclatura diversa, según particulares puntos de vista que atienden al hecho de la extraordinaria complejidad del fenómeno evolutivo, por más que singular en su fundamento básico, los diferentes autores han expresado la realidad de la existencia de estos estadios en la curva biológica de los grupos: fases *progresiva*, *estacionaria* y *regresiva* de Harms, *preapogeica*, *apogeica* y *postapogeica* de Blanc, de *tipogénesis*, *tipostasis* y *tipolisis* de Schindewolf.

En opinión de Simpson, existen tres grados o modalidades de evolución, susceptibles de homologarse hasta cierto punto con los procesos de microevolución, macroevolución y megaevolución, que tan apasionada polémica han provocado en los últimos años (Goldschmidt): nos referimos a las modalidades denominadas *diferenciación específica*, *evolución filética* y *evolución cuántica*. La evolución de los Fisípedos corresponde en conjunto a la modalidad de tipo filético, pero posee en la base, por su importante acción radiativa, implicaciones preadaptativas propias de la evolución superior de tipo cuántico.

He aquí, pues, cómo esta nueva contribución mastero-

(*) Estas neoformaciones se realizan a partir de centros secundarios que heredaron del sintotipo su potencialidad renovadora.

métrica permite ampliar nuestras ideas sobre el proceso evolutivo de los Fisípedos y el mecanismo seguido para llevarlo a cabo. Diversos hechos puestos de manifiesto con los primitivos parámetros angulares han mostrado una confirmación notoria o han sufrido sólo ligeras rectificaciones con el uso de los parámetros introducidos en este trabajo. Ello nos muestra la relativa dependencia de unos y otros módulos en la dentición de los Fisípedos y nos hace creer en las extraordinarias posibilidades que entraña esta posibilidad morfométrica, lo mismo en sentido sistemático que ecológico. Nuevos tanteos realizados ya por los autores de este trabajo en otros aspectos cuantitativos de la dentición de este grupo, confirman este aserto y posibilitarán sin duda una definitiva caracterización del mismo por métodos numéricos.

Dado pues el diferente enfoque presentado por los distintos autores modernos a la problemática de la evolución en el sentido de sus fases, escalas y modos, creemos interesante brindar los resultados positivos obtenidos en nuestros estudios masterométricos, que quizá sirvan para clarificar o para precisar algún matiz concreto en determinados puntos polémicos entre los teóricos de tan apasionante controversia.

Museo de la Ciudad de Sabadell.

Sección de Paleontología.

Diciembre de 1957.

TABLA NÚM. 1
OSCILACIÓN Y AMPLITUD DE LOS PARÁMETROS

	U	P	C	M	V	H	F	
P	Oscilación..	17,7	52,0	35,7	42,6	57,3	60,5	61,0
	Amplitud ..	50,6	52,2	63,6	65,8	71,4	78,2	70,0
C	Oscilación..	32,9	0,2	27,9	23,2	14,1	13,2	9,0
	Amplitud ..	6,0	8,0	7,0	7,8	6,6	14,6	15,8
T	Oscilación..	12,5	13,5	17,0	20,0	21,7	20,9	33,0
	Amplitud ..	6,5	5,5	10,0	12,2	15,1	6,3	17,2
T	Oscilación..	43,4	34,3	24,6	19,3	13,1	5,3	2,1
	Amplitud ..	75,0	40,0	52,9	41,2	30,5	20,0	19,1
	Amplitud ..	31,6	5,7	28,3	21,9	17,4	14,7	17,0

TABLA NÚM. 2
VALORES MEDIOS DE LOS PARÁMETROS

	U	P	C	M	V	H	F
P	31,4	52,1	54,2	58,6	65,4	73,1	66,1
C	8,2	11,2	11,4	13,9	11,7	17,6	25,9
T	60,4	36,7	34,4	27,5	22,9	9,3	8,0

TABLA NÚM. 3
CORRELACIÓN ENTRE C Y T

C \ T	M				f _T	d _T	fd _T	fd ² _T	d _T d _C
	5	15	25	35					
5		6	18	3	27	-2	-54	108	-48
15	1	12	2		15	-1	-15	15	1
M - 25	7	41			48	0	0	0	0
35	12	15			27	+1	+27	27	-12
45	4	4			8	+2	+16	32	-8
55	2	2			4	+3	+12	36	-6
65		1			1	+4	+4	16	0
75	3				3	+5	+15	75	15
f _C	29	81	20	3	133		-15	309	-90
d _C	-1	0	+1	+2					
fd _C	-29	0	+20	+6	-3				
fd ² _C	29	0	20	12	61				

$$C_T = \frac{-3}{133} = 0,0225$$

$$C_C = \frac{5}{133} = 0,0375$$

$$C^2_T = 0,000506$$

$$C^2_C = 0,001406$$

$$M_T = 25 - 0,0225 = 24,9775$$

$$M_C = 15 + 0,0375 = 15,0375$$

$$\sigma_T = \sqrt{309/133 - 0,000506} = 1,524 \quad \sigma_C = \sqrt{61/133 - 0,001406} = 0,676$$

$$r_{TC} = \frac{-90/133 - 0,0225 \times 0,0375}{1,524 \times 0,676} = -0,657$$

$$\sigma_r = 0,6745 \frac{1 - 0,4316}{\sqrt{133}} = 0,033$$

$$z = 1/2 (\log_e 0,343 - \log_e 1,657) = -0,787$$

TABLA NÚM. 4
CORRELACIÓN ENTRE C Y T

T \ C	C				Mc
	5	15	25	35	
5		6	18	3	23,88
15	1	12	2		15,66
25	7	41			13,54
35	12	15			10,55
45	4	4			10,00
55	2	2			10,00
65		1			15,00
75	3				5,00
M _T	38,79	26,11	6,00	3,00	

$$C = 15,04$$

$$T = 24,98$$

Bibliografía sumaria

- BLANC, A. C. (1942-3): «Cosmolisi. Interpretazione genetica-storica delle entità e degli aggruppamenti biologici ed etnologici».—Riv. Antrop. Vol. 34. Roma.
- BLANC, A. C. (1957), «Una conferma quantitativa della cosmolisi».—Boll. Soc. Geogr. Ital. Num. 1-3. Roma.
- BOULE, M., y PIVETEAU, J. (1935): «Les Fossiles. Elements de Paléontologie».—Masson et Cie. Paris.
- COLBERT, E. H. (1955): «Evolution of the Vertebrates».—John Wiley and Sons. Inc. New York.
- COPE, E. D. (1882). «On the systematic relations of the Carnivora Fissipedia».—Proc. Amer. Philosoph. Soc. Philad. Vol. 20.
- CRUSAFONT PAIRÓ, M., y TRUYOLS SANTONJA, J. (1953): «Un ensayo goniométrico sobre la carnicera inferior de los Fisípedos».—Est. Geol. Núm. 18. Madrid.
- CRUSAFONT PAIRÓ, M., y TRUYOLS SANTONJA, J. (1956): «A Biometric study of the Evolution of Fissiped Carnivores».—Evolution. Vol. X, num. 3. New York.
- CRUSAFONT PAIRÓ, M., y TRUYOLS SANTONJA, J. (1958): «A quantitative study of Stasigenesis in Fissipode Carnivores».—Nature. Vol. 181, January, 25. Londres.
- ERDERINK, D. P. (1953): «A review of fossil and recent bears.

- of the Old World».—Deventer. Drukkerij Jan de Lange. Vol. 1-2.
- EWER, R. F. (1954): «Some adaptative features in the dentition of Hyaenas».—Ann. and Mag. of Nat. Hist. 12.
- FISHER, R. A. (1936): «Statistical methods for research workers».—Biol. Monogr. and Manuals. Num. 5.
- FLOWER, W. H. (1869): «On the value of the characters of the base of the cranium in the classification of the Order Carnivora, etc.».—Proc. Zool. Soc. London. London.
- FRECHKOP, S. (1956): «Notes sur les Mammifères. XLIV: De la différenciation des Carnivores aeluroïdes».—Inst. Royal des Sc. Nat. de B. T. XXXII, num. 36. Bruselas.
- GOLDSCHMIDT, R. (1940): «The material basis of evolution». Yale University Press. New Haven.
- GREGORY, W. K., y HELLMAN, M. (1939): «On the evolution and major classification of the Civets (Viverridae) and allied fossil and recent Carnivora: a phylogenetic study of the skull and dentition».—Proc. Amer. Philosoph. Soc. Philad. Vol. 81.
- HOUGH, J. R. (1948): «The auditory region in some members of the Procyonidae, Canidae and Ursidae. The significance in the phylogeny of the Carnivora».—Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. Vol. 92.
- HÜRZBLER, J. (1940): «Sur les Canidés félinoides du Miocène européen».—Bol. Géol. Helv. Vol. 33. Basel.
- HUXLEY, J. (1953): «Evolution in action».—Chatto and Windus. London.
- HUXLEY, J. (1957): «The three types of evolutionary process».—Nature. Vol. 180. London.
- HUXLEY, J. (en prensa): «Evolutionary Processes and Taxonomy, with special reference to Grades».—Linnaeus Symp. Uppsala Univ. Uppsala.

- onomy, with special reference to Grades».—Linnaeus Symp. Uppsala Univ. Uppsala.
- KRBTZOI, M. (1945): «Bemerkungen über der Raubtiersystem».—Ann. Hist. Nat. Mus. Nation. Hungar. Vol. 38. Budapest.
- LAVOCAT, R. (1951): «Sur les affinités de quelques carnassiers de l'Oligocène d'Europe, notamment du genre *Plesictis* et du genre *Proailurus*.—Ecl. Geol. Helv. Vol. 44. Basel.
- MATTHEW, W. D. (1910): «The phylogeny of the *Felidae*». Bull. Amer. Mus. Hist. Vol. 28. New York.
- MEYER, F. (1954): «Problématique de l'évolution».—Presses Univ. de France. Paris.
- MIVART, ST. G. (1882): «On the classification and distribution of the Aeluroidea».—Proc. Zool. Soc. London.
- MIVART, ST. G. (1881): «The Cat. An introduction to the study of backboneed animals, specially Mammals». J. Murray. London.
- PILGRIM, G. E. (1931): «Catalogue of the Pontian Carnivora of Europe in the Department of Geology».—Brit. Mus. (Nat. Hist.). London.
- PIVETEAU, J. (1932): «Les chats des Phosphorites du Quercy».—Ann. de Paléont. Vol. 20. Paris.
- POCOCK, R. I. (1919): «The classification of the mongooses (*Mungotidae*)».—Ann. and Magaz. of Natur. Hist. Vol. 9.
- RENSCH, B. (1954): «Neuere Probleme der Abstammungslehre».—Sec. édit. Stuttgart.
- ROMER, A. S. (1947): «Vertebrate Palaeontology».—University of Chicago Press. Chicago.
- SCHINDEWOLF, O. H. (1945): «Darwinismus oder Typostrophismus?».—Arb. ungarischen biol. Forsch. inst. 16. Budapest.

- SIMPSON, G. G. (1944): «Tempo and mode in evolution».—Columbia University Press. New York.
- SIMPSON, G. G. (1945): «The principales of classification and a classification of Mammals».—Bull. Amer. Mus. of Nat. Hist. Vol. 85. New York.
- SIMPSON, G. G. (1949): «Essay-review of recent works on evolutionary theory by Rensch, Zimmermann and Schindewolf».—Evolution. III. New York.
- SIMPSON, G. G., y ROE, A. (1939): «Quantitative Zoology». Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York.
- STRAUS-DURCKHEIM, H. (1845): «Anatomie descriptive et comparative du Chat, type des Mammifères en général et des Carnivores en particulier».
- TEILHARD DE CHARDIN, P. (1915): «Les Carnassiers des Phosphorites du Quercy».—Ann. de Paléontologie. Vol. 9. Paris.
- VAVILOV, N. I. (1926): «Studies on the origin of cultivated plants».—Bull. Appl. Botany and Plant Breeding. Vol. 16, num. 2. Leningrad.
- VIREY, J. (1946): «Introduction a l'étude des Mammifères fossiles».—Course Univ. Lyon. Lyon.
- VIREY, J. (1955): «Les Fissipèdes fossiles».—In «Traité de Zoologie», de P. P. GRASSE.—Masson et Cie. Paris.
- WORMAN, J. L., y MATTHEW, W. D. (1899): «The ancestry of certain members of the Canidae, Viverridae and Procyonidae».—Bull. Amer. Mus. of Nat. Hist. Vol. 12. New York.
- ZITTEL, K. A. von (1923): «Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie). II Abteilung Vertebrata.—Neubearbeiten von F. BROILI und M. SCHLOSSER.—Verlag R. Oldenbourg. Munich and Berlin.

Esbozo geoquímico y mineralo- genético del criadero de piritas "Las Herrerías" Puebla de Guzmán (Huelva)

por

J. Doetsch

Introducción

Los fenómenos que nos presenta la Naturaleza no los puede entender la mente humana con exactitud sin considerar el objeto material natural total, desde puntos de vista diferentes. Así se originan nuevos objetos formales, que dan base a ciencias naturales diversas. Este proceso del conocimiento humano se explicó hace relativamente poco tiempo (1).

Primeramente apareció en las Ciencias Naturales la división de Ciencias Físicas y Ciencias Químicas. Citaremos, junto con ellas, para no alargarnos en demasía, las que hacen directamente a nuestro caso: Ciencias Geológicas, Ciencias Mineralógicas y Cristalográficas.

Los límites de estas Ciencias últimamente citadas no están bien definidos, y así unas y otras se ayudan mutuamente, al menos en la parte del objeto formal común a ellas. Así, por ejemplo, parte esencial de las Ciencias Geológicas es el conocimiento de las rocas que forman la corteza terrestre. Estas rocas o son monominerales o, por lo común, poliminerales. Presupone pues la Geología el conocimiento de estas rocas y de los minerales constituyentes de ellas, o sea el estudio petrológico de ellas. Pero éste se halla comprendido dentro de los límites más amplios de las Ciencias Mineralógicas, que a su vez encierran

los conocimientos fundamentales de las Ciencias Cristalográficas. Éstas estudian todos los aspectos de la materia sólida cristalizada, tratando de explicar las propiedades de esa materia cristalizada, tanto las propiedades geométricas y físicas como las químicas, todo ello desde un punto de vista reticular, de distribución de las partículas materiales mínimas, o sea de los sillares materiales en el espacio tridimensional.

Mucho camino resta aún por recorrer hasta que se logre ese conocimiento completo de los fenómenos naturales. Y siempre tenemos que tener presente, cosa que se hizo notar (1), que el saber exhaustivo de ellos no se logrará totalmente, debido a que el progreso del saber humano, en relación con estos fenómenos naturales, es esencialmente asintótico al fenómeno natural objetivo.

Pero es necesario progresar en esos conocimientos y vamos a continuación a dar una contribución al conocimiento de un criadero de pirita de la provincia de Huelva.

Es esencial aducir datos objetivos con la finalidad de buscar las leyes naturales que los rigen.

En este sentido pretendemos contribuir en el presente trabajo con algunos datos de la distribución geoquímica-topológica-mineralogénica de elementos químicos, obtenidos dentro del marco de un estudio mucho más amplio que vamos realizando del criadero de piritas de Herrerías, situado en el término municipal de Puebla de Guzmán, de la provincia de Huelva.

El campo de trabajo del presente estudio se encuentra situado en zonas fronterizas de varias ciencias naturales, zonas de objeto formal común, pero matizado diferentemente. Estas zonas fronterizas suelen ser muy fecundas en proporcionar datos interesantes, que debidamente ela-

borados llevan o conducen a un progreso del conocimiento de los fenómenos naturales.

No nos detendremos en el presente trabajo a exponer el objeto formal de la geoquímica y sus límites. Existen libros traducidos al castellano en los que se puede conocer (2). Resaltamos tan sólo las grandes dificultades con que nos es necesario enfrentarnos al interpretar los datos en las condiciones actuales de nuestros conocimientos.

No nos cansaremos en insistir en la correcta manera de proceder en esta clase de trabajos. Han de constar por lo menos de dos partes. La primera debe reproducir todos los datos conseguidos aplicando la metodología propia a la ciencia natural utilizada. La segunda parte deberá consistir en una interpretación subjetiva del autor de aquellos datos. Esta interpretación puede ser falsa, errónea o verdadera. Otro investigador, utilizando los datos objetivos expuestos en la primera parte podrá inferir quizás otras interpretaciones más fehacientes. Lo que siempre se ha de procurar y ello es esencial a la buena fe del investigador, es la reproducción íntegra y objetiva de los datos comprendidos en la primera parte del estudio, e. d. de los datos aportados aplicando los métodos propios de la ciencia natural particular a unos fenómenos naturales. En esta parte no han de entrar prejuicios algunos. Se han de reproducir escuetamente los datos obtenidos. Con ello se habrá dado un paso importante, una aportación preciosa al avance de las Ciencias Naturales.

RESUMEN.—Se ha estudiado el criadero de piritas denominado Las Herrerías (Huelva). Se tomaron más de medio centenar de muestras de rocas y mena, estudiándolas mediante aplicación del análisis espectral, químico, petro- y mineralográfico.

Sumando los elementos químicos anteriormente encontrados a los descubiertos en el presente estudio, alcanzamos la cifra de 45, entre los que se encuentran los seis metales preciosos.

Algunos de estos elementos forman parte constituyente de especies minerales definidas. De las conocidas presentamos listas, incluyendo algunas, como la greenockita, que fundadamente presumimos su existencia, y otra, como el clinocloro, que juzgamos exista probablemente, a pesar de la dificultad de comprobar sus constantes.

Los restantes elementos químicos que no entran a formar parte constituyente de especies cristalinas compuestas, o bien las forman, pero en cantidades tan pequeñas que sobrepasan con mucho nuestro límite actual de reconocimiento, o bien son verdaderos elementos diádicos que sustituyen a otros átomos en el retículo cristalino de minerales en que éstos forman parte constituyente, o bien están ocluidos dentro de retículos cristalinos extraños a ellos.

Se ha podido señalar, siguiendo los cortes dados al través del criadero al tomar las muestras, dónde se concentran con preferencia algunos de los elementos químicos contenidos en la pirita.

Por fin exponemos algunos datos e interpretaciones acerca de las concreciones, que en secciones delgadas de rocas y pulidas de minerales hemos podido encontrar durante el transcurso del presente estudio.

Consideramos la presente publicación como una nueva aportación al estudio de la geología de la hoja, a escala 1 : 50.000, titulada Puebla de Guzmán, n.º 958, del mapa geológico de España.

I. Generalidades

1. Situación geográfica del criadero

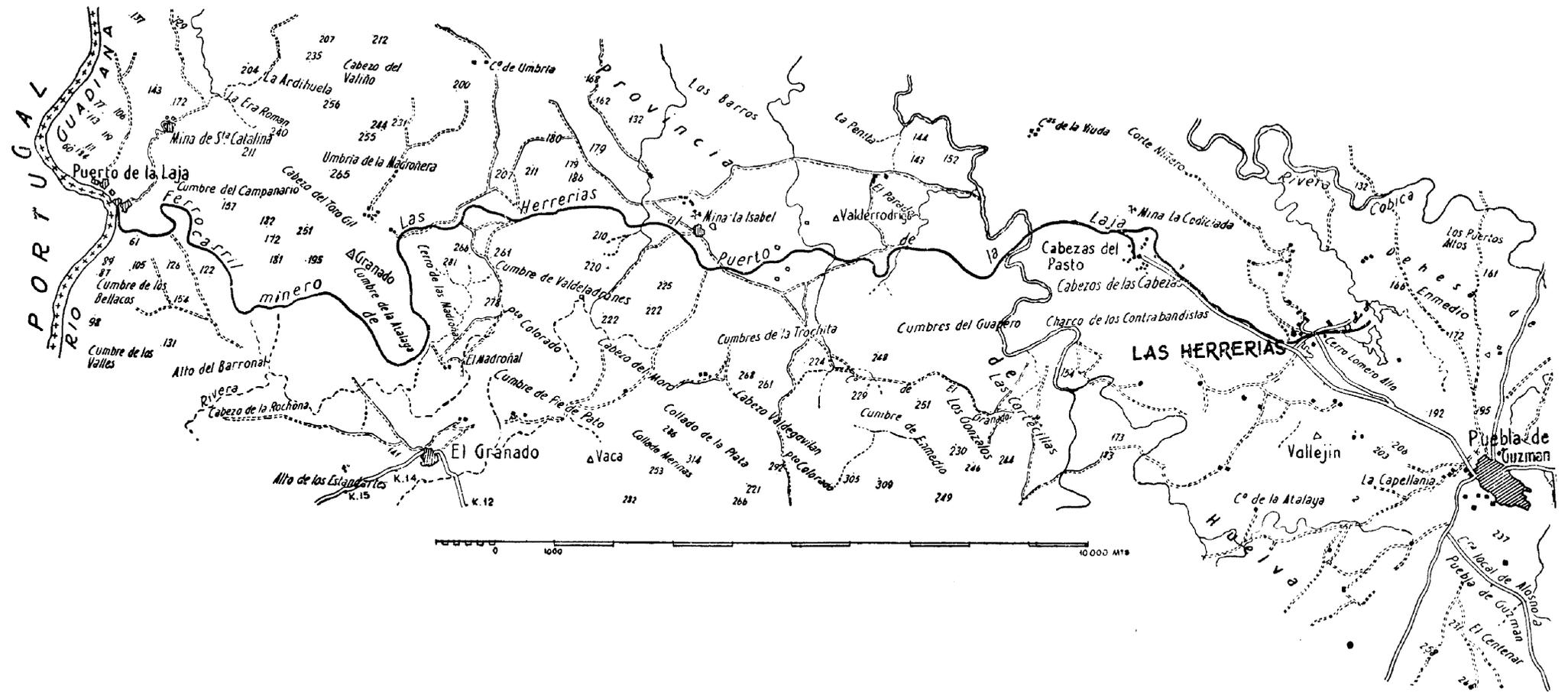
El criadero de pirita de Las Herrerías (fots. 1 y 2) se encuentra ubicado en el término municipal de Puebla de Guzmán, en la provincia de Huelva. En rumbo oeste dista unos cuatro kilómetros en línea recta del centro urbano de Puebla.

Una carretera comarcal de la Diputación provincial une dicha localidad con las concesiones mineras, distantes en total, por carretera, unos 67 Km. del puerto de Huelva.

Además, las menas extraídas del criadero pueden ser transportadas desde la misma mina, por un ferrocarril minero, al puerto fluvial de La Laja, situado en la margen izquierda del río Guadiana. La distancia en línea recta viene a ser del orden de 18,5 Km., mientras que el trazado del ferrocarril minero exige el recorrido de 31 Km., para salvar la accidentada superficie terrestre intermedia entre los puntos extremos, a saber, depósitos de mineral en la mina y depósitos de mineral enclavados en el mismo puerto.

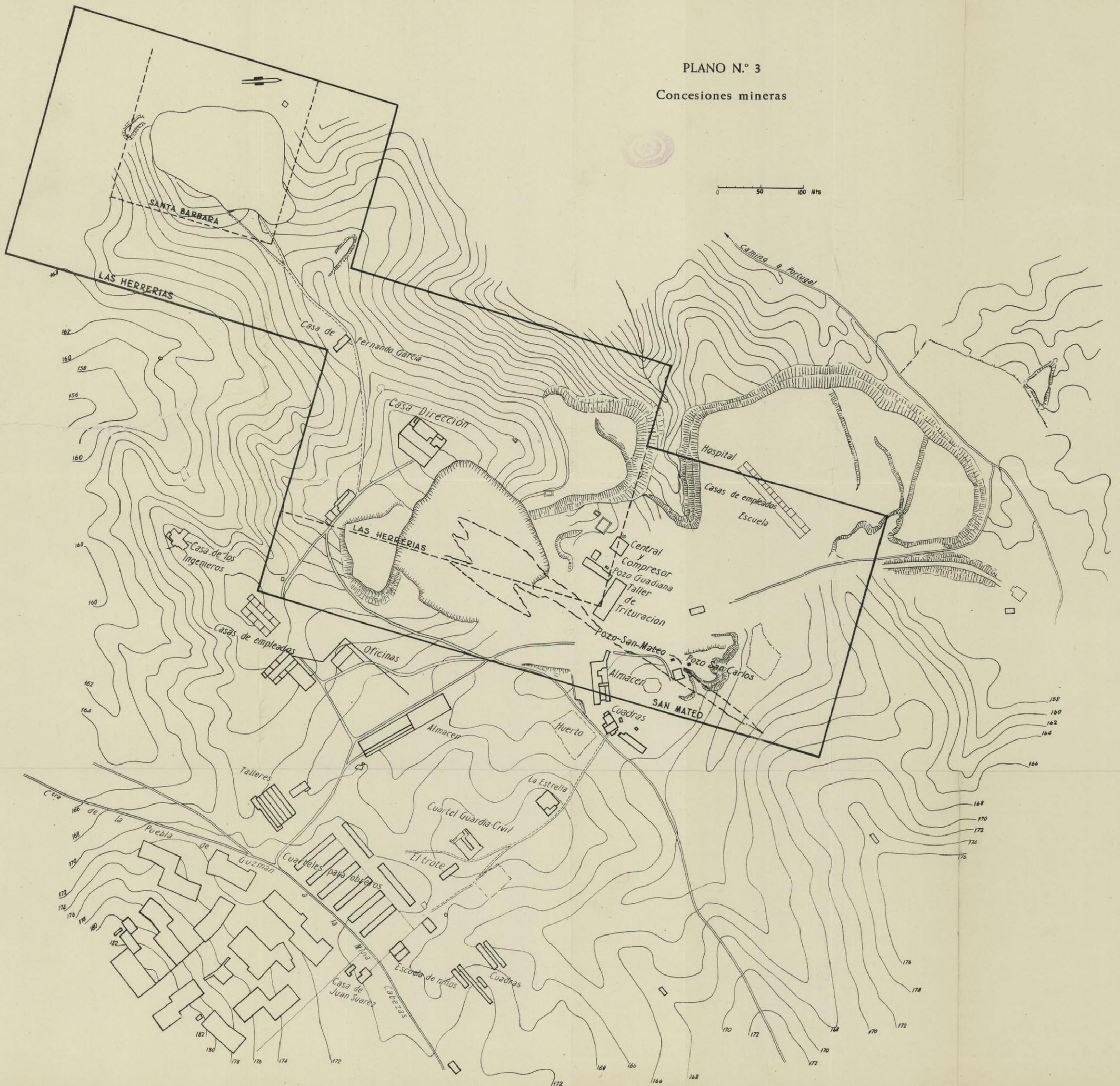
El plano adjunto de situación general, a 1 : 100.000, da idea de lo que se acaba de decir (plano n.º 1), mientras que el plano n.º 2 reproduce el trazado del ferrocarril.





PLANO N.º 2
Trazado del ferrocarril minero.

PLANO N.º 3
Concesiones mineras



2. Descripción general de las concesiones mineras que nos atañen

Largo resultaría describir con detalle cada una de las múltiples concesiones mineras que en la actualidad posee «Minas de Herrerías», S. A. Nos ha parecido suficiente reproducir la situación de las concesiones directamente afectadas por el criadero de piritas en explotación, en relación con el poblado antiguo y con el nuevo (plano n.º 3).

Las concesiones mineras en las que se encuentra situado el criadero de piritas se denomina «Las Herrerías», número 4.044 del registro minero, de donde toma el nombre el coto minero y la sociedad propietaria y explotadora, y «San Mateo», n.º 6.327 del mismo registro del Distrito Minero de Huelva.

Como se desprende del plano, el criadero tiene una dirección aproximadamente E.-W., y sesgadamente corta la línea fronteriza entre ambas concesiones mineras.

3. Rasgos generales geográficos

La región dentro de la cual están enclavadas las concesiones mineras de «Minas de Herrerías», constituyen en la actualidad una penillanura afectada por la erosión geológica que le ha dado el carácter ondulado que presenta en el día de hoy. A veces las riveras y los barrancos han excavado sus cauces atravesando los estratos de rocas. Otras han seguido la dirección de la estratificación, dando una variedad considerable a su anchura, ocasionando, en

las grandes avenidas, subidas de más de 12 m. de altura de nivel de las aguas en las zonas estrechas. No es difícil medir estos niveles, ya que los depósitos de arenas en sus dos orillas son, en nuestro caso, testigos fehacientes de las torrenciales avenidas. No hace muchos años, el día 12 de octubre de 1956, las precipitaciones en el transcurso de dos horas ascendió a más de 90 litros de agua por metro cuadrado, cantidad casi equivalente a la quinta parte de la lluvia normal en esta región durante un año entero. Hay que tener en cuenta la gran escorrentía, pues existen grandes áreas en las que la tierra vegetal es bastante escasa y el agua de imbibición, por consiguiente, escasísima.

La topografía es algo accidentada, pero con diferencias de cotas pequeñas, especialmente cerca de las principales vías de agua y en las proximidades de las sierras o cabezos, cuyos puntos culminantes suelen estar formados por cuarcitas muy resistentes a la erosión. El punto prominente de la región corresponde al peñón denominado Virgen de la Peña, que es vértice geodésico de segundo orden, con 402 m. de altura. En una ermita, pegada a la rama septentrional de un anticlinal roto, formado por bancadas de cuarcitas, se encuentra cobijada la imagen de la patrona de la comarca. Existen otros dos vértices próximos, el de Cabezas, con 290 m. de altura, y el de los Buitres o Cabezo de Malagón, con 284 m. de altura. La altura media de las concesiones que nos interesan directamente aquí se eleva tan sólo a unos 155 metros.

Toda la región pertenece a la cuenca de la rivera Covica o Cúbica, afluente de la rivera Malagón, siendo ésta tributaria de la rivera Chanza, que vierte sus aguas en el río Guadiana junto al puerto fluvial portugués Pomarao.

La tierra se dedica comunmente al cultivo de cereales y existen extensos encinares que alimentan rebaños de

ovejas y cerdos, constituyendo la riqueza agropecuaria de la región.

4. Minerales

Dos son los principales factores que hemos de considerar en el presente epígrafe. Uno se refiere a los elementos químicos presentes en la mena de azufre y en las rocas encajantes; otro el de las especies minerales definidas que forman esos elementos químicos.

A. Elementos químicos de mena y rocas.—Hace ya bastantes años (3) publicamos una lista de elementos químicos existentes en la región de criaderos de piritas del SW. de la Península Ibérica, que reproducimos en la columna segunda del cuadro I.

Aun cuando sea adelantar datos del presente estudio, figuramos en la tercera columna de dicho cuadro los elementos químicos encontrados ahora, con objeto de poderlos comparar con mayor facilidad. Los elementos están ordenados según el número de orden que les corresponde en la tabla periódica de elementos químicos.

Las diferencias existentes son sencillas de explicar. El *cloro* se ha determinado esta vez químicamente, lo cual no se hizo antes. El *romo* existente en las rocas de la caja (estériles) aparece tan sólo en una muestra de pirita, que incluye, por su posición límite, algo de pizarra. Así pues, es lógico que no se encontrara antes, ya que sólo se estudiaron los minerales metálicos. El *galio* e *indio* acompañan al *zinc* en la blenda, y esta vez no hemos analizado blendas puras, como tampoco galenas puras, que suelen

Elementos químicos reconocidos	Año 1933	Año 1958
H.....	x	x
C.....	x	x
O.....	x	x
F.....	—	x
Na.....	x	x
Mg.....	x	x
Al.....	x	x
Si.....	x	x
P.....	x	x
S.....	x	x
Cl.....	—	x
K.....	?	x
Ca.....	x	x
Ti.....	x	x
V.....	x	x
Cr.....	—	x
Mn.....	x	x
Fe.....	x	x
Co.....	x	x
Ni.....	x	x
Cu.....	x	x
Zn.....	x	x
Ga.....	x	—
As.....	x	x
Se.....	x	x
Sr.....	x	x
Zr.....	x	x
Mo.....	x	x
Ru.....	—	x
Rh.....	—	x
Pd.....	—	x
Ag.....	x	x
Cd.....	x	x
In.....	x	—
Sn.....	x	x
Sb.....	x	x
Te.....	x	x
Ba.....	x	x
Os.....	—	x
Ir.....	—	x
Pt.....	—	x
Au.....	x	x
Tl.....	x	—
Tb.....	x	x
Bi.....	x	x

CUADRO I
Elementos químicos encontrados.

llevar como impurezas al elemento químico *talio*. De ahí su ausencia en la lista actual. Referente al *circonio* podemos ya afirmar que es el único elemento químico, según los cuadros, que estando presente en las rocas encajantes (estériles) no existe en ninguna de las muestras de piritas estudiadas o analizadas.

Los metales preciosos, o sea el *rutenio*, *rodio*, *paladio*, *osmio*, *iridio* y *platino*, que aparecen en la lista actual y no se mencionan en la del año 1933, fueron ahora determinados al analizar espectralmente los botones procedentes de la copelación dolicimástica, hechos en orden a la determinación del oro existente en las muestras.

De todos estos elementos reconocidos algunos forman especies minerales definidas. Otros, en cambio, no suelen constituir las, sino que son arrastrados a formar parte del retículo cristalino de otras especies minerales. Las condiciones necesarias para que esto pueda suceder radican en las dimensiones del radio atómico o iónico de esos elementos, que reciben el nombre de elementos *diádicos*. También es necesario cierto parentesco químico. Al fenómeno se le suele dar en castellano el nombre de

larvación. V. M. Goldschmidt propuso dividir estos elementos en tres grupos; el primero comprendería la sustitución, en el retículo cristalino de una especie mineral, de un elemento químico relativamente frecuente por otro raro, en pequeña concentración, pero de igual valencia química y radio atómico o iónico similar. Ejemplo de ello lo presenta el *Ge* trivalente y en parte también el *V* trivalente, que sustituye al *Al* en algunas de sus especies minerales. A este fenómeno se le llama *ocultación*.

En el segundo grupo, denominado *captura*, incluye el fenómeno de la entrada de un elemento químico raro de igual o parecido volumen dentro del retículo cristalino del que forma parte otro elemento químico más frecuente pero de valencia inferior, pareciendo como si se escondiera detrás de éste. Ejemplo de este fenómeno lo presenta *Sc* trivalente en los silicatos de manganeso y de hierro bivalentes.

Por último, en el tercer grupo reúne los fenómenos de inclusión de elementos químicos raros de similar volumen dentro de los retículos cristalinos en los que participa otro elemento de mayor valencia química. Ejemplo de este hecho natural lo tenemos en la sustitución del *Mg* y *Fe* bivalentes por el *Li* monovalente. A este fenómeno se le ha dado el nombre de *admisión*.

El estudio completo de toda esta clase de fenómenos lo trata de realizar la parte de la cristalografía que se dedica al estudio de las relaciones isomórficas de las especies minerales que incluye a los cristales de mezcla. A pesar de su extraordinaria importancia aún no está, ni con mucho, completamente terminado.

El hecho de la existencia de la larvación lleva consigo que ciertos elementos químicos raros no formen especies minerales conocidas. La razón es obvia, ya que debido a

sus propiedades cristaloquímicas se distribuyen en cantidades sumamente pequeñas en otras especies cristalinas en las que toma parte otro elemento químico mucho más frecuente, pareciendo como si se escondiesen detrás de éste. Nos referimos en concreto al *Hf* en relación con *Zr*; al *Ga* en relación con el *Al* y también con el *Zn*, debido a su carácter, el menos en parte, calcófilo.

Así se explica también que los minerales de *Se* sean menos frecuentes en la Naturaleza que los de *Te*, siendo así que el *Se* aparezca mucho más abundantemente que el *Te*. En los sulfuros, la causa radica en la semejanza de volumen correspondiente con el ion bivalente del azufre entrando el *Se* a formar parte de los retículos cristalinos en lugar de éste, mientras que el ion bivalente de *Te*, que es de radio iónico mayor, le es imposible efectuar tal sustitución.

En la lista de los elementos químicos transcrita en el cuadro I, se encuentran, claro está, los nueve elementos químicos que solos forman ya el 99 % de la composición química de la parte superior de la corteza terrestre. Dispuestos por orden de importancia de tantos por ciento en peso se agrupan estos nueve elementos químicos en el siguiente orden:

O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti

Los restantes 83 elementos químicos naturales existentes, sólo importan el 1% del peso de la corteza terrestre superior. De entre estos 83 elementos citados hemos determinado 36, que independientemente o junto con los otros nueve fundamentales señalados pueden formar especies minerales que nos interesan. También es posible que se encuentren larvados.

Vamos pues, a continuación, a exponer sucintamente

el conjunto de las especies minerales encontradas hasta el momento actual.

B. Especies minerales.—Consideramos en este apartado, por separado, las especies minerales de las rocas y de la mena.

A. ESPECIES MINERALES EN LAS ROCAS.

a. En las rocas sedimentarias (pizarras, grauvacas).

Especies minerales primarias o secundarias.

Cobre nativo.....	Cu.
Oro nativo.....	Au.
Pirita.....	FeS ₂ .
Cuprita.....	Cu ₂ O.
Tenorita.....	CuO.
Magnetita.....	Fe ₃ O ₄ .
Oligisto.....	Fe ₂ O ₃ .
Ilmenita.....	TiO ₃ Fe.
Hierro acicular, hematites parda, limonita.....	FeO . OH.
Cuarzo.....	SiO ₂ .
Calcita.....	CaCO ₃ .
Dolomita.....	CaCO ₃ . MgCO ₃ .
Azurita.....	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂ .
Malaquita.....	Cu ₂ (CO ₃) (OH) ₂ .
Brochantita.....	Cu ₄ (OH) SO ₄ .
Calcantita.....	CuSO ₄ . 5 H ₂ O.
Melanterita.....	FeSO ₄ . 7 H ₂ O.
Circón.....	ZrSiO ₄ .
Sericita.....	KAl ₂ (OH, F) ₂ AlSi ₃ O ₁₀ .
Talco.....	Mg ₆ (OH) ₄ Si ₈ O ₂₀ .

? Clinocloro	$(\text{Mg}, \text{Al})_3 [(\text{OH})_2 \text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \text{Mg}_3$ $(\text{OH})_6$
Caolín	$\text{Al}_4 (\text{OH})_8 \text{Si}_4 \text{O}_{10}$
Ortosa	KAlSi_3O_8
Plagioclasas albita	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$

Hasta el presente, se han podido encontrar estas especies minerales en las rocas sedimentarias. No todas ellas son primarias. En particular la mayor parte de las especies minerales metálicas forman parte, tan solo accidentalmente, de las rocas cercanas a los criaderos.

Además de las especies minerales citadas existe un cierto número de especies de minerales arcillosos que no han sido aún determinados y que en su día habrán de enriquecer la lista arriba figurada.

β. *En las rocas ígneas* (porfirita cuarcífera, pórfido cuarzoso, diabasa albitica, epidosita, etc.).

Especies primarias y secundarias.

Calcopirita	CuFeS_2
Pirrotita	FeS
Pirita	FeS_2
Mispíquel	FeAsS
Magnetita	Fe_3O_4
Ilmenita	FeTiO_3
Hierro acicular, hematites parda, limonita	$\alpha\text{-FeO} \cdot \text{OH}$
Cuarzo	SiO_2
Calcita	CaCO_3
Dolomita	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
Apatito	$\text{Ca}_5 (\text{F}, \text{Cl}) (\text{PO}_4)_3$
Olivino	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \text{SiO}_4$

Epidota	$\text{Ca}_2 (\text{AlFe}^{+++})_3 [\text{OH} (\text{SiO}_4)_3]$
Circón	ZrSiO_4
Titanita	$\text{CaTi} [\text{O} \text{SiO}_4]$
Augita	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (con Al y Fe).
Hornablenda	$(\text{Na}, \text{K})_{0.5-2} \text{Ca}_{3-4} \text{Mg}_{3-8} \text{Fe}^{++-2.4} (\text{Al}, \text{Fe}^{+++})_2 [(\text{OH})_4 \text{Si}_{14-12} \text{O}_{44}]$
Talco	$\text{Mg}_6 (\text{OH})_4 \text{Si}_8 \text{O}_{20}$
Biotita	$\text{K} (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})_3 [(\text{OH}, \text{F})_2 $ $ \text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$
Caolinita	$\text{Al}_4 (\text{OH})_8 \text{Si}_4 \text{O}_{10}$
Serpentina	$\text{H}_4 \text{Mg}_3 \text{Si}_2 \text{O}_9$
Ortosa	KAlSi_3O_8
Albita	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$

γ. *En las rocas metamórficas* (aureolares de contacto, pizarras y grauvacas silificadas, etcétera).

Cuarzo.

Actinotas.

Minerales arcillosos no bien determinables silificados.

Con referencia a las especies minerales litoconstituyentes que aparecen en las rocas de la región y cercanas al criadero nos sorprende su escaso número. Sucede algo análogo a lo que se hizo notar en relación con el número de elementos químicos que forman parte de la franja superior de la corteza terrestre. Aunque algo mayor en cantidad son relativamente muy exiguas en número las especies minerales que, solas ya, constituyen de hecho el 99 % de la constitución mineralógica de las rocas.

B. ESPECIES MINERALES EN LA MENA.

En la pirita de la región de Huelva se han reconocido las siguientes especies minerales:

I Clase.—*Elementos.*

Cobre	Cu.
Bismuto.....	Bi.
Azufre	S.

II Clase.—*Sulfuros y combinaciones afines.*

Hauchecornita	(Ni, Co) ₉ (Bi, Sb) ₂ S ₈ .
Calcosina	Cu ₂ S.
Bornita	Cu ₅ FeS ₄ .
Umangita	Cu ₃ Se ₂ .
Blenda	ZnS.
?? Greenockita	CdS.
Calcopirita	CuFeS ₂ .
Cobres grises con fórmula	Cu ₃ SbS _{3.4} (?) Tetraedrita.
Enargita	Cu ₃ AsS ₄ .
Famatinita	Cu ₃ SbS ₄ .
Luzonita	Cu ₃ SbS ₄ .
Pirrotita	FeS.
Galena	PbS.
Covelina	CuS.
Bismutita	Bi ₂ S ₃ .
Wolfsbergita	CuSbS ₂ .
Jamesonita.....	Pb ₄ FeSb ₆ S ₁₄ .
? Berthierita	FeSb ₂ S ₄ .
? Meneghinita	CuPb ₁₃ Sb ₇ S ₂₃ .
Linneíta.....	Co ₃ S ₄ .
Pirita	FeS ₂ .
Cobaltina	CoAsS.
Gersdorfit.....	NiAsS.
Ullmanita	NiSbS.
Marcasita	FeS ₂ .
Loellingita	FeAs ₂ .

Saflorita	CoAs ₂ .
Rammelsbergita	NiAs ₂ .
Mispíquel	FeAsS.
Esmaltina	CoAs _{2.3} .

III Clase. *Sales haloideas.*—Aún no se ha podido reconocer especie mineral alguna.

IV Clase. *Oxidos e hidróxidos.*

Cuprita	Cu ₂ O.
Tenorita	CuO.
Magnetita	Fe ₃ O ₄ .
Oligisto.....	Fe ₂ O ₃ .
Ilmenita.....	FeTiO ₃ .
Cuarzo.....	SiO ₂ .
Hierro acicular, hematites parda, limonita.....	α-FeO . OH.

V Clase. *Oxisales con el oxígeno en coordinación ternaria.*

Carbonatos.

Calcita.....	CaCO ₃ .
? Siderosa	FeCO ₃ .
Azurita	Cu ₃ (OH) ₂ (CO ₃) ₂ .
Malaquita	Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃ .

VI Clase.—*Sulfatos, cromatos, molibdatos y tungstatos.*

Sulfatos:

Calcantira	CuSO ₄ . 5 H ₂ O.
Melanterita.....	FeSO ₄ . 7 H ₂ O.

Las especies minerales a las cuales hemos prefijado un

signo de interrogación único, son aquéllas cuya determinación no es segura. Las otras que llevan dos signos de interrogación delante de su nombre son especies minerales que suponemos deben existir, ya que se encuentran comunmente asociadas con otras especies minerales existentes y dan razón de la presencia del elemento metálico de antemano conocido. Así en el caso de la greenockita o CdS. El cadmio que contienen generalmente las blendas forma el monosulfuro de cadmio, la greenockita, que es miscible en toda proporción con el monosulfuro de cinc, la blenda. Como conocemos la existencia de cadmio en las blendas relacionadas con la pirita, es razonable suponer la existencia de la greenockita.

Conocidas ya las especies minerales en las que toman parte la mayoría de los elementos químicos determinados pasaremos a hablar de los rasgos geológicos generales.

5. Rasgos geológicos generales

La Geología de la región del término de Puebla de Guzmán no es demasiado sencilla. Intervienen terrenos de la Edad Primaria. Particularmente está demostrada la existencia del Siluriano inferior u Ordoviciense y la del Carbonífero inferior en su facies marina o Dinamantiense y en su facies terrígena o Culm. La existencia del Devónico es probable, pero aún no es totalmente cierta, así como la de terrenos cambrianos.

Junto con estos terrenos antiguos existen los depósitos sedimentarios del Cuaternario, reducidos espacialmente a pequeñas áreas relacionadas con las vías acuíferas actuales, red de no mucha actividad sedimentaria actual.

Toda esta región, fracturada ya desde el movimiento orogénico, al menos herciniano o varísico, está cuarteada en direcciones privilegiadas de mínima resistencia, que por lo común tienen direcciones o rumbos E.-W. y N.-S. aproximadamente. El primer grupo de fracturas debió ser el más profundo y de mayor debilidad cortical, pues por él ascendieron rocas ígneas de larga corrida y pequeño espesor. Las rocas conocidas hasta el momento actual se encuadran entre las rocas ácidas y las rocas básicas. De las primeras citaremos las porfiritas cuarcíferas, pórfidos cuarzosos, y de entre las segundas las diabasas albiticas, diabasas que han sufrido una alteración intensa posterior, la albitización.

Tanto las diversas rocas sedimentarias como las rocas ígneas suelen presentarse, en grado considerable, como concordantes. Para mayor dificultad las rocas ígneas no ofrecen claramente zonas aureolares de contacto.

Las rocas del Siluriano están representadas por cuarcitas armoricanas clásicas y pizarras grises azuladas y de tonalidades oscuras, así como pardoamarillentas cuando están suficientemente alteradas. Las primeras se pueden clasificar como filadios, de fractura hojosa, en escamas, de dimensiones variadas, mientras que las segundas, más arcillosas, son de fractura más o menos tabular incipiente. Citamos también algunos tipos de grauvacas, con inclusiones.

A estas rocas añadimos las rocas calcáreas, que en forma de lentejones aparecen por lo común cerca del contacto del Siluriano con el Carbonífero inferior.

A esta edad pertenecen pizarras arcillosas de grano entre fino y muy fino, de colores grises variados y que en estado de alteración dan coloridos cercanos al pardoamarillento. Suelen incluir fósiles, ciertos y definidos horizontes.

Adscribimos naturalmente a estas formaciones, variedades de grauvacas cuyo grano varía desde el basto hasta el muy fino, que también suele tener trozos de filadios silurianos incluidos. La dureza de estas variedades es muy distinta según las condiciones de la diagénesis y composición. Ciertas variedades, generalmente las más duras, tienden a una disyunción redondeada esférica, como los granitos. Algunas variedades contienen fósiles, casi siempre vegetales.

Viniendo a la parte de Estratigrafía de la región podemos asegurar que se conserva un rumbo medio de estratos, pero que localmente están lo suficientemente alterados para poder anotar direcciones y buzamientos en todos los rumbos posibles. Lo necesario es darle a cada lectura todo el valor posicional correspondiente, afectándoles de un coeficiente valorado en función de la importancia de la alteración local. De este modo se puede, de una manera sintética, conseguir un rumbo medio que represente en verdad la dirección media con suficiente aproximación.

A *grosso modo* se puede tomar la dirección E.-W. como predominante con variaciones en más y en menos de 25° centesimales, despreciando las variaciones más o menos locales. El buzamiento general es hacia el norte y casi siempre es grande, comprendido entre 60 y 85° centesimales con la horizontal.

La tectónica de la región corresponde, claro está, a la cordillera de Sierra Morena, afectada por las fracturas tectónicas en forma de campo de fracturas. Corrientemente las principales fracturas son paralelas, a grandes rasgos, al eje de la cordillera. También es necesario advertir que intervienen factores individuales particulares, de extensión más o menos reducida. Ya hemos indicado que las direcciones privilegiadas del campo de fracturas son de E.-W.

utilizadas por las rocas ígneas y por los criaderos de menas industriales en sus movimientos ascensionales.

En segundo lugar, debido a su menor importancia tectónica, citamos las fracturas de dirección norteada con buzamientos al este y, más frecuentemente, al oeste.

Los esfuerzos tectónicos posteriores al Carbonífero inferior, han sido hasta cierto punto violentos, y así los sistemas principales de diaclasas pueden observarse en la masa de las piritas.

En la cuarta parte de la presente publicación daremos algunos detalles particulares referentes a la geología de las proximidades del criadero de piritas.

II. Datos geoquímicos

1. Métodos

Muchos años hace que iniciamos esta clase de estudios, precisamente en la investigación del criadero de piritas de Las Herrerías (4). Nos limitábamos entonces a muy pocas secciones del criadero, obteniendo resultados parecidos a los que ofrecemos en el presente trabajo.

Optamos por inquirir la distribución de los elementos químicos contenidos en la mena y en la roca que forma la caja del criadero. Alguno de esos elementos químicos están en exigua concentración, siendo alguno de ellos diádicos manifiestamente.

El método apropiado para este trabajo tiene que ser necesariamente de gran sensibilidad. Ha de compaginar la rapidez, la seguridad con el reconocimiento de muchos de los elementos químicos, que incluso se encuentran ocultos por otros. El método más sensible, seguro y rápido de análisis cualitativo, conocido hasta el presente, para reconocer la existencia de muchos de los elementos químicos, es el análisis espectral óptico por difracción de los rayos luminosos. Adolece por una parte de falta de sensibilidad en la determinación de ciertos elementos químicos, por ejemplo el flúor, el cloro, el fósforo, y, por otra parte, de

exactitud en la determinación cuantitativa de los elementos cuando el porcentaje de ellos es grande en la muestra analizada. Por esta razón, no hemos despreciado el análisis cualitativo y cuantitativo químico clásico, y así se ha determinado el flúor, el cloro, el fósforo, el selenio, el telurio y el oro y metales preciosos. En estos últimos casos, en el que se ha analizado también la plata, por vía química a manera de comprobación, hemos sometido el botón producido en la copelación al análisis espectral, siguiendo el método publicado (5). En los análisis espectrales partimos de 0,05 gr. en peso de muestra.

Para la determinación del selenio se ha seguido un método químico español de muy buenos resultados («Piritas Españolas», S. A.).

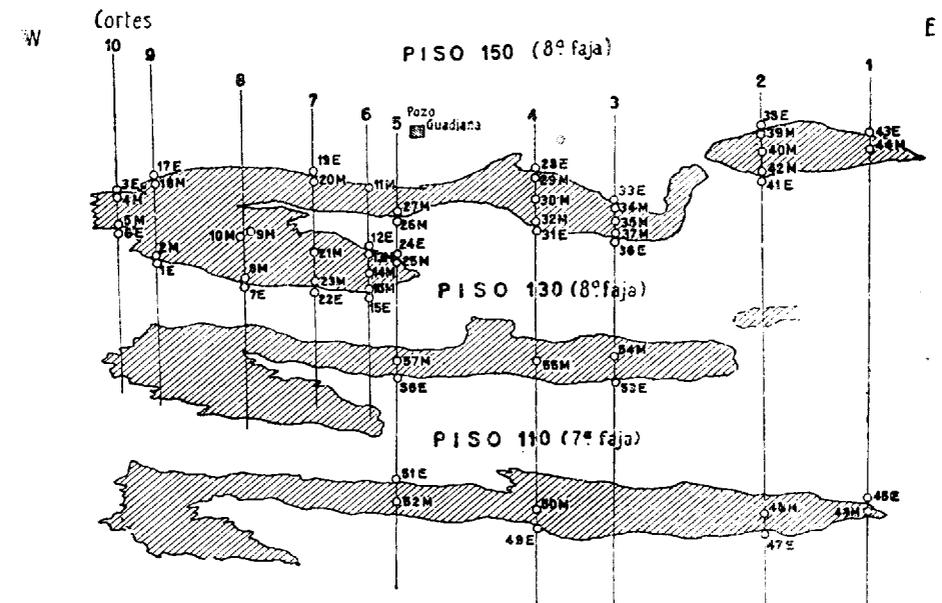
Como se desprende de lo dicho no se trata en este trabajo de un estudio geoquímico definitivo. Es más bien un simple avance de resultados conseguidos aplicando los procedimientos expuestos.

En realidad hemos estudiado 10 cortes en dirección normal a la corrida del criadero, separados unos de otros aproximadamente unos 40 m., término medio. Hemos recogido las muestras del contacto entre mineral (pirita) y estéril (pizarras, roca ígnea), lo más próximamente entre sí posibles. Tiene esto una desventaja: el que posiblemente haya mezclas, como de hecho ha resultado. Pero la ventaja primordial consiste en que las anomalías que se puedan reconocer son indudables. Además hemos procurado sacar una muestra en cada corte que represente al centro de la masa de la mineralización, o sea de la pirita.

El plano n.º 4 reproduce, en planta, exactamente lo que acabamos de exponer, respondiendo los números a las muestras tomadas, indicando el piso correspondiente de la mina donde se ha recogido la muestra. Estos pisos se

han proyectado en el plano corridos entre sí, con objeto de dar mayor claridad a la situación exacta de las muestras.

De cada muestra de roca de la caja se ha hecho una preparación delgada, con objeto de estudiar su estructura y textura y especies minerales presentes. Del mismo modo se ha procedido a hacer una preparación pulida de la mues-



PLANO N.º 4

Esquema de cortes al través del criadero y numeración de las muestras de roca (E) y mineral (M).

tra correspondiente de pirita, para su estudio mineralográfico y mineralógico. Se ha usado un microscopio petrográfico apto para hacer trabajos con luz directa y luz reflejada.

De esta suerte, llegando hasta grandes aumentos, como máximo 960, se puede lograr el reconocimiento de especies minerales existentes aun en bastante pequeña proporción. Requisito esencial es que la preparación, ora

delgada, ora pulida, reúna las condiciones de perfección, en su clase, necesarias, cosa bastante difícil para nosotros en la actualidad.

No hemos juzgado oportuno emplear los métodos de determinación estructural, echando mano de los procedimientos clásicos de estudio de estructuras cristalinas por rayos Roentgen, ya que se trata de impurezas que por lo común son inferiores al 1 %. Este hecho implica alguna inseguridad en el cálculo de la existencia de elementos, por ejemplo diádicos, y en la determinación de la deformación del retículo.

2. Resultados de los análisis espectral y químico

Reproducimos en los cuadros adjuntos los resultados de los análisis espectrales:

En el cuadro II damos los resultados de los análisis de los *10 cortes* que enumeramos en dirección E.-W.

En el cuadro III hemos entresacado los análisis correspondientes a las *rocas* que, como es natural, bordean la masa de minerales.

En el cuadro IV se señalan los análisis que pertenecen a las muestras de *piritas periféricas* del criadero de pirita.

Por último, en el cuadro V reproducimos los análisis de las muestras de pirita que corresponden a las muestras tomadas en *el centro de las mineralizaciones*.

A continuación damos cuenta de los resultados de los análisis químicos referentes a los elementos químicos Cl, F, Se, Ag, Te, Au y metales preciosos (cuadro VI).

La nomenclatura utilizada en los referidos cuadros es naturalmente convencional. Su interpretación se encuentra en el cuadro VII.

CUADRO II

RESULTADO DE LOS ANALISIS ESPECTRALES, EN %

ELEMENTOS QUIMICOS				Na	Mg	Al	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb	Bi
Corte n.º	Piso	Clase de muestra	Mtra. n.º																								
1	150	Roca	43	m	m	m	—	m	4	0,7	0,2	0,01	0,001	—	0,01	—	—	0,01	0,2	—	—	—	—	—	<0,01	—	—
	150	Pirita	44	0,01	0,005	0,01	—	0,05	0,01	—	—	0,01	0,01	0,001	1,5	—	0,2	—	0,001	0,0001	—	—	—	0,005	—	0,05	—
	110	Roca	45	—	m	m	—	0,05	4	1,5	0,2	0,01	0,04	—	1,5	—	0,01	0,005	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
	110	Pirita	46	0,01	m	0,01	—	0,05	0,05	—	—	0,05	0,02	0,001	1	—	0,5	—	—	0,01	0,001	—	0,05	0,005	—	0,05	0,0001
2	150	Roca	38	0,01	m	m	0,001	m	5	0,5	0,1	<0,01	0,001	—	0,001	—	0,15	0,001	0,2	—	—	—	—	—	0,002	0,005	—
	150	Pirita	39	0,005	0,005	0,8	—	0,08	1	0,03	—	0,001	0,001	—	0,3	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—
	150	Pirita	40	—	0,005	0,0001	—	0,001	—	—	—	0,001	0,1	0,001	0,3	—	0,01	—	—	0,1	—	—	—	—	—	0,01	—
	150	Pirita	42	—	m	0,0001	—	0,5	—	—	—	0,1	0,001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,001	0,0001	—	—	—	—	0,05	—
	150	Roca	41	0,01	m	m	0,001	0,08	1	0,01	—	0,1	—	—	0,001	—	—	0,001	—	0,001	—	—	—	—	—	—	—
	110	Pirita	48	—	0,005	0,001	0,001	0,01	—	—	—	0,001	0,001	0,001	0,3	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	110	Roca	47	1	M	M	—	M	1	0,1	0,005	0,005	0,001	—	0,005	—	>0,05	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	150	Roca	33	0,05	m	m	—	0,08	4	0,2	0,05	0,01	0,001	—	0,4	—	—	0,002	—	0,03	—	—	—	0,001	0,01	—	
	150	Pirita	34	0,05	0,005	0,0001	—	0,01	0,1	0,0001	—	0,01	—	—	0,5	—	0,01	—	—	0,001	0,0001	—	0,0001	0,0001	—	0,01	—
	150	Pirita	35	—	0,005	0,0001	—	0,01	—	—	—	<0,01	—	0,001	1	—	0,01	—	—	0,03	—	—	—	—	—	0,01	—
	150	Pirita	37	—	0,005	0,0001	—	0,005	—	—	—	<0,01	0,001	0,001	2	—	0,01	—	—	0,05	—	—	—	—	—	0,01	—
	150	Roca	36	—	0,005	0,0001	—	0,01	0,05	0,05	—	0,01	0,001	—	2	—	0,01	—	—	—	—	—	0,0001	—	—	0,005	—
	130	Pirita	54	—	0,001	0,001	0,001	0,005	—	0,01	—	0,005	0,001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—
	130	Roca	53	0,5	M	M	—	0,005	—	0,01	—	0,001	—	—	0,001	—	—	<0,05	0,4	0,0001	—	—	0,0001	—	—	—	—
4	150	Roca	28	0,1	m	m	0,05	0,08	5	0,3	0,4	<0,2	0,01	—	0,0001	—	0,8	—	—	0,001	—	—	—	—	—	0,05	—
	150	Pirita	29	—	0,01	0,0005	—	0,05	0,5	—	—	0,0001	—	—	3	—	0,5	0,005	—	0,05	0,0001	—	—	—	—	0,05	—
	150	Pirita	30	—	0,001	0,0001	—	0,05	0,001	—	—	<0,05	—	—	1	—	0,5	—	—	0,005	—	0,0005	—	—	—	0,05	—
	150	Pirita	32	—	0,005	0,0001	—	0,001	0,05	—	—	0,01	0,05	0,001	1	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—
	150	Roca	31	0,5	M	m	0,01	M	4	<0,1	<0,1	0,1	0,005	—	0,0005	—	0,01	<0,05	0,3	—	—	—	—	—	0,01	—	—
	130	Pirita	55	0,5	0,001	0,0005	0,1	0,1	0,05	—	—	0,001	0,0001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,05	0,0001	—	—	—	—	—	0,0001
	110	Pirita	50	0,01	0,005	0,0001	0,1	0,05	0,01	—	—	0,0005	0,1	—	1	—	0,1	—	—	—	0,0005	—	0,05	—	—	—	—
110	Roca	49	0,1	M	M	—	m	1	0,1	0,005	0,05	—	—	0,0005	—	—	0,001	0,001	—	—	—	—	—	0,001	—	—	
5	150	Pirita	27	—	0,05	0,0001	—	0,005	0,1	—	—	<0,05	0,2	0,0001	3	—	0,5	<0,005	—	0,1	0,0001	—	—	—	—	0,1	—
	150	Roca	26	—	m	m	—	0,005	3	—	—	0,2	—	—	>0,001	—	—	0,005	—	—	—	—	—	—	0,002	—	
	150	Roca	24	0,3	m	m	0,2	0,01	4	0,2	—	0,03	0,01	0,0001	>0,001	—	0,0001	<0,1	0,001	—	—	—	>>0,0001	—	0,002	—	
	150	Pirita	25	—	0,1	0,0001	—	0,005	0,3	—	—	<0,1	—	—	1	—	0,5	—	—	—	0,0005	—	>>0,0001	—	—	0,05	—
	130	Pirita	57	—	0,05	0,005	0,02	0,0001	0,03	—	—	0,002	0,0001	0,0001	0,8	—	0,001	—	—	0,01	0,0001	—	—	—	—	—	—
	130	Roca	56	—	M	M	—	0,0005	0,01	—	—	0,005	0,0001	—	0,001	—	—	0,005	0,2	—	—	—	—	—	—	—	
	110	Roca	51	0,1	M	M	0,001	m	2	0,7	0,3	0,002	0,03	—	0,005	—	0,05	0,2	0,2	—	—	—	—	—	0,01	—	
110	Pirita	52	—	0,001	0,005	0,001	0,005	1	—	—	0,002	—	0,0001	1	—	0,1	—	—	0,05	0,0001	—	—	—	—	—	—	
6	150	Pirita	11	0,01	0,05	0,001	—	0,0001	0,05	—	—	0,0001	—	—	1	—	0,01	—	—	0,0001	—	—	—	—	>0,01	0,05	
	150	Roca	12	—	M	M	—	0,005	3	0,02	<0,1	0,3	—	—	>0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	150	Pirita	13	—	0,05	0,0005	—	0,005	0,5	—	—	0,0001	—	—	0,0005	—	0,001	0,001	—	—	0,0001	—	0,0001	0,001	>0,01	0,01	
	150	Pirita	14	—	0,05	0,0001	—	0,001	0,05	—	—	0,0001	—	—	2	—	0,001	—	—	0,0005	—	0,0001	0,001	—	—	0,01	
	150	Pirita	16	—	0,05	0,0001	—	0,005	0,0001	—	—	>0,1	0,001	0,0001	3	—	0,0001	—	—	—	0,0005	—	0,0005	0,005	—	0,05	0,0005
	150	Roca	15	0,005	m	M	—	0,005	2	0,05	0,05	0,0001	—	—	0,0005	—	—	—	—	—	—	—	0,0001	—	0,01	—	
7	150	Roca	19	0,005	m	m	4	0,01	4	0,2	0,2	0,01	0,005	—	0,0005	—	—	0,05	—	0,1	—	—	—	—	—	—	
	150	Pirita	20	—	m	0,0001	—	0,005	0,2	—	—	>0,1	0,01	—	0,001	—	0,001	—	—	—	0,0001	—	—	—	—	0,1	0,005
	150	Pirita	21	—	>0,05	0,0001	—	0,01	0,0001	—	—	0,001	0,01	0,001	1,5	—	—	—	—	—	0,0001	—	0,0005	—	—	0,1	0,005
	150	Pirita	23	—	>0,001	0,0001	—	0,005	0,1	—	—	0,0001	0,01	—	1	—	0,5	—	—	—	0,0005	—	0,0005	—	—	0,3	0,005
	150	Roca	22	—	m	M	—	0,01	2	—	0,05	0,1	0,1	—	3	—	0,5	0,05	—	—	0,0005	—	0,0005	—	—	—	0,005
8	150	Pirita	9	—	m	M	1	0,005	0,01	—	—	0,01	—	>0,005	m	0,01	0,05	—	0,05	—	>0,001	0,5	—	0,01	<0,005	—	
	150	Pirita	10	0,001	>0,001	0,005	—	0,005	1	—	—	0,0001	0,005	—	2	—	0,1	—	—	—	0,0001	—	—	0,001	—	0,01	
	150	Pirita	8	0,01	0,001	0,005	—	0,005	0,5	—	—	>0,1	0,05	—	—	—	0,05	<0,1	—	0,1	0,0001	—	—	0,005	—	0,1	
	150	Roca	7	0,005	m	M	—	0,01	5	0,4	0,3	<0,1	0,01	—	>0,005	—	0,01	0,001	—	0,0001	—	—	—	—	<0,005	0,05	
9	150	Roca	17	0,1	m	m	0,01	m	4	0,5	0,3	0,02	0,003	—	0,001	—	0,001	0,2	0,3	—	—	—	—	—	<0,01	—	
	150	Pirita	18	—	0,005	0,001	—	0,05	0,001	—	—	>0,1	—	—	0,01	—	0,05	—	—	—</							

CUADRO III

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS ESPECTRALES, EN %, DE LAS ROCAS

ELEMENTOS QUIMICOS			Na	Mg	Al	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb	Bi	
Siempre	Piso	Muestra n.º																									
	LIMITE NORTE	110	51	0,1	M	M	0,001	m	2	0,7	0,3	0,002	0,03	—	0,005	—	0,05	0,2	0,2	—	—	—	—	—	—	0,01	—
110 (pico)		45	—	m	m	—	0,05	4	1,5	0,2	0,01	0,04	—	1,5	—	0,01	0,005	0,2	—	—	—	—	—	—	0,01	—	—
150		3	0,05	m	m	—	M	3	0,2	0,2	<0,1	0,01	—	0,0001	—	0,05	0,05	0,3	—	—	—	—	—	—	0,02	—	—
150		17	0,1	m	m	0,01	m	4	0,5	0,3	0,02	0,003	—	0,001	—	0,001	0,2	0,3	—	—	—	—	—	—	<0,01	—	—
150		19	0,005	m	m	4	0,01	4	0,2	0,2	0,01	0,005	—	0,0005	—	—	0,05	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
160		28	0,1	m	m	0,05	0,08	5	0,3	0,4	<0,2	0,01	—	0,0001	—	0,8	—	—	0,001	—	—	—	—	—	—	0,05	—
150		33	0,05	m	m	—	0,08	4	0,2	0,05	0,01	0,001	—	0,4	—	—	0,002	—	0,03	—	—	—	—	—	0,001	0,01	—
150 (pico)		38	0,01	m	m	0,001	m	5	0,5	0,1	<0,01	0,001	—	0,001	—	0,15	0,001	0,2	—	—	—	—	—	—	0,002	0,005	—
150 (pico)		43	m	m	m	—	m	4	0,7	0,2	0,01	0,001	—	0,001	—	—	0,01	0,2	—	—	—	—	—	—	<0,01	—	—
LIMITE SUR		110	49	0,1	M	M	—	m	1	0,1	0,005	0,05	—	—	0,005	—	—	0,001	0,001	—	—	—	—	—	—	0,001	—
	110 (pico)	47	1	M	M	—	M	1	0,1	0,005	0,005	0,001	—	0,005	—	—	>0,05	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	130	56	—	M	M	—	0,0005	0,01	0,1	0,01	0,005	0,0001	—	0,001	—	—	0,005	0,2	—	—	—	—	0,0001	—	—	—	
	130	53	0,5	M	M	—	0,005	—	0,01	—	0,001	—	—	0,001	—	—	<0,05	0,4	0,0001	—	—	—	—	—	—	—	—
	150	6	0,005	m	M	—	0,005	4	0,2	0,2	<0,1	0,005	—	0,5	—	0,05	—	—	0,1	—	—	—	—	—	<0,005	0,01	
	150	1	4	m	M	—	M	5	0,2	0,3	0,3	0,05	—	0,001	—	—	0,2	0,5	—	—	—	—	—	—	0,002	0,001	
	150	7	0,005	m	M	—	0,01	5	0,4	0,3	<0,1	0,01	—	>0,005	—	0,01	0,001	—	0,001	—	—	—	—	—	<0,005	0,05	
	150	22	—	m	M	—	0,01	2	—	0,05	0,1	0,1	—	3	—	0,5	0,05	—	—	0,0005	—	—	—	0,0005	—	—	
	150	15	0,005	m	M	—	0,005	2	0,05	0,05	0,001	—	—	0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—	
	150	12	—	m	M	—	0,005	3	0,2	<0,1	0,3	—	—	>0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>0,01	—	
	150	24	0,3	m	m	0,2	0,01	4	0,2	0,2	0,03	0,01	0,0001	>0,001	—	0,0001	<0,1	0,001	—	—	—	—	>0,0001	—	—	0,002	—
	150	26	—	m	m	—	0,005	3	0,3	<0,1	0,2	—	—	>0,001	—	—	<0,005	—	—	—	—	—	—	—	—	0,002	—
	150	31	0,5	M	m	0,01	M	4	<0,1	<0,1	0,1	0,005	—	0,0005	—	0,01	<0,05	0,3	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—
150	36	—	0,005	0,0001	—	0,01	0,05	0,05	—	0,01	0,001	—	—	2	—	0,01	—	—	—	—	—	—	0,0001	—	—	0,005	
150 (pico)	41	0,01	m	m	0,001	0,08	1	0,01	—	0,1	—	—	—	0,001	—	—	0,001	—	0,001	—	—	—	—	—	—	—	

CUADRO IV

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS ESPECTRALES, EN %, DE LAS PIRITAS PERIFÉRICAS



ELEMENTOS QUÍMICOS			Na	Mg	Al	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb	Bi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Muest. n.º	Piso	Muestra n.º																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="6" style="vertical-align: middle; text-align: center;">LÍMITE NORTE</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">4</td> <td>0,005</td> <td>m</td> <td>M</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>2</td> <td>0,1</td> <td>0,05</td> <td><0,05</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,002</td> <td>—</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">18</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>>0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">20</td> <td>—</td> <td>m</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,2</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>>0,1</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">11</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,05</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">29</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>3</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">34</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td colspan="28" style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150 (pico)</td> <td style="padding-left: 5px;">39</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> <td>0,8</td> <td>—</td> <td>0,08</td> <td>1</td> <td>0,03</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,3</td> <td>—</td> <td>00,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="28" style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="10" style="vertical-align: middle; text-align: center;">LÍMITE SUR</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">5</td> <td>0,01</td> <td>0,005</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,3</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td><0,05</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">2</td> <td>0,01</td> <td>0,005</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>2</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">8</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>>0,1</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>2</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td><0,1</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">23</td> <td>—</td> <td>>0,001</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,3</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">16</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>>0,1</td> <td>0,001</td> <td>0,0001</td> <td>3</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0005</td> </tr> <tr> <td colspan="28" style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">13</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">25</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,3</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="28" style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">27</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,05</td> <td>0,2</td> <td>0,0001</td> <td>3</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td><0,005</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">32</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,05</td> <td>0,001</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,2</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">37</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,01</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>2</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="28" style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150 (pico)</td> <td style="padding-left: 5px;">42</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>																												LÍMITE NORTE	150	4	0,005	m	M	—	0,01	2	0,1	0,05	<0,05	0,005	—	1	—	0,05	—	—	—	0,0005	—	—	—	0,002	—	0,001	150	18	—	0,005	0,001	—	0,05	0,001	—	—	>0,1	—	—	0,01	—	0,05	—	—	—	—	0,0001	—	—	0,005	—	0,05	150	20	—	m	0,001	—	0,005	0,2	—	—	>0,1	0,01	—	0,001	—	—	0,001	—	—	—	0,0001	—	—	—	—	0,1	0,005	150	11	—	0,01	0,05	0,001	—	0,0001	0,05	—	—	0,0001	—	—	1	—	0,01	—	—	—	0,0001	—	—	—	—	0,05	—	150	29	—	—	0,01	0,0005	—	—	0,05	0,5	—	—	—	—	3	—	0,5	0,005	—	0,05	0,0001	—	—	—	—	0,05	—	150	34	—	0,05	0,005	0,0001	—	0,01	0,1	0,0001	—	0,01	—	—	0,5	—	0,01	—	—	0,001	0,0001	—	0,0001	0,0001	—	0,01	—																													<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150 (pico)</td> <td style="padding-left: 5px;">39</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> <td>0,8</td> <td>—</td> <td>0,08</td> <td>1</td> <td>0,03</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,3</td> <td>—</td> <td>00,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150 (pico)	39	—	0,005	0,005	0,8	—	0,08	1	0,03	—	0,001	0,001	—	0,3	—	00,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—																													LÍMITE SUR	150	5	0,01	0,005	0,001	—	0,01	0,3	—	—	0,1	—	—	1	—	0,05	<0,05	—	0,05	0,0001	—	—	0,005	—	0,1	—	150	2	0,01	0,005	0,001	—	0,001	0,1	—	—	0,05	0,01	—	2	—	0,001	—	—	0,1	0,0001	—	—	0,005	—	0,05	—	150	8	—	0,01	0,005	—	0,005	0,5	—	—	>0,1	0,05	—	2	—	0,05	<0,1	—	0,1	0,0001	—	—	0,005	—	0,1	—	150	23	—	>0,001	0,0001	—	0,005	0,1	—	—	0,0001	0,01	—	1	—	0,5	—	—	—	0,0005	—	0,0005	—	—	0,3	0,005	150	16	—	0,05	0,0001	—	0,005	0,0001	—	—	>0,1	0,001	0,0001	3	—	0,0001	—	—	—	0,0005	—	0,0005	0,005	—	0,05	0,0005																													<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">13</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">25</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,3</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150	13	—	0,05	0,0005	—	0,005	0,5	—	—	0,0001	—	—	0,0005	—	0,001	0,001	—	—	0,0001	—	0,0001	0,001	—	—	0,01	—	150	25	—	0,1	0,0001	—	0,005	0,3	—	—	<0,1	—	—	1	—	0,5	—	—	—	0,0005	—	>0,0001	—	—	—	0,05	—																													<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">27</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,05</td> <td>0,2</td> <td>0,0001</td> <td>3</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td><0,005</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">32</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,05</td> <td>0,001</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,2</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">37</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,01</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>2</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150	27	—	0,05	0,0001	—	0,005	0,1	—	—	<0,05	0,2	0,0001	3	—	0,5	<0,005	—	0,1	0,0001	—	—	—	—	—	0,1	—	150	32	—	0,005	0,0001	—	0,001	0,05	—	—	0,01	0,05	0,001	1	—	0,01	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	0,01	—	150	37	—	0,005	0,0001	—	0,005	—	—	—	<0,01	0,001	0,001	2	—	0,01	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	0,01	—																													<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150 (pico)</td> <td style="padding-left: 5px;">42</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150 (pico)	42	—	1	0,0001	—	0,5	—	—	—	0,1	0,001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,001	0,0001	—	—	—	—
LÍMITE NORTE	150	4	0,005	m	M	—	0,01	2	0,1	0,05	<0,05	0,005	—	1	—	0,05	—	—	—	0,0005	—	—	—	0,002	—	0,001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	150	18	—	0,005	0,001	—	0,05	0,001	—	—	>0,1	—	—	0,01	—	0,05	—	—	—	—	0,0001	—	—	0,005	—	0,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	150	20	—	m	0,001	—	0,005	0,2	—	—	>0,1	0,01	—	0,001	—	—	0,001	—	—	—	0,0001	—	—	—	—	0,1	0,005																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	150	11	—	0,01	0,05	0,001	—	0,0001	0,05	—	—	0,0001	—	—	1	—	0,01	—	—	—	0,0001	—	—	—	—	0,05	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	150	29	—	—	0,01	0,0005	—	—	0,05	0,5	—	—	—	—	3	—	0,5	0,005	—	0,05	0,0001	—	—	—	—	0,05	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	150	34	—	0,05	0,005	0,0001	—	0,01	0,1	0,0001	—	0,01	—	—	0,5	—	0,01	—	—	0,001	0,0001	—	0,0001	0,0001	—	0,01	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150 (pico)</td> <td style="padding-left: 5px;">39</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> <td>0,8</td> <td>—</td> <td>0,08</td> <td>1</td> <td>0,03</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>0,3</td> <td>—</td> <td>00,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150 (pico)	39	—	0,005	0,005	0,8	—	0,08	1	0,03	—	0,001	0,001	—	0,3	—	00,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
150 (pico)	39	—	0,005	0,005	0,8	—	0,08	1	0,03	—	0,001	0,001	—	0,3	—	00,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
LÍMITE SUR	150	5	0,01	0,005	0,001	—	0,01	0,3	—	—	0,1	—	—	1	—	0,05	<0,05	—	0,05	0,0001	—	—	0,005	—	0,1	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	150	2	0,01	0,005	0,001	—	0,001	0,1	—	—	0,05	0,01	—	2	—	0,001	—	—	0,1	0,0001	—	—	0,005	—	0,05	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	150	8	—	0,01	0,005	—	0,005	0,5	—	—	>0,1	0,05	—	2	—	0,05	<0,1	—	0,1	0,0001	—	—	0,005	—	0,1	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	150	23	—	>0,001	0,0001	—	0,005	0,1	—	—	0,0001	0,01	—	1	—	0,5	—	—	—	0,0005	—	0,0005	—	—	0,3	0,005																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	150	16	—	0,05	0,0001	—	0,005	0,0001	—	—	>0,1	0,001	0,0001	3	—	0,0001	—	—	—	0,0005	—	0,0005	0,005	—	0,05	0,0005																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">13</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,0001</td> <td>0,001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">25</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,3</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,0005</td> <td>—</td> <td>>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150	13	—	0,05	0,0005	—	0,005	0,5	—	—	0,0001	—	—	0,0005	—	0,001	0,001	—	—	0,0001	—	0,0001	0,001	—	—	0,01	—	150	25	—	0,1	0,0001	—	0,005	0,3	—	—	<0,1	—	—	1	—	0,5	—	—	—	0,0005	—	>0,0001	—	—	—	0,05	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	150	13	—	0,05	0,0005	—	0,005	0,5	—	—	0,0001	—	—	0,0005	—	0,001	0,001	—	—	0,0001	—	0,0001	0,001	—	—	0,01	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	150	25	—	0,1	0,0001	—	0,005	0,3	—	—	<0,1	—	—	1	—	0,5	—	—	—	0,0005	—	>0,0001	—	—	—	0,05	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">27</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,1</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,05</td> <td>0,2</td> <td>0,0001</td> <td>3</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td><0,005</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">32</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>0,05</td> <td>0,001</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,2</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150</td> <td style="padding-left: 5px;">37</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,005</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td><0,01</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>2</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150	27	—	0,05	0,0001	—	0,005	0,1	—	—	<0,05	0,2	0,0001	3	—	0,5	<0,005	—	0,1	0,0001	—	—	—	—	—	0,1	—	150	32	—	0,005	0,0001	—	0,001	0,05	—	—	0,01	0,05	0,001	1	—	0,01	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	0,01	—	150	37	—	0,005	0,0001	—	0,005	—	—	—	<0,01	0,001	0,001	2	—	0,01	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	0,01	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
150	27	—	0,05	0,0001	—	0,005	0,1	—	—	<0,05	0,2	0,0001	3	—	0,5	<0,005	—	0,1	0,0001	—	—	—	—	—	0,1	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
150	32	—	0,005	0,0001	—	0,001	0,05	—	—	0,01	0,05	0,001	1	—	0,01	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	0,01	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
150	37	—	0,005	0,0001	—	0,005	—	—	—	<0,01	0,001	0,001	2	—	0,01	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	0,01	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">150 (pico)</td> <td style="padding-left: 5px;">42</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>0,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,1</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>0,01</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,001</td> <td>0,0001</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,05</td> <td>—</td> </tr> </table>																												150 (pico)	42	—	1	0,0001	—	0,5	—	—	—	0,1	0,001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,001	0,0001	—	—	—	—	—	0,05	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
150 (pico)	42	—	1	0,0001	—	0,5	—	—	—	0,1	0,001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,001	0,0001	—	—	—	—	—	0,05	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

C U A D R O V

RESULTADO DE LOS ANALISIS ESPECTRALES, EN %. DE LAS PIRITAS DEL INTERIOR

ELEMENTOS QUIMICOS			Na	Mg	Al	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb	Bi
Estación	Piso	Muestra n.º																								
INTERIOR	110	52	—	0,001	0,005	0,001	0,005	1	—	—	0,002	—	0,0001	1	—	0,1	—	—	0,05	0,0001	—	—	—	—	—	—
	110	50	0,01	0,005	0,0001	0,1	0,05	0,01	—	—	0,0005	0,1	—	1	—	0,1	—	—	—	0,0005	—	0,05	—	—	—	0,0001
	110 (pico)	48	—	0,005	0,001	0,001	0,01	—	—	—	0,001	0,001	0,001	0,3	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	111 (pico)	46	0,1	m	0,01	—	0,05	0,05	—	—	0,05	0,02	0,001	1	—	0,5	—	—	0,01	0,001	—	0,05	0,005	—	0,05	0,0001
	130	57	—	0,05	0,005	0,02	0,0001	0,01	—	—	0,002	0,0001	0,0001	0,8	—	0,001	—	—	0,01	0,0001	—	—	—	—	—	—
	135	55	0,5	0,001	0,0005	0,1	0,1	0,05	—	—	0,001	0,0001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,05	0,001	—	—	—	—	—	—
	130	54	—	0,001	0,001	0,001	0,005	—	0,01	—	0,005	0,001	0,001	1	—	0,01	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—
	150	10	0,001	>0,001	0,005	—	0,005	1	—	—	0,0001	0,005	—	2	—	0,1	—	—	—	0,0001	—	—	0,001	—	0,01	—
	150	9	—	m	M	1	0,005	0,01	—	—	0,01	—	—	>0,005	m	0,01	0,05	—	0,05	—	>0,001	0,5	0,01	<0,005	—	—
	150	21	—	0,05	0,0001	—	0,01	0,0001	—	—	0,001	0,01	0,001	1,5	—	0,5	—	—	—	0,0001	—	0,0005	—	—	0,1	0,005
	150	14	—	0,05	0,0001	—	0,001	0,05	—	—	0,0001	—	—	2	—	0,001	—	—	—	0,0005	—	0,0001	0,001	—	0,01	—
	150	30	—	0,001	0,0001	—	0,05	0,001	—	—	<0,05	—	—	1	—	0,5	—	—	—	0,005	—	0,0005	—	—	0,05	—
	150	35	—	0,005	0,0001	—	0,01	—	—	—	<0,1	—	0,001	1	—	0,01	—	—	0,03	—	—	—	—	—	0,01	—
	150 (pico)	40	—	0,005	0,0001	—	0,001	—	—	—	0,001	0,1	0,001	0,3	—	0,01	—	—	0,1	—	—	—	—	—	0,01	—
	150 (pico)	44	0,01	0,005	0,01	—	0,05	0,01	—	—	0,01	0,01	0,001	1,5	—	0,2	—	—	0,001	0,0001	—	—	0,005	—	0,05	—

CUADRO VI

Análisis cuantitativo de los elementos
F, Cl, P, Se, Ru, Rh, Pd, Ag, Te, Ps, Ir, Pt, Au

<i>Elementos químicos</i>	<i>En las rocas</i>	<i>En la mena</i>
F	160 gr. por Tm.	
Cl.	180 gr. por Tm.	
P		0,009 por 100
Se		80 gr. por Tm.
Ru		0,04 gr. por Tm.
Rh		0,04 gr. por Tm.
Pd		0,2 gr. por Tm.
Ag		90 gr. por Tm.
Te		10 gr. por Tm.
Os		0,08 gr. por Tm.
Ir		> i
Pt		0.1 gr. por Tm.
Au		2 gr. por Tm.

CUADRO VII

Interpretación de los signos convencionales

<i>Significado</i>	<i>Signo convencional</i>
Indicios	i
Algo más que indicios pero difícil de valorar ..	> i
0,00 n%	0,00n
0,0 n%	0,0n
0 n%	0,n
n %	n
Mayor del 10 %	m
Mayor del 20 %	M
Extremo oriental del criadero	(pico)

3. Estudio petro-mineralográfico

Ya dijimos que se han hecho las preparaciones necesarias para el estudio de cada una de las 57 muestras totales tomadas en los cortes efectuados al través del criadero.

Hemos procedido procurando escoger la parte de la muestra total destinada al análisis espectral, del sitio más próximo de donde se ha tomado el trozo parcial que ha servido para hacer la preparación delgada o pulida destinada al estudio microscópico.

Insistimos ya desde ahora que tanto estas preparaciones como los análisis espectrales reflejan el contenido de la parte utilizada de la muestra total, no representando por tanto a esta muestra total con toda exactitud. Debido precisamente a la heterogeneidad de las muestras totales cogidas en los contactos de mena y de estéril, nos ha parecido oportuno hacer esta advertencia. Sin embargo, los resultados obtenidos, tanto de los análisis espectrales como del estudio micrográfico, son más que suficientes para el fin que en este trabajo pretendemos, que como el mismo título indica es tan sólo un esbozo geoquímico del criadero de referencia.

Nos parece conveniente reproducir por separado los resultados del estudio de las preparaciones en placa delgada y en muestra pulida. De ahí los dos apartados del presente epígrafe.

- a) Resultado del estudio de las rocas encajantes (rocas sedimentarias y rocas ígneas).
- b) Resultado del estudio de las muestras pulidas (pirita).

a) RESULTADO DEL ESTUDIO DE LAS ROCAS ENCAJANTES.— Siguiendo el orden general establecido en la presente publicación, vamos a pasar revista a los elementos químicos presentes y comprobar las especies minerales en que se encuentran. El resultado de esta encuesta no es muy alentador, ya que son relativamente muy pocas las especies minerales existentes y determinables en las pizarras. Algunas más pueden serlo en la roca ígnea.

A expensas de los elementos químicos reconocidos que se encuentran en cantidad grande en las rocas estudiadas y que son el *oxígeno*, el *magnesio*, el *aluminio*, el *silicio*, el *calcio* y el *hierro*, se forman de manera predominante los variados silicatos arcillosos, principales constituyentes de las pizarras. En la diabasa, aun cuando bastante alterada, hemos logrado determinar las especies minerales: de los feldespatos plagioclasa: la albita y la andesina (poca); la augita y la ilmenita.

En algunas muestras de pizarras se encuentran finamente diseminados granitos microscópicos de cuarzo, a veces aun anguloso, pero más frecuentemente redondeados.

Fuera y aparte de estos elementos químicos es únicamente el *titano*, que a excepción de la muestra n.º 53 existe en todas las muestras, en proporciones ya menores, ya mayores, que varían entre el 0,01 y el 5 %. Las especies minerales portadoras del Ti son la ilmenita y la esfena. En la roca ígnea (diabasa albítica) n.º 43 claramente se puede reconocer la ilmenita y dudosamente algo de titanita o esfena. El análisis espectral da una valoración al titano de un 4 % y más del 10 % al Na, indicando claramente la albitización de esta roca.

Otros tres elementos químicos aparecen en el cuadro III como contenidos en determinadas muestras con

tenores superiores al 1 %. Estos elementos son el *sodio*, el *potasio* y el *cobre*. Los dos primeros elementos aparecen: el sodio en la muestra n.º 1 y el potasio en la muestra n.º 19, ambos con el 4 %. No hemos logrado aún dar una explicación satisfactoria a estos hechos, aunque es probable existan de hecho vetas de albita hidrotermal (explicación de la presencia del Na). Referente al cobre que está en las muestras 22, 36 y 45 por encima del 1 %, podemos afirmar que procede de la calcopirita que se observa en las preparaciones. Esta especie mineral ha sido transportada por disoluciones de cuarzo o de calcita, cuyas vetas se pueden ver en las preparaciones. También es la calcopirita la especie mineral primaria de cobre que comunica a las rocas el tanto por ciento inferior al 1 % en las muestras de los estériles (cuadros II y III).

Aunque de propio trataremos de este punto tanto en los epígrafes 2 y 3 del capítulo III, estimamos que de los restantes elementos químicos del referido cuadro se pueden prácticamente excluir el *molibdeno*, la *plata*, el *antimonio*, el *plomo* y el *bismuto*, por juzgarlos procedentes de tenues lechos de piritita intercalada en las rocas. Quedan pues los elementos: *vanadio*, *romo*, *manganeso*, *cobalto*, *estroncio* y *circonio* (en cuanto no esté formando cristalitos de circón discernible en algunas muestras de pizarras) y *bario* por formar especies minerales que puedan ser reconocidas con los medios actuales de investigación que poseemos.

En lugar de dar una descripción detallada de cada una de las muestras, juzgamos más acertado dar una relación general de ellas estudiando particularmente aquélla o aquéllas que pueden despertar más interés en orden a la finalidad propuesta (cuadros VIII y IX).

En general se trata de pizarras, de grano muy fino, no

MUESTRAS*Descripción sumaria*

- N.º
- 1 Pizarra gris, untuosa al tacto, algo alterada. Vetas de cuarzo.
 - 3 Pizarra gris silificada y juntamente algo calcitizada.
 - 6 Pizarra gris alterada y en parte mineralizada en lechos. Minerales secundarios de cobre, procedentes de la calcopirita.
 - 7 Pizarra arcillosa gris clara algo mineralizada.
 - 12 Pizarra arcillosa con abundantes granitos de cuarzo; gris negruzca por llevar partículas carbonosas. Tiene inclusiones alargadas y está algo mineralizada.
 - 15 Pizarra arcillosa con abundantes granitos de cuarzo; gris-negra, tiene partículas carbonosas. Concreciones.
 - 17 Pizarra arcillosa grisácea, vetitas de calcita, clorita y cuarzo, concreciones, algo mineralizada y el cuarzo se presenta fibroso y retorcido.
 - 19 Pizarra arcillosa gris verdosa, cloritizada en parte, concreciones. Está en parte mineralizada.
 - 22 Pizarra arcillosa muy mineralizada.
 - 24 Pizarra arcillosa gris. Veta grande de cuarzo más calcita y clorita.
 - 26 Pizarra arcillosa grisácea, alterada. Vetas de óxidos de hierro y clorita.
 - 28 Pizarra mineralizada y vetas de cuarzo.
 - 31 Pizarra gris clara; rizada microscópicamente, atravesada por vetas de cuarzo. Incipiente silificación.
 - 33 Pizarra gris clara, mineralizada incipientemente en lechos.
 - 36 Pizarra gris clara arcillosa con veta grande de cuarzo y carbonatos interestratificada. Cuarzo anómalo, clorita y mirmetismo.
 - 38 Pizarra gris atravesada por vetas de calcita que incluye granos de cuarzo implantados en las paredes de la grieta. Pirita y calcopirita.
 - 41 Pizarra gris negruzca. Vetas de clorita, cuarzo y sistema de vetillas de carbonatos. Concreciones.
 - 43 Microdiabasa albítica alterada, atravesada por sistema de vetillas de carbonatos.
 - 45 Pizarra arcillosa gris atravesada por veta de carbonatos y cuarzo mirmético. Calcopirita, malaquita, etc.
 - 47 Pizarra gris arcillosa con algunos granos de cuarzo. Existe tendencia a una textura grumosa.
 - 49 Pizarra arcillosa gris, algo arenosa. Tendencia a textura grumosa.
 - 51 Pizarra arcillosa grisácea, con vetas de cuarzo y algo de calcita, mineralización en lechos pizarreños.
 - 53 Pizarra arcillosa grisácea bastante alterada.
 - 56 Pizarra arcillosa clara atravesada por vetas de cuarzo, arrastrando granitos de pirita.

C U A D R O V I I I**RELACIÓN DE MUESTRAS DE ROCAS**

MUESTRAS*Descripción sumaria*

N.º

- 2 Pirita de grano muy fino, cruzada por vetitas muy finas de cuarzo.
- 4 Pirita fajeada, alternando bandas de grano mediano con otras de grano muy fino. Se observan granos exiguos de calcopirita. Lleva un respaldo de pizarra.
- 5 Pirita de grano muy fino. Presenta una zona con microfenocristales en parte reabsorbidos por el cemento de pirita de grano muy fino. Cruzan la muestraa vetitas de cuarzo.
- 8 Pirita de grano muy fino. Existen pequeñas áreas con cristales de pirita de grano medio agrietados. En estas grietas aparecen granos irregulares de calcopirita.
- 9 Pirita de grano fino atravesada por veta ancha de blenda.
- 10 Pirita de grano muy fino. Se observan algunos microfenocristales de pirita. Reabsorción de ellos por la pirita microgranuda del cemento. Granos de calcopirita cercanos a los microfenocristales.
- 11 Pirita de grano fino, con algunas vetillas de cuarzo y calcopirita en la calcita.
- 13 Pirita de grano finísimo. Algunos fenocristales de pirita parcialmente reabsorbidos. Granos muy pequeños de calcopirita.
- 14 Pirita de grano finísimo. Tonalidad amarillento claro. Granitos microscópicos de contornos irregulares de calcopirita.
- 16 Pirita fajeada, alternando en los bordes de la muestra lechos de pizarra con fajas de pirita de grano medio. El centro de la preparación está formada por pirita de grano muy fino, vetillas de cuarzo y calcita. Concreciones.
- 18 Pirita fajeada. Alternancia de zonas de grano muy fino y grano pequeño. Textura fluidal en diversos sitios. Concreciones. Algunas pocas inclusiones de cuarzo.
- 20 Pirita fajeada con zonas de grano muy fino y otras de grano pequeño. Algunas inclusiones de cuarzo. Granos de calcopirita.
- 21 Pirita de grano muy fino. Existen algunos fenocristales de pirita casi digeridos por la pirita de grano fino del cemento. Granos de calcopirita.
- 23 Pirita de grano muy fino. Granitos exiguos de calcopirita diseminados.
- 25 Pirita de grano muy fino atravesada por vetas de cuarzo, algo de clorita. Estructuras mirméticas. A pesar de que el análisis espectral no da Cu, se observan localizados granitos de calcopirita.
- 27 Pirita de grano fino, con zona de grano medio. Los granos idiomorfos de pirita tienden a redondearse.
- 29 Pirita de grano muy fino. Diseminados se ven cuarzo y calcopirita.
- 30 Pirita de grano medio tendiendo a fino. Muestras de grano muy fino en áreas periféricas de la muestra.
- 32 Pirita de grano muy fino alternando con fajas de grano fino, vetitas de calcita y cuarzo.
- 34 Pirita fajeada. Fajas de grano muy fino, alternan con fajas de grano fino; vetita de cuarzo.
- 35 Pirita de grano muy fino, atravesada por pequeñas vetas de calcita y cuarzo. Granitos aislados de calcopirita.
- 37 Pirita de grano muy fino y algún cristal idiomorfo de pirita con grietas. Calcopirita diseminada.
- 39 Pirita de grano muy fino, vetitas de cuarzo y granitos de calcopirita.
- 40 Pirita de grano muy fino. Se observa cierta tendencia a textura fluidal.
- 42 Pirita fajeada. Alternan fajas de grano muy fino con otras de grano fino y semigrueso. Granos irregulares de calcopirita y vetitas de cuarzo en relación con ellas.
- 44 Pirita fajeada. Alternan fajas de grano muy fino con otras de grano semigrueso (microfenocristales). Granos de calcopirita y vetitas de cuarzo en relación con ellas.
- 46 Pirita de grano muy fino. Vetitas de cuarzo, calcita mineralizada.
- 48 Pirita de grano muy fino y conjuntos de microfenocristales en proceso de reabsorción. Se observan ciertas concreciones en la pirita.
- 50 Pirita de grano muy fino con vetitas de cuarzo. Diseminados granitos de calcopirita.
- 52 Pirita de grano muy fino con algunos microfenocristales. Granos de calcopirita.
- 54 Pirita de grano muy fino. Existen zonas con pirita de grano medio y vetitas de cuarzo y granitos de calcopirita.
- 55 Pirita de grano muy fino. Algunos microfenocristales con absorción de granitos de calcopirita.
- 57 Pirita de grano muy fino, vetas de cuarzo y calcita con granitos de calcopirita.

CUADRO IX**RELACION DE MUESTRAS DE PIRITA**

demasiado arcilloso, corrientemente lustrosas, de color grisáceo, a veces tirando a negro por cargarse de materias carbonosas, comunmente hojosas sin llegar a filadíos, siendo la hoja de lámina delgada.

A veces muestran los efectos de haber sufrido grandes presiones locales, llegando a mostrar un incipiente rizamiento las hojas de las pizarras. Suele esto ocurrir o por causa de presiones tectónicas muy localizadas, o bien en las proximidades de potentes vetas de cuarzo, que han originado este rizamiento de las pizarras debido a su gran presión de inyección. Mucho más localmente producen estos fenómenos vetas de cuarzo y algo de calcita, como se ve en la microfotografía 3, tomada en condiciones de 30 aumentos y $N \times$ (muestra n.º 1).

La roca ígnea básica que representa la muestra 43 es una microdiabasa albítica. Pertenece al tipo de rocas gabróidicas, típicas en la región, donde suelen aparecer en forma de diques alargados y más bien estrechos, a veces de varios kilómetros de corrida, pero más frecuentemente en forma de asomos redondeados sucesivos, de dimensiones variables, que por término medio pueden aproximarse al centenar de metros de diámetro.

Mineralizaciones secundarias son frecuentes en las rocas de contacto entre la mena y la roca encajante. En primer lugar citaremos las vetas de cuarzo, que bien se interstratifican con la pizarra o la cruza, usando las diaclasas o bien las corta en direcciones cualesquiera, demostrando su enorme empuje dinámico que impelían las disoluciones líquidas o pastosas de cuarzo.

Estas vetas de cuarzo afectan asimismo a las rocas ígneas.

En segundo lugar citaremos las vetitas de carbonatos, comunmente de calcio, o sea de calcita. Éstas, como

también las de cuarzo, suelen corresponder a varias generaciones. Estas vetas, aprovechando anteriores fracturas, atraviesan las rocas sedimentarias e ígneas.

En tercer lugar, citamos los lechos incluídos de pirita dentro de la pizarra. A diferencia con el cuarzo, nunca hemos podido observar hasta el presente que corte la veta piritosa a las pizarras, sino que se interestratifica formando formas lenticulares de mayores o menores dimensiones. Tampoco encierra la pirita trozos de pizarras retorcidas y silificadas, como sucede con alguna frecuencia en las vetas de cuarzo. Es verdad que se encuentran lechos de rocas mineralizados en grados diferentes por la pirita y minerales de cobre primarios. Pero la importancia de este hecho requiere un estudio suficientemente minucioso y extendido a muchos criaderos de piritas para poder sacar consecuencias objetivas de los resultados que se obtengan.

En la zona de cementación de los criaderos se cargan las rocas encajantes y próximas de minerales secundarios de cobre, pudiendo llegar a constituir verdaderos criaderos de cobre.

En cuarto lugar, hemos de considerar la cloritización de las rocas; este fenómeno lo reproduce la microfoto 4. En ella se puede ver cómo la clorita, que en este caso es la especie mineral clinocloro (?) es anterior a la veta de cuarzo que la atraviesa, siendo esta veta de cuarzo cortada por una de las vetas de calcita, que a su vez lo es por otra segunda, fuera del campo de la fotografía. Representa esta microfotografía una introducción del factor tiempo relativo en procesos secundarios de mineralizaciones. Primero se verifica la cloritización de la roca. Luego la atraviesa la veta de cuarzo, y más tarde, sucesivamente, existen dos inyecciones de calcita. Esta sucesión tempo-

ral vale tan sólo para el lugar investigado. Quizá algo más retirado de esta muestra pueda comprobarse lo dicho aquí, o confundir una nueva venida de cuarzo posterior a la última de calcita con la primera venida de cuarzo que hemos observado en la foto.

B. RESULTADO DEL ESTUDIO DE LAS MUESTRAS PULIDAS DE LA MENA.—Desde el punto de vista de reconocimiento de especies minerales no ha sido muy halagüeño el resultado obtenido. La causa estriba en la dificultad de obtener preparaciones pulidas aptas para ser estudiadas con grandes aumentos necesarios, dada la exigua proporción de los elementos metálicos impurificadores.

Aparte de la pirita, hemos reconocido la calcopirita, la galena, la blenda, cuarzo, calcita y dolomita, clorita, y estructuras mirméticas en vetas de cuarzo (fot. 5).

Sin embargo, encontramos una grata sorpresa, insospechada en esta clase de estudios de criaderos de supuesto origen hidrotermal, que trataremos de exponer en la cuarta parte de esta publicación

III. Interpretación de los datos reseñados

1. Normas generales

En la obtención de datos expuestos en la parte precedente del presente estudio, la intervención del operador analista, o sea el factor subjetivo, es mínima. De ahí que los datos reseñados puedan ser considerados como objetivos, como representativos de la realidad. Es natural que de tomar las muestras en otros lugares, definidos por distintas coordenadas espaciales, los resultados ciertamente serían algo diferentes, diferencias similares a las obtenidas entre cortes ya expuestos. Pero lo que deseamos, quede bien patente, es que los datos reproducidos en páginas anteriores expresen la composición objetiva de las rocas y minerales donde se han tomado las muestras. No es necesario insistir en que cuanto más cortes del criadero se investiguen mayor conocimiento de la distribución geoquímica de los elementos se adquirirá. Sin embargo, hemos creído suficiente el número de 10 cortes para dar comienzo al estudio del criadero en cuestión y poder dar una exposición considerablemente fundada en la realidad de esa distribución y concentración de elementos químicos.

Otra cosa es la interpretación que de hecho se dé a esa distribución especial de los elementos químicos. Aquí sí

entra el factor subjetivo humano en grado apreciable. Es pues necesario ponderar bien las combinaciones que se puedan realizar con los datos objetivos y proceder con estricta lógica, con la finalidad de reducir en lo posible esa intervención del factor subjetivo del intérprete. De lo contrario, las afirmaciones que se hagan tendrán pequeño valor objetivo, cosa que desdice del que desea dedicarse a las Ciencias Naturales.

Iremos exponiendo lo que reflejan los cuadros precedentes, consignando los elementos químicos por su número de orden. A continuación reuniremos los elementos químicos que han sufrido iguales o parecidas variaciones. Buscaremos las razones más próximas a lo objetivo del caso. Por fin, expondremos sucintamente nuestro parecer. De ahí los distintos epígrafes de esta parte tercera del trabajo.

2. Descripción individual de todos los elementos químicos encontrados

Seguiremos el orden natural establecido en el sistema periódico de elementos químicos, o sea por el número de orden de los distintos elementos químicos. Las interpretaciones sucintas serán ampliadas en los elementos que puedan interesar en el siguiente epígrafe.

HIDRÓGENO - H. — *Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* aparece el grupo hidróxilo independiente OH como constitutivo de la composición química de varias especies mineralógicas, p. e. sericita, etc. Apa-

rece también como agua de constitución, p. e. yeso, y también en forma de ion simple, p. e. hidruros.

b) *En la mena:* aparece en el agua de hidratación de los minerales, p. e. en los hidróxidos de hierro, etc.

CARBONO - C. — *Carácter:* siderófilo y litófilo.

Formas de presentarse.

a) *En las rocas:* principalmente interesa en la constitución de los carbonatos; p. e. calcita y dolomita, siderosa, etc. Si son sedimentarias las rocas aparece también ligado a sustancias orgánicas.

b) *En la mena:* aparece en forma de carbonatos, cuyo origen adscribimos a la fase hidrotermal de formación de criaderos.

OXÍGENO - O. — *Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* se presenta bajo la forma de óxidos, silicatos, radical oxidrilo con el hidrógeno, carbonatos, etc.

b) *En la mena:* como óxidos e hidróxidos, sulfatos, carbonatos, etc.

FLÚOR - F. — *Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* aparece en el apatito, muscovita, sericita.

b) *En la mena:* no hemos encontrado aún el F.

SODIO - Na. — *Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* en las plagioclasas, p. e. la albita.

b) *En la mena:* no suele formar minerales. El Na puede funcionar como elemento diádoco.

Referente al porcentaje de sodio en las rocas, anotamos que la muestra 43 contiene más del 10 % de Na. No se trata de una pizarra, sino de un apófisis de diabasa albitica fronteriza con el criadero por su parte norte.

MAGNESIO - MG.— *Carácter:* litófilo.

Contrariamente al sodio y al potasio el magnesio forma compuestos inorgánicos simples y complejos bastante estables.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* se presenta en el olivino, augita, hornablenda, talco, biotita y en los minerales arcillosos magnesianos.

b) *En la mena:* los análisis indican claramente la existencia de Mg en similar proporción que el aluminio. Hasta el momento no hemos logrado encontrar especies minerales en las que entre el Mg a formar parte constitutiva. Quizá esté el Mg ocupando lugares de Fe, en sustitución diadójica, o más probable, dado su porcentaje, formando algún silicato, aún no determinado, en las piritas.

ALUMINIO - AL.— *Carácter:* litófilo típico.

Forma de presentarse.—Prácticamente aparece junto con el oxígeno al estado de óxido, hidróxido o silicato. Forma especies minerales estables, p. e. feldespatos, plagioclasas (ortosa, albita), micas (biotita y muscovita y sericita), augita y hornablenda.

a) *En las rocas:* las especies antes citadas.

b) *En la mena:* ninguna especie mineral conocida. Por ello suponemos la existencia diadójica del Al en las piritas. Su cantidad es parecida al del Mg (ligeramente superior) y prepondera claramente sobre el Ca.

SILICIO - SI.— *Carácter:* litófilo típico.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* cuarzo, silicatos de entre los que citamos olivino, feldespatos, micas, piroxenos y anfíboles.

b) *En la mena:* vetas de cuarzo y silicatos.

FÓSFORO - P.— *Carácter:* siderófilo y litófilo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* forma un mineral clásico: apatito.

b) *En la mena:* no forma mineral conocido. Quizá exista un arrastre de apatito o también es posible la existencia de berlinita $AlPO_4$.

AZUFRE - S.— *Carácter:* calcófilo tipo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* aparecen en los sulfuros. En las rocas sedimentarias, en los sulfuros y sulfatos.

b) *En la mena:* sulfuros, sulfosales y secundariamente sulfatos.

CLORO - CL.— *Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* apatito.

b) *En la mena:* no suelen aparecer minerales que contengan cloro en su fórmula de constitución. El cloro contenido en la mena ha de adscribirse probablemente a un arrastre de apatito.

POTASIO - K.— *Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.—En las rocas ígneas no suele encontrarse ninguna especie de mineral simple de sodio o potasio. Por el contrario, son bastante frecuentes compuestos complejos.

a) *En las rocas:* feldespatos potásicos, plagioclasas potásicas, micas (biotita, muscovita).

b) *En la mena:* no se conoce mineral que encierre en su fórmula K.

CALCIO - Ca.—*Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.—Es uno de los nueve elementos principales de la litosfera superior. Existen algunos compuestos sencillos y más complejos silicatados en las rocas ígneas. Nos interesan estos últimos: feldespatos, plagioclasas; anortita.

a) *En las rocas:* feldespatos, plagioclasas; anortita. Carbonatos: calcita; fosfatos; apatito. Es curioso el defecto de Ca frente a Mg y Al en las rocas.

b) *En la mena:* no forma especie mineral determinada. El contenido en calcio de la mena se ha de adscribir a vetitas de calcita o dolomita.

TITANO - Ti.—*Carácter:* litófilo.

Forma de presentarse.—Forma especies minerales independientes, de los cuales nos interesan directamente: óxidos: ilmenita; silicatos: esfena o titanita.

a) *En las rocas:* esfena e ilmenita.

b) *En la mena:* ilmenita.

Claramente se nota la menor proporción de Ti en la mena frente a su porcentaje en las rocas (cuadros III, IV y V). Las muestras 10 y 52 del interior de la masa de piritas, que contienen alrededor del 1 % de Ti metal, deben su porcentaje a la presencia de cristales de la especie mineral ilmenita.

VANADIO - V.—*Carácter:* litófilo con tendencia marcada de siderófilo.

Tiene tendencia muy marcada a unirse al oxígeno, pero comunmente se presenta larvado.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* no suele presentar especies minerales propias.

b) *En la mena:* no forma minerales propios reconocidos.

Podemos afirmar que prácticamente el vanadio no está en las muestras de piritas analizadas, sino en las rocas.

CROMO - Cr.—*Carácter:* calcófilo y litófilo.

Forma de presentarse.—Suele encontrarse como óxido (cromita), silicato o cromato y además larvado. Forma minerales independientes, raros, sin interés geoquímico.

a) *En las rocas:* larvado, quizá cromita.

b) *En la mena:* no está presente menos en la muestra número 4.

Las muestras de pirita, por lo tanto, están prácticamente exentas de Cr.

MANGANESO - Mn.—*Carácter:* litófilo marcadamente.

Forma de presentarse.—Forma óxidos, carbonatos, sulfatos, sulfuros, silicatos... y se presenta también larvado, diádoco.

a) *En las rocas:* rocas ígneas, es diádoco; en las sedimentarias y metamórficas, diádoco y formando minerales independientes.

b) *En la mena:* diádoco cuando se presenta. Por lo menos no hemos podido encontrar especies minerales con Mn constitutivo.

HIERRO - Fe.—*Carácter:* siderófilo tipo y calcófilo marcadamente.

Forma de presentarse.—Forma toda clase de compuestos. También es diádoco.

a) *En las rocas:* Óxidos e hidróxidos, sulfuros simples y compuestos silicatos.

b) *En la mena:* sulfuros simples y compuestos, óxidos e hidróxidos.

COBALTO - Co.—*Carácter:* muy siderófilo.

Forma de presentarse.—Presenta especies minerales propias. Elemento diádoco.

a) *En las rocas:* pirrotita, diádoco de Fe^{++} , Mg^{++} , en silicatos.

b) *En la mena:* diádoco en la pirita, minerales propios.

NÍQUEL - Ni.—*Carácter:* muy siderófilo.

Forma de presentarse.—Forma especies minerales propias. Elemento diádoco.

a) *En las rocas:* pirrotita, pirita. Elemento diádoco de Fe^{++} , Mg^{++} .

b) *En la mena:* como elemento diádoco y en minerales propios.

COBRE - Cu.—*Carácter:* calcófilo.

Forma toda clase de especies minerales simples y compuestas. Importancia grande los sulfuros, debido a su carácter calcófilo. Accesoriamente elemento diádoco.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* como sulfuro, especialmente calcopirita.

b) *En la mena:* especialmente calcopirita. Todas las muestras lo contienen.

CINCO - Zn.—*Carácter:* calcófilo.

Forma muchas clases de especies minerales simples y compuestas.

Forma de presentarse.—Importancia: sulfuros.

a) *En las rocas:* no hemos podido determinar su existencia.

b) *En la mena:* blenda. Exclusivamente en la muestra de pirita del interior de la masa n.º 9, se ha encontrado blenda, en las condiciones operatorias expuestas.

ARSÉNICO - As.—*Carácter:* calcófilo y oxífilo.

Importancia: sulfurado.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* no hemos encontrado ni indicios de especies minerales. Sin embargo lo contienen bastantes rocas.

b) *En la mena:* cobres grises y particularmente arseniuros.

En todas las muestras de piritas hemos podido determinar la existencia de As.

SELENIO - Se.—*Carácter:* calcófilo.

Forma especies minerales propias. De gran interés geológico, por ser elemento diádoco con S.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* no se ha determinado.

b) *En la mena:* elemento diádoco con S y una especie mineral.

ESTRONCIO - Sr.—*Carácter:* fuertemente litófilo.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* diádoco, sustituyendo al Ca^{++} , K^+ y Ba^{++} , minerales hidrotermales: estroncianita $SrCO_3$; celestina $SrSO_4$.

b) *En la mena:* Sólo en cinco muestras, ¿diádoco?

CIRCONIO - Zr.— *Carácter:* litófilo, oxífilo en la litosfera superior.

Importancia: silicatos.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* circón.

b) *En la mena:* no hemos podido determinarlo.

MOLIBDENO - Mo.— *Carácter:* marcadamente calco-side-rófilo.

Importancia: sulfuro: molibdenita.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* ¿molibdenita?; elemento diádoco.

b) *En la mena:* ¿diádoco? ¿molibdenita?

Prácticamente el Mo se encuentra casi exclusivamente en la mena de pirita, por estar mineralizadas las muestras en que aparece en la roca. Volveremos a insistir en el próximo epígrafe.

PLATA - Ag.— *Carácter:* calcófilo.

Sulfuros simples y compuestos (As, Sb).

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* no hemos podido determinarlo.

b) *En la mena:* ¿argentita?, cobres grises. La plata se encuentra prácticamente en las piritas.

CADMIO - Cd.— *Carácter:* calcófilo.

Pocos minerales propios. Principal: greenockita CdS. Acompaña prácticamente al Zn.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* no hemos podido determinarlo,

b) *En la mena:* ¿greenockita? en mezcla isomorfa con blenda.

Únicamente en la muestra n.º 9, que corresponde al interior de la masa de piritas, en la que el tenor de blenda es grande, aparece casi el inseparable compañero del Zn en las blendas.

ESTAÑO - Sn.— *Carácter:* litofílico, con ligera tendencia calcofílica.

Forma óxidos y sulfosales, especialmente para nosotros la estannita y tetraedrita. Es diádoco.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* No hemos podido comprobar la existencia de Sn en las rocas, salvo donde existen vetitas mineralizadas con elementos metálicos.

b) *En la mena:* Cobre gris y diádoco ¿estannina? No es fácil deducir de los cuadros de análisis de las muestras cuáles son los elementos paragenéticos del estaño en las muestras estudiadas. Especialmente la muestra n.º 25, que no tiene ni indicios de Cu, hace poco probable la existencia de estannina. La existencia de galena en la misma muestra puede explicar la presencia del Sn por sustitución ???, ya que es poco probable la mezcla isomorfa de herzenbergita con la galena, pues aquella especie es rómbica, aunque de red parecida. En la muestra n.º 9 se podría admitir una paragénesis de la blenda con estannina. Son necesarios estudios más prolijos.

ANTIMONIO - Sb.— *Carácter:* calcofílico con tendencias ligeramente siderófilas.

Óxidos, sulfosales y sulfuros. Tetraedrita

Forma de presentarse.

a) *En las rocas:* no hemos podido encontrarlo.

b) *En la mena*: tetraedrita y sulfosales reseñados ya.

TELURO - TE. — *Carácter*: calcófilo.

Sulfuros, óxidos y telururos.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas*: no hemos logrado determinarlo.

b) *En la mena*: Es posible la existencia de telururo de oro.

BARIO - BA. — *Carácter*: litófilo.

Forma óxidos, sulfatos: barita.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas*: se ha podido encontrar.

b) *En la mena*: existen únicamente dos muestras con Ba. En un solo caso (muestra n.º 9) pudo mineralógicamente encontrarse la barita.

ORO - AU. — *Carácter*: siderófilo y sulfófilo (acompaña Cu, Ag, Se, Te).

Nativo, seleniuros, particularmente telururos. Larvado.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas*: no lo hemos encontrado.

b) *En la mena*: siempre existe, aun cuando en indicios. Valor máximo de los análisis 3 g/tm.

PLOMO - PB. — *Carácter*: calcófilo típico.

Óxidos, sulfuros, sulfosales, etc. Mineral: galena, etc.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas*: se ha podido determinar, pero se debe tener presente que las muestras 1, 6, 7, 28, 33, 36, 38, que tienen Pb, contienen vetitas de minerales metálicos, excepto la muestra 1.

b) *En la mena*: galena, jamesonita.

Las muestras de pirita situadas en la periferia, todas ellas contienen Pb, mientras que siete muestras sobre 15 del interior de la masa de pirita no lo contienen.

No todas las muestras que contienen Pb tienen Sb. Y la muestra n.º 9, que contiene blenda, no tiene ni indicios de Pb.

BISMUTO - BI. — *Carácter*: calcófilo, con tendencias siderófilas.

Variados minerales.

Forma de presentarse.

a) *En las rocas*: no hemos podido encontrarle. La única muestra bismutífera de los estériles es la n.º 22, que también contiene Sn y es debido a la presencia de algún grano de mineral de Bi.

b) *En la mena*: tetraedrita y demás minerales bismutíferos ya descritos.

Todas las muestras que contienen Bi, contienen asimismo Sn, menos las muestras 4 y 20. Ésta, sin embargo, contiene bastante cantidad de galena, que por otra parte está exenta de Sb, pero tiene un porcentaje mayor de Ag, que posiblemente forme el S_2BiAg , la schapbachita o matildita.

* * *

Por último, dos palabras referentes al grupo de metales preciosos. Lo constituyen los seis elementos Ru, Rh, Pd, Os, Ir y Pt. Su volumen o radio atómico es parecido y así aparecen casi siempre juntos. A veces predomina uno de ellos más que los otros. A veces sucede al revés. Por lo común Rh e Ir, por tener número atómico impar (45 y 77 respectivamente), suelen estar en menor concentración.

A pesar de ello hay excepciones interesantes. Estos seis elementos son siderófilos, destacándose en cuatro de ellos (Pd, Ru, Pt y Os) una tendencia marcada calcófila. De los datos conocidos hasta el presente es el Pd el que predomina en los sulfuros. Interesantes son generalmente siempre la pirrotita y la piritita niquelífera como portadoras de estos metales, que suelen concentrarse con preferencia en las primeras fracciones que se diferencian durante el ciclo de cristalización magmática. Pero también se los encuentra en la fase neumatólica e hidrotermal (casiterita, estannina, esperrilita y estibiopaladinita).

3. Distribución de elementos químicos en rocas y mena

Concluimos que existen elementos propios de las rocas y otros que prácticamente se encuentran tan solo en la mena, hecho que queda patente al considerar el cuadro X. Reproduce, en efecto, este cuadro la distribución de los elementos químicos encontrados en las rocas y en la mena. Los datos están tomados de los cuadros II a V.

En la confección de este cuadro hemos prescindido racionalmente de aquellas muestras que presentan accidentalmente uno u otro elemento procedente de inclusiones de piritita (en las rocas) o de rocas (en la mena).

A este propósito recordaremos nuevamente la advertencia que de haber concentrado las muestras de las rocas y de la mena, hubiéramos encontrado muchos más elementos químicos, en muy pequeña proporción. Sin embargo fijamos ya de antemano el límite de sensibilidad que deseábamos lograr en este trabajo, y los resultados conseguidos están transcritos en los cuadros II a V.

Considerando los cuadros últimamente citados y el X, se deduce una diferencia de composición química, no sólo cuantitativa sino en casos cualitativa entre las rocas y menas. Las rocas contienen elementos químicos que no están en la mena y, por el contrario, la mena tiene otros que no existen en las rocas.

De esta conclusión empero no se puede deducir directamente ningún nuevo argumento a favor o en contra de una hipótesis mineralogénica. Sólo se podrá afirmar que las condiciones de sedimentación en la hipótesis sedimentaria de formación de estos criaderos fueron diferentes durante la génesis de ellos, cosa que no es difícil de comprender, aun cuando durante la génesis de criaderos sedimentarios, a pesar de nuevo aporte de materia, se pueden mantener las mismas condiciones generales. En este ca-

Elementos químicos	En las rocas	En la mena
H.....	x	x
C.....	x	x
O.....	x	x
F.....	x	
Na.....	x	x
Mg.....	x	x
Al.....	x	x
Si.....	x	x
P.....	x	x
S.....	x	x
Cl.....	x	
K.....	x	x
Ca.....	x	x
Ti.....	x	x
V.....	x	
Cr.....	x	
Mn.....	x	x
Fe.....	x	x
Co.....	x	x
Ni.....		x
Cu.....	x	x
Zn.....		x
Ga.....		x
As.....	?	x
Se.....		x
Sr.....	x	
Zr.....	x	
Mo.....	?	x
Ru.....		x
Rh.....		x
Pd.....		x
Ag.....		x
Cd.....		x
In.....		x
Sn.....	?	x
Sb.....		x
Te.....		x
Ba.....	x	
Os.....		x
Ir.....		x
Pt.....		x
Au.....		x
Tl.....		x
Pb.....	?	x
Bi.....	?	x

CUADRO X
Distribución de elementos químicos en rocas y mena.

Elementos químicos	Mineralo compuestos constituyentes	Amineralo compuestos constituyentes
H.....	x	
C.....	x	
O.....	x	
F.....	x	
Na.....	x	
Mg.....	x	
Al.....	x	
Si.....	x	
P.....	x	
S.....	x	
Cl.....	x	
K.....	x	
Ca.....	x	
Ti.....	x	
V.....		x
Cr.....	?	x
Mn.....		x
Fe.....	x	
Co.....	x	
Ni.....	x	
Cu.....	x	
Zn.....	x	
Ga.....		x
As.....	x	
Se.....	x	
Sr.....		x
Zr.....	x	
Mo.....	?	
Ru.....		x
Rh.....		x
Pd.....		x
Ag.....	x	
Cd.....	x	
In.....		x
Sn.....	x	
Sb.....	x	
Te.....	?	
Ba.....	x	x
Os.....		x
Ir.....		x
Pt.....		x
Au.....	?	
Tl.....		x
Pb.....	x	
Bi.....	x	

CUADRO XI

Elementos químicos amineralo y mineraloconstituyentes.

so, una investigación espectral mostraría la existencia en la mena de los mismos elementos que se encuentran en las rocas. Este hecho lo hemos podido comprobar recientemente.

También subrayamos el hecho de la existencia de elementos químicos que no entran a formar parte de minerales que hayamos podido encontrar hasta el momento.

El cuadro XI presenta en sus dos columnas verticales últimas los elementos mineraloconstituyentes y los amineraloconstituyentes, a quienes cuadra esta nomenclatura al excluir del cuadro los minerales que forman los elementos químicos en estado elemental sin combinarse ni amalgamarse.

Varias son las hipótesis que podemos emitir acerca de este hecho: frecuentes que todos estos elementos químicos son diádocos, y así sustituyen a otros

elementos mineraloconstituyentes en los respectivos retículos cristalinos.

También puede darse el caso que uno de estos elementos químicos quede retenido dentro del retículo de un mineral determinado sin ocupar puesto que le corresponda a uno de los constituyentes de esa especie mineral, ponemos por caso el clásico ejemplo del oro en las piritas.

Otros muchos casos que se tratan al explicar la cristaloquímica pueden aducirse para resolver nuestro problema, pero que hacemos caso omiso por no alargarnos excesivamente.

Existe, claro está, la posibilidad que todos, o al menos parte de estos elementos de que estamos tratando, formen de hecho especies minerales individuales y que luego éstas formen cristales de mezcla con otras especies, pero que tanto las unas como las otras estén en tan pequeña proporción que hoy por hoy no seamos capaces de poder señalar su existencia. En el caso concreto de la existencia de Au y de Te es muy probable que si no todo el Au contenido en la mena, al menos gran parte esté formando una de las especies minerales conocidas de telururo de Au. Sin embargo no podemos afirmar su existencia. La cantidad es demasiado exigua.

Referente a los metales preciosos, generalmente se podrá admitir su existencia en forma elemental. No suelen formar especies minerales compuestas comunmente, y sólo algunas aleaciones entre sí.

No hemos de olvidar que los mismos elementos químicos mineraloconstituyentes pueden y de hecho son también diádocos. El considerar este fenómeno nos llevaría demasiado lejos y por ello ponemos punto final a esta exposición.

4. Interpretación de las concentraciones de algunos elementos químicos del criadero

Aun cuando ya hemos hablado de la existencia de los diversos elementos químicos en el epígrafe 2.º de esta misma parte, es conveniente, en orden a sacar ciertas consecuencias, agrupar algunos de nuevo desde un punto de vista geoquímico. Nos fundamos, naturalmente, en los datos reproducidos en los cuadros II a V.

1. METALES ALCALINOS.—Dentro del límite de sensibilidad empleado sólo hemos encontrado al Na y al K. Su distribución es la siguiente:

En las rocas.—Predomina el Na en el número de muestras en que aparece y en la cantidad sobre el K.

En la mena.—Muestras periféricas: el Na aparece en siete de las 18 muestras. El K no está presente.

Muestras del interior: el Na está presente en cinco de las 15 muestras. El K en siete de ellas. Prácticamente pertenecen todas ellas a los pisos 110 y 130. Tan sólo una, la que contiene blenda en cantidad, tiene hasta el 1 % de K. Es la muestra n.º 9.

Consecuencias.—Se comprueba en primer lugar la diferencia de ciclos geoquímicos entre el Na y el K. Pero lo extraño es que precisamente donde pueden circular mejor las aguas en descenso e. d. en la periferia, no exista K. Claro está que el argumento no es consistente, pues precisamente a la circulación de las aguas puede ser debido la desaparición de K, por un intenso lavado. Pero en este caso, ¿porqué quedó el Na?

Nos inclinamos a creer que el K existente en el inte-

rior de la masa de pirita proceda de aguas descendentes. Así se explicaría el que no se encuentra en el piso 150, puesto recientemente en explotación. La muestra n.º 9 podría ser una comprobación de este aserto al presentar una grieta rellena con blenda con el K concentrado al 1 %.

Parece que el Na está en mínima proporción en los cortes 3, 5, 6 y 7, y el K en los cortes 1, 3, 6, 9 y 10.

2. MAGNESIO.—Está presente en todas las muestras, tanto de rocas como de pirita.

La muestra n.º 36, que corresponde a una pizarra atravesada por una veta de cuarzo mineralizado, dió muy poco Mg, por ser tomada la muestra del análisis espectral de esta veta.

La cantidad de Mg es similar al del Al y ambos son superiores en cantidad a la del Ca.

3. ALUMINIO.—Está presente en todas las muestras, tanto de rocas como de pirita.

4. METALES ALCALINO-TÉRREOS.—Se han determinado el Ca, el Sr y el Ba.

El Ca está presente en todas las muestras, tanto de rocas como de piritas. Ya hemos hecho notar que su cantidad es inferior a la del Mg y del Al. Es notable la relativa pequeña proporción cuantitativa en las muestras.

El Sr:

En las rocas.—Existe casi en todas ellas, pero no parece guardar proporción cuantitativa con el Ca.

En la mena.—Muestras periféricas: aparece en cinco de un total de 18.

Muestras del interior: tan sólo en la muestra que contiene blenda, n.º 9. En este hecho se parece el Sr al Ba.

Al parecer las cantidades de Sr son mínimas en los cortes 4 y 6, y máximas en los cortes 5 y 9.

El Ba:

En las rocas.—Está presente en 16 de 24 muestras; no guarda al parecer proporción con el Sr.

En la mena.—Muestras periféricas: tan sólo en una, la n.º 4, del extremo NW. del criadero.

Muestras del interior: tan sólo en una, la n.º 9.

Las cantidades de Ba son mínimas en los cortes 2, 3 y 7, y máximas en los cortes 1 y 6.

5. EL TITANO Y CIRCONIO.

El Ti:

En las rocas.—Está presente en todas, menos en la 53. Parece aumentar en cantidad con la profundidad.

En la mena.—Muestras periféricas: En todas menos en dos.

Muestras del interior: en todas menos en tres.

No se nota el que aumente en profundidad.

El Zr:

En las rocas.—Está en 13 de 24 muestras. No parece guardar estricta proporción con el Ti.

La proporción es mínima en los cortes 6, 7 y 8, y máxima en el corte 9.

En la mena.—Muestras periféricas: no está presente.

Muestras del interior: no está presente.

No parece guardar estricta relación de existencia en las muestras el Ti y el Zr.

Existen muestras con bastante cantidad de titanio, mientras que no se ha podido encontrar el Zr, por ejemplo, en las muestras números 6, 7, 12, 19, 26, 28 y 33, mientras que por el contrario la muestra n.º 53 tiene cantidad apreciable de Zr y no contiene Ti.

Se concentra en los cortes 2 y 9.

6. VANADIO.—*En las rocas:* en todas las muestras. La muestra n.º 45 del extremo NE. del criadero en el piso 110 da el 1,5 %.

La muestra n.º 43, que está 40 m. en vertical por debajo y que corresponde a una diabasa albitica alterada, da el 0,7 %.

La muestra n.º 22, única que no contiene V, es debido a estar muy mineralizada, hecho que queda comprobado por el mismo análisis y la preparación delgada.

En la mena.—Muestras periféricas: sólo tres de 18 muestras. Son las muestras números 4, 34 y 39, del respaldo norte en el piso 150. Queda explicado por la aportación a partir de los asomos de rocas ígneas básicas (diabasa albitica) próximas, y además por inclusiones de rocas.

Muestras del interior: tan sólo tiene V la muestra número 54. No encontramos la razón de su existencia.

Tiende a concentrarse en el límite norte, es decir, en el hastial cercano a las rocas ígneas básicas.

7. CROMO.—*En las rocas:* está presente en todas las muestras menos en tres, que son las muestras 36, 41 y 53.

En la mena.—Muestras periféricas: tan sólo en una, que es la n.º 4. Probablemente es debido a inclusión de pizarra.

Muestras del interior: en ninguna.

Guarda cierta uniformidad cuantitativa en los cortes.

8. MANGANESO.—*En las rocas:* en todas las muestras.

En la mena: en todas las muestras. Tiene tendencia ligera a disminuir en cantidad en el interior del criadero.

9. COBALTO Y NÍQUEL.

El Co:

En las rocas: presente en 18 de 24 muestras.

En la mena.—Muestras periféricas: presente en 11 de 18.

Muestras del interior: presente en 10 de 15,

Se observa cierta concentración en los cortes 1, 2, 4, 5 y 7.

Lo contrario sucede en el corte 6. Generalmente excede la cantidad en la mena frente a las rocas.

La concentración máxima es de 0,2 % en la muestra de pirita periférica n.º 27. Al 0,1 % llegan las muestras del interior de las piritas números 40 y 50, así como la célebre muestra de roca n.º 22.

El Ni:

En las rocas.—Sólo aparece en la muestra n.º 24. Probablemente debido a una inclusión mineralizada.

En la mena.—Muestras periféricas: En cinco muestras de 18. Las cinco muestras corresponden al límite sur del criadero.

Muestras del interior: en 10 muestras de 15.

Se observa cierta concentración de Ni hacia el interior del criadero y en dirección este, estando exentos de Ni, en función de la sensibilidad con que hemos trabajado, los cortes 8, 9 y 10.

10. COBRE.

En las rocas.—Está presente en todas las muestras.

En la mena.—Todas las muestras lo tienen.

Observando la distribución del cobre en el criadero se llega a la conclusión que existe un enriquecimiento del criadero en cobre hacia la parte oriental. Los cortes 9 y 10 son los que aparecen en el cuadro II con menos cobre.

Este hecho es corriente en la región y lo anotamos hace años (6).

La muestra 22 tiene el 3 % de Cu por haberse tomado incluyendo una vetita de calcopirita que atraviesa la pizarra.

El origen del Cu a nuestro juicio es vario en este criadero. Creemos que juntamente con una fase inicial de formación de microfenocristales de pirita quedó asociado algo de calcopirita. Posteriormente con aporte de nueva pirita aumentó el tenor de Cu, llegando al porcentaje actual por medio de aporte en vetas de cuarzo y carbonatos con calcopirita.

11. CINC Y CADMIO.

Poco tenemos que hablar de su distribución esta vez. Tan sólo aparecen juntos ambos elementos en una muestra que contiene blenda en cierta cantidad. Fuera y aparte de esta muestra con la sensibilidad empleada no hemos logrado encontrar a estos dos elementos.

12. ARSÉNICO, ANTIMONIO Y BISMUTO.

El As:

En las rocas.—Se ha encontrado en 12 muestras de 24.

En la mena.—En todas.

Parece que su distribución no es gradual. Es verosímil que se concentre más en los cortes 4 y 7. En el primer corte los valores más altos se encuentran al norte, mientras que en el segundo parece ser al sur. Los cortes que menos lo contienen son el 3 y el 6.

Da la casualidad que los cortes 4 y 7 son donde se concentra también el Co. Quizá la razón sea que existe un arseniuro de Co ya citado.

El *Sb*:

En las rocas.—Con la sensibilidad de trabajo no se ha llegado al umbral mínimo, y así no se ha encontrado en las muestras de rocas.

En la mena.—Muestras periféricas: está presente en siete de 18 muestras.

Muestras del interior: se determinó en cinco de 15.

Generalmente acompaña al Pb en la galena en las distintas muestras, guardando cierta relación cuantitativa con el Pb. Difiere sin embargo, la muestra n.º 9, en que el *Sb* se presenta asociado con el Sn y Zn de la blenda.

La mayor parte de las muestras que contienen *Sb* se encuentran en los cortes 6, 8 y 9. Luego existe cierta tendencia a agruparse hacia el poniente del criadero. No se debe sin embargo olvidar que en el corte I existen dos muestras antimoníferas.

El *Bi*:

En las rocas.—Sólo aparece en la muestra n.º 22.

En la mena.—Muestras periféricas: lo contienen cuatro de 18 muestras.

Muestras del interior: lo contienen tres de 15 muestras.

No es fácil establecer una relación paragenética elemental entre el bismuto y otros elementos químicos presentes.

Si nos fijamos en el cuadro V aparece el *Bi* acompaña de Sn y Ag. Comprobando lo dicho en el cuadro anterior o sea IV, se observa la inconsistencia de dicho agrupamiento.

La concentración máxima de *Bi* existe en el corte 7.

13. MOLIBDENO.

En las rocas.—En siete muestras de 24.

En la mena.—Muestras periféricas: está en nueve de 18.

Muestras del interior: está en nueve de 15 muestras.

No cabe duda que existe una concentración de *Mo* en la mena. El explicar la existencia del *Mo* en las rocas no es tan fácil. Aun cuando es muy posible que la razón sea la inclusión de elementos piritosos en la muestra de rocas. Pero surge enseguida la dificultad del porqué no están en esas muestras también elementos propios de la mena, como el *Ni*. A esta dificultad se podría responder diciendo que las piritas que están en contacto con las rocas que contienen *Mo* no contienen *Ni*, a excepción de las muestras 41 (roca) y 42 (pirita). En el estado actual de nuestros conocimientos no tenemos certeza respecto de este hecho.

El molibdeno parece concentrarse hacia el levante del criadero. La mayor parte de las muestras que lo tienen pertenecen a los cortes 1, 2, 3, 4. El corte 6 está exento de *Mo*, pero tanto en el corte 9 como en el 10 hay muestras con el 0,1 %.

14. PLATA.

En las rocas.—Sólo en la muestra n.º 22, que contiene *Bi* asimismo. Es caso excepcional, pues está muy mineralizada.

En la mena.—Muestras periféricas: la contienen 15 de 18 muestras.

Muestras del interior: la tienen 10 de 15 muestras.

Generalmente acompaña el Pb a la plata, pero existen excepciones. Así, en las muestras periféricas está la muestra n.º 4, que tiene Ag, pero no Pb. En las muestras del interior existen cuatro muestras, las núms. 50, 52, 55, 57, que tampoco tienen Pb.

La plata se concentra en los cortes 1, 4, 5, 6 y 7.

En menor proporción está también en los cortes 9 y 10.

15. ESTAÑO.

En las rocas.—Cinco muestras de 24 tienen Sn. Entre ellas está la célebre muestra n.º 22.

En la mena.—Muestras periféricas: lo tienen cinco de 18 muestras.

Muestras del interior: lo presentan seis de 15 muestras.

El estaño parece concentrarse en los cortes 6 y 7, y cuantitativamente en las muestras 46 y 50, que pertenecen a los cortes 1 y 4

El mayor porcentaje pertenece a la muestra 9.

16. PLOMO.

En las rocas.—Lo contienen siete de 24 muestras.

En la mena.—Muestras periféricas: lo tienen 17 de 18 muestras.

Muestras del interior: lo tienen ocho de 13 muestras.

El plomo parece concentrarse en la periferia del criadero y parece repartirse en todos los cortes.

		CORTES NÚMEROS									
		Oeste								Este	
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
K _{mi} Ni _{mi} Cu _{mi}			K _{mi} Sr _M		Na _{mi} K _{mi}	Na _{mi} K _{mi}	Na _{mi}		Na _{mi} K _{mi}		K _{mi}
			Ni _{mi} Cu _{mi} Zr _M	Ni _{mi} Zr _{mi}	Ba _{mi} Zr _{mi} Co _M As _M Ag _M Sn _M Bi _M Pb _M	Sr _{mi} Zr _{mi} Co _{mi} As _{mi} Ag _M Sn _M Sb _M Mo _{mi}	Sr _M	Sr _{mi}	Co _M As _M Ag _M	Ba _{mi} Ni _{mi} Co _M Zr _M Ag _{mi}	Ba _M Ni _{mi} Co _M Ag _M
	Sn _{mi}		Sn _{mi} Sb _M	Sn _M Sb _M							

CUADRO XII
Distribución de elementos en el criadero

Resumamos esquemáticamente lo dicho.

El cuadro XII reproduce en síntesis y a grandes rasgos lo que hemos expuesto más arriba. Los subíndices de que van provistos los elementos significan: *mi* = mínimo y *M* = máximo.

El Pb se concentra más bien periféricamente y parece que en mayor cantidad en el corte 7.

El Cu, Co, Ni y Mo tienen tendencia marcada a concentrarse hacia la parte centro oriental del criadero.

Ag, As, Bi y Sb se concentran con preferencia en el centro del criadero, mientras que el Sn tiende a agruparse en dirección centro occidental.

El V tiende a concentrarse hacia el hastial norte.

De multiplicar los cortes al través del criadero y someterlos a similares estudios se conseguiría mayor claridad en la distribución de elementos. Pero nos parece haber obtenido algunas líneas generales de esa distribución.

IV. Descripción y posibles interpretaciones de los datos metalogénicos

Con motivo del estudio geoquímico anteriormente expuesto del criadero de piratas de Las Herrerías, tuvimos necesidad de estudiar cincuenta y siete muestras. Veinticuatro de ellas están confeccionadas partiendo de muestras de rocas de la caja del criadero de piratas, mientras que las restantes, o sean treinta y tres, corresponden a la mena e. d. a la pirita. La relación sintética de ellas se ha figurado en los cuadros VIII y IX, anteriormente reseñados.

Grande fué nuestra sorpresa al encontrar en varias de esas muestras concreciones de forma variada.

Hemos creído oportuno dar a conocer la descripción de estas concreciones y recordar a continuación las vicisitudes por las que han pasado las teorías metalogénicas de los criaderos, tan importantes, de piratas ubicados en el suroeste de la Península Ibérica.

Agruparemos pues la materia que deseamos tratar en esta sección del presente trabajo en varios epígrafes. Estudiaremos la situación de las muestras de pirita y de las rocas y expondremos el resultado del estudio realizado, relacionándolo con los conocimientos que actualmente tenemos acerca de la geología de aquellos contornos. Después trataremos de las posibles interpretaciones.

1. Generalidades

El plano n.º 3, como ya dijimos, reproduce la situación dentro del marco del criadero de piritas, de cada una de las muestras estudiadas. De ellas escogemos las muestras pertenecientes a rocas o mena que más nos interesan.

Estas muestras son:

<i>Rocas</i>	<i>Minerales</i>
N.º 15	N. 16
N.º 17	N. 18
N.º 41	N. 42
N.º 51	

Estudiadas al microscopio petrográfico se encuentran en ellas inclusiones que constituyen pequeñas concreciones, a veces las más redondeadas, a veces las menos alargadas.

Pero no sólo son éstas las muestras que encierran concreciones. Especialmente en la pirita compacta y del interior de la masa, sin llegar a grandes aumentos, se observan en los granos de pirita una tendencia a formas redondeadas, que no es fácil explicarlas refiriéndolas a formaciones de geles solidificados y posteriormente cristalizados.

No es nuestro intento en la presente publicación agotar este tema. Por el contrario, la finalidad primordial perseguida es hacer público este hallazgo. Él incitará a un prolongado y concienzudo estudio de multitud de criaderos de los que existen en abundancia en la región SW. de la Península Ibérica. Aunando los esfuerzos de investigadores individuales se podrá llevar a cabo un estudio en

equipo con objeto de distinguir lo esencial de la mineralogénesis de las piritas, de lo accidental de ella. Sucede alguna vez que a lo accidental, que es posible sea más accesible a nuestros medios de investigación, se lo valore en demasía, dejando relegado en segundo término a lo esencial. De ahí la necesidad de concretar primeramente lo esencial y lo accidental del problema a resolver y seguidamente catalogar los fenómenos según sea su naturaleza esencial o accidental.

Así se explica la importancia del hallazgo de las concreciones en las rocas y sobre todo en la mena. La posición nuestra debe ser la característica del correcto investigador de la Naturaleza. No prejuzgar nada. Investigar lo que nos ofrece la Naturaleza y tratar de explicar rectamente esos hechos o fenómenos naturales. Una vez reunidos datos en cierto número y calidad podremos tratar de construir una hipótesis que explique todos los fenómenos observados, cambiando de hipótesis cuando existan hechos naturales nuevos que contradigan abiertamente la hipótesis anterior.

2. Las concreciones: etimología y definición

La etimología de la palabra «concreción» se ha de buscar en el verbo compuesto latino «concrecere» que significa crecer juntamente. En la acepción corriente «concreción» significa una acumulación de partículas que se unen para formar masas sólidas. Nosotros entendemos por «concreción» un agrupamiento de sustancia mineral que se presenta en el seno de rocas, especialmente las rocas sedimentarias. Frecuentemente favorece tal agrupamiento

to la existencia de restos fósiles. La acumulación se verifica en estos casos alrededor de esos restos tomados por núcleos. La forma externa definitiva de la concreción suele ser, en líneas generales, nodular y arriñonada.

En casos particulares se forman oolitos de forma esférica o elipsoidal. Se designa con el nombre de oolito, de etimología griega de *ωὄν* = huevo y *λίθος* = piedra, a un agregado mineral que presenta capas concéntricas. Se ha desarrollado sumergido en un líquido (agua, disoluciones), y ha sufrido durante ese proceso continuado movimiento.

Existen rocas compuestas por oolitos. Recordemos el subsistema que constituye la parte superior del sistema jurásico, que se denomina oolítico, por estar formado en gran parte por calizas oolíticas, y numerosos e importantes son los criaderos oolíticos de mena de hierro.

En el extranjero: las minetas de Lorena-Luxemburgo; los hierros de Wabana (Terranova), Normandía, Bretaña, Thuringia y Bohemia.

En España: en las provincias de León y de Lugo.

3. Descripción de las concreciones

Con objeto de poder hacer esta descripción de manera más precisa, nos referiremos a las microfotografías que acompañan al presente trabajo. Están realizadas con ayuda de un microscopio petrográfico adaptado para trabajar con luz reflejada. Las condiciones de trabajo han sido: exposición cinco minutos, nicols semicruzados, con la finalidad de hacer resaltar más los contornos. Los aumentos totales son 30.

La microfotografía n.º 6 (muestra 18) representa algu-

nas de las concreciones de pirita asentadas sobre un fondo de pizarra. A la izquierda, dentro de un filoncito de pirita más compacta, aparece una concreción bastante mayor. Generalmente tienen forma redondeada, estando a veces la periferia rota. En muy pocas concreciones se observa pluridad de capas en la envoltura periférica. Sólo una de ellas tiene mineralizado el centro.

La microfotografía n.º 7 (muestra 18), enseña por el contrario algunas concreciones con el centro piritizado, siendo la forma geométrica de núcleo algo irregular.

En la microfotografía n.º 8 (muestra 18) se pueden ver concreciones con y sin núcleo mineralizado junto con otra bastante mayor en sección longitudinal.

La microfotografía n.º 9 presenta una concreción especial, está tomada de una muestra de pirita distinta, pues pertenece a la muestra 16 de la serie estudiada. En esta microfotografía se pueden observar un núcleo de mayor desarrollo que en las demás concreciones anteriormente representadas, y la periferia adquiere dimensiones de espesor más importantes, pudiéndose observar a grandes aumentos hasta tres subcapas distintas. Terminada la periferia de la concreción propiamente dicha, existe una aureola de aproximadamente doble dimensión que le corresponde al diámetro de la concreción en sí, y que la envuelve excéntricamente.

La microfotografía n.º 10 representa otra parte de la muestra 18, en la que se aprecian residuos de pizarra (negro), cuarzo (gris) y pirita (blanco), coexistiendo conjuntamente. También aquí se pueden localizar ciertas concreciones de pirita.

En otras partes de la muestra 16, dentro de la pirita compacta o «hecha», como suele designarse en el «argot» minero a la mena buena, se pueden observar en la mi-

crofotografía n.º 11 concreciones parecidas a las anteriores.

Por último, representamos en las microfotografías 12 y 14, hechas con un minuto de exposición y con luz directa, lo que se aprecia en parte de la preparación transparente hecha de la muestra de rocas 41 y 51. Algunas de estas concreciones están cloritizadas en parte, otras no.

Las dimensiones de todas estas concreciones son variables. Las pequeñas oscilan, por término medio, alrededor de los 0,15 mm., mientras que las mayores concreciones alcanzan más de 1 mm. de longitud o de diámetro. La mayoría son ya visibles en la roca y aún más, claro está, en la preparación, utilizando la lupa de mineralogo (de 6 a 8 aumentos).

4. Particularidades geológicas de los terrenos donde se encuentran estas concreciones

Las rocas sedimentarias que rodean al criadero las hemos catalogado tiempo atrás (6 y 7) como pertenecientes al Carbonífero inferior de facies marina, o sea al Dinantiense. La facies terrígena del Carbonífero inferior, denominada Culm, no está, topográficamente considerada, muy lejana, lo que vislumbra una posibilidad de que su deposición no sea tan simultánea como se haya podido suponer en teoría.

Esta clasificación de terrenos se funda en documentos fosilíferos. Los terrenos dinantienses han sido reconocidos como tales por la existencia en ellos de las características *Posidonomia Becheri*. Yacimientos fosilíferos existen en relativa abundancia siguiendo la carretera provincial o el

camino viejo de Las Herrerías a Las Cabezas del Pasto. También las hemos podido encontrar en las excavaciones realizadas para allanar el terreno destinado a campos de deportes en Las Herrerías (7).

Los terrenos pertenecientes al Culm fundan su clasificación en el hecho de haber encontrado ejemplares de *Sphenophyllum Sancta Barbarae*, en las rocas sedimentarias alteradas cupríferas del sector de Santa Bárbara (Las Herrerías) en las cortas que se han llevado a cabo durante los últimos años.

De ahí que clasifiquemos fundadamente estas pizarras, en las que se encuentra el criadero de piritas, como pertenecientes al Dinantiense. La intrusión de rocas ígneas básicas que respalda por el norte al criadero y que en concreto es una diabasa que ha sufrido posteriormente el proceso de albitización, del cual habrá que hablar en otra ocasión, ha sido cortada por labores mineras en diferentes sitios, dada su forma irregular.

5. Contactos entre mena y roca encajante

Los contactos entre la mena y las rocas que forman la caja del criadero son por lo general bastante netos. El paso suele ser brusco y no se puede, comunmente, establecer áreas de paso, de mineralizaciones crecientes o decrecientes. Es cierto que existen, especialmente hacia los bordes, menas fajeadas en las que alternan fajas de mineral muy puro con otras de estéril mineralizada. Precisamente de esta clase de menas proceden las muestras cuyo estudio nos ha llevado al descubrimiento de las concreciones piritosas. Su explicación no es demasiado difícil desde

el punto de vista mineralogénico, bien se mantenga la teoría hidrotermal de formación de criaderos de pirita, o bien se incline uno más por la teoría de génesis sedimentaria. En cualquier caso, los fenómenos son lo suficientemente complejos en su aspecto total que dejan lugar a explicaciones racionales de los hechos observados en los trozos de mena fajeados. Al menos por ahora, antes de intentar un estudio a fondo de la cuestión.

También existe en determinadas zonas periféricas del criadero pirita fajeada, debido a la alternancia de vetites de galena y blenda con la pirita, como asimismo pirita fajeada a causa de repeticiones de fajas de pirita de grano medio con otras de grano muy fino.

Se observa a veces una zona micro-detrítica-jabonosa de transición, cuyo espesor varía de unos milímetros a unos centímetros entre la mena y la roca de la caja. Este producto de alteración, sumamente fino y jabonoso, procede probablemente del ataque de radicales ácidos a los silicatos arcillosos de la pizarra, favorecido por presiones tectónicas, produciendo esos barros de composición mineralógica difícil de concretar. Pensamos más adelante estudiarlos utilizando medios apropiados.

6. Interpretación de los fenómenos

En la exposición de hechos que hemos realizado en lo que antecede, hemos procurado silenciar toda interpretación subjetiva. Llegado es ya el momento.

1.º A la pregunta *¿qué son esas concreciones?* tenemos que responder escuetamente que no lo sabemos en los momentos actuales. Pueden ser:

- a) Concreciones inorgánicas en su totalidad, p. e. geles coloidales.
- b) Concreciones inorgánicas con germen orgánico, e. d. que tomando a ese germen (bacteria, residuo orgánico, etc.) como centro se haya desarrollado por fuerzas inorgánicas u orgánicas la concreción que actualmente advertimos.
- c) Residuos fosilizados en alguna manera. P. e., o bien tallos de crinoides incipientes, en que la concreción rectangular de la microfotografía número 8 representaría la corona; o bien ciertas especies de foraminíferos, o bien de otras clases de seres (semillas de coníferas, etc.).
- d) Concreciones que deben su origen a otras causas distintas.

2.º A la pregunta *¿porqué están mineralizadas estas concreciones en la pirita y no lo están en las pizarras en contacto con ellas?* podemos contestar lo siguiente:

- a) Si se suscribe la hipótesis sedimentaria de formación del criadero no hay gran dificultad. Bastará admitir que los seres vivos o sus residuos, o las concreciones iniciales, fueron mineralizados antes del proceso de diagénesis.
- b) En la hipótesis hidrotermal las concreciones pre-existentes fueron mineralizadas durante el proceso de mineralización de las rocas encajantes donde este proceso se realizó. La roca había sufrido ya con anterioridad la diagénesis propia.
- c) En las demás teorías de génesis no es fácil imaginar esta mineralización, a no ser que se admita una fase subsidiaria hidrotermal fría, en la que se pudieran verificar estos fenómenos sin destruir las concreciones existentes.

Siempre se habrá de tener en cuenta que ha podido intervenir el proceso de formación coloidal en las concreciones mineralizadas, de cuyo influjo hay claras señales en la mena. Pero el encontrar concreciones en la pizarra es de suponer que sean preexistentes al proceso coloidal.

Todos estos hechos requieren un estudio mucho más amplio y profundo, el cual no se puede improvisar en manera alguna. Queden pues anotados los hechos naturales descritos, que bien pueden favorecer un origen inicial sedimentario acompañado posteriormente por fases hidrotermales que con asaz evidencia han tenido lugar en aquellos criaderos.

3.º A la pregunta: *¿las concreciones en la pizarra no pueden deber su origen a acciones metamórficas, similares a las de las pizarras mosqueadas, especialmente teniendo en cuenta su proximidad con las rocas ígneas, y los evidentes efectos de presiones dinámicas sufridas por las vetas de cuarzo cuyos individuos cristalinos presentan anomalías ópticas originadas por dichas presiones dinámicas?*

La respuesta no puede ser otra en el estado actual de nuestros conocimientos que afirmar que podrían serlo, pero que antes es necesario hacer un estudio concienzudo para probarlo.

Además, existen rocas con concreciones en el contacto meridional del criadero alejado bastante de los asomos de rocas ígneas básicas, que como es sabido tienen en aquella región una aureola metamórfica prácticamente reducidísima, cuando existe.

No parece que la sustancia variada que forma dichas concreciones en las pizarras tienda ni con mucho a ser mica, aunque a veces estén cloritizados. En otras vemos que el cuarzo invade todo el interior (fot. 14).

7. Algunas fases de formación de la mena

Problema es este de grandes dificultades en el estado actual de nuestros limitados conocimientos. Existen ciertamente varias fases en la génesis de este criadero que estudiamos. La microfotografía n.º 13 nos indica claramente la existencia de microfenocristales idiomorfos de pirita reabsorbidos en parte posteriormente por el cemento de pirita microgranuda.

Como por otra parte se pueden observar vetas de cuarzo introduciéndose entre los lechos de pizarras, en los que aparecen pequeños cristales idiomorfos de pirita embebidos en el cuarzo, se puede uno preguntar ¿esta fase pertenece a la primera de mineralización o es un fenómeno secundario? La respuesta aún no se puede dar con certeza.

La misma interpretación de las piritas fajeadas, no sólo las que así aparecen por estar formadas por una alternancia de mineral de grano muy fino y de otro menos fino llegando a grano mediano, sino a las que están constituidas por sucesiones de pirita pura y roca impregnada de pirita, ambas a veces con texturas pseudofluidales, es complicada y compleja.

Depende mucho, claro está, del criterio subjetivo con que se juzguen críticamente los hechos que se nos presenten, de la teoría, o mejor de la hipótesis, que se mantenga acerca del origen inicial de esta clase de criaderos. Estas hipótesis son por lo menos dos en la actualidad, a saber: la hipótesis de formación de fase hidrotermal y la hipótesis que mantiene ser debida la formación primordial de los sulfuros al ciclo sedimentario, aunque secundariamente interviesen fenómenos hidrotermales.

Las hipótesis sobre la génesis de los criaderos de piritas del SW. de la Península Ibérica han variado en el transcurso de los años. Dividida la génesis de los criaderos en las tres clásicas series: la magmática, la sedimentaria y la metamórfica, las hipótesis han oscilado, propiamente, entre las dos primeras series, admitiendo algunos autores para casos más bien concretos los efectos accidentales de la metamorfosis. Citaremos los principales defensores, clasificándolos según sus respectivas hipótesis.

1. Origen sedimentario (con variantes):

Defensores:

F. Roemer.
Stetzner.
Bergest.
J. H. Collins.
Geh. Reg. Prof. Dr. Fr. Klockmann.
R. Beck.
E. Koehler.
B. Wetzig.

2. Origen magmático:

a. Magmaico (con variantes).

Defensores:

A. B. Edge.
A. Heim.

b. Segregación magmática (con variantes):

Defensores:

F. Beyschlag, J. Vogt, P. Krusch.
C. Schmidt, H. Preiswerk.
J. Hereza.

c. Neumatolítico (con variantes):

Defensores:

J. H. L. Vogt.
Lord Rutherford.

d. Hidrotermal (con variantes):

Defensores:

E. Cumenge.
J. Gonzalo y Tarín.

e. Hidrotermal metasomático (con variantes):

Defensores:

L. de Launay.
J. W. Gregory.
M. Finlayson.
H. F. Collins.
A. Bateman.
G. V. Douglas.
W. Lindgreen.
D. Williams.
G. Williams.
I. Roso de Luna.

Aun cuando el eximio Prof. P. Ramdohr, de quien me honro ser discípulo, no ha estudiado el origen de este criadero, ha hecho un estudio muy profundo y detenido del criadero alemán de Rammelsberg (8). Tiene este criadero analogías sorprendentes con el estudiado, particularmente en lo que se refiere a las piritas fajeadas.

En lo referente a la génesis, me parece prudente, por ahora, seguir a grandes rasgos sus sugerencias.

Amplio y con exceso resultaría exponer con detalle lo que cada autor defiende. Un buen resumen de esas teorías se puede leer en el trabajo publicado hace años en este mismo BOLETÍN (9).

En lo que hace a mi sentir de antaño (10), después de más profundos estudios y particularmente lo expuesto en las presentes líneas, ha de modificarse en parte. Los datos naturales que hemos puesto al descubierto han de valorarse necesariamente. Pero hasta llegar a dar una teoría va-

ledera para todos los criaderos del SW. ibérico, falta mucha investigación aún.

Las líneas generales que se deducen de los datos aportados son los siguientes:

Durante el período de la sedimentación de las rocas dinantienses hubo épocas, quizá cortas, de exhalaciones submarinas. Ellas fueron las que aportaron tanto el azufre como el hierro, que juntos constituyen la pirita. Además debieron traer consigo también algunos, o todos, los elementos que no se encuentran en las rocas sedimentarias e ígneas.

Supuestas las exhalaciones de corta duración y grandes las cantidades de material aportado, se explica la falta en las piritas actuales de elementos como, p. e., el Zr. que no se encuentra en la mena. Nos indicaría que este elemento, en concreto, pertenece en nuestro caso a un ciclo geoquímico diferente.

No lejos de Las Herrerías, en dirección poniente y a unos tres kilómetros, hemos podido comprobar la existencia de rocas que, estudiadas microscópicamente, resultaron ser tobas volcánicas pertenecientes al Dinantiense.

Una vez concretada la fuente del mineral podemos suponer que llegadas las condiciones apropiadas de presión, de temperatura, de concentración, etc., comenzó la precipitación de la pirita en el lugar donde se encuentra en la actualidad. En esta precipitación hubo seguramente diversas fases, y la principal, a la que se debe la gran mayoría de la mena de nuestro criadero, lleva el sello impreso de características coloidales.

Una vez depositadas las masas sulfuradas, sufrieron en primer lugar los procesos propios de la diagénesis y, posteriormente, los fenómenos propios de una metamorfosis.

Las vetas de cuarzo y de calcita existentes, mineraliza-

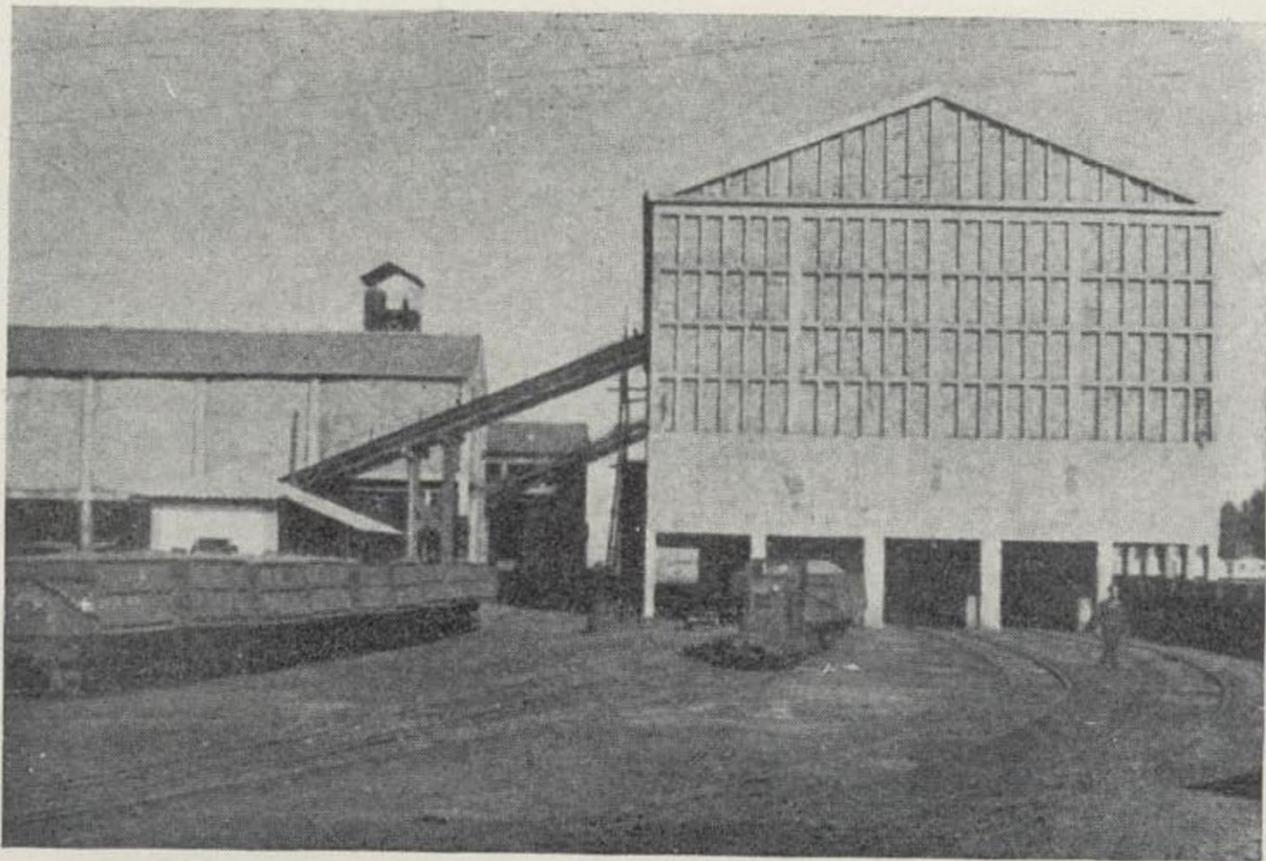
das o no, pueden guardar relación con esta fase metamórfica subsidiariamente hidrotermal, y también con la intrusión de rocas ígneas cercanas en su fase hidrotermal.

Non condita una die fuit Roma; Roma no fué hecha en un solo día.

Estudios nuevos más detenidos y profundos de este mismo criadero y de los demás de la región de piritas del SW. de la Península Ibérica, nos conducirán a conocer a fondo el verdadero mecanismo que finalizó con la formación de estos criaderos. Queda aún mucho trecho por andar.

Con este deseo y esperanza de verlo cumplido ponemos punto final a esta publicación.

Damos las gracias a todos cuantos nos han ayudado en la obtención de datos, como son el Consejo de «Minas de Herrerías», S. A., y su Dirección; los Sres. D. Juan Manuel López de Azcona, Modesto Chamero y Pedro Herráiz, así como a los Sres. Ignacio González y Luis Arancón, por el trabajo de las preparaciones.



Fot. 1.—El pozo Guadiana; la planta de trituración y depósito de minerales.



Fot. 2.—Personalidades del Consejo y Dirección de la mina, después de la visita al interior.



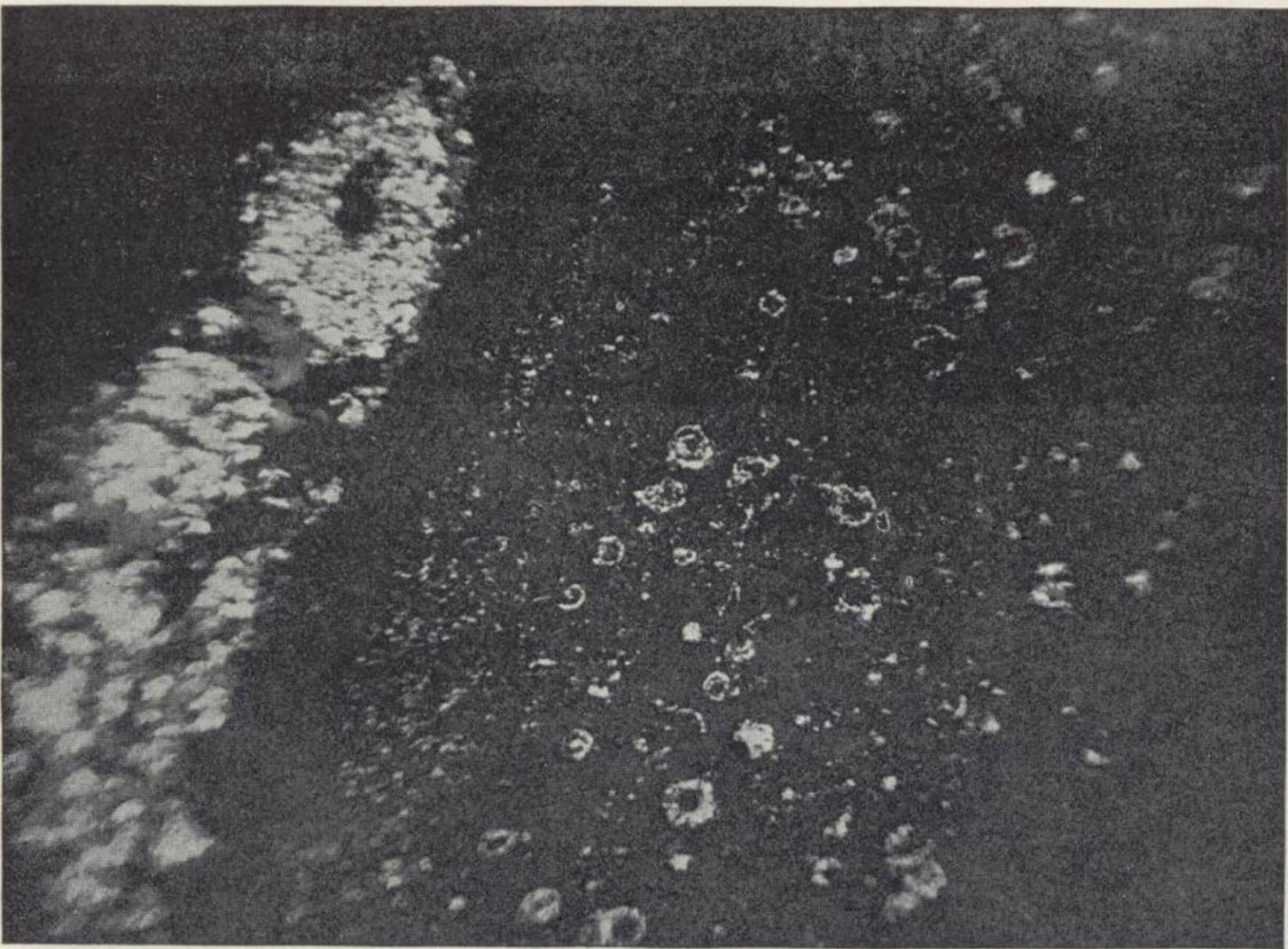
Fot. 3.—Veta de cuarzo con individuos cristalinos doblados y granos de pirita cristalizada dentro de una pizarra.



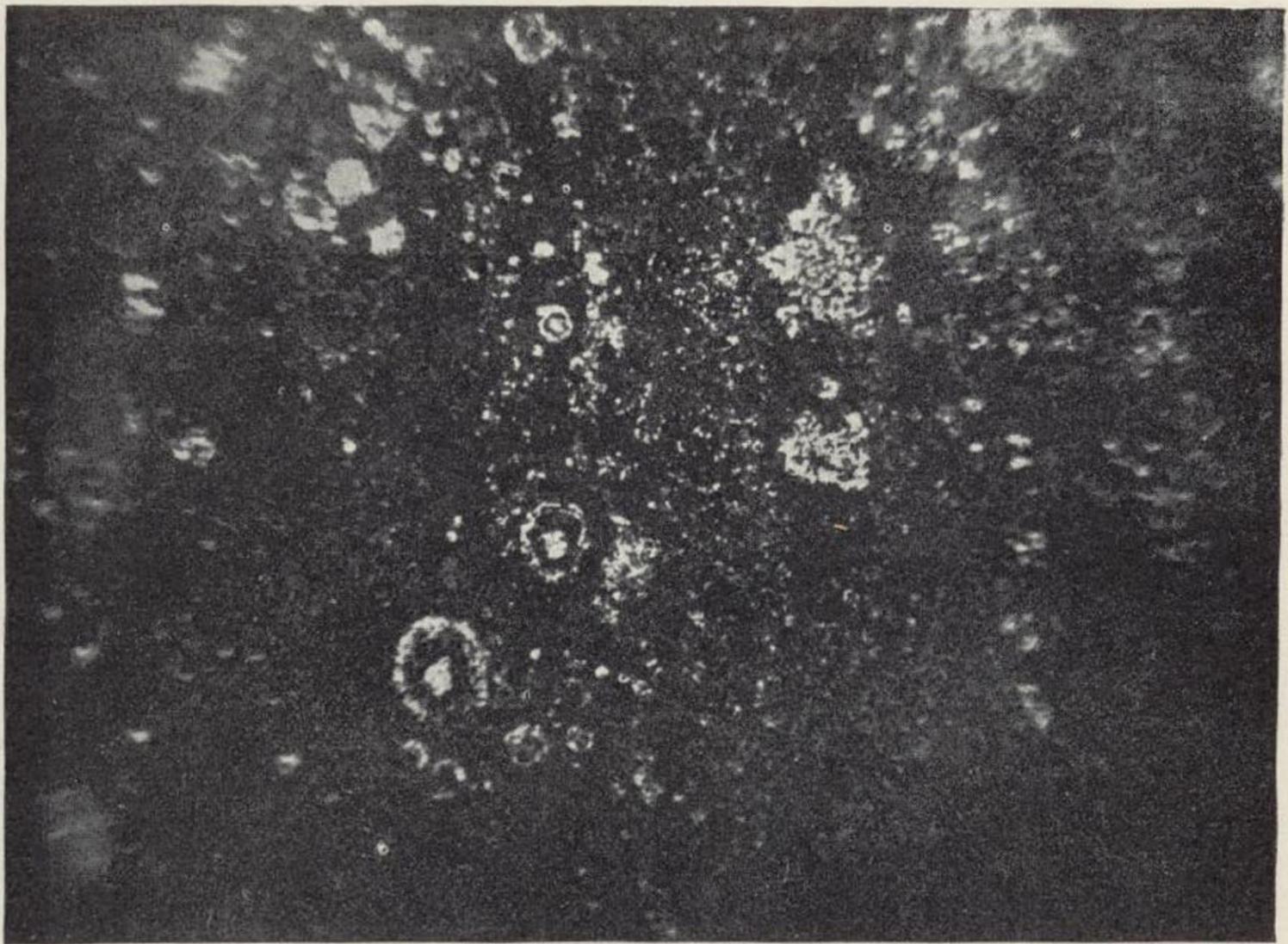
Fot. 4.—Clorita (parte inferior oscura) desplazando pizarra silificada (parte más clara superior). Ambas cortadas por veta de cuarzo (centro). A su vez corta a la veta de cuarzo una de calcita (veta parda clara, en la parte superior).



Fot. 5.—Veta de cuarzo, cuyos individuos cristalinos presentan extinción ondulante y fracturas paralelas en sitios determinados, asemejando una macla polisintética. Existen calcita más reciente que desplaza al cuarzo y clorita. $\times 30$.



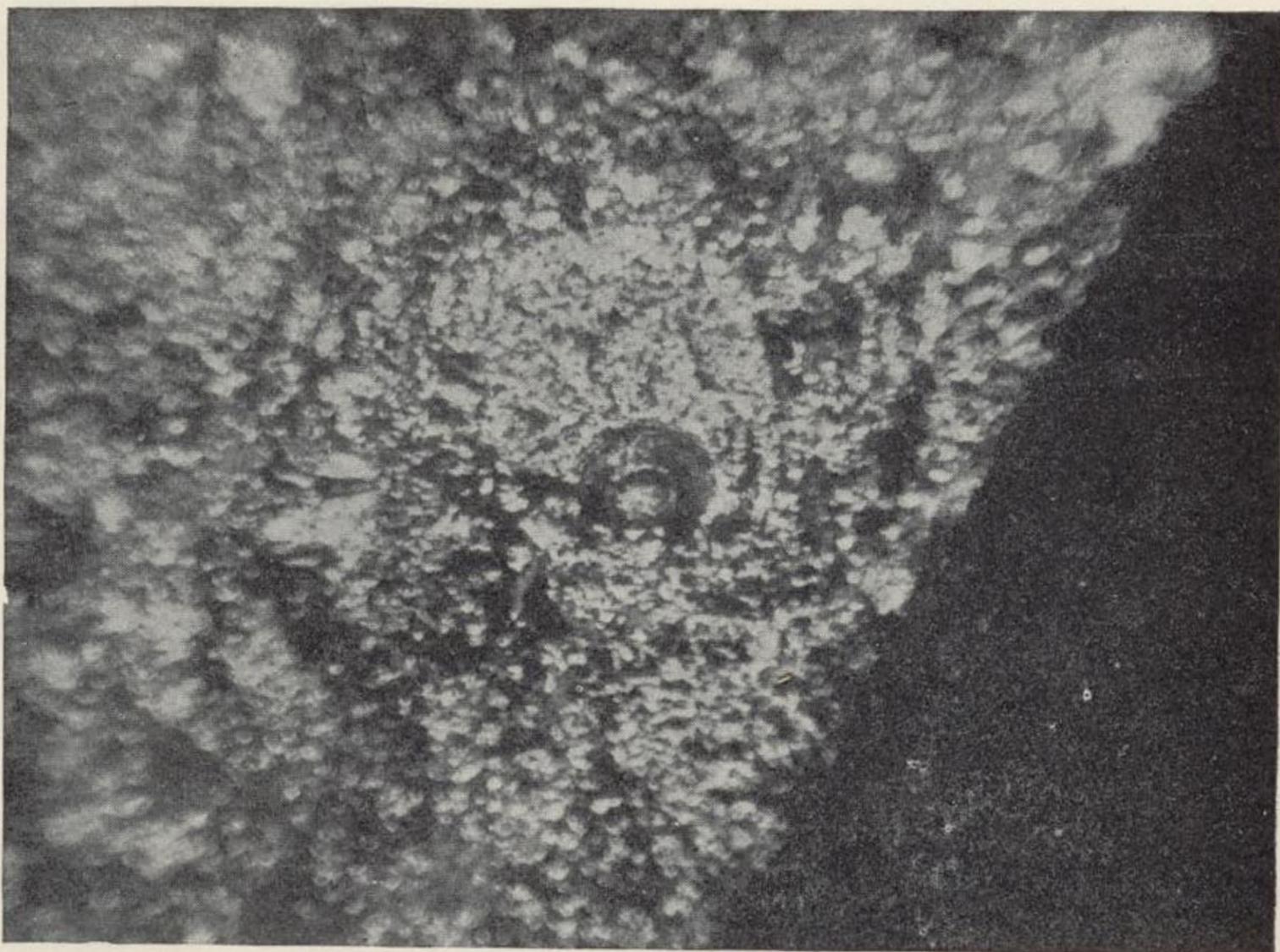
Fot. 6.—Concreciones de pirita en pizarra y en pirita (negro) mineralizada. $\times 30$.



Fot. 7.—Concreciones de pirita con núcleo de pirita en pizarra (negro) mineralizada. $\times 30$.



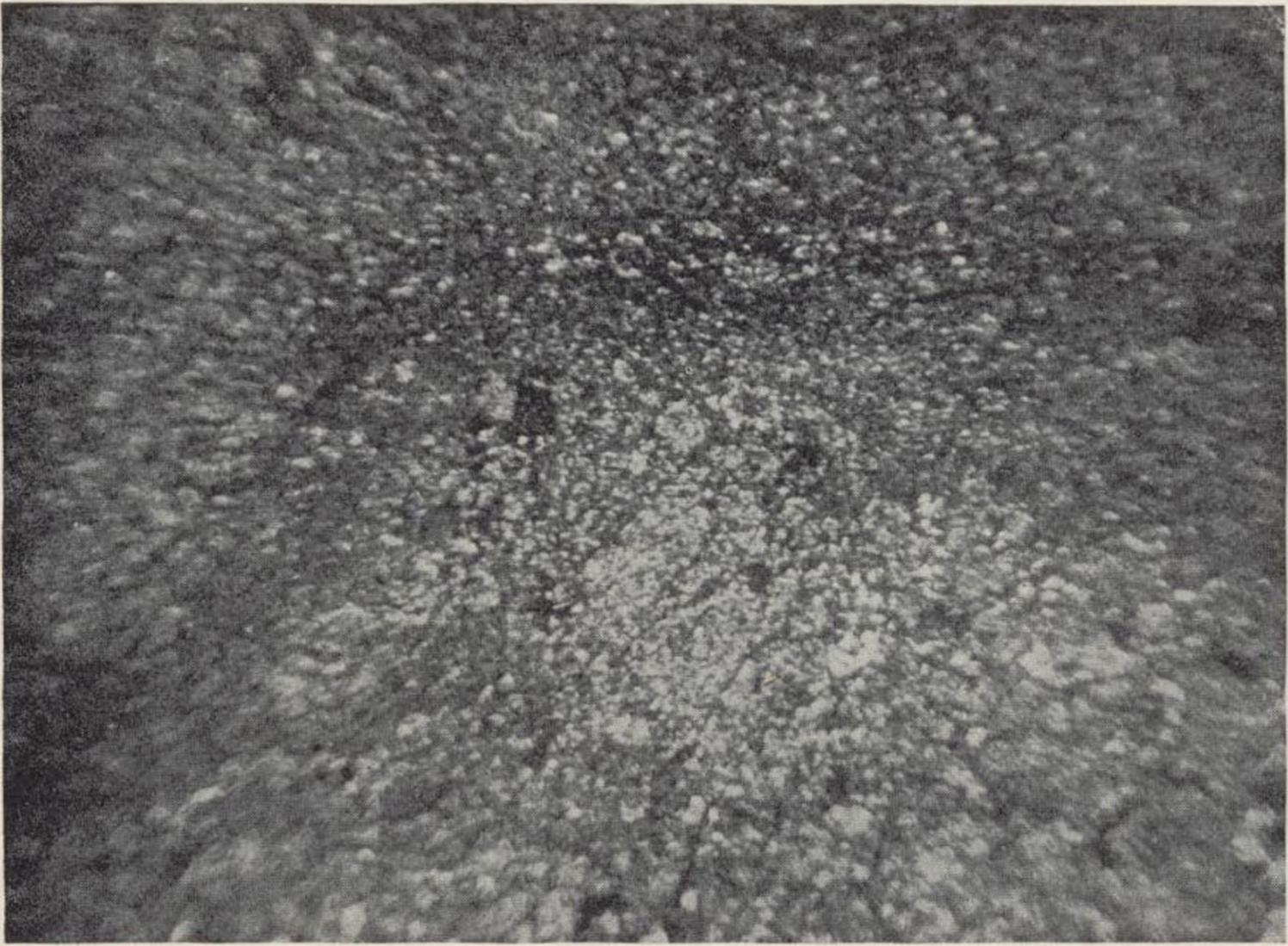
Fot. 8.—Concreciones de pirita en pizarra (negro) mineralizada. $\times 30$.



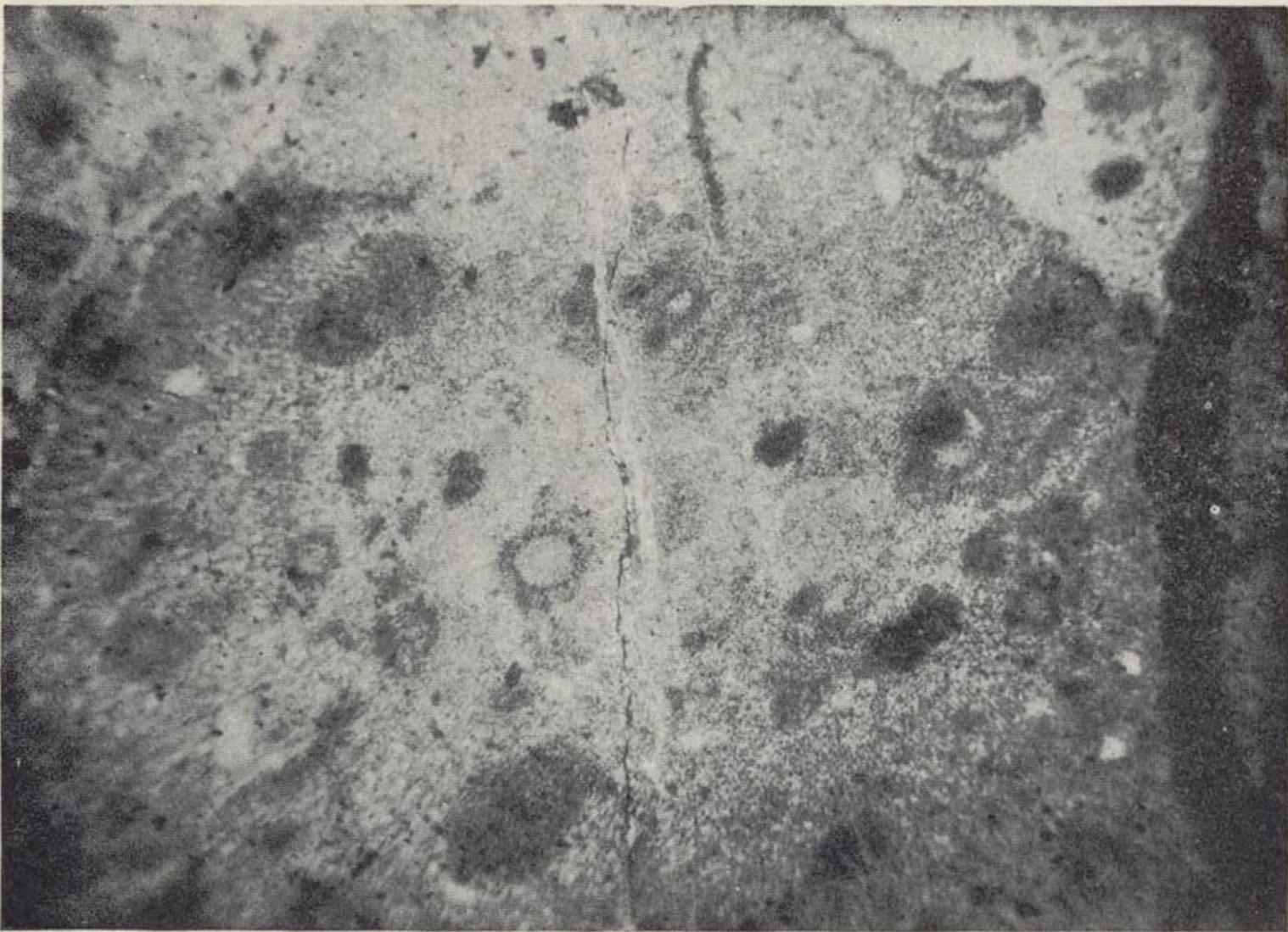
Fot. 9.—Concreción en pirita. Resalta la aureola de la concreción. $\times 30$.



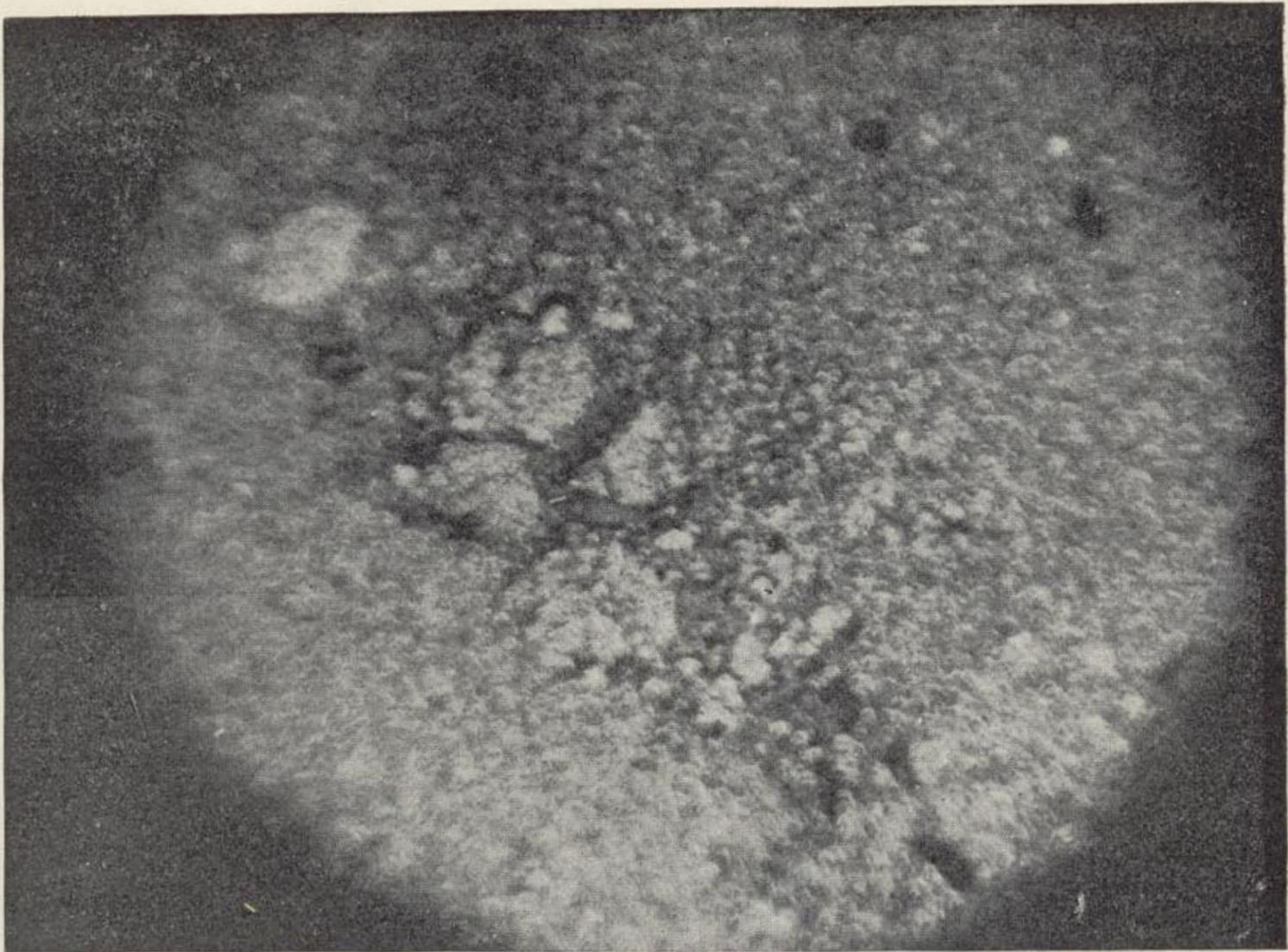
Fot. 10.—Concreciones diversas de pirita y pizarra (negro). $\times 30$.



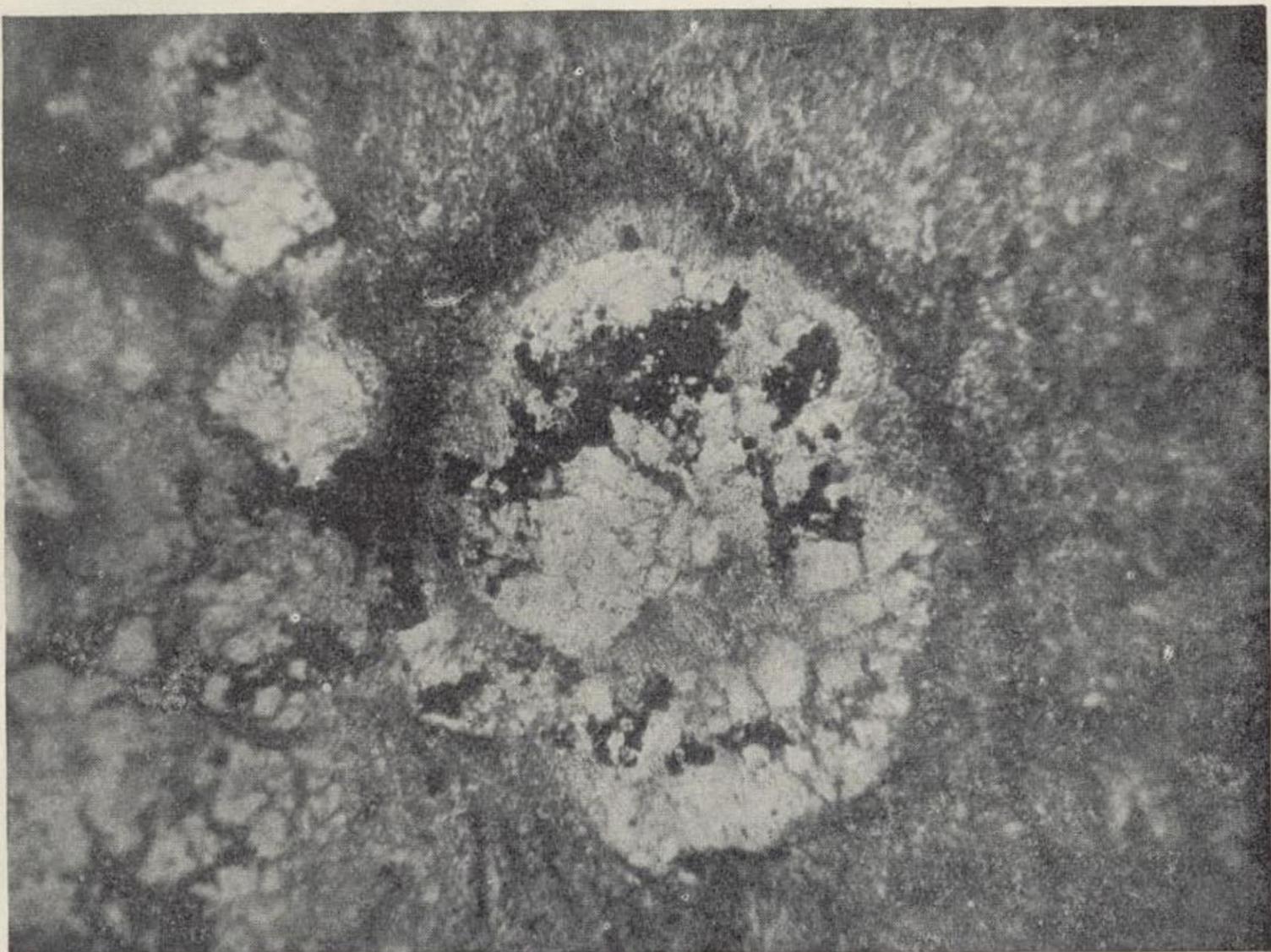
Fot. 11.—Concreciones en la pirita de grano fino. Microfenocristal en proceso de reabsorción. $\times 30$.



Fot. 12.—Concreciones diversas en pizarra de contacto. $\times 30$.



Fot. 13.—Microfenocristales de pirita en veta de cuarzo (gris oscuro) y granos de calcopirita en matriz de pirita de grano fino. $\times 30$.



Fot. 14.—Concreción en pizarra rellena de cuarzo y mineral (negro), que bordea la concreción externamente, en parte la concreción en matriz arcillosa cloritizada. La cenefa del borde interior está compuesta por material arcilloso muy poco cloritizado. $\times 30$.

Bibliografía

1. DOBTSCH, J. (1956): «Breve introducción a las Ciencias Naturales».—Esc. Esp. de Ing. de Minas. Madrid.
2. RANKAMA, K., SAHAMA, TH. G. (1955): «Geoquímica». Ed. Aguilar, S. A. Madrid.
3. DOBTSCH, J. (1934): «Especies minerales en la zona mineralogenética de los criaderos de piritas en el Suroeste de la Península Ibérica».—Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España, t. V, n.º 5.
4. DOBTSCH, J. (1933): «Dissertation».—Aachen.
5. LÓPEZ DE AZCONA, J. M., PARDO, P. (1941): «Valoración espectroquímica de metales nobles en los minerales previa concentración docimástica o electrolítica».—Sonderdruck Spectrochemica Acta, 2 Bd., 4 Heft.
6. DOBTSCH, J. (1955): «Notas fosilíferas. Puebla de Guzmán (Huelva)».—Not. y Com. Inst. Geol. y Miner. de España, n.º 37. Madrid.
7. DOBTSCH, J. (1953): «Introducción a un estudio del término de Puebla de Guzmán (Huelva)».—Boletín Inst. Geol. y Min. de España, t. LXV. Madrid.
8. RAMDOHR, P. (1953): «Mineralbestand, Strukturen u. Genesis der Ramelsberger Lagerstaette».—Geol. Jahrb., Band 67. Hannover.

9. MESEGUER, J., PRIETO, I., ROSO DE LUNA, I., PÉREZ REGODÓN, J. (1945): «Investigaciones de nuevos yacimientos de cobre en las provincias de Sevilla y Huelva».—Boletín Inst. Geol. y Min. de España, t. LVIII. Madrid.
10. DOETSCH, J. (1932): «Génesis de los criaderos de piritas ferrocobrizas sud-ibéricas».—Invest. y Progr., año VI, n.º 4. Madrid.
11. RAMDOHR, P. (1950): «Die Erzminerale u. ihre Verwachsungen».—Akademie Verlag. Berlin.